

Klimaanalyse

Stadt Gladbeck

Essen, August 2017

Regionalverband Ruhr



Klimaanalyse

Stadt Gladbeck



Auftraggeber:

Stadt Gladbeck
Amt für Planen, Bauen, Umwelt - Umweltabteilung
Willy-Brandt-Platz 2
45964 Gladbeck



Auftragnehmer:

Regionalverband Ruhr
Referat Geoinformation und Raumbeobachtung
Kronprinzenstraße 35
45128 Essen

Autoren:

Dipl.-Geogr. Astrid Snowdon-Mahnke
M.Sc. Geogr. Marco Mersmann

Unter Mitarbeit von:

Edmund Gabrian
Elke Trenk
Marion von Gersum
Dipl.-Ing. Martin Muthig

Inhalt

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
TABELLENVERZEICHNIS	V
KARTENVERZEICHNIS	VI
0 ZUSAMMENFASSUNG	1
1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	6
2 CHARAKTERISIERUNG DES UNTERSUCHUNGSGBIETES	9
2.1 NATURRÄUMLICHE UND GROßKLIMATISCHE EINORDNUNG.....	10
2.2 RELIEF UND OBERFLÄCHENRAUHIGKEIT.....	11
2.3 FLÄCHENNUTZUNG.....	15
2.4 REGIONALE KLIMATOPKARTE.....	16
2.4.1 <i>Beschreibung der Klimatope</i>	17
2.4.2 <i>Gliederung der Stadt Gladbeck anhand der Regionalen Klimatopkarte</i>	18
3 FLÄCHENHAFT AUSPRÄGUNG AUSGEWÄHLTER KLIMAELEMENTE	20
3.1 BODENNAHE LUFTTEMPERATUR UND NÄCHTLICHE ABKÜHLUNGSRATE.....	21
3.2 AUTOCHTHONES WINDFELD.....	25
3.3 KALTLUFTVOLUMENSTROM.....	28
3.4 KALTLUFTPRODUKTIONSRATE.....	30
3.5 LUFTAUSTAUSCHRATE.....	32
3.6 DURCHLÜFTUNG.....	34
4 KLIMAANALYSEKARTE	36
4.1 DARSTELLUNGSEBENEN DER KLIMAANALYSEKARTE.....	37
4.1.1 <i>Klimatope</i>	37
4.1.2 <i>Spezifische Klimaeigenschaften</i>	48
4.1.3 <i>Luftaustausch</i>	50
4.1.4 <i>Lufthygiene</i>	51
4.2 GLIEDERUNG DER STADT GLADBECK ANHAND DER KLIMAANALYSEKARTE.....	51
5 KARTE DER KLIMAÖKOLOGISCHEN FUNKTIONEN	56
5.1 DARSTELLUNGSEBENEN DER „KARTE DER KLIMAÖKOLOGISCHEN FUNKTIONEN“.....	56
5.1.1 <i>Bioklimatische Verhältnisse (Klimatope)</i>	56
5.1.2 <i>Kaltluft</i>	57
5.1.3 <i>Belüftung</i>	58
5.2 GLIEDERUNG DER STADT GLADBECK ANHAND DER „KARTE DER KLIMAÖKOLOGISCHEN FUNKTIONEN“.....	58

6	DIE STADT GLADBECK IM ZEICHEN DES GLOBALEN KLIMAWANDELS	62
6.1	GLOBALER KLIMAWANDEL	62
6.2	AUSWIRKUNGEN DES GLOBALEN KLIMAWANDELS AUF DIE REGION RUHR	68
6.3	ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG KLIMATISCHER KENNTAGE IN GLADBECK	72
6.4	DARSTELLUNG DERZEITIGER UND ZUKÜNFTIGER WÄRMEINSELN.....	79
7	VULNERABILITÄTSANALYSE	81
7.1	METHODIK ZUR ABGRENZUNG DER PROBLEMGEBIETE	81
7.2	LOKALISIERUNG UND BEWERTUNG DER PROBLEMGEBIETE	87
8	GRÜN- UND FREIFLÄCHENBEWERTUNG AUS KLIMAÖKOLOGISCHER SICHT	90
8.1	METHODIK DER FLÄCHENBEWERTUNG.....	90
8.2	ERGEBNISSE DER FLÄCHENBEWERTUNG	91
9	PLANUNGSHINWEISE	95
9.1	PLANUNGSHINWEISKARTE	95
9.1.1	<i>Darstellungsebenen der Planungshinweiskarte.....</i>	<i>95</i>
9.1.1.1	Ausgleichs- und Lasträume.....	96
9.1.1.2	Raumspezifische Hinweise	103
9.1.1.3	Lokale Hinweise.....	104
9.1.1.4	Luftaustausch	108
9.1.2	<i>Gliederung der Stadt Gladbeck anhand der Planungshinweiskarte</i>	<i>109</i>
9.2	PLANUNGSHINWEISE AUF EBENE DER STADTBZIRKE	113
9.2.1	<i>Stadtbezirk Zweckel.....</i>	<i>113</i>
9.2.2	<i>Stadtbezirk Schultendorf.....</i>	<i>123</i>
9.2.3	<i>Stadtbezirk Rentfort-Nord</i>	<i>129</i>
9.2.4	<i>Stadtbezirk Alt-Rentfort.....</i>	<i>137</i>
9.2.5	<i>Stadtbezirk Ellinghorst.....</i>	<i>145</i>
9.2.6	<i>Stadtbezirk Mitte I.....</i>	<i>154</i>
9.2.7	<i>Stadtbezirk Mitte II</i>	<i>163</i>
9.2.8	<i>Stadtbezirk Butendorf.....</i>	<i>172</i>
9.2.9	<i>Stadtbezirk Brauck.....</i>	<i>180</i>
9.2.10	<i>Stadtbezirk Rosenhügel</i>	<i>189</i>
10	LITERATUR	193
ANHANG	196

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1: Gladbecker Stadtbezirke (Stadt Gladbeck 2015).....	9
Abb. 2-2: Naturräumliche Gliederung des Ruhrgebietes (Lüftner 1996).....	10
Abb. 2-3: Klimabezirke im Ruhrgebiet (Lüftner 1996)	10
Abb. 2-4: Regionale Klimatopkarte des Ruhrgebietes (2012)	18
Abb. 3-1: Prinzip des Flurwindes	25
Abb. 4-1: Wasserfläche am Ehrenmal	38
Abb. 4-2: Freilandflächen an der Kösheide.....	39
Abb. 4-3: Bestand im Stadtwald.....	40
Abb. 4-4: Parkflächen am Ehrenmal	41
Abb. 4-5: Große Gärten in Ellinghorst.....	42
Abb. 4-6: Lockere Bebauung an der Eikamp-straße	43
Abb. 4-7: Dichte Bebauung an der Bottroper Straße.....	44
Abb. 4-8: Hochversiegelter Bereich der Hochstraße (Ecke Goethestraße)	45
Abb. 4-9: Gewerbegebiet an der Rockwoolstraße/Bottroper Straße	46
Abb. 4-10: Industriegebiet an der Rockwool-straße	47
Abb. 4-11: Flächenanteile der Klimatope und Verkehrsstrassen im Stadtgebiet von Gladbeck.....	52
Abb. 6-1: Beobachtete globale mittlere kombinierte Land-Ozean-Oberflächentemperaturanomalie von 1850-2012 (verändert nach IPCC 2013a).....	62
Abb. 6-2: Räumliche Verteilung der beobachteten Veränderung der Erdoberflächentemperatur von 1901-2012 (IPCC 2013a).....	63
Abb. 6-3: Atmosphärische Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO ₂), Methan (CH ₄) und Distickstoffmonoxid (N ₂ O) (verändert nach IPCC 2014).....	64
Abb. 6-4: Multimodell-simulierte Änderung der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur von 1950 bis 2100 (verändert nach IPCC 2013a).....	66
Abb. 6-5: Globale Verteilung der Veränderung der mittleren Erdoberflächentemperatur (a) und des mittleren Niederschlags (b), basierend auf Multimodell-Mittel-Projektionen für 2081-2100 gegenüber 1986-2005 für die Szenarien RCP2.6 und RCP8.5 (IPCC 2013a)	67
Abb. 6-6: Jährliche Niederschlagssummen (1888-2010) und Jahresmitteltemperaturen (1912-2010) der Ludger-Mintrop-Stadtklima-Station (verändert nach Grudzielanek et al. 2011).....	69
Abb. 6-7: Differenz der Jahresmitteltemperaturen im Ruhrgebiet zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 von vier verschiedenen regionalen Klimamodellen basierend auf dem Emissionsszenario A1B des IPCC (verändert nach MUNLV 2010).....	70
Abb. 6-8: Prozentuale Differenz der Jahresniederschlagssummen im Ruhrgebiet zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 von vier verschiedenen regionalen Klimamodellen basierend auf dem Emissionsszenario A1B des IPCC (verändert nach MUNLV 2010)	71

Abb. 6-9: Entwicklung und Verteilung der Jahresmitteltemperaturen im Stadtgebiet von Gladbeck	75
Abb. 6-10: Entwicklung und Verteilung der Anzahl an Sommertagen im Stadtgebiet von Gladbeck	76
Abb. 6-11: Entwicklung und Verteilung des Auftretens von heißen Tagen im Stadtgebiet von Gladbeck	77
Abb. 6-12: Entwicklung und Verteilung des Auftretens von Tropennächten im Stadtgebiet von Gladbeck	78
Abb. 6-13: Darstellung gegenwärtiger (2016) und zukünftiger (2100) Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Gladbeck	80
Abb. 9-1: Luftbilder (1990 - aktuell) des Stadtbezirks Butendorf	173

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1: Ausgewählte Klimaindikatoren für den Zeitraum 1981-2010 (LANUV NRW 2016).....	11
Tab. 2-2: Anteile der Nutzungsarten an der Gesamtfläche des Stadtgebietes von Gladbeck sowie deren Flächengröße (Stand: 31.12.2014; Stadt Gladbeck 2015).....	15

Tabellenverzeichnis Anhang

Tab. A 1: Fläche, Einwohnerzahl und Bevölkerungsdichte in den Stadtbezirken (Stand: 31.12.2014; nach Stadt Gladbeck 2015).....	197
--	-----

Kartenverzeichnis

Karte 2-1: Geländehöhen der Stadt Gladbeck (Datengrundlage: Digitales Geländemodell 2015).....	13
Karte 2-2: Darstellung der Oberflächenrauigkeit im Stadtgebiet von Gladbeck	14
Karte 3-1: Bodennahe Lufttemperatur (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Gladbeck um 4 Uhr	23
Karte 3-2: Nächtliche Abkühlungsrate (20 – 4 Uhr) der Lufttemperatur im Stadtgebiet von Gladbeck	24
Karte 3-3: Autochthones Windfeld (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Gladbeck um 4 Uhr	27
Karte 3-4: Kaltluftvolumenstrom im Stadtgebiet von Gladbeck um 4 Uhr	29
Karte 3-5: Kaltluftproduktionsrate im Stadtgebiet von Gladbeck um 4 Uhr	31
Karte 3-6: Luftaustauschrate im Stadtgebiet von Gladbeck um 4 Uhr	33
Karte 3-7: Durchlüftungssituation (12 m ü. Grund) um 4 Uhr im Stadtgebiet von Gladbeck bei allochthoner Wetterlage	35
Karte 4-1: Klimaanalysekarte der Stadt Gladbeck.....	55
Karte 5-1: Karte der klimaökologischen Funktionen im Stadtgebiet von Gladbeck.....	61
Karte 7-1: Einwohnerdichte auf Baublockebene für die Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Gladbeck	84
Karte 7-2: Prozentualer Anteil der Bevölkerung über 65 Jahre auf Baublockebene für die Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Gladbeck.....	86
Karte 7-3: Problemgebiete der Hitzebelastung im Stadtgebiet von Gladbeck.....	88
Karte 7-4: Problemgebiete der Hitzebelastung im Stadtbezirk Gladbeck-Mitte (I + II)	89
Karte 8-1: Flächenbewertung aus klimaökologischer Sicht im Stadtgebiet von Gladbeck.....	94
Karte 9-1: Planungshinweiskarte der Stadt Gladbeck	112
Karte 9-2: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Gladbeck für den Stadtbezirk Zweckel	122
Karte 9-3: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Gladbeck für den Stadtbezirk Schultendorf	128
Karte 9-4: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Gladbeck für den Stadtbezirk Rentfort-Nord.....	136
Karte 9-5: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Gladbeck für den Stadtbezirk Alt-Rentfort	144
Karte 9-6: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Gladbeck für den Stadtbezirk Ellinghorst.....	153
Karte 9-7: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Gladbeck für den Stadtbezirk Mitte I	162
Karte 9-8: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Gladbeck für den Stadtbezirk Mitte II	171
Karte 9-9: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Gladbeck für den Stadtbezirk Butendorf.....	179

Karte 9-10: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Gladbeck für den Stadtbezirk Brauck	188
Karte 9-11: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Gladbeck für den Stadtbezirk Rosenhügel	192

Kartenverzeichnis Anhang

Karte A 1: Einwohnerdichte auf Baublockebene im Stadtgebiet von Gladbeck	200
Karte A 2: Prozentualer Anteil der Bevölkerung über 65 Jahre auf Baublockebene im Stadtgebiet von Gladbeck	201

0 Zusammenfassung

Die vorliegende Klimaanalyse stellt eine Aktualisierung des aus dem Jahre 1992 stammenden Gutachtens dar. Ziel der Untersuchung war die Analyse und Bewertung der klimatischen Situation innerhalb des Gladbecker Stadtgebietes sowie die Ausweisung von Planungshinweisen, die vor dem Hintergrund der prognostizierten klimatischen Veränderungen im Laufe des 21. Jahrhunderts eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung gewährleisten sollen.

Während die Analyse von 1992 auf einem aufwändigen Messprogramm aus stationären Messungen (punktuell) und Messfahrten (linienhaft) basierte, bezieht sich die vorliegende Untersuchung u.a. auf die Ergebnisse einer im Rahmen des Fachbeitrags „Klimaanpassung“ zum Regionalplan Ruhr für die gesamte Metropolregion durchgeführten Klimamodellierung mit Hilfe des Simulationsmodells FITNAH-3D. Dieses Verfahren liefert, im Gegensatz zu lokalbegrenzten Messungen, räumlich hochauflösende und flächendeckende Ergebnisse zu einer Vielzahl klimatischer Parameter.

Da sich das Relief in Gladbeck insgesamt durch schwach ausgeprägte geomorphologische Strukturen auszeichnet, wird die mesoklimatische Situation in weiten Teilen des Stadtgebietes durch die unterschiedlichen Flächennutzungsstrukturen bestimmt. Dies spiegelt sich in dem von FITNAH-3D für eine sommerliche autochthone Strahlungswetterlage simulierten nächtlichen bodennahen Temperaturfeld wider, welches eine Stadt-Umland-Differenz von 7,1 K (Wärmeinseleffekt) aufweist. Dabei treten die höchsten Temperaturen im Stadtzentrum sowie in größeren Gewerbe- bzw. Industriegebieten und die niedrigsten Temperaturen über den ausgedehnten landwirtschaftlichen Flächen im westlichen und nördlichen Stadtgebiet auf. Die Temperaturdifferenzen sind in einem unterschiedlich starken Rückgang der bodennahen Lufttemperatur aufgrund der Wärmeeigenschaften der Oberflächen begründet.

Das für eine autochthone Strahlungsnacht simulierte bodennahe Windfeld weist aufgrund der geringen Reliefenergie insgesamt niedrige Strömungsgeschwindigkeiten auf, wodurch die Eindringtiefe kühler Luftmassen aus dem Umland in die Siedlungsbereiche oftmals eingeschränkt ist. Kleinere Siedlungen mit landwirtschaftlich geprägtem Umfeld, wie im Westen von Alt-Rentfort, können zwar vollständig von Kaltluftmassen durchströmt werden, hingegen werden das Stadtzentrum sowie große Bereiche der Stadtteile Zweckel und Butendorf nicht ausreichend mit Kaltluft versorgt. Während in Zweckel und Butendorf eine vergleichsweise aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur vorherrscht, resultiert die fehlende Kaltluftversorgung im höher versiegelten Stadtzentrum in einer stärkeren Überwärmung.

Reliefbedingte nächtliche Kaltluftabflüsse können von den Freilandflächen im Bereich „Die Lune“, Hegefeld (Gelsenkirchener Stadtgebiet) und „Am Bette“ (Bereich zwischen Südfriedhof und Autobahn A2) auftreten. Die Kaltluftmassen aus dem Bereich „Die Lune“ können über den Nordpark in Richtung Bahnhof Gladbeck-West abfließen, eine Anbindung an die

angrenzenden Wohngebiete fehlt jedoch weitestgehend. Die im Bereich Hegefeld produzierte Kaltluft kann dem Relief folgend zusammen mit der lokal produzierten Kaltluft aus dem Bereich „Am Bette“ über den Südfriedhof und den Südpark in die Siedlungsbereiche von Brauck und Rosenhügel vordringen. Die Freilandflächen im Westen und Norden stellen ebenfalls potenzielle Frisch- und Kaltluftproduktionsgebiete dar. Allerdings weist das Relief in diesen Bereichen eine geringe Neigung auf, die von den Siedlungskörpern weggerichtet ist. Somit kann dort kein reliefbedingter Kaltluftabfluss in die angrenzende Bebauung erfolgen. Allerdings können Flurwinde, die durch Temperatur- und Luftdruckunterschiede zwischen den unterschiedlichen Nutzungsstrukturen induziert werden, zu einer Abkühlung der Siedlungsbereiche in Rentfort und Ellinghorst beitragen.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der FITNAH-Modellierung, der Flächennutzung, der Topographie und aktueller Luftbilder erfolgte die Erstellung einer Klimaanalysekarte nach den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 (VDI 2015). Die Klimaanalysekarte beinhaltet mit den Klimatopen, den spezifischen Klimaeigenschaften und den Informationen zu lufthygienischen Verhältnissen sowie dem Luftaustausch vier Darstellungsebenen.

Die Klimatope sind sehr heterogen im Stadtgebiet von Gladbeck verteilt. Dabei nimmt das Freilandklima mit 24,5 % den größten Flächenanteil im Stadtgebiet ein, gefolgt von den Waldklimatopen (16,6 %). Insbesondere dem Stadtwald bzw. Wittringer Wald, den Naturschutzgebieten Halde Rheinbaben und Halde Ellinghorst sowie dem Waldgebiet entlang des Quälingsbaches kommt eine hohe Bedeutung zu, da sie eine Filterfunktion gegenüber Luftschadstoffen ausüben und/oder als wichtige Regenerations- und Erholungsräume dienen. Bezüglich der Parkklimatope (11,8 %) fällt insbesondere der fast vollständige Mangel im Stadtbezirk Mitte I auf. Die Bebauungsstrukturen der anderen Stadtbezirke weisen eine deutliche Auflockerung und Durchmischung von bebauten Klimatopen und Parkklimatopen auf.

Aufgrund der in weiten Teilen des Stadtgebietes vorherrschenden aufgelockerten und durchgrünten Bebauungsstruktur dominieren das Vorstadt- (9,5 %) und Stadtrandklima (15,9 %) die Siedlungsbereiche von Gladbeck. Letzteres umfasst den größten Anteil an der Siedlungsfläche im Stadtgebiet und ist insbesondere in den Stadtbezirken Zweckel, Schultendorf, Rentfort-Nord, Butendorf, Brauck und Rosenhügel vorherrschend, welches grundsätzlich mit verhältnismäßig günstigen bio- und immissionsklimatischen Bedingungen charakterisiert werden kann. Aus bioklimatischer Sicht stärker belastete Räume stellen die Bereiche der Stadt- und Innenstadtklimatope dar, welche eine höhere Versiegelung und einen geringeren Grünflächenanteil aufweisen. Zwar nehmen Sie mit 3,4 % (Stadtklima) bzw. 0,6 % (Innenstadtklima) einen relativ kleinen Anteil an der gesamtstädtischen Fläche ein, allerdings umfassen sie insbesondere im Stadtbezirk Mitte I ein größeres, zusammenhängendes Areal. Der hohe Versiegelungsgrad und der Mangel an verdunstungsaktiven Grün- und Wasserflächen können im Sommer zu Schwüle- und Hitzebelastungen führen.

In Kapitel 6 wird ein Überblick über den aktuellen wissenschaftlichen Stand zum Klimawandel, dessen Folgen und Auswirkungen sowie den projizierten globalen und regionalen Klimaveränderungen für das 21. Jahrhundert gegeben. Anschließend wird anhand der zeitlichen Entwicklung und räumlichen Verteilung klimatischer Kenntage, also der Häufigkeit des Auftretens von thermischen Extremereignissen wie heißen Tagen oder Nächten, die thermische Belastungssituation in unterschiedlichen Bereichen des Stadtgebietes aufgezeigt. Zu diesem Zweck wurde ein in Kooperation mit dem Deutschen Wetterdienst entwickeltes Verfahren aufgegriffen und erweitert, bei dem die klimatologischen Kenntagen auf Basis der Klimatope für die gegenwärtige und zukünftige klimatische Situation dargestellt werden. Zusammenfassend weisen die mittleren Jahresmitteltemperaturen in Zukunft voraussichtlich in allen Klimatopen des Stadtgebietes höhere Werte auf als bisher. Der Anstieg ist für den Zeitraum 2021-2050 bezogen auf die Periode 1961-1990 mit 1,9 bis 2,1 K allerdings in allen Klimatoptypen ähnlich groß. Hinsichtlich der hitzebedingten klimatologischen Kenntage (Sommertage, heiße Tage und Tropennächte) ergeben sich bei insgesamt teils wesentlich höheren Werten größere Unterschiede in der zukünftigen Entwicklung zwischen den Klimatopen. Vor allem in den bereits heute höher belasteten städtischen Klimatopen wird sich die Belastungssituation vermutlich noch stärker verschärfen.

Die zu erwartenden Klimaveränderungen können negative Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen haben, von denen insbesondere kranke und ältere Menschen sowie Kleinkinder stärker betroffen sein können. Im Rahmen einer Vulnerabilitätsanalyse auf Baublockebene wurden Bereiche identifiziert, die aufgrund der klimatischen Situation, der Bevölkerungsdichte und der Altersstruktur eine besondere Sensibilität aufweisen. Dabei ist in den Stadt- und Innenstadtbereichen aufgrund der zumeist hochversiegelten Bebauung von einer generellen Hitzebelastung auszugehen. Mit zunehmender Bevölkerungsdichte erhöht sich die potenzielle Anfälligkeit eines Wohngebietes. Neben kleineren Bereichen in den Stadtteilen Zweckel, Alt-Rentfort und Brauck ist eine Konzentration der Problemgebiete in den Stadtbezirken Mitte I und Mitte II festzustellen. Zudem sind dort vermehrt Baublöcke zu verzeichnen, die sowohl eine sehr hohe Anfälligkeit aufgrund der Bevölkerungsdichte als auch einen überdurchschnittlich hohen Anteil an älterer Wohnbevölkerung aufweisen.

Abschließend wurden auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse für das Stadtgebiet von Gladbeck Planungsempfehlungen aus **rein stadtklimatologischer Sicht abgeleitet** (siehe Kapitel 9). **Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass lediglich die Umweltaspekte Klima und Lufthygiene zur Ausweisung der Planungshinweise herangezogen wurden. Eine Abwägung mit weiteren ökologischen Belangen oder der Raumentwicklung dienenden Vorgaben ist nicht erfolgt und daher bei allen Vorhaben zu prüfen. Die ausgewiesenen Planungsempfehlungen sind dabei als Rahmenvorgaben anzusehen, die der Bauleit-**

planung als Orientierung für eine nachhaltige Anpassung der Stadt an den Klimawandel dienen sollen.

Der Großteil der Siedlungsbereiche von Gladbeck ist dem „Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete“ zuzuordnen. In den Stadtbezirken Alt-Rentfort, Butendorf, Ellinghorst und Schultendorf entsprechen die Wohngebiete gänzlich und in Brauck, Mitte II, Rentfort-Nord, Rosenhügel und Zweckel zum Großteil diesem Lastraum, dessen bioklimatische Verhältnisse grundsätzlich als positiv zu bewerten sind. Hier sollten die offenen und begrünten Bebauungsstrukturen erhalten bleiben und v.a. im Bereich von Belüftungsbahnen und Grünnetzungen kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen durchgeführt werden. Gleichwohl konnten in Zweckel, Rentfort-Nord, Alt-Rentfort, Ellinghorst, Butendorf und Brauck vereinzelt Flächen identifiziert werden, bei denen aus rein stadtklimatologischer Sicht eine maßvolle bauliche Nachverdichtung vertretbar ist. Im Kernbereich von Butendorf sowie in Rosenhügel sollte hingegen zur Wahrung der vorherrschenden positiven klimatischen Verhältnisse keine weitere Verdichtung erfolgen. Zum Erhalt des Luftaustausches und zum Schutz klimatischer Ausgleichsflächen ist u.a. am westlichen und südlichen Siedlungsrand von Alt-Rentfort, im Osten der Freilandflächen „Die Lune“ sowie zwischen Schultendorf und Rentfort-Nord das Festschreiben von Bebauungsgrenzen anzustreben.

In den klimatischen Lasträumen der „überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischbebauung“ sowie der „hochverdichteten Innenstadt“ treten die negativen Ausprägungen des Stadtklimas am deutlichsten hervor. Daher ist insbesondere im Stadtbezirk Mitte I die Förderung des Luftaustausches mit den klimatischen Ausgleichsräumen Nordpark und Wittringer Wald zu forcieren. Von einer weiteren Verdichtung ist abzusehen, hingegen sollten Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen erfolgen. Insbesondere die Schaffung verdunstungsaktiver Flächen kann für lokale Abmilderung thermischer Belastungen sorgen. Bei fehlenden Entsiegelungs- und Rückbaumöglichkeiten können Dach- und Fassadenbegrünungen eingesetzt werden. Zudem kann in hochversiegelten Straßenräumen der Innenstadt, den Nebenzentren sowie in Gewerbegebieten durch den Erhalt und die Anpflanzung von Bäumen in Folge von Verschattungs- und Verdunstungseffekten eine lokale Klimaverbesserung erzielt werden. Dabei sollten in Straßenschluchten und bei hohem Verkehrsaufkommen geschlossene Kronendächer vermieden werden, da dies zu eingeschränkten Austauschverhältnissen und einer Schadstoffanreicherung führen kann.

Die klimatischen Ausgleichsräume des Freilandes im östlichen und nördlichen Stadtgebiet, aber auch die landwirtschaftlich genutzten Freiflächen zwischen den Siedlungsbereichen, wie z.B. im Bereich „Die Lune“ oder „Am Bette“, sollten gesichert und von weiterer Bebauung freigehalten werden. Von entscheidender Bedeutung für die Relevanz dieser Ausgleichsflächen ist die Vernetzung mit den klimatischen Lasträumen. Hierzu sind der Erhalt bestehender Belüftungsbahnen sowie die Schaffung neuer Schneisen durch eine Auflockerung und

Beseitigung von Strömungshindernissen erforderlich. Bei der Grünvernetzung sollten innerstädtische Park- und Grünanlagen genutzt werden, um den Luftaustausch zwischen Umland und Siedlungsbereichen zu fördern. Durch Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen innerhalb der Bebauung können in hochverdichteten Stadtbereichen kleinere Parkanlagen wie der Jovy- und Rathaus-Park mit größeren Ausgleichsräumen wie dem Wittringer Wald vernetzt werden, wodurch nicht nur lokal begrenzte Abkühlungseffekte erzielt werden, sondern auch die Ausbreitung der städtischen Wärmeinsel insgesamt abgemildert werden kann.

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die klimatischen und lufthygienischen Verhältnisse eines städtischen Siedlungsraums zeichnen sich durch erhebliche Abweichungen gegenüber dem unbebauten Umland aus, man spricht von der Ausprägung eines „Stadtklimas“. Insbesondere erhöhte Temperaturen, geringere Luftfeuchtigkeit, eine eingeschränkte Belüftungssituation und eine stärkere Luftverschmutzung können im städtischen Lebensraum zu Einbußen bei der Umweltqualität führen, was gesundheitliche Beeinträchtigungen der Bewohner zur Folge haben kann. Die Ursachen der klimatischen Defizite einer Stadt liegen u.a. in einem hohen Versiegelungsgrad, einem geringen Grünflächenanteil, den thermischen Eigenschaften der urbanen Oberflächen und dreidimensionalen Baukörper sowie den erhöhten Emissionen an Luftschadstoffen begründet. Die Bebauungs- und Grünflächenstruktur einer Stadt nimmt somit eine zentrale Funktion bezüglich der lokalen klimatischen und lufthygienischen Verhältnisse ein (Kuttler 2009). Insbesondere mit Blick auf die prognostizierten klimatischen Veränderungen für das Ruhrgebiet, die sich bedingt durch den globalen Klimawandel im Laufe des 21. Jahrhunderts einstellen und zu einer Verschärfung des thermischen Stadt-Umland-Verhältnisses führen werden, kommt der Stadt- und Umweltplanung eine entscheidende Bedeutung zum Schutze der Stadtbevölkerung durch eine nachhaltige Anpassung der Städte an den Klimawandel zu (Kuttler 2010).

Die Belange der Umweltmeteorologie wurden daher rechtlich im Baugesetzbuch verankert. Gemäß § 1 (5) sollen „Bauleitpläne eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung, die die sozialen, wirtschaftlichen und umweltschützenden Anforderungen auch in Verantwortung gegenüber künftigen Generationen miteinander in Einklang bringt, und eine dem Wohl der Allgemeinheit dienende sozialgerechte Bodennutzung gewährleisten. Sie sollen dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie **den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern ...**“. § 1(6) Ziffer 7 besagt hierbei, dass insbesondere „... die Belange des Umweltschutzes, einschließlich des Naturschutzes und der Landschaftspflege, insbesondere die Auswirkungen auf Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, **Luft, Klima** und das Wirkungsgefüge zwischen ihnen sowie die Landschaft und die biologische Vielfalt,...“ zu berücksichtigen sind (BauGB 2015).

Um den Anforderungen einer klimawandelgerechten Stadtentwicklung zu entsprechen, sind genaue Kenntnisse der aktuellen und zukünftig zu erwartenden lokalklimatischen Verhältnisse unabdingbar. Gesamtstädtische Klimauntersuchungen gewinnen daher für eine qualifizierte Flächennutzungs- und Bebauungsplanung in städtischen Agglomerationsräumen zunehmend an Bedeutung.

Die vorliegende Klimaanalyse für die Stadt Gladbeck stellt eine Aktualisierung der stadtklimatologischen Untersuchungen aus dem Jahr 1992 dar. Die Analyse von 1992 basierte auf einem aufwändigen Messprogramm, wobei aus stationären Messungen (punktuell) und Messfahrten (linienhaft) anhand von Analogieschlüssen nur grobe flächendeckende Aussagen getroffen werden konnten. Die vorliegende Untersuchung hingegen bezieht sich u.a. auf die Ergebnisse der im Rahmen des Fachbeitrags „Klimaanpassung“ zum Regionalplan Ruhr für die gesamte Metropolregion durchgeführten Modellierung mit Hilfe des Simulationsmodells FITNAH-3D. Dieses Verfahren liefert, im Gegensatz zu den lokalbegrenzten Messungen, umfassende, räumlich hochauflösende und vor allem flächendeckende Ergebnisse zu einer Vielzahl relevanter klimatischer Parameter. Die FITNAH-Modellierung ist zwar vorrangig auf die Ebene der Regionalplanung ausgerichtet, ermöglicht aber auch Hinweise für die Flächennutzungs- und Bebauungsplanung auf kommunaler Ebene. Bei einer kleinräumigen Betrachtung auf Baublockebene können in Abhängigkeit von der Fragestellung jedoch weitergehende Untersuchungen (z.B. Messungen oder mikroskalige Simulationen) erforderlich sein, um die klimatischen Auswirkungen baulicher Flächennutzungsänderungen von Einzelflächen detailliert bewerten zu können.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Analyse und Bewertung der klimatischen Situation des Gladbecker Stadtgebietes sowie die Ausweisung von Planungshinweisen. Zu diesem Zweck wird im ersten Schritt zur Charakterisierung der klimatischen Situation im Untersuchungsgebiet eine Analyse der wichtigsten Klimafaktoren und Klimaelemente (Ergebnisse der FITNAH-Modellierung) vorgenommen. Die Ergebnisse münden in einer „Karte der klimaökologischen Funktionen“ zur Darstellung der bioklimatischen Verhältnisse auf Basis der Klimatope sowie der städtischen Belüftungssituation und der Kaltluftliefervermögen unbebauter Flächen. Des Weiteren werden die zu erwartenden Auswirkungen des globalen Klimawandels auf das Stadtgebiet von Gladbeck beschrieben, die derzeitigen und zukünftigen Wärmeinselsektoren dargestellt sowie eine Vulnerabilitätsanalyse durchgeführt. Vor diesem Hintergrund erfolgt zudem eine Bewertung der Grün- und Freiflächen aus klimaökologischer Sicht. Im Fokus der vorliegenden Arbeit stehen die Erstellung einer Klimaanalysekarte und die Ausweisung von Planungshinweisen.

Die Klimaanalysekarte gliedert das Stadtgebiet in Klimatope, die durch ähnliche mikroklimatische Ausprägungen gekennzeichnet sind. Dynamische Faktoren werden in Form von spezifischen Klimaeigenschaften dargestellt und beschrieben. Die Klimaanalysekarte wird zur Ableitung des Planungs- und Handlungsbedarfs mit dem Ziel, bestehende Belastungspotentiale zu senken bzw. abzubauen sowie die Lebens- und Wohnqualität zu sichern und zu schützen, genutzt. Neben der Darstellung großräumiger Planungshinweise für die gesamtstädtische Siedlungsstruktur werden für die einzelnen Stadtbezirke auf der Ebene der Klimatope lokale Planungshinweise in tabellarischer Form aufgeführt. Die Erstellung der Klimaanalyse- sowie

Planungshinweiskarte im Maßstab von ca. 1:10.000 erfolgte nach den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 (VDI 1997/2003; VDI 2015).

Durch die vorliegende Arbeit wird der Stadtverwaltung ein umfangreiches Hilfsmittel an die Hand gegeben, durch dessen Umsetzung der Maßnahmenempfehlungen zur Klimaanpassung eine nachhaltige und klimawandelgerechte Stadtentwicklung in Gladbeck gesichert werden kann.

2 Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

Die dem Kreis Recklinghausen zugehörige Stadt Gladbeck liegt zentral im nördlichen Ruhrgebiet. Dabei grenzt Gladbeck im Osten, Süden und Südwesten an die Siedlungsräume der Städte Gelsenkirchen, Essen und Bottrop, während sich im Nordwesten und Norden weitestgehend unbebautes Umland der Nachbarstädte Bottrop und Dorsten eröffnet. Bei einer Einwohnerzahl von 75.960 und einer Fläche von 35,9 km² beträgt die Bevölkerungsdichte von Gladbeck 2.116 Einw./km² (Stand: 31.12.2014, Stadt Gladbeck 2015). Damit weist Gladbeck die höchste Bevölkerungsdichte der Städte im Kreis Recklinghausen auf und ist bezüglich dieses Kennwertes vergleichbar mit den Ruhrgebiets-Großstädten Duisburg (2.085 Einw./km²) und Dortmund (2.065 Einw./km²) (IT.NRW 2016). Die Bevölkerungsdichte in Gladbeck zeigt, bedingt durch unterschiedliche Bebauungsstrukturen, eine stark heterogene Verteilung über die 10 Stadtbezirke, die das Stadtgebiet unterteilen (siehe Abb. 2-1). Während der Bezirk Mitte I eine Bevölkerungsdichte von 5.266 Einw./km² aufweist, liegt dieser Wert im Stadtbezirk Ellinghorst bei lediglich 519 (siehe auch Tab. A 1 im Anhang; Stadt Gladbeck 2015).



Abb. 2-1: Gladbecker Stadtbezirke (Stadt Gladbeck 2015)

Die unterschiedliche Bebauungsdichte bzw. die Flächennutzung hat neben weiteren Faktoren, wie dem Relief oder der Oberflächenrauigkeit, einen großen Einfluss auf die lokalklimatischen Ausprägungen einer Stadt. Daher werden im Folgenden zunächst die charakteristischen Merkmale dieser Klimafaktoren im Stadtgebiet von Gladbeck beschrieben. Zudem erfolgt eine Einordnung der klimatischen Verhältnisse anhand der regionalen Klimatopkarte des Regionalverbandes Ruhr. Dies ermöglicht eine erste Abgrenzung von Räumen mit ähnlichen mikroklimatischen Eigenschaften (Klimatope). Zu Beginn steht jedoch eine naturräumliche und großklimatische Einordnung des Untersuchungsgebietes.

2.1 Naturräumliche und großklimatische Einordnung

Naturräumlich betrachtet gehört Gladbeck der Großeinheit „Westfälische Tieflandsbucht“ an, wobei der Großteil der naturräumlichen Untereinheit Emscher-Land (Ordnungszahl 543) zuzuordnen ist. Lediglich die nördlichsten Ausläufer des Stadtgebietes können bereits dem Landschaftsraum Westmünsterland (Ordnungszahl 544) zugeordnet werden (vgl. Abb. 2-2). Die Stadt Gladbeck wird makroklimatisch dem Klimabereich „Nordwest-Deutschland“ zugeordnet, welcher sich von der Nordseeküste bis zu den Südseiten von Eifel und Westerwald sowie zur Ostseite des Sauerlandes erstreckt (vgl. Abb. 2-3). Durch die Lage im Westwindgürtel und die relative Nähe zum Atlantik ist das Klima in diesem Teil Deutschlands maritim beeinflusst. Dies äußert sich im Allgemeinen durch kühle Sommer und milde Winter. Allerdings können sich gelegentlich auch längere Hochdruckphasen mit kontinentalem Einfluss durchsetzen. Diese kontinentalen Hochdruckwetterlagen mit schwachen östlichen bis südöstlichen Winden führen im Sommer zu heißen, trockenen Phasen und sind im Winter hingegen mit anhaltenden Kälteperioden verbunden. Grundsätzlich dominieren im nordwestdeutschen Klimabereich jedoch südwestliche Windrichtungen, welche die vorherrschenden Luftdruckverhältnisse mit einem Hoch über Süd- und Mitteleuropa und einem Tief über dem Europäischen Nordmeer widerspiegeln. Regionalklimatisch liegt Gladbeck im Klimabezirk „Münsterland“ (MURL 1989).

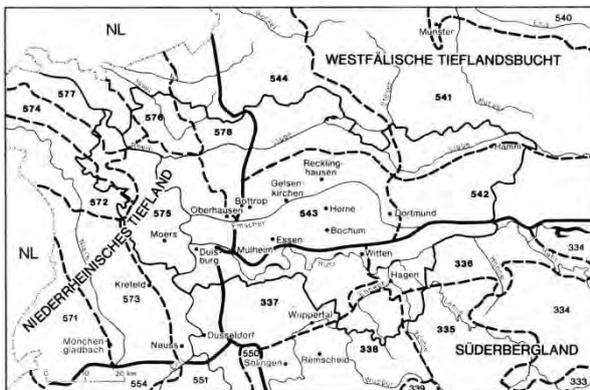


Abb. 2-2: Naturräumliche Gliederung des Ruhrgebietes (Löffler 1996)



Abb. 2-3: Klimabezirke im Ruhrgebiet (Löffler 1996)

Eine Zusammenstellung ausgewählter Klimadaten für Gladbeck enthält Tabelle 2-1. Die dargestellten Werte zeigen die mittleren klimatischen Bedingungen im Zeitraum 1981-2010. Durch den prognostizierten Klimawandel werden sich die Klimaverhältnisse im Laufe des 21. Jahrhunderts verändern (vgl. Kapitel 6). Zudem können die groß- und regionalklimatischen Charakteristika der Klimabezirke auf der lokalen Ebene in erheblichem Maße durch natürliche Faktoren (z.B. Relief) sowie anthropogene Einflüsse (z.B. Flächennutzung, Versiegelungsgrad, Emission von Luftschadstoffen, etc.) überprägt werden.

Tab. 2-1: Ausgewählte Klimaindikatoren für den Zeitraum 1981-2010 (LANUV NRW 2016)

Klimaindikator	Wert
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Jahr	10-11
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Frühling	10-11
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Sommer	17-19
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Herbst	10-11
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Winter	3-4
Mittlere Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) pro Jahr	33-39
Mittlere Anzahl der heißen Tage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) pro Jahr	7-8
Mittlere Anzahl der Frosttage ($T_{\min} < 0 \text{ °C}$) pro Jahr	45-59
Mittlere Anzahl der Eistage ($T_{\max} < 0 \text{ °C}$) pro Jahr	0-10
Mittlere Niederschlagshöhe im Jahr (mm)	800-900

2.2 Relief und Oberflächenrauigkeit

Eine ausgeprägte Reliefstruktur kann einen großen Einfluss auf die Belüftung einer Stadt ausüben, sei es in Form einer Tallage mit dadurch bedingter Ablenkung der Hauptwindrichtung oder in Form einer insgesamt schlechten Belüftungssituation im Falle einer Kessellage. Daneben spielt das Relief für die Entstehung von Kaltluftabflüssen eine große Rolle. Kalte Luftmassen fließen bei geeigneten Wetterlagen hangabwärts, dem stärksten Gefälle folgend und sammeln sich in Senken und Tälern an. Dringt die kalte Luft infolge ausreichenden Gefälles bis in Siedlungsgebiete vor, kann sie dort zur Abkühlung überhitzter Bereiche beitragen.

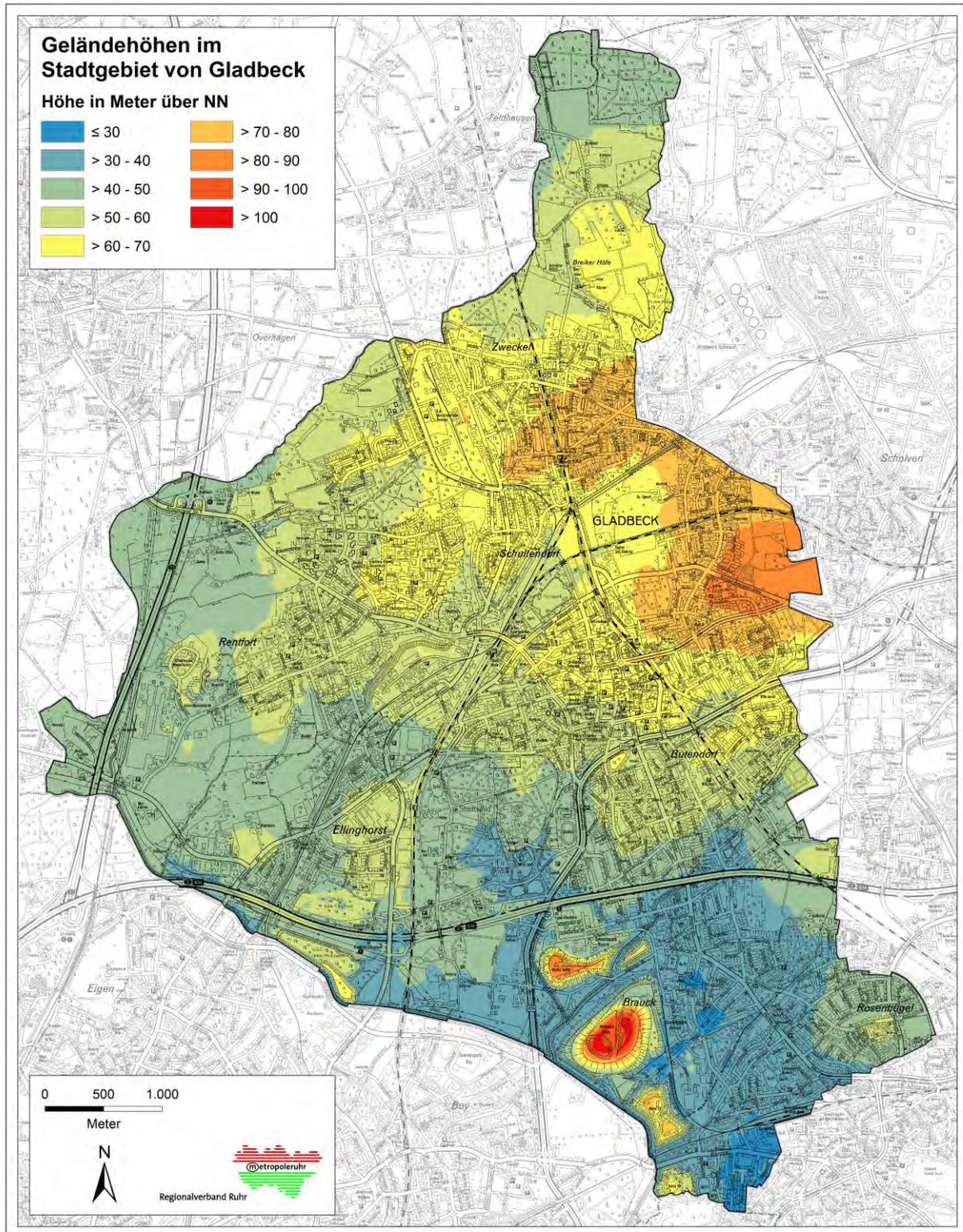
Maßgebend für die **Reliefausprägung** im Stadtgebiet ist die Lage Gladbecks am Westrand des Buerschen Höhenrückens als Teil des Vestischen Höhenzugs, welche sich insbesondere im Osten der Stadt zeigt. Hier ist folglich die höchste natürliche Erhebung im Stadtgebiet von 84,6 m ü. NN (an der Konrad-Adenauer-Straße) zu verzeichnen. Ausgehend von diesem Punkt fällt das Relief flach nach Westen in Richtung Niederrheinische Bucht sowie nach Süden in Richtung Emscherniederung ab. Dabei nimmt das Gelände im Bereich der Innenstadt (Stadtbezirke Mitte I und II) Höhen von 50-70 m über NN (nach Westen abfallend) ein, während Rentfort, Ellinghorst sowie der Norden von Zweckel lediglich 40-50 m über NN liegen. Die mit 30-40 m über NN geringsten Geländehöhen finden sich in Brauck und Rosenhügel (vgl. Karte 2-1).

Aber auch der insgesamt höchste Punkt im Stadtgebiet liegt in Brauck und ist anthropogenen Ursprungs. Die Mottbruchhalde weist eine Höhe von 117 m über NN auf. Zusammen mit der benachbarten Moltkehalde (88,5 m über NN) und der Halde 22 (76,2 m über NN) an der He-

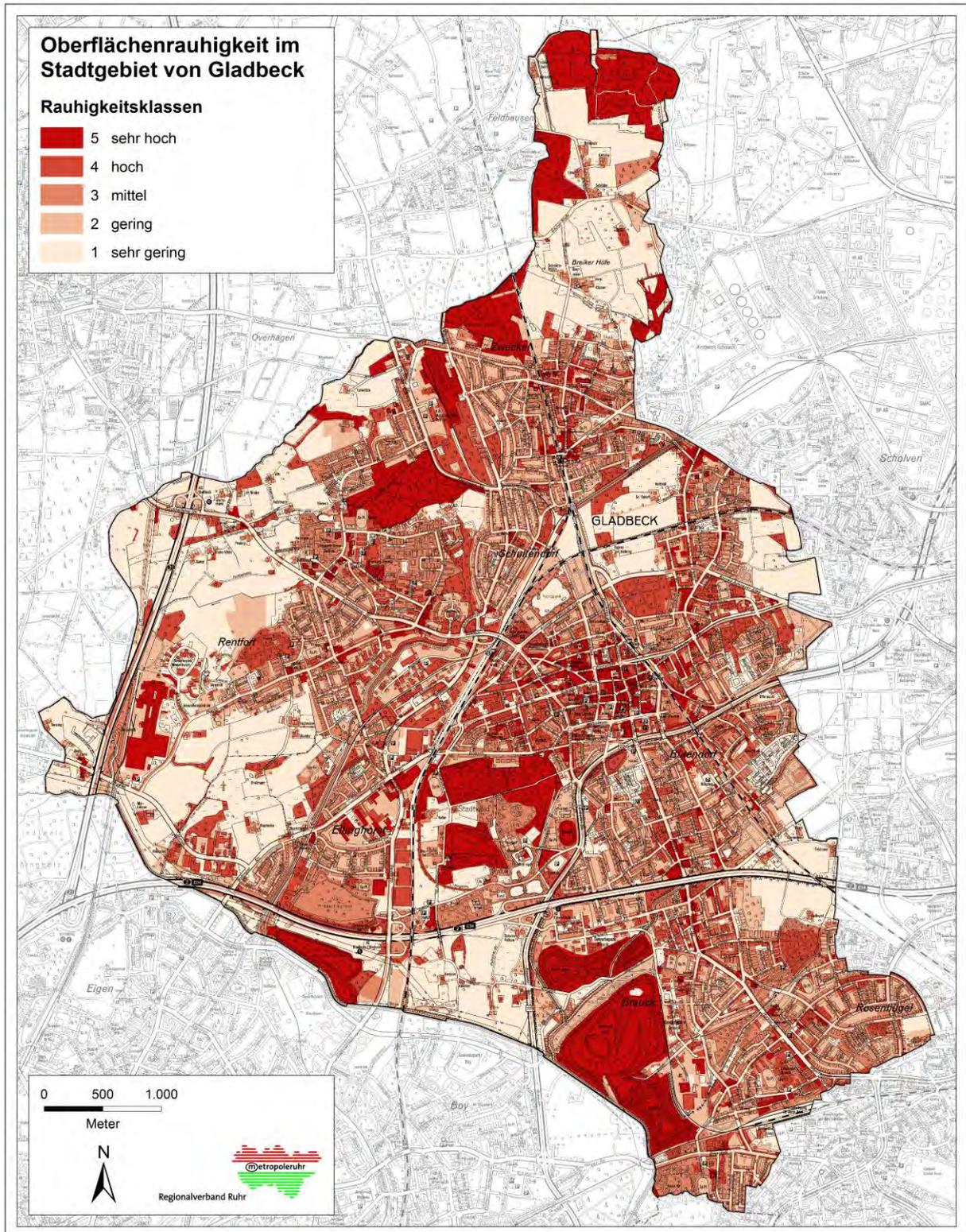
ringstraße dokumentiert sie die Bergbauaktivitäten des Ruhrgebietes und stellt eine markante Landmarke dar.

Neben dem Relief nimmt auch die **Oberflächenrauigkeit**, welche aus der Flächennutzung abgeleitet werden kann, eine bedeutende Rolle für die Belüftungssituation eines Standortes ein. Die in Karte 2-2 dargestellten Ergebnisse der Rauigkeitsklassen im Gladbecker Stadtgebiet zeigen geringe Oberflächenrauigkeiten im Bereich der landwirtschaftlich genutzten Flächen insbesondere im Westen und Norden des Stadtgebietes. Höhere Rauigkeitswerte ergeben sich infolge der Bebauung in den Siedlungs- und Gewerbe- bzw. Industriegebieten. Zudem zeichnen sich auch Wälder sowie die Bereiche der Halden durch eine erhöhte Oberflächenrauigkeit aus. Erhöhte Rauigkeitswerte bedingen in der Regel eine Verringerung der Windgeschwindigkeit gegenüber dem unbebauten Umland und können somit negative Auswirkungen auf die Durchlüftung zur Folge haben.

Insgesamt zeichnet sich das Stadtgebiet von Gladbeck durch eine geringe Reliefenergie und nur schwach ausgeprägte geomorphologische Strukturen aus. Die Oberflächenrauigkeit zeigt eine stark heterogene Ausprägung im Stadtgebiet.



Karte 2-1: Geländehöhen der Stadt Gladbeck (Datengrundlage: Digitales Geländemodell 2015)



Karte 2-2: Darstellung der Oberflächenrauigkeit im Stadtgebiet von Gladbeck

2.3 Flächennutzung

Da den Wechselwirkungen zwischen einer Oberfläche und der atmosphärischen Grenzschicht die beherrschende Rolle bei der Ausprägung von lokalklimatischen Verhältnissen zukommt, nimmt die Flächennutzung eine entscheidende stadtklimatische Bedeutung ein (Baumüller et al. 1999).

Tabelle 2-2 zeigt die prozentualen Anteile der Nutzungsarten an der Gesamtfläche des Stadtgebietes von Gladbeck sowie deren Flächengrößen (Stand 31.12.2014). Dabei wird deutlich, dass 51 % des Stadtgebietes durch bebaute Flächen oder Verkehrsflächen geprägt sind. Während landwirtschaftliche Flächen einen Anteil von 24,6 % an der Gesamtfläche ausmachen, weisen Wald- (9,6 %), Erholungs- (6,7 %) und Wasserflächen (2,0 %) wesentlich geringere Flächenanteile auf (Stadt Gladbeck 2015).

Bei einer näheren Betrachtung der zeitlichen Entwicklung der Flächennutzungsstrukturen fällt auf, dass in den Jahren 2003 bis 2014 die Landwirtschaftsflächen als einzige Nutzungsart eine Reduzierung zu verzeichnen hatten. Wurden 2003 noch 998 ha des Stadtgebietes landwirtschaftlich genutzt, waren es 2014 nur noch 884 ha. Dies entspricht einer Reduzierung der landwirtschaftlichen Fläche um 114 ha bzw. 11,5 % in 11 Jahren. Im selben Zeitraum hat die bebaute Fläche (inkl. der Betriebsfläche), trotz eines Bevölkerungsrückgangs von etwa 3,9 %, um 37 ha zugenommen. Allerdings sind auch neue Erholungsflächen (38 ha; entspricht einem Zuwachs von 15,9 %) und Waldflächen (28 ha; entspricht einem Zuwachs von 9,1 %) entstanden (IT.NRW 2015).

Tab. 2-2: Anteile der Nutzungsarten an der Gesamtfläche des Stadtgebietes von Gladbeck sowie deren Flächengröße (Stand: 31.12.2014; Stadt Gladbeck 2015)

Nutzungsart	Fläche in ha	Anteil in %
Bebaute Fläche	1.352	37,7
Betriebsfläche*	165	4,6
Erholungsfläche**	241	6,7
Verkehrsfläche	478	13,3
Landwirtschaftliche Fläche	884	24,6
Waldfläche	345	9,6
Wasserfläche	71	2,0
Sonstige Nutzung***	55	1,5
insgesamt	3.591	100,0

* z.B. Halden, Lagerplätze

** z.B. öffentliche Grünanlagen und Sportanlagen

*** z.B. Friedhöfe

Die räumliche Aufteilung der unterschiedlichen Flächennutzungsarten im Stadtgebiet weist grundsätzlich eine heterogene Verteilung der Frei- und Siedlungsflächen auf. Allerdings ist ein relativ geschlossener überbauter Bereich von Zweckel im Norden über das Zentrum bis Ellinghorst bzw. Brauck und Rosenhügel im Süden erkennbar. Dieser bebaute Bereich wird jedoch von diversen Frei-, Wald-, und Grünflächen, die zum Teil Vernetzungsstrukturen aufweisen, durchzogen und damit aufgelockert. Besonders hervorzuheben sind hierbei der Stadtwald (Wittringer Wald) im Osten von Ellinghorst, „Die Lune“ in Verbindung mit dem Nordpark und dem Zentralfriedhof nördlich des Stadtzentrums sowie die landwirtschaftlich genutzten Flächen „Am Bette“, die in Verbindung mit dem Südfriedhof und dem Südpark eine grüne Achse in den Stadtteilen Brauck und Rosenhügel darstellen. Größere zusammenhängende Freilandbereiche schließen sich hauptsächlich im Westen und Norden an die Siedlungsbereiche an, während der Süden des Stadtgebietes durch einen nahtlosen Übergang der bebauten Flächen zum benachbarten Stadtteil Gelsenkirchen-Horst geprägt ist.

Die Industrieflächen in Gladbeck konzentrieren sich im Wesentlichen auf drei Standorte: das Firmengelände der Ineos Phenol GmbH in Zweckel, das Firmengelände der Pilkington Deutschland AG in Alt-Rentfort sowie das Industriegebiet an der Bottroper Straße in Ellinghorst. Darüber hinaus sind größere Gewerbeansiedlungen in den Stadtteilen Alt-Rentfort, Ellinghorst, Brauck sowie im Zentrum (Mitte I und II) vorzufinden.

Das Stadtgebiet von Gladbeck wird weiterhin von einigen wichtigen Verkehrsverbindungen mit überregionaler Funktion durchzogen, die einen Einfluss auf die lufthygienische Situation im Stadtgebiet haben. Südlich von Ellinghorst sowie auf der Grenzen zwischen Butendorf und Brauck verläuft in Ost-West-Richtung die Autobahn A2, während im Westen die in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Autobahn A31 das Stadtgebiet tangiert. Zudem wird Gladbeck von der Bundesstraße B224 durchquert, die in ihrer Verlängerung auf Gelsenkirchener Stadtgebiet als Autobahn A52 weiterführt.

2.4 Regionale Klimatopkarte

Im Rahmen der Erstellung des Fachbeitrags „Klimaanpassung“ zum Regionalplan Ruhr im Jahr 2013 wurde durch den Regionalverband Ruhr eine regionale Klimatopkarte für die gesamte Metropole Ruhr erstellt. Klimatope beschreiben Gebiete, die aufgrund identischer Flächennutzung ähnliche mikroklimatische Ausprägungen aufweisen. Als Grundlage für die Klimatopkarte diente daher u.a. die Flächennutzungskartierung.

Die Regionale Klimatopkarte wurde auf die Ebene der Regionalplanung ausgerichtet und verschafft daher an dieser Stelle lediglich einen ersten Überblick über die Verteilung der Klimatope im Stadtgebiet. Eine detaillierte Ausweisung und Auswertung der räumlichen Verteilung der Klimatope in Gladbeck erfolgt anhand der Klimaanalysekarte in Kapitel 4.

Im Folgenden werden die einzelnen Klimatope kurz beschrieben und eine regionale Einordnung der Stadt Gladbeck anhand der Klimatopkarte für die Metropole Ruhr gegeben.

2.4.1 Beschreibung der Klimatope

Freilandklima

Das Freilandklima entwickelt sich über landwirtschaftlich genutzten Flächen. Es zeichnet sich durch gute Austauschverhältnisse und stark ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur mit deutlich niedrigeren nächtlichen Lufttemperaturen aus. Dadurch stellen diese Fläche potenzielle Ausgleichsräume dar, die bei entsprechenden Wetterlagen eine klimatisch entlastende Funktion für die Siedlungsräume einnehmen können.

Waldklima

Das Waldklima ist durch eine Verlagerung der Strahlungsumsätze auf das Kronendachniveau und einer daraus folgenden Dämpfung aller Klimatelemente im Stammraum (Bestandsklima) gekennzeichnet. Aufgrund der Filterfunktion stellen Wälder bedeutende Frischluftentstehungsgebiete dar.

Parkklima

Größere innerstädtische Frei- und Grünflächen (z.B. öffentliche Parks, Friedhöfe, etc.) können (ähnlich wie das Freiland) aufgrund der im Vergleich zur umliegenden Bebauung geringeren Temperaturen eine ausgleichende Funktion innehaben. Die Reichweite dieser klimameliorierende Wirkung auf die angrenzenden Siedlungsflächen ist dabei von der Flächengröße der Grünfläche sowie der Beschaffenheit der Randbebauung abhängig.

Gewässerlima

Das Gewässerlima ist aufgrund der thermischen und hygrischen Eigenschaften von Wasserkörpern durch einen gedämpften Tagesgang der Lufttemperatur gekennzeichnet. Diese positive klimatische Wirkung bleibt bei kleineren innerstädtischen Wasserflächen jedoch zumeist auf die unmittelbare Umgebung begrenzt.

Klima der bebauten Flächen

Das Stadtklima wird mit zunehmender Bebauungsdichte und Versiegelung bei abnehmender Vegetationsdurchdringung in die **Klimatope Stadtrand, Stadt und Innenstadt** unterteilt. Vom Stadtrand in Richtung Innenstadt erfolgen eine Zunahme der Temperatur, eine Veränderung der relativen Feuchte und ein zunehmender Einfluss auf das Windfeld. Die positive Wirkung der Vegetation nimmt immer weiter ab.

Gewerbe- und Industrieklima

Gewerbe und vor allem Industrie­flächen sind aufgrund der Abwärmeproduktion, des meist hohen Versiegelungsgrades und der dichten Bebauung durch Überwärmung gekennzeichnet. Je nach Baukörper kann das Windfeld stark beeinflusst werden. Negative Auswirkungen auf das Umfeld ergeben sich ebenfalls durch Lärm- und Schadstoffemissionen.

2.4.2 Gliederung der Stadt Gladbeck anhand der Regionalen Klimatopkarte

In den Darstellungen der räumlichen Verteilung der Klimatope werden diese scharf voneinander abgegrenzt. In Wirklichkeit sind die Übergänge zwischen den Klimatopen fließend und nicht statisch. Die Klimatope stellen erste Hinweise auf die klimatischen Eigenschaften der einzelnen Flächen dar. Dabei bezieht sich die Ausweisung auf die Bedingungen, die sich bei austauscharmen Strahlungswetterlagen einstellen, da hier die mikroklimatischen Ausprägungen zwischen unterschiedlichen Flächennutzungen am stärksten hervortreten.

Abb. 2-4 zeigt die räumliche Verteilung der unterschiedlichen Klimatope im Ruhrgebiet auf.

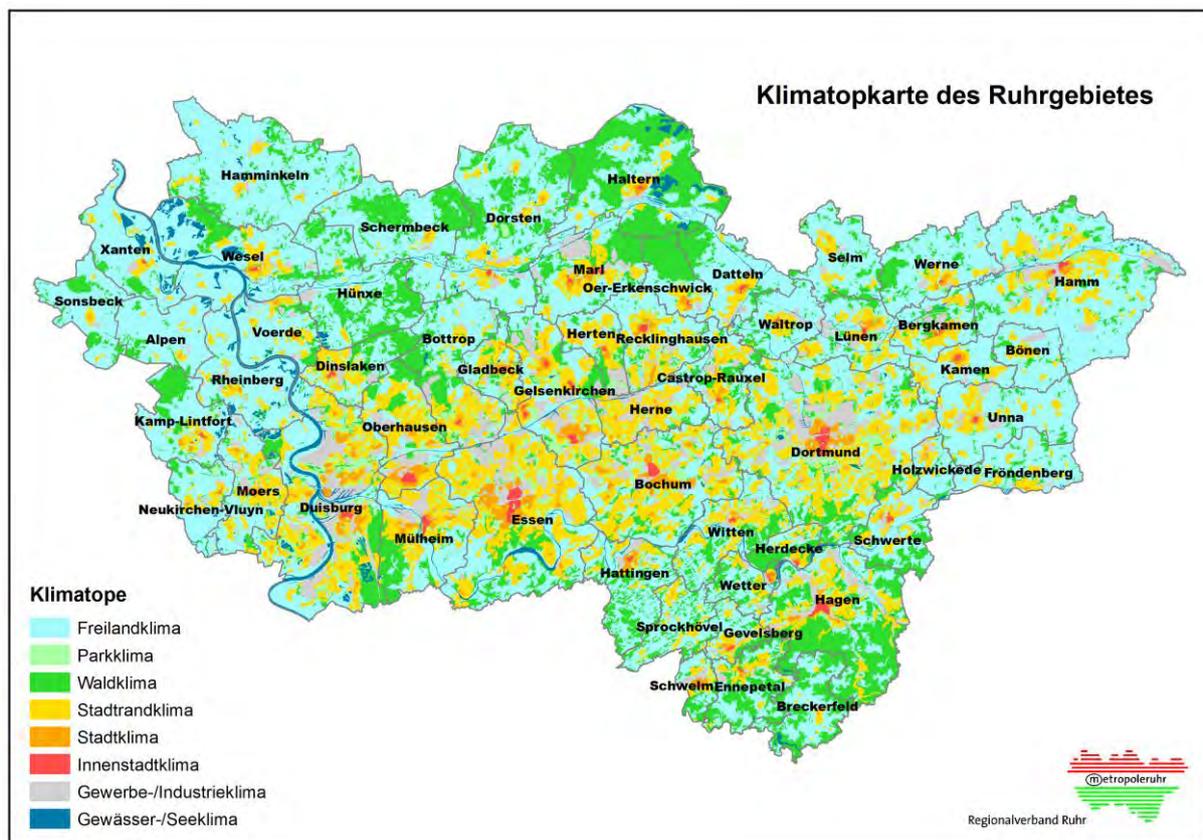


Abb. 2-4: Regionale Klimatopkarte des Ruhrgebietes (2012)

Es wird deutlich, dass die Außenbereiche der Metropolregion Ruhr (Kreis Wesel, Kreis Unna, Ennepe-Ruhr-Kreis und die nördlichen Bereiche des Kreises Recklinghausen) durch weitläufige und zusammenhängende Freiland- bzw. Waldklimatope geprägt sind, während der Kernbereich des Ruhrgebietes, bedingt durch die starke Überbauung, durch die städtischen Klimatope (Stadttrand-, Stadt- und Innenstadtklima) sowie das Gewerbe-/Industrieklima gekennzeichnet ist. Zwar kann sich auch in kleineren Kommunen mit ländlichem Umfeld ein Stadtklima entwickeln, die räumliche Ausdehnung ist allerdings in den Großstädten (z.B. Oberhausen, Essen, Bochum, Dortmund) wesentlich ausgeprägter. Insbesondere aufgrund der fließende Übergänge der Bebauungsfläche über die Stadtgrenzen hinweg und der zum Teil fehlenden Ausgleichsräume kann es von Duisburg bis Dortmund bei sommerlichen Strahlungswetterlagen zu signifikanten klimatischen Unterschieden zwischen den Innenstädten und dem unbebauten Umland kommen.

Die Stadt Gladbeck ist regional dem nördlichen Rand des Kernbereichs des Ruhrgebietes zuzuordnen. Während sich nördlich und westlich des Stadtgebietes bereits großflächige Bereiche des Freilandklimas anschließen, sind im Süden und Osten nur kleinere oder teilweise keine klimatischen Ausgleichsflächen zwischen den städtischen Klimatopen von Gladbeck und den Nachbarstädten Bottrop, Essen und Gelsenkirchen vorzufinden.

Die Ausprägung eines Innenstadtklimas ist lediglich auf einen Bereich im Stadtteil Mitte I beschränkt, während weite Teile des Zentrums dem Stadtklimatop zugeordnet werden können. Der überwiegende Teil der Siedlungsflächen ist aufgrund der weitestgehend lockeren Bebauungsstruktur dem Stadttrandklima zugehörig. Anhand der Klimatopverteilung wird zudem die in Kapitel 2.3 beschriebene teils schneisenartige Auflockerung der Siedlungsflächen durch Grün-, Wald- und Freiflächen sowie die räumliche Verteilung der Industrie- und Gewerbegebiete im Stadtgebiet deutlich.

3 Flächenhafte Ausprägung ausgewählter Klimaelemente

Die Verteilung lokalklimatisch relevanter Größen (z.B. Wind, Temperatur, etc.) kann mit Hilfe von Messungen ermittelt werden. Aufgrund der großen räumlichen und zeitlichen Variabilität der meteorologischen Parameter sind Messungen allerdings immer nur punktuell repräsentativ und eine Übertragung in benachbarte Räume zumeist nicht möglich. Daher nehmen kleinräumige Simulationsmodelle für umweltmeteorologische Zusammenhänge im Rahmen von stadt- und landschaftsplanerischen Fragestellungen eine immer größere Bedeutung ein. Mesoskalige Modelle können physikalisch fundiert die räumlichen und/oder zeitlichen Lücken zwischen Messungen schließen, weitere meteorologische Größen berechnen sowie Wind- und Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln und darstellen (RVR 2013).

Für den Fachbeitrag „Klimaanpassung“ zum Regionalplan Ruhr wurden die klimatischen Verhältnisse flächendeckend für die gesamte Metropole Ruhr mit Hilfe des Simulationsmodells FITNAH-3D berechnet.

Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte dabei in einem Raster mit einer Zellengröße von jeweils 50 m x 50 m. Da bei dieser Auflösung Einzelgebäude nicht explizit aufgelöst werden können, sind diese entsprechend parametrisiert über die Definition von Flächennutzungsklassen in die Modellierung eingegangen. Die für die Simulation notwendigen orographischen Eingangsparemeter wurden auf Grundlage eines digitalen Geländehöhenmodells mit einer Auflösung von 10 m abgeleitet. Zur Aufbereitung der Nutzungsstrukturen für die Modellrechnung wurde die Flächennutzungskartierung des RVR verwendet. Im Zuge des eingesetzten geostatistischen Verfahrens wurden kleinere Nutzungseinheiten, die aufgrund der Maßstabsbeschränkung in der Flächengeometrie nicht enthalten sind (z.B. Straßenräume, Plätze, kleinere Baumgruppen) den einzelnen Rasterzellen mittels umfangreichem Abgleich auf Basis von Luftbildern zugeordnet. Aus der Verknüpfung der unterschiedlichen Quellen ist somit eine Informationsebene zur Realnutzung, Strukturhöhe und Oberflächenversiegelung aufgebaut worden (RVR 2013).

Die Simulation erfolgte für eine autochthone und eine allochthone Wetterlage. Bei der autochthonen Wetterlage handelte es sich um eine austauscharme, sommerliche Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel, hohen solaren Einstrahlungswerten und einem nur sehr schwachen überlagernden synoptischen Wind. Unter diesen Bedingungen können sich lokalklimatische Besonderheiten unterschiedlicher Nutzungsstrukturen besonders stark ausprägen. Häufig geht dies mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung sowie lufthygienischen Belastungen in Siedlungsräumen einher. Die meteorologischen Eingangsdaten der Simulation stellen insofern eine „Worst Case“-Betrachtung dar. Unter diesen Rahmenbedingungen können nächtliche Kalt- und Frischluftströmungen aus innerstädtischen Grün- und Brachflächen sowie dem unbebauten Umland zum Abbau einer Wärmebelastung in den

Siedlungsbereichen beitragen. Eine allochthone Wetterlage stellt eine austauschstarke „Normallage“ dar, welche vorwiegend durch ein übergeordnetes Windfeld mit Strömungsgeschwindigkeiten von mehr als 2,5 m/s aus westlicher Richtung charakterisiert wird. Dadurch nehmen die klimatischen Eigenschaften unterschiedlicher Flächennutzungen eine untergeordnete Rolle ein, wodurch die Ausbildung der städtischen Wärmeinsel lediglich abgeschwächt auftritt und ein Einsetzen nächtlicher Kaltluftströmungen ausbleibt (RVR 2013).

Im Folgenden werden die Ergebnisse der FITNAH-Modellierung zu verschiedenen meteorologischen Parametern für das Stadtgebiet von Gladbeck erläutert. Dabei beziehen sich die Ausführungen in Kapitel 3.1 bis 3.5 auf die Simulationsergebnisse einer autochthonen Wetterlage und in Kapitel 3.6 auf eine allochthone Wetterlage.

3.1 Bodennahe Lufttemperatur und nächtliche Abkühlungsrate

Der Tagesgang der bodennahen Lufttemperatur ist direkt an die Strahlungsbilanz eines Standortes gekoppelt. Die in Städten gegenüber dem unbebauten Umland modifizierten Temperaturverhältnisse lassen sich dabei im Wesentlichen auf die erhöhte Wärmekapazität und -leitfähigkeit der urbanen Böden und Oberflächen sowie die durch die Geometrie der städtischen Baukörper vergrößerte strahlungsabsorbierende Oberfläche zurückführen. Zudem bedingt die höhere Konzentration von Gasen und Aerosolen der Stadtluft eine Veränderung der Strahlungsbilanz zugunsten eines langwelligen Strahlungsgewinns (lokaler Treibhauseffekt). Des Weiteren leisten eine herabgesetzte Verdunstung infolge der geringeren Grünflächenanteile und der direkten Einleitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation, die Wirkung der Stadt als Strömungshindernis und damit verbundener Beeinträchtigung der Durchlüftung und des Luftaustausches mit dem Umland sowie die erhöhte anthropogen bedingte Wärmeproduktion einen Beitrag zur Überwärmung bzw. geringeren nächtlichen Abkühlung der Siedlungsbereiche. Die nächtliche Temperaturdifferenz zwischen Stadt und Umland kann dabei mehr als 8 Kelvin (K) betragen, wobei das Ausmaß von der Größe der Stadt und der Dichte der Bebauung abhängig ist.

Auch die Luftvolumina über grüngerprägten Flächen weisen untereinander keinen einheitlichen Temperaturzustand auf. Die Abkühlungsrate von natürlichen Oberflächen wird insbesondere von ihren thermischen Bodeneigenschaften (u.a. Wärmeleitfähigkeit und -kapazität) sowie von der Oberflächenbedeckung (Bewuchs, Laubstreu usw.) bestimmt. Das Relief, die Lage im Mosaik der Nutzungen sowie die dynamischen Luftaustauschprozesse üben einen weiteren Einfluss aus.

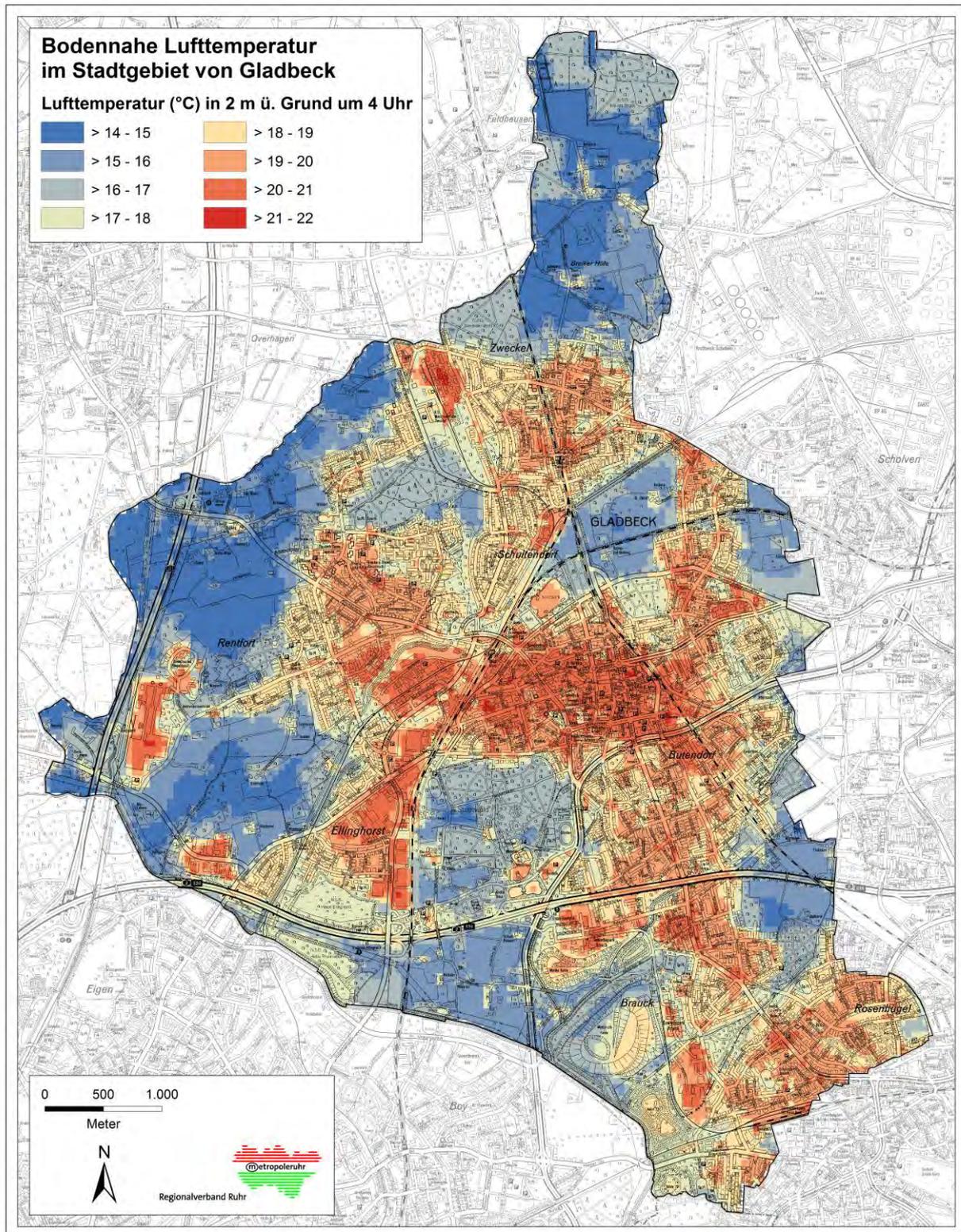
Eine Sonderstellung nehmen Wald- und Gewässerflächen ein. Der gedämpfte Tagesgang der Lufttemperatur im Wald beruht auf dem zweischichtigen Strahlungsumsatz zwischen Atmosphäre und Kronendach sowie zwischen Kronendach und Stammraum. Größere Wald-

gebiete stellen wichtige Frischluftproduktionsgebiete dar. Während tagsüber durch Verschattung und Verdunstung relativ niedrige Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit im Stammraum vorherrschen, treten nachts vergleichsweise milde Temperaturen auf. Stadtnahe Wälder können daher auch am Tage Kaltluft zugunsten des Siedlungsraumes erzeugen.

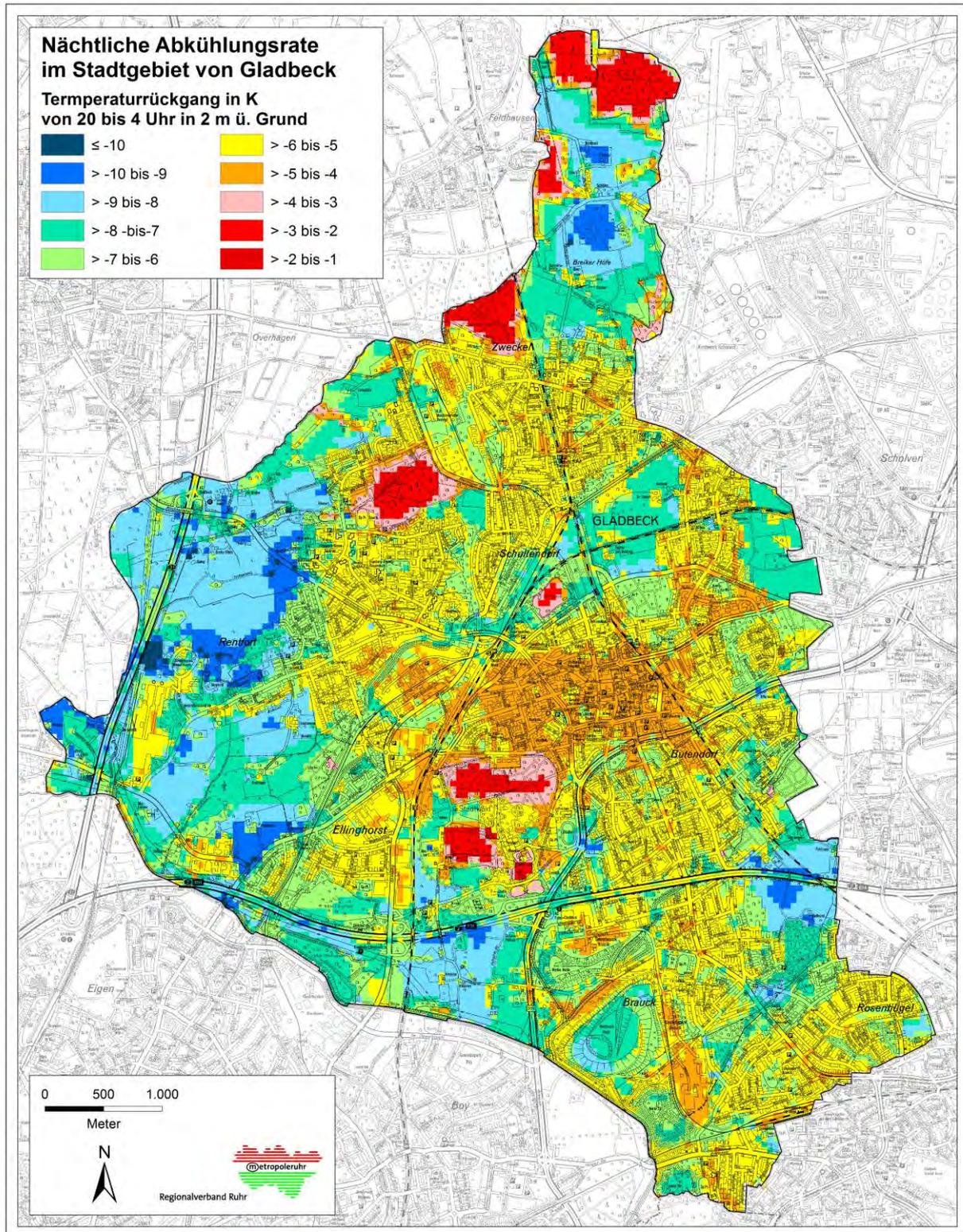
Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, Bereiche mit potenziellen bioklimatischen Belastungen abzugrenzen, Aussagen zum Auftreten thermisch und/oder orographisch induzierter Ausgleichsströmungen zu treffen und die räumliche Ausprägung und Wirksamkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen abzuschätzen. Karte 3-1 zeigt die mit FITNAH-3D simulierte flächenhafte Verteilung der bodennahen Lufttemperatur in 2 Meter über Grund für eine sommerliche austauscharme Strahlungswetterlage zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens. Die mittlere Temperatur im Stadtgebiet von Gladbeck liegt bei 17,5 °C. Dabei umfasst das sich nächtlich einstellende Temperaturfeld Werte zwischen 14,0 °C und 21,1 °C und weist somit eine Stadt-Umland-Differenz von 7,1 K auf.

Die höchsten Temperaturen innerhalb der Bebauung treten im Stadtzentrum von Gladbeck sowie in größeren Gewerbe- bzw. Industriegebieten auf. Innerhalb kleinerer Gewerbeflächen, Stadtteilzentren sowie verdichteter Wohngebiete können Werte von 19 °C bis 21 °C auftreten. Weite Teile der zumeist aufgelockerten Stadtrandbebauung weisen mit 18 °C bis 19 °C ein geringeres Temperaturniveau auf, was auf den vergleichsweise geringen Überbauungsgrad, einen höheren Grünflächenanteil sowie der räumlichen Nähe zum unbebauten Umland zurückzuführen ist. Die niedrigsten Temperaturen sind mit 14 °C bis 16 °C über den ausgedehnten landwirtschaftlich genutzten Arealen im westlichen und nördlichen Stadtgebiet von Gladbeck zu verzeichnen, was in ihrer starken langwelligen Ausstrahlung nach Sonnenuntergang begründet liegt. Die Waldgebiete besitzen ein vergleichsweise hohes Temperaturniveau von 16 °C bis 17 °C. Hier dämpft das Kronendach die nächtliche Ausstrahlung und damit auch ein stärkeres Absinken der bodennahen Lufttemperatur im Stammraum. Verglichen mit den weitläufigen Freiräumen des Umlandes weisen die innerstädtischen Grünflächen, abhängig von ihrer Größe und Form, höhere Werte auf, welche zumeist zwischen 16 °C und 18 °C liegen. Hier wird deutlich, dass diese Flächen in eine insgesamt wärmere Umgebung eingebettet sind und daher die geringen Temperaturen des Umlandes nicht mehr erreicht werden.

Die oben beschriebenen Zusammenhänge werden zudem in der nächtlichen Abkühlungsrate deutlich. Den Rückgang der bodennahen Lufttemperatur von 20 Uhr abends bis 4 Uhr morgens zeigt Karte 3-2. Während die Lufttemperatur in der Innenstadt nur um 4 K bis 5 K zurückgeht, ist die Abkühlungsrate über den landwirtschaftlich genutzten Flächen mit bis zu mehr als 10 K am höchsten. Die Abkühlung der Waldflächen kann dagegen weniger als 2 K betragen, was auf den gedämpften Tagesgang der Lufttemperatur im Stammraum zurückzuführen ist.



Karte 3-1: Bodennahe Lufttemperatur (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Gladbeck um 4 Uhr



Karte 3-2: Nächtliche Abkühlungsrate (20 – 4 Uhr) der Lufttemperatur in 2 m Ü. Grund im Stadtgebiet von Gladbeck

3.2 Autochthones Windfeld

Während allochthoner, also austauschstarker, Wetterlagen zeichnet sich das städtische Windfeld im Allgemeinen insbesondere aufgrund des erhöhten aerodynamischen Widerstandes der Bebauung gegenüber dem flachen Umland durch eine im Mittel geringere Windgeschwindigkeit sowie eine höhere Anzahl an Schwachwindstunden und Windstillen (Calmen) aus. Allerdings können bedingt durch thermische Turbulenzen oder infolge einer Kanalisierung in Straßenschluchten (Düseneffekt) und Umlenkungseffekten an Gebäudekanten lokal erhöhte Windgeschwindigkeiten und Böigkeit auftreten (Hupfer u. Kuttler 2006).

Bei sommerlicher autochthoner Strahlungswetterlage und somit nur sehr schwachem übergeordneten Windfeld, kann die in Kapitel 3.1 beschriebene bodennahe Lufttemperaturverteilung bzw. die dadurch bedingten horizontalen und vertikalen Luftdruckunterschiede lokale thermische Windsysteme auslösen. Die wichtigsten nächtlichen Luftströmungen dieser Art sind zum einen die gravitationsbedingten Berg- und Hangabwinde, zum anderen die als direkte Ausgleichsströmungen vom hohen zum tiefen Luftdruck aufzufassenden Flurwinde.

Bereits ab einer Geländeneigung von ein bis zwei Grad setzen nach Sonnenuntergang über natürlichen Oberflächen abwärts gerichtete Strömungen ein. Da hangnahe Luftmassen durch die nächtliche Ausstrahlung der Oberflächen stärker abkühlen als die freie Luft in gleicher Höhe und somit eine höhere Dichte aufweisen, fließt die kühlere bodennahe Luft hangabwärts. Die Ausprägung dieses kleinräumigen Phänomens wird in erster Linie durch das Temperaturdefizit zur umgebenden Luft und durch die Neigung des Geländes bestimmt (Moser et al. 1999).

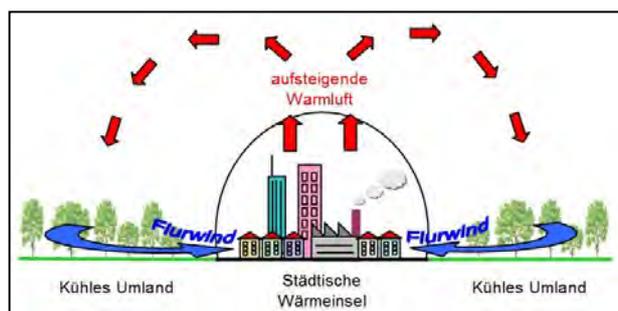


Abb. 3-1: Prinzip des Flurwindes

gegenüber dem Umland ein lokales thermisches Tief im städtischen Bereich entwickelt. Der resultierende Druckgradient kann daraufhin durch einströmende kühlere Luftmassen aus dem Umland ausgeglichen werden (vgl. Abb. 3-1). Flurwinde sind oftmals nur schwach ausgeprägt, lediglich wenige Meter mächtig und dringen im Idealfall radial in die Stadt ein (Hupfer u. Kuttler 2006).

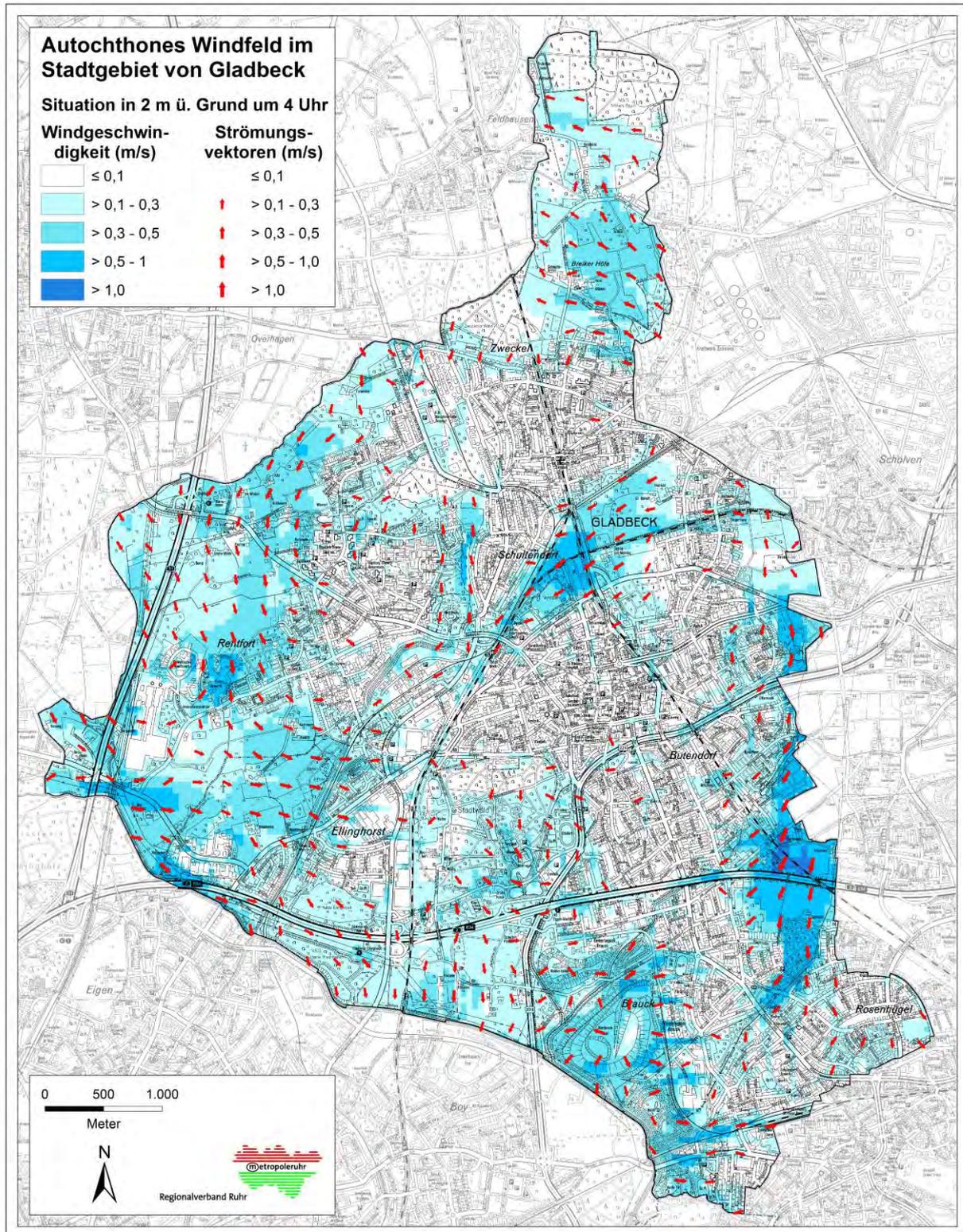
Hangab- und Flurwinden kommt eine besondere stadtplanerische Bedeutung zu: Größere Siedlungen wirken aufgrund ihrer hohen aerodynamischen Rauigkeit als Strömungshinder-

Neben diesen durch das Relief beeinflussten Strömungen bilden sich in ebenen Lagen unter günstigen Bedingungen sogenannte Flurwinde aus. Flurwinde entstehen, wenn sich infolge der Überwärmung von überbauten oder versiegelten Gebieten – und dem damit verbundenen konvektiven Aufstieg der betroffenen Luftmassen –

nis. Aus diesem Grund sind die Durchlüftung der Stadtkörper und der Luftaustausch mit dem Umland generell herabgesetzt. Die Abfuhr von schadstoffbelasteten und überwärmten Luftmassen in den Straßenschluchten kann in Abhängigkeit von der Bebauungsart und -dichte deutlich eingeschränkt sein. Speziell bei austauscharmen Wetterlagen wirken sich diese Faktoren bioklimatisch zumeist ungünstig aus. Daher können die genannten Strömungssysteme durch die Zufuhr frischer und kühlerer Luft eine bedeutende klima- und immissionsökologische Ausgleichsleistung für die Belastungsräume erbringen.

Karte 3-3 zeigt das bodennahe (2 m ü. Grund) autochthone Windfeld im Stadtgebiet von Gladbeck für eine sommerliche Strahlungswetterlage zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens. Die Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb des Stadtgebietes reichen von vollkommener Windstille bis Maximalwerten von 1,1 m/s. Diese insgesamt relativ niedrigen Werte der Windgeschwindigkeit sind in der geringen Reliefenergie des Untersuchungsgebietes begründet. Windgeschwindigkeiten von mehr als 1 m/s konnten lediglich über den landwirtschaftlich genutzten Flächen nördlich der A2 an der Stadtgrenze zu Gelsenkirchen simuliert werden. Kuttler et al. (2011) haben hier Kaltluftabflüsse von den landwirtschaftlichen Flächen im Bereich Hegefeld (südlich der Fachhochschule Gelsenkirchen) dem nach Südwest abfallendem Relief folgend in Richtung des Gladbecker Stadtgebietes mittels Tracerausbreitungsmessung nachgewiesen. Weite Bereiche des unbebauten Umlandes sowie teilweise die innerstädtischen Grünflächen weisen lediglich Windgeschwindigkeiten zwischen 0,1 m/s und 1,0 m/s auf, während die Siedlungsbereiche im Wesentlichen Werte unter 0,1 m/s verzeichnen. Hierbei fällt auf, dass über den ausgedehnten Landwirtschaftsflächen im westlichen Stadtgebiet sich die Windgeschwindigkeit mit zunehmender Nähe zu den Siedlungsbereichen erhöht und auch die Strömungsvektoren trotz des von Ost nach West leicht abfallenden Reliefs eine Orientierung in Richtung der östlich angrenzenden bebauten Flächen aufweisen. Dies weist auf die Unterschiede der Lufttemperatur und des Luftdrucks zwischen den Flächennutzungen hin und zeigt die hierdurch initiierte Flurwinddynamik.

Aufgrund der insgesamt geringen Windgeschwindigkeiten ist die Eindringtiefe der kühleren Luftmassen aus dem Umland in die Siedlungsbereiche relativ gering. Daher kommt den Luftaustauschbereichen eine besondere stadtplanerische Bedeutung zu, da sie Kaltluftentstehungsgebiete und Belastungsbereiche miteinander verbinden. Als geeignete Oberflächenstrukturen, die ein Eindringen von Kaltluft in die Bebauung erleichtern, dienen vegetationsgeprägte Freiflächen, Kleingärten und Friedhöfe als auch Gleisareale und breite Straßenräume.



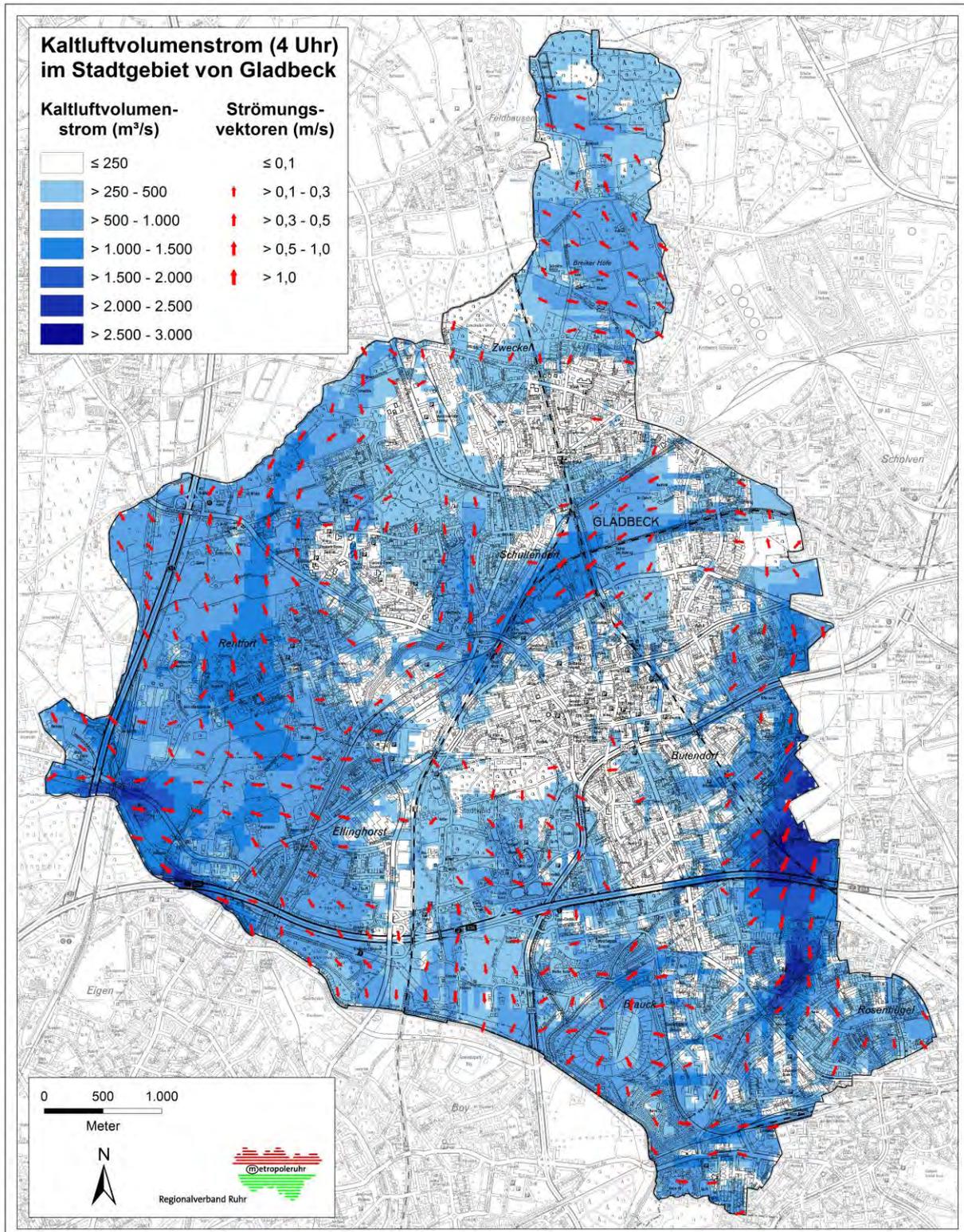
Karte 3-3: Autochthones Windfeld (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Gladbeck um 4 Uhr

3.3 Kaltluftvolumenstrom

Die potenzielle Ausgleichsleistung einer Grün- bzw. Freifläche bezüglich Wärme- und Schadstoffbelastungen in Siedlungsbereichen ist nicht allein von der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung (autochthones Windfeld) abhängig, sondern wird zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit (d.h. durch die Höhe der Kaltluftschicht) mitbestimmt. Daher wird zur Bewertung der Grün- und Freiflächen zudem der Kaltluftvolumenstrom herangezogen. Unter diesem Begriff versteht man, vereinfacht ausgedrückt, das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts (Durchflussbreite). Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit m^3 , die in jeder Sekunde durch den Querschnitt beispielsweise eines Hanges oder einer Luftleitbahn fließt. Der Volumenstrom ist damit ein Maß für den Zustrom von Kaltluft und bestimmt, neben der Strömungsgeschwindigkeit, die Größenordnung des Durchlüftungspotenzials.

Karte 3-4 zeigt die flächenhafte Verteilung des Kaltluftvolumenstroms im Stadtgebiet von Gladbeck um 4 Uhr morgens. Die Klassifizierung des Volumenstroms orientiert sich dabei am auftretenden Wertespektrum innerhalb des Untersuchungsgebietes. Analog zur Strömungsgeschwindigkeit treten die höchsten Werte von über $2.500 \text{ m}^3/\text{s}$ südöstlich von Butendorf auf. Deutlich wird die Relevanz von innerstädtischen Grünflächen und deren Vernetzung mit Freiflächen des Umlandes zur Versorgung der überwärmten Siedlungsbereiche mit Kaltluft am Beispiel des Südfriedhofes und Südparks in Brauck.

Die Eindringtiefe von Kaltluft in bebautes Gebiet hängt wesentlich von der Siedlungsgröße, der Bebauungsdichte, der Gebäudeausrichtung, der anthropogenen Wärmefreisetzung (die zu einer Erwärmung der eindringenden kühlen Luftmassen führt) sowie von der Menge und Geschwindigkeit der einströmenden Kaltluft ab. Kleinere Siedlungen mit landwirtschaftlich geprägtem Umfeld, wie im westlichen Zipfel des Siedlungsbereichs von Alt-Rentfort, können sogar vollständig von den Kaltluftmassen durchströmt werden, was dazu führt, dass diese eine weniger starke nächtliche Überwärmung aufweisen. Hingegen sind das Stadtzentrum sowie große Bereiche der Stadtteile Zweckel und Butendorf während austauscharmer Strahlungsnächte nicht ausreichend mit Kaltluft versorgt. Während in Zweckel und Butendorf eine vergleichsweise aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur vorherrschen, resultiert die fehlende Kaltluftversorgung im höher versiegelten Stadtzentrum in einer stärkeren Überwärmung (vgl. auch Karte 3-1) und ist somit aus klimaökologischer Sicht als problematischer zu beurteilen.



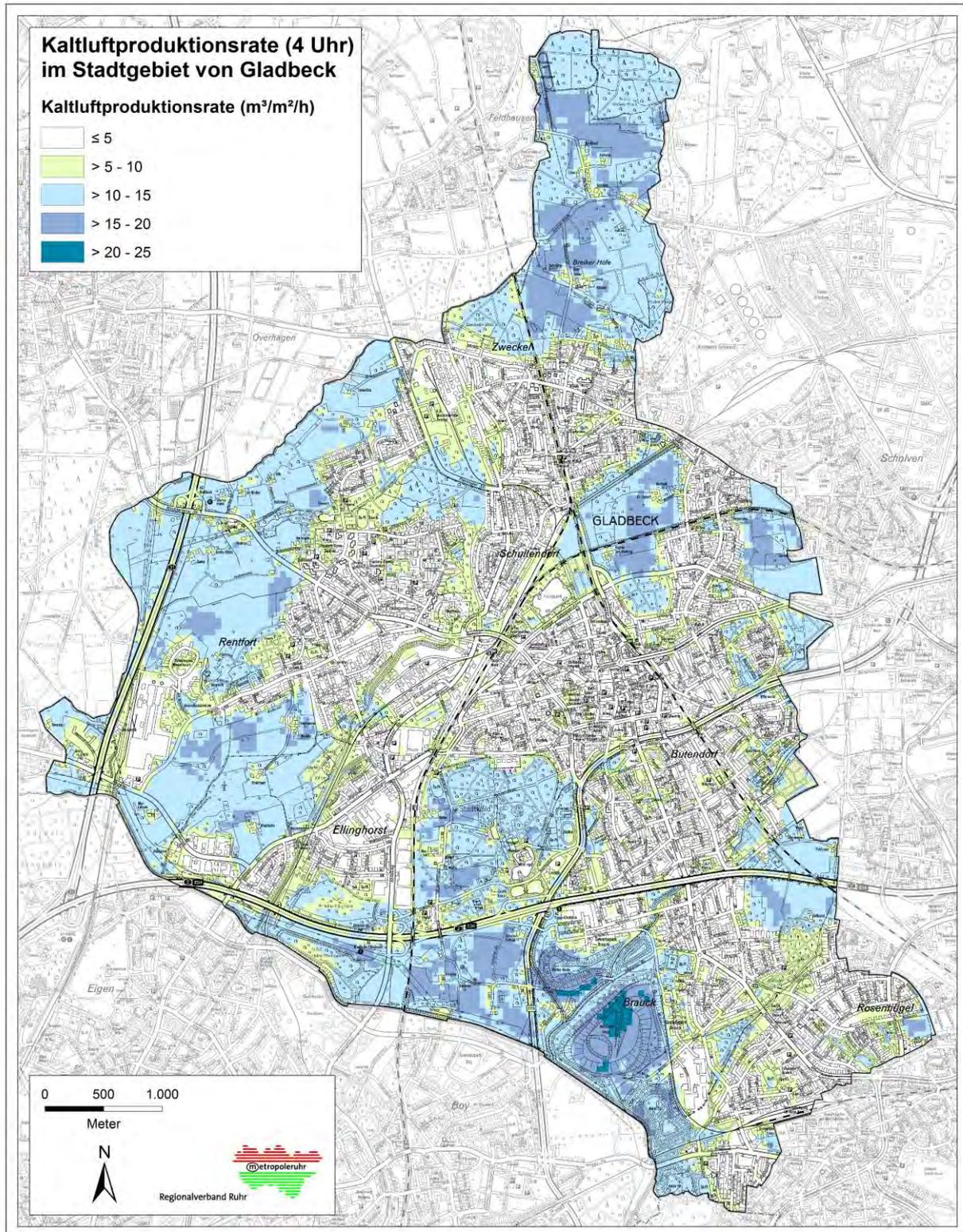
Karte 3-4: Kaltluftvolumenstrom im Stadtgebiet von Gladbeck um 4 Uhr

3.4 Kaltluftproduktionsrate

Neben der Geschwindigkeit und der Mächtigkeit von Kaltluftmassen stellt die Kaltluftproduktivität einer Fläche eine wichtige Größe dar. Die Kaltluftproduktionsrate beschreibt die Menge der sich innerhalb einer Stunde pro Quadratmeter relativ zu ihrer Umgebung abkühlenden Luft über einer Fläche. Einige landnutzungstypische Charakteristika der Kaltluftentstehung wurden bereits in den vorangestellten Kapiteln erläutert. Im Allgemeinen hängt die Rate der Kaltluftentstehung über einer Freifläche von meteorologischen Größen (v.a. der Einstrahlung), dem Relief (Exposition, Geländeneigung) sowie von der Lage des betreffenden Kaltluftentstehungsgebietes im thermisch differenzierten Mosaik angrenzender Flächen ab. Entscheidend sind allerdings die Eigenschaften des Untergrundes, wie etwa die thermischen Bodeneigenschaften (Wärmeleitfähigkeit und –kapazität), die Farbe der Oberfläche, die Dichte des Bodensubstrates, der Luft- und Wassergehalt, das Porenvolumen sowie die Bodenbedeckung (Vegetation) (Hupfer u. Kuttler 2006).

Die Bestimmung der Kaltluftproduktionsrate kann mit Ungenauigkeiten behaftet sein, was sowohl für die modellhafte Berechnung als auch für Geländemessungen gilt. Für die Modellierung größerer Untersuchungsgebiete liegen i.d.R. nicht alle relevanten, zum Teil sehr heterogenen Variablen vor oder können aus den Eingangsdaten in hinreichender Differenziertheit parametrisiert werden. Daher ist bei der Angabe von Kaltluftproduktionsraten mit entsprechenden Unsicherheiten zu rechnen (VDI 2003).

Die Ergebnisse der FITNAH-Analyse umfassen für das Stadtgebiet von Gladbeck ein Wertespektrum von 0 bis 22,8 m³/m²/h. Die in Karte 3-5 dargestellte Kaltluftproduktivität spiegelt die Verteilung der Grünflächen einerseits und der Siedlungsbereiche andererseits wider. Dabei sind verbreitet Kaltluftproduktionsraten von 10 bis 15 m³/m²/h über den landwirtschaftlichen Flächen, den Waldflächen sowie einigen größeren innerstädtischen Grünflächen (z.B. Wittringer Wald, Zentralfriedhof) zu beobachten. Höhere Werte von 15 bis 20 m³/m²/h sind vornehmlich über den landwirtschaftlich genutzten Flächen nördlich von Zweckel und im Bereich „Die Lune“ sowie über den Halden im Süden des Stadtgebietes zu finden. Hier werden kleinräumig auch mit mehr als 20 m³/m²/h die höchsten Werte der Kaltluftproduktionsrate erreicht. In den bebauten Bereichen können lediglich bei stark aufgelockerter Bebauungsstruktur und hohem Grünflächenanteil vereinzelt sehr geringe Werte von 5 bis 10 m³/m²/h auftreten. Wasserflächen sorgen aufgrund ihrer thermischen Trägheit zwar tagsüber für vergleichsweise kühlere Umgebungstemperaturen, dienen nachts allerdings nicht als Kaltluftproduzenten. Im Gegenteil: Wasserkörper können aufgrund ihrer höheren Wärmekapazität auf das thermische Verhalten überströmender Kaltluft einwirken und zu einer Erwärmung beitragen (Hupfer u. Kuttler 2006).



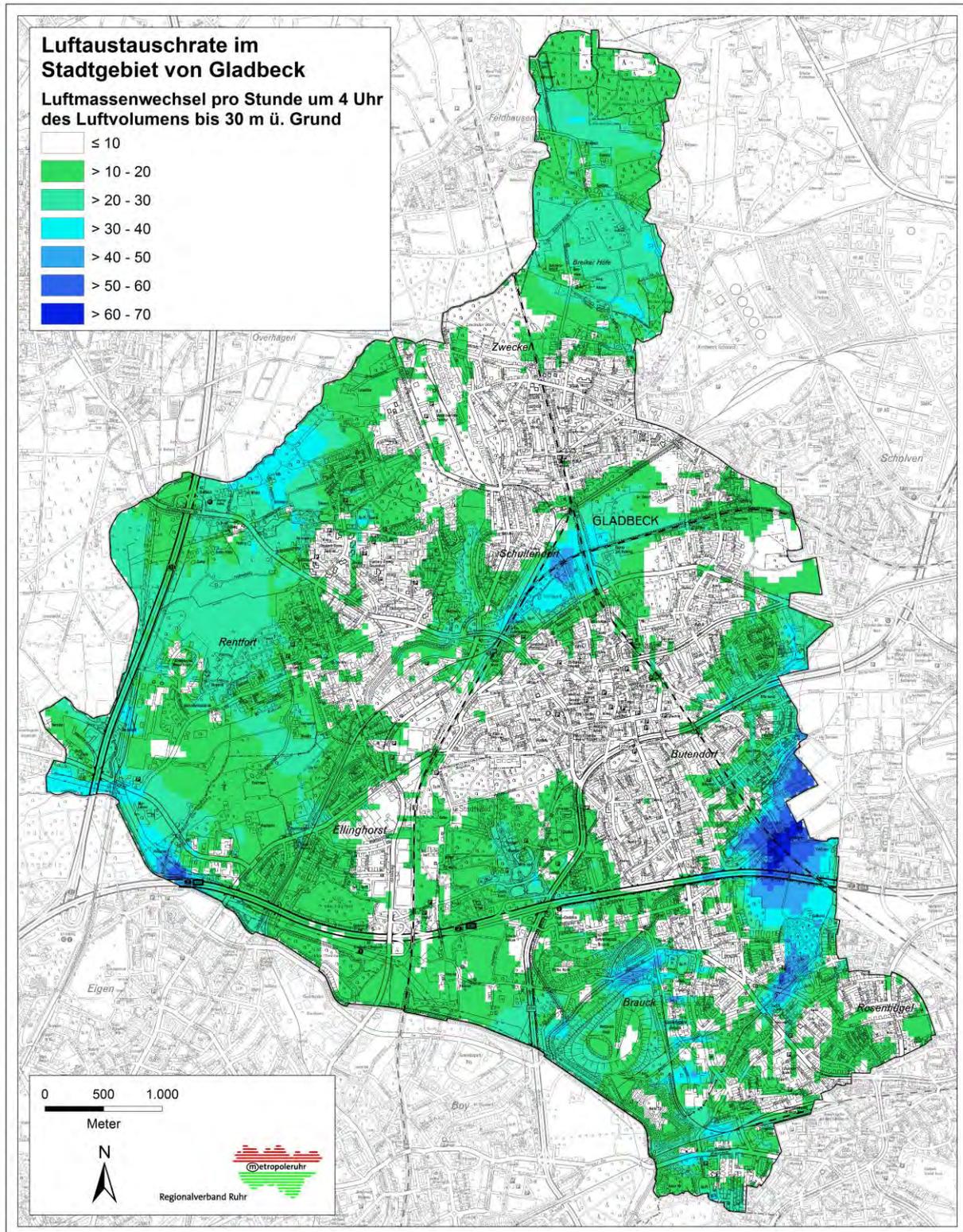
Karte 3-5: Kaltluftproduktionsrate im Stadtgebiet von Gladbeck um 4 Uhr

3.5 Luftaustauschrate

Die Luftaustauschrate ist eine Kennzahl für die Häufigkeit der vollständigen Erneuerung eines Luftvolumens an einem Standort. In urbanen Bereichen ist diese von Bedeutung, da ein Zusammenhang zwischen der Luftaustauschrate und der lufthygienischen Situation sowie der thermischen Belastung besteht. Sie wird abgeleitet aus der berechneten, dreidimensionalen Struktur und der zeitlichen Entwicklung des Windfeldes. Die Luftaustauschrate gibt an, wie oft pro (Nacht-)Stunde das bodennahe Luftvolumen (bis 30 m Höhe) in jeder Rasterzelle ausgetauscht wird.

Die räumliche Ausprägung korrespondiert weitestgehend mit der des Kaltluftvolumenstroms. Demnach sind die höchsten Werte der Luftaustauschrate (60- bis 70-mal pro Stunde) im Bereich des Kaltluftabfluss vom Gelsenkirchener Hegefeld im südöstlichen Teil von Butendorf (vgl. Karte 3-6) zu verzeichnen. Hohe Werte von mehr als 40-mal pro Stunde weisen zudem der Südpark, der Nordpark, der Sohlenbereich zwischen der Moltke- und Mottbruchhalde an der Welheimer Straße sowie der westliche Teil des Naturschutzgebietes Boyetal-West. Die Ausbreitungen sind hier allerdings als kleinräumig zu bezeichnen.

Weite Bereiche des unbebauten Umlandes (landwirtschaftliche Flächen und Wälder) weisen Werte zwischen 10 und 30 auf. In den Siedlungsflächen geht die Luftaustauschrate aufgrund der abbremsenden Wirkung der Oberflächenstrukturen sowie der allmählichen Erwärmung der Kaltluft überwiegend auf weniger als 10-mal pro Stunde zurück.



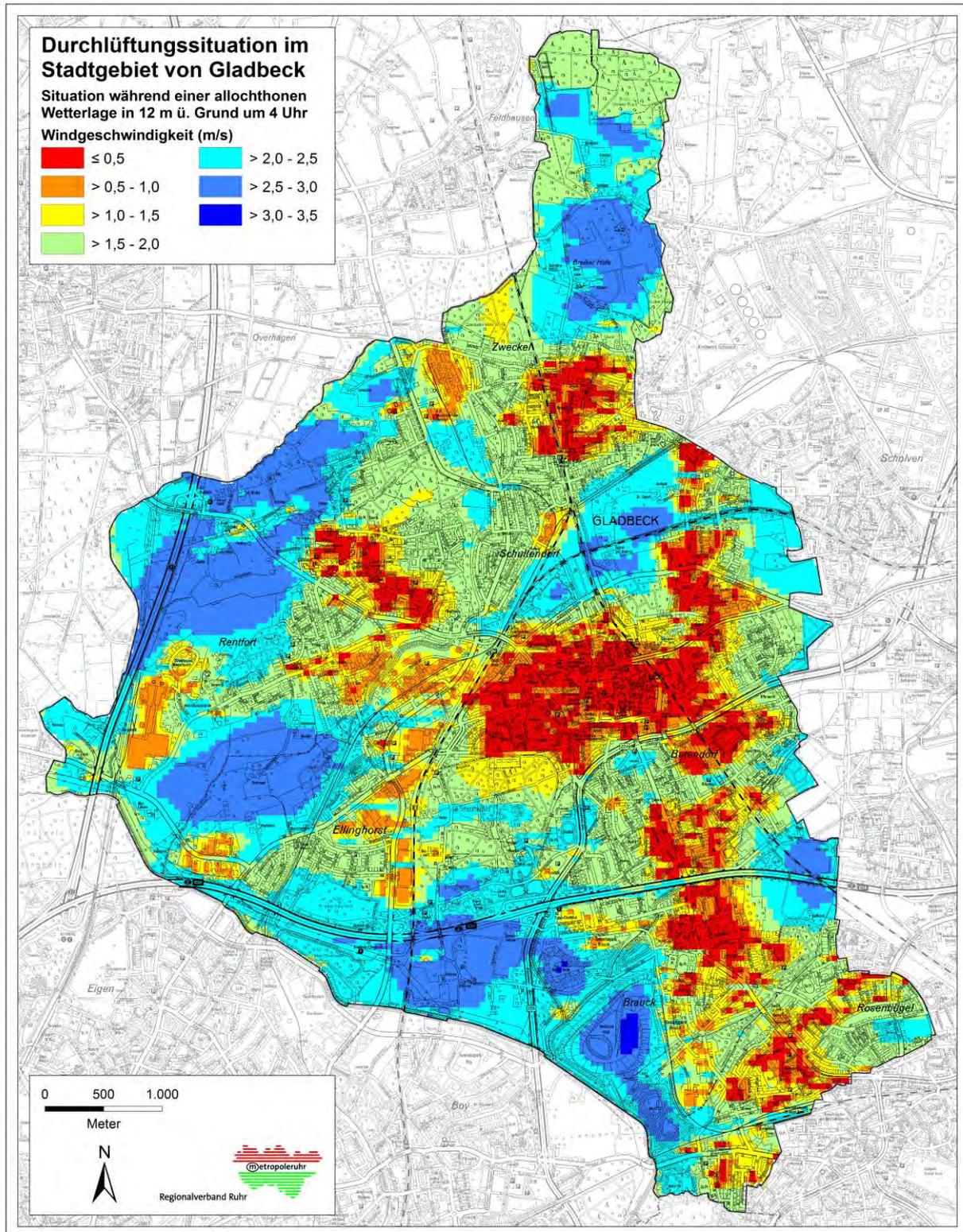
Karte 3-6: Luftaustauschrate im Stadtgebiet von Gladbeck um 4 Uhr

3.6 Durchlüftung

Die Modellierung der mittleren Durchlüftungssituation im Stadtgebiet von Gladbeck bezieht sich im Gegensatz zu den bisher dargestellten Klimaelementen auf eine austauschstarke allochthone Wetterlage. Diese ist durch vorwiegend westliche Windrichtungen mit Strömungsgeschwindigkeiten von mehr als 2,5 m/s geprägt, bei der keine nächtlichen Kaltluftströmungen entstehen.

Die Durchlüftung hat eine hohe Relevanz für die lufthygienische Situation, die im Wesentlichen über den Luftaustausch und damit über die Verdünnung der Luftschadstoffe beeinflusst wird. Aus den vorliegenden Ergebnissen lassen sich flächendeckende Hinweise auf mögliche Durchlüftungsdefizite in den Siedlungsflächen ableiten. Im Rahmen der FITNAH-Modellrechnungen wurde der geostrophische Wind bei Standardatmosphäre in 10 m Höhe über dem Freiland mit 3 m/s aus der Hauptwindrichtung West-Südwest als Eingangsparameter gewählt.

Karte 3-7 zeigt die Situation in 12 m über Grund für das Gladbecker Stadtgebiet. Dabei wird der Zusammenhang zwischen baulicher Dichte und Windgeschwindigkeit innerhalb der Stadtstrukturen sichtbar. Sehr geringe Windgeschwindigkeiten von weniger als 0,5 m/s sind in den dichteren Siedlungsbereichen anzutreffen, während innerhalb kleinerer Bebauungsgebiete und den Randbereichen der Siedlungskörper (insbesondere luv-seitig; siehe Zweckel und Butendorf) höhere Geschwindigkeiten von bis zu 2 m/s vorliegen können. Ähnliche Werte weisen auch die Waldgebiete auf. Obwohl diese mit ihren Baumbeständen ebenfalls ein Strömungshindernis darstellen, scheint die im Vergleich zu den Stadtkörpern homogenere Gestalt der Wälder eine geringere Bremswirkung auf das Windfeld auszuüben. Die höchsten Windgeschwindigkeiten werden über den rauhigkeitsarmen ausgedehnten landwirtschaftlichen Flächen im Westen und Norden des Stadtgebietes erreicht.



Karte 3-7: Durchlüftungssituation (12 m ü. Grund) um 4 Uhr im Stadtgebiet von Gladbeck bei allochthoner Wetterlage

4 Klimaanalysekarte

Die Klimaanalysekarte stellt eine flächenhafte Bewertung der klimatischen und lufthygienischen Verhältnisse im Stadtgebiet von Gladbeck dar. Im Vergleich zur klassischen Darstellung der räumlichen Verteilung einzelner Klimaelemente in Klimaatlantent werden in der Klimaanalysekarte komplexe Struktur-, Beziehungs- und Funktionszusammenhänge vereinigt und kartographisch dargestellt.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Flächennutzungskartierung des Regionalverbandes Ruhr, der Topographie des Untersuchungsgebietes, der in Kapitel 3 vorgestellten FITNAH-Modellierung, aktueller Luftbilder sowie weiterer vorliegender Untersuchungen zum Stadt- und Regionalklima erfolgte die Erstellung der Klimaanalysekarte nach den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 (VDI 2015).

Die Klimaanalysekarte beinhaltet mit den Klimatopen, den spezifischen Klimaeigenschaften und den Informationen zu lufthygienischen Verhältnissen sowie dem Luftaustausch vier Darstellungsebenen, die im folgenden Kapitel 4.1 näher erläutert werden.

Zur Ausweisung der Klimatope wurde ein vom Regionalverband Ruhr entwickeltes teilautomatisiertes Verfahren angewendet, welches gegenüber der herkömmlichen manuellen Abgrenzung der Klimatope eine deutlich feinere Auflösung aufweist. Aufgrund des angewendeten Verfahrens und der unterschiedlichen Betrachtungs- bzw. Maßstabsebenen unterscheiden sich die Klimatopeinteilung der Klimaanalysekarte und die Ausweisung in der Regionalen Klimatopkarte (vgl. Kapitel 2.4). Während die Regionale Klimatopkarte einer regionalen Einordnung und groben Übersicht der Klimatopverteilung im Stadtgebiet dient, weist die Klimaanalysekarte eine detaillierte Einteilung auf.

Im Gegensatz zu lufthygienischen Parametern existieren für klimatische Kenngrößen keine rechtsverbindlichen Grenz- oder Richtwerte. Daher soll anhand der Klimaanalysekarte eine stadtklimatologische Bewertung formuliert werden, die als Grundlage für die Ausweisung von Planungshinweisen (siehe Kapitel 9) zur Erhaltung und Förderung günstiger klimatischer Verhältnisse auf der Ebene des gesamten Stadtgebietes sowie für einzelne Stadtbezirke dient.

Nachfolgend werden zunächst die unterschiedlichen Darstellungsebenen sowie deren einzelne in der Klimaanalysekarte abgebildete Elemente erläutert und anschließend die Gliederung des Stadtgebietes anhand der Klimaanalysekarte beschrieben.

4.1 Darstellungsebenen der Klimaanalysekarte

Die **erste Darstellungsebene** beinhaltet die flächenhafte klimatische Differenzierung des Stadtgebietes von Gladbeck anhand von Klimatopen. Klimatope bezeichnen räumliche Einheiten, die aufgrund vergleichbarer Eigenschaften bezüglich der Flächennutzung, der Bebauungsdichte, dem Versiegelungsgrad, der Rauigkeit und dem Vegetationsbestand ähnliche mikroklimatische Bedingungen aufweisen. Hinsichtlich der Abgrenzung der Klimatope ist anzumerken, dass sich klimatische Prozesse nicht linienscharf an Bauungs- und Nutzungsgrenzen anpassen, sondern fließende Übergänge zu benachbarten Flächen aufweisen. Daher dürfen die Abgrenzungen der Klimatope innerhalb der Klimaanalysekarte nicht als flächenscharfe Grenzziehungen aufgefasst werden.

In einer **zweiten Darstellungsebene** werden die spezifischen Klimaeigenschaften ausgewiesen, welche Modifikationen der Klimatopeigenschaften beschreiben. Diese können beispielweise durch lokale Reliefstrukturen hervorgerufen werden und entweder zusätzliche Funktionen oder eine besonders starke Ausprägung bzw. Bedeutung bestimmter Klimatopeigenschaften darstellen.

Die **dritte Darstellungsebene** liefert Informationen zu den Luftaustauschverhältnissen im Stadtgebiet und zeigt das Auftreten von Bereichen der Frischluftzufuhr, der Kaltluftabflüsse und Flurwinde.

Die lufthygienischen Verhältnisse werden anhand der Ausweisung von Straßen mit erhöhtem Verkehrsaufkommen sowie industriellen und gewerblichen Emittenten von Luftschadstoffen in einer **vierten Darstellungsebene** beschrieben.

4.1.1 Klimatope

Im Folgenden werden die typischen Charakteristika der unterschiedlichen in der Klimaanalysekarte in Anlehnung an die VDI 3787 Blatt 1 (VDI 2015) ausgewiesenen Klimatope im Einzelnen näher erläutert:

Gewässerklima

Wasserkörper zeichnen sich aufgrund ihrer hohen Wärmekapazität und der damit verbundenen thermischen Trägheit durch ausgeglichene klimatische Verhältnisse mit gedämpftem Tagesgang der Lufttemperatur und einer erhöhten Luftfeuchtigkeit infolge der gesteigerten Verdunstung aus. Dadurch werden Wasserflächen am Tage als relativ kühl und nachts als relativ warm empfunden. Die tagsüber kühlende Wirkung bleibt insbesondere bei kleineren Gewässern zumeist auf den Wasserkörper sowie die unmittelbare Umgebung beschränkt. Ein zusätzlich positiver Effekt für die klimatische Situation wird durch die geringe Rauigkeit von Gewässerflächen bewirkt, wodurch Austausch- und Ventilationsverhältnisse begünstigt werden und linienhafte Gewässerstrukturen die Funktion als Luftleitbahn einnehmen können.



Abb. 4-1: Wasserfläche am Ehrenmal

Gewässerklima	
klimatische Gunstfaktoren	klimatische Ungunstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ geringe Oberflächenrauigkeit begünstigt die Belüftungsfunktion ☺ reduzierte Erwärmung am Tage bei gleichzeitig erhöhter Verdunstung ☺ geringe thermische und bioklimatische Belastung im Uferbereich 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ hohe Wärmekapazität der Wasserkörper bedingt eine nur geringe nächtliche Abkühlung ☹ nächtliche Kaltluftmassen können beim Überströmen von Wasserflächen erwärmt werden ☹ bioklimatisch günstige Situation ist auf den Ufersaum beschränkt

Freilandklima

Dieser Klimatotyp stellt sich über landwirtschaftlichen Nutzflächen, Wiesen sowie Weiden und Brachflächen (Versiegelungsgrad < 10 %) ein und zeichnet sich durch ungestörte Tagesgänge von Lufttemperatur und -feuchte aus. Zudem sind in diesen Bereichen meist keine Emittenten angesiedelt, weshalb es sich um bedeutsame Frischluftgebiete handeln kann. Des Weiteren ist diesen Flächen bei geeigneten Wetterlagen aus klimatischer Sicht ein hoher Stellenwert als Kaltluftproduktionsgebiet zuzuschreiben. Da die Freilandflächen darüber hinaus eine rauigkeitsarme Struktur aufweisen, können die kühleren und unbelasteten Luftmassen bei geeigneten Windrichtungen oder Reliefausprägungen in die aus bio- und immissionsklimatischer Sicht stärker belasteten Gebiete transportiert werden und eine hohe Ausgleichswirkung einnehmen. Die Kaltluftproduktivität einer Freifläche hängt dabei entscheidend von den Eigenschaften des Untergrundes, wie etwa den thermischen Bodeneigenschaften (Wärmeleitfähigkeit und -kapazität), der Farbe der Oberfläche, der Dichte des Bodensubstrates, dem Luft- und Wassergehalt, dem Porenvolumen sowie der Bodenbedeckung (Vegetation) ab.



Abb. 4-2: Freilandflächen an der Kösheide

Freilandklima	
klimatische Gunstfaktoren	klimatische Ungunstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ geringe Schwüle- und Wärmebelastung und hoher bioklimatischer Stellenwert als Erholungsraum ☺ geringe Veränderungen des Windfeldes ☺ wertvolle Frischluft Räume ☺ i.d.R. keine Emissionen ☺ hohe Kaltluftproduktion (starke Abkühlung in den Nachtstunden) ☺ klimaökologische Ausgleichsräume für angrenzende Bebauungsstrukturen 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ Winddiskomfort bedingt durch geringe Rauigkeit möglich ☹ Bodeninversionen während autochthoner Strahlungsnächte fördern das Immissionspotential

Waldklima

Typische Ausprägungen des Waldklimas sind stark gedämpfte Tagesgänge der Lufttemperatur und –feuchte. Man spricht hier von einem Bestandsklima, welches sich infolge der verminderte Ein- und Ausstrahlung im Stammraum einstellt. Die Hauptumsatzfläche für energetische Prozesse ist in Waldbeständen im oberen Kronenraum anzutreffen, wo sich bei windschwachen Strahlungswetterlagen auch Kaltluftmassen bilden können, die bei ausreichender Reliefneigung eine hohe Relevanz für angrenzende Lasträume haben. Bei zumeist geringen oder fehlenden Emissionen sind Waldflächen darüber hinaus Frischluftentstehungsgebiete, die jedoch aufgrund der hohen Rauigkeit im Gegensatz zu den unbewaldeten Freiflächen keine Luftleitfunktion innehaben. Daher zeichnen sie sich auch durch niedrige Windgeschwindigkeiten im Stammraum aus. Grundsätzlich stellen Waldflächen aufgrund der sehr geringen thermischen und bioklimatischen Belastungen wertvolle Regenerations- und Erholungsräume dar. Hervorzuheben ist weiterhin die Filterkapazität der Waldflächen gegenüber atmosphärischen Luftschadstoffen.



Abb. 4-3: Bestand im Stadtwald

Waldklima	
klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ ausgeglichenes Stammraumklima aufgrund des gedämpften Tagesgangs der Lufttemperaturen bei allgemein kühleren Temperaturen ☺ sehr geringe thermische und bioklimatische Belastung ☺ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen ☺ keine Emissionen ☺ Frischluftentstehungsgebiete ☺ Kaltluftentstehung im oberen Kronenraum ☺ Filterfunktion für gas- und staubförmige Luftschadstoffe ☺ wertvolle Regenerations- und Erholungsräume 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ aufgrund hoher Oberflächenrauigkeit keine Luftleitfunktion; Barrierewirkung für Luftmasstransporte möglich ☹ Kaltluftabfluss nur bei ausreichend hoher Reliefneigung möglich

Parkklima

Größere innerstädtische Parks, Friedhöfe und Kleingartenanlagen sind aufgrund der aufgelockerten Vegetationsstrukturen mit Rasenflächen (Versiegelungsgrad < 20 %) durch stärker ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur und – feuchte gegenüber der umliegenden Bebauung gekennzeichnet. Sowohl tagsüber als auch in der Nacht treten die Park- und Grünanlagen als Kälteinseln hervor und können somit als Kaltluftproduktionsflächen fungieren. Die klimameliorierende Wirkung ist zwar zumeist auf die Flächen selbst begrenzt („Oaseneffekt“), kann in Abhängigkeit von der Größe, der Struktur, der Reliefsituation sowie von der Vernetzung mit der angrenzenden Bebauung aber auch eine Fernwirkung ausüben. Die Kaltluftproduktion innerstädtischer Grünflächen kann daher der Entstehung großflächiger Wärmeinseln entgegenwirken. Diese Wirkung ist bereits bei kleineren Grünflächen nachzuweisen, insbesondere wenn diese innerhalb des Stadtgebietes vernetzt sind.



Abb. 4-4: Parkflächen am Ehrenmal

Parkklima	
klimatische Gunstfaktoren	klimatische Ungunstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit ☺ lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und erhöhte Verdunstungsraten ☺ geringe thermische und bioklimatische Belastung ☺ größere parkartige Grünflächen erweisen sich als innerstädtische Kaltluftproduzenten ☺ keine Emissionen ☺ Filterfunktion für gas- und staubförmige Luftschadstoffe ☺ wertvolle Regenerations- und Erholungsräume 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ das günstige Bioklima begrenzt sich häufig auf die Fläche selbst (bei kleinen Flächen, „Oaseneffekt“) ☹ oftmals geringe Fernwirkung (≤ 200 m)

Vorstadtklima

Das Vorstadtklima bildet den Übergangsbereich zwischen den Klimaten der bebauten Flächen und den Klimaten des Freilandes. Charakteristisch für Flächen, die dem Vorstadtklima zugeordnet werden, sind in erster Linie eine Bebauungsstruktur mit Einzel- und Doppelhäusern von geringer Bauhöhe (ein- bis dreigeschossig) sowie ein geringer Versiegelungsgrad (i.d.R. 20-30 %) bzw. eine hohe Durchgrünung mit Wiesen, Baum- und Strauchvegetation. Dieser Klimatotyp ist charakteristisch für Vorstadtsiedlungen, Gartenstädte und Ortsränder die im unmittelbaren Einflussbereich des Freilandes stehen und dadurch günstige bioklimatische Verhältnisse aufweisen. Das Klima in den Vorstadtsiedlungen zeichnet sich durch eine leichte Dämpfung der Klimaelemente Temperatur, Feuchte, Wind und Strahlung aus. Die Windgeschwindigkeit ist dabei niedriger als im Freiland, aber höher als in der Innenstadt.



Abb. 4-5: Große Gärten in Ellinghorst

Vorstadtklima	
klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ die Nähe zu klimatischen Ausgleichsflächen begünstigt die Zufuhr kühlerer und frischerer Luftmassen ☺ eine starke Abkühlung in der Nacht wirkt der Ausbildung „heißer Nächte“ entgegen, sodass ein optimales Wohn- und Schlafklima resultiert ☺ hohe Variabilität der Mikroklimata durch das Nebeneinander unterschiedlich stark verdichteter Wohngebiete (Einfamilienhäuser, lockere Reihenhausbebauung, offene Bebauungsstrukturen) sowie Park- und Grünflächen 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ Mulden und Senken können lokal zur Erhöhung des bioklimatischen Belastungspotentials beitragen ☹ Wärmebelastungen am Tage können durch fehlende Verschattungsstrukturen erhöht sein ☹ eingeschränkte vertikale Austauschverhältnisse während windschwacher Strahlungswetterlagen können bedingt durch lokale bodennahe Emittenten das Immissionsrisiko erhöhen

Stadtrandklima

Das Stadtrandklima unterscheidet sich vom Vorstadtklima durch eine etwas dichtere Bebauung und einen geringeren Grünflächenanteil. Dennoch ist die Bebauungsstruktur, die von Einzelhäusern über Wohnblocks bis hin zu Blockbebauung reicht, dabei aber durch niedrige Bauhöhen (im Allgemeinen dreigeschossig, vereinzelt jedoch bis zu fünfgeschossig möglich) und noch relativ geringe Versiegelungsgrade (30-50 %) gekennzeichnet ist, als aufgelockert und durchgrünt zu bezeichnen. Durch die relative Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen ist eine Frisch- und Kaltluftzufuhr weitgehend auch während gradientschwacher Wetterlagen gewährleistet. Hieraus resultieren eine nur schwache Ausprägung von Wärmeinseln und ein zumeist ausreichender Luftaustausch infolge nur geringer Windfeldveränderungen, was in der Regel gute bioklimatische Bedingungen in diesen Stadtbezirken gewährleistet. Vereinzelt können allerdings Straßenschluchten vorhanden sein, in denen bei erhöhtem Verkehrsaufkommen (z.B. entlang von Ein- und Ausfallstraßen) und gleichzeitig geschlossenem Kronendach der Straßenbäume erhöhte Immissionen auftreten können.



Abb. 4-6: Lockere Bebauung an der Eikampstraße

Stadtrandklima	
klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
☺ die relative Nähe zu klimatischen Ausgleichsflächen begünstigt die Zufuhr kühlerer und frischerer Luftmassen	☹ Mulden und Senken können lokal zur Erhöhung des bioklimatischen Belastungspotentials beitragen
☺ gutes Wohn- und Schlafklima durch eine ausreichende nächtliche Abkühlung im Sommer	☹ Wärmebelastungen am Tage können durch fehlende Verschattungsstrukturen erhöht sein
☺ lokale und regionale Grünzonen sind häufig noch fußläufig erreichbar	☹ eingeschränkte vertikale Austauschverhältnisse während windschwacher Strahlungswetterlagen können bedingt durch lokale bodennahe Emittenten das Immissionsrisiko erhöhen
☺ hohe Variabilität der Mikrokimate durch das Nebeneinander unterschiedlich stark verdichteter Wohngebiete (Einfamilienhäuser, lockere Reihenhausbebauung, offene Bebauungsstrukturen) und Grünflächen	☹ punktuell erhöhte Immissionen in Straßenschluchten möglich

Stadtklima

Kennzeichnend für das Stadtklima ist eine überwiegend dichte, geschlossene Zeilen- und Blockbebauung mit meist hohen Baukörpern (i.d.R. bis fünfgeschossig, vereinzelt auch höher) und engen Straßen mit vermehrt schluchtartigem Charakter. Während austauscharmer Strahlungsächte kommt es bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad (50-70 %), die hohen Oberflächenrauigkeiten und geringen Grünflächenanteile zu einer Zunahme der Überwärmung. Die dichte städtische Bebauung verursacht somit ausgeprägte Wärmeinseln mit eingeschränkten Austauschbedingungen, die z.T. mit ungünstigen bioklimatischen Verhältnissen und hoher Luftbelastung verbunden sind. Durch die Ausbildung von Wärmeinseln in den Nachtstunden wird ein konvektiver Durchmischungsraum aufrechterhalten, sodass seltener Bodeninversionen auftreten als in den Freilandbereichen und den lockerer bebauten Siedlungsflächen. Neben den Verkehrsemissionen spielt der Hausbrand in den Wintermonaten eine entscheidende Rolle für die lufthygienische Situation.



Abb. 4-7: Dichte Bebauung an der Bottroper Straße

Stadtklima	
klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ Kältestress und Winddiskomfort werden durch die Bebauungsstrukturen reduziert ☺ während Inversionswetterlagen trägt der Wärmeineffekt zu einer Aufrechterhaltung eines bodennahen Durchmischungsraumes bei, wodurch bodennahe Luftschadstoffe verdünnt werden ☺ großkronige Bäume senken die Wärmebelastung innerhalb der Wohngebiete 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ eingeschränkte Austauschverhältnisse sowie Wärmestau durch direkte Sonneneinstrahlung in engen Straßenzügen ☹ erhöhtes Schwülepotential in engen austauscharmen Straßenschluchten ☹ fehlende Verschattungsstrukturen durch verdunstungsaktive Baumkronen fördern die Hitze- und Wärmebelastung ☹ erhöhtes Immissionspotential im Einflussbereich bodennaher Schadstoffemittenten (v.a. Kfz-Verkehr) infolge eingeschränkter horizontaler Austauschverhältnisse ☹ lang anhaltende nächtliche Überwärmungsphasen können sich im Sommer negativ auf das Innenraumklima auswirken

Innenstadtklima

Kennzeichnend für das Innenstadtklimatop sind ein sehr hoher Versiegelungsgrad (> 70 %) sowie ein geringer Grünflächenanteil, der lediglich durch Einzelbäume im Straßenraum sowie kleine Rasenflächen, z.T. mit Strauchvegetation als Straßenbegleitgrün, charakterisiert ist. Die Bebauungsstruktur weist vorwiegend mehrgeschossige Baublöcke mit Verwaltungs-, Geschäfts- und Wohngebäuden auf, die sich zumeist als geschlossene Blockbebauung mit vereinzelt auftretenden Hochhäusern darstellt.



Abb. 4-8: Hochversiegelter Bereich der Hochstraße (Ecke Goethestraße)

Das Innenstadtklima weist dadurch die stärksten mikroklimatischen Veränderungen im Stadtgebiet auf. Hierzu zählen vor allem ein sehr stark ausgeprägter Wärmeinseleffekt, bedingt durch die Wärmespeicherfähigkeit der städtischen Oberflächen, und starke Windfeldveränderungen, die sich in einer straßenparallelen Be- und Entlüftungssituationen widerspiegeln. Am Tage kann in den Bereichen der Innenstadt ein erhöhtes Belastungspotential durch Hitzestress und Schwüle entstehen, das durch eingeschränkte Austauschverhältnisse und geringe Verdunstungskühlung aufgrund fehlender Vegetation hervorgerufen wird. Hitze und Schwülebelastungen im Sommer, erhöhte Luftschadstoff- und Lärmbelastungen durch den Kfz-Verkehr sowie Winddiskomfort durch Böigkeit und Windturbulenzen im Bereich von Straßenschluchten und offenen Plätzen führen zu einer hohen bioklimatischen Belastung.

Innenstadtklima	
klimatische Gunstfaktoren	klimatische Ungunstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ durch geringe Abkühlung in den Abendstunden wird die Aufenthaltsdauer im Stadtzentrum verlängert, wodurch die Attraktivität der Innenstadt als kulturelles Zentrum erhöht wird ☺ nächtlich anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung) ☺ geringer Anteil stagnierender Luftaustauschsituationen 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ tagsüber erhöhtes Belastungspotential durch Hitzestress und Schwüle möglich ☹ fehlende Verschattungsstrukturen durch verdunstungsaktive Baumkronen fördern die Hitze- und Wärmebelastung ☹ Winddiskomfort durch erhöhte Böigkeit und Turbulenzen im Bereich von Straßenschluchten und offenen Plätzen ☹ Ein- und Ausfallstraßen erweisen sich als belastete Luftleitbahnen ☹ eingeschränkte Austauschverhältnisse sowie Wärmestau durch direkte Sonneneinstrahlung in engen Straßenzügen ☹ erhöhtes Immissionspotential im Einflussbereich bodennaher Schadstoffemittenten (v.a. Kfz-Verkehr) infolge eingeschränkter horizontaler Austauschverhältnisse ☹ lang anhaltende nächtliche Überwärmungsphasen können sich im Sommer negativ auf das Innenraumklima auswirken

Gewerbeklima

In diesem Klimatyp prägen Gewerbegebiete mit den dazugehörigen Produktions-, Lager- und Umschlagstätten, die sich durch einen hohen Versiegelungsgrad und geringen Grünflächenanteil auszeichnen, das Mikroklima. Die Emissionsstruktur, deren Hauptquellen Feuerungsanlagen sowie produktionsbedingte Anlage und der Schwerlastverkehr darstellen können, ist stark abhängig von der Art der gewerblichen Nutzung. In Kombination kann dies verstärkt zu immissionsklimatischen und bioklimatischen Belastungssituationen führen.



Abb. 4-9: Gewerbegebiet an der Rockwoolstraße/Bottroper Straße

Gewerbeklima	
klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ nächtllich anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung) ☺ relativ günstige bodennahe Austauschverhältnisse 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ lufthygienischer Lastraum, lokale Schadstoffemissionen ☹ lang anhaltende nächtliche Wärmebelastungen ☹ tagsüber erhöhtes Belastungspotential durch Hitzestress und Schwüle möglich ☹ fehlende Verschattungsstrukturen durch verdunstungsaktive Baumkronen fördern die Hitze- und Wärmebelastung

Industrieklima

Das Klima in Industriegebieten wird durch einen sehr hohen Versiegelungsgrad, einen sehr geringen Grünflächenanteil und eine erhöhte Freisetzung von industrieller Abwärme sowie gas- und partikelförmiger Spurenstoffe geprägt. Die lufthygienische Belastung steht ebenfalls in starker Abhängigkeit zur Art der industriellen Nutzung und somit zur Emissionsstruktur. Industrie- und Kraftwerksschornsteine, Produktionsanlagen und der Schwerlastverkehr können die Hauptemissionsquellen darstellen und in Kombination mit einer starken Überwärmung im Sommer zu immisionsklimatischen und bioklimatischen Belastungssituationen beitragen.



Abb. 4-10: Industriegebiet an der Rockwoolstraße

Industrieklima	
klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ nächtllich anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung) ☺ relativ günstige bodennahe Austauschverhältnisse 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ lufthygienischer Lastrraum, lokale Schadstoffemissionen, häufig auch mit Fernwirkung ☹ lang anhaltende nächtliche Wärmebelastungen ☹ tagsüber erhöhtes Belastungspotential durch Hitzestress und Schwüle möglich ☹ fehlende Verschattungsstrukturen durch verdunstungsaktive Baumkronen fördern die Hitze- und Wärmebelastung

4.1.2 Spezifische Klimaeigenschaften

Die Eigenschaften der Klimatope werden in einigen Bereichen durch natürliche und anthropogene Faktoren modifiziert. Hier spricht man von spezifischen Klimaeigenschaften, die beispielsweise aufgrund der lokalen Reliefsituation innerhalb eines Klimatops oder auch klimatopübergreifend örtliche Klimaveränderungen darstellen. Diese spezifischen Eigenschaften werden in der Klimaanalysekarte als flächenhafte Schraffuren und Punktsignaturen ausgewiesen. Klimatische Funktionen, die zwar schon im Zusammenhang mit der Klimatopbeschreibung erwähnt wurden, innerhalb einiger Klimatope jedoch besonders stark ausgeprägt sind, werden als Piktogramme dargestellt. Die Ausprägung der spezifischen Klimaeigenschaften ist zumeist eng an bestimmte Wetterlagen gekoppelt, wobei die windschwachen Strahlungswetterlagen im Vordergrund stehen. Im Folgenden werden die Charakteristika der spezifischen Klimaeigenschaften beschrieben.

Kaltluftsammlgebiet

Eine hohe Kaltluftproduktion, fehlende Kaltluftdynamik oder Stausituationen an Strömungshindernissen (z.B. große Gebäudekomplexe, Dämme und Waldriegel) sowie bestimmte Reliefformen (z.B. Mulden und Senken) können zur Akkumulation lokal gebildeter Kaltluft führen. Diese Gebiete weisen während der Nacht niedrigere Temperaturen, eine erhöhte Inversionshäufigkeit und verstärkte Nebelbildung auf. Zudem können bodennahe Emissionen, wie etwa durch den Verkehr, bei entsprechender Wetterlage zur Anreicherung von Luftschadstoffen in diesen Bereichen führen.

Warme Kuppennonen

Warme Kuppennonen zeichnen sich dadurch aus, dass sie lange Zeit aus den nächtlichen Bodeninversionen der tieferen Lagen herausragen. Durch das hangabwärts gerichtete Abfließen kalter Luftmassen bleiben die Kuppennonen relativ warm. Sie erreichen eine den dichten Bebauungsstrukturen analoge Überwärmung durch eine natürliche Temperaturzunahme mit der Höhe während nächtlicher Inversionswetterlagen. Darüber hinaus ist den Kuppennonen ein hoher Durchlüftungsgrad zuzusprechen.

Bahnanlagen

Größere Bahn- bzw. Gleisanlagen weisen einen sehr ausgeprägten Tagesgang der Lufttemperatur auf, da sich die Oberflächen bei hoher Sonneneinstrahlung tagsüber sehr stark erwärmen und nachts eine starke Abkühlung erfahren. Da die Trassen in der Regel eine geringe Oberflächenrauigkeit aufweisen, verfügen diese Bereiche über einen guten Luftaustausch und können bei entsprechender Vernetzung als Luftleitbahn dienen, um kühlere, unbelastete Luftmassen von Freilandbereichen bzw. Grün- und Waldflächen in belastete Sied-

lungsbereiche zu transportieren. Teilweise können Bahntrassen sogar eine Relevanz zur Belüftung von Stadtzentren haben.

Bodennebel

Aufgrund eines hohen Wasserangebotes und bedingt durch die topographische Lage besteht eine erhöhte Nebelhäufigkeit. Betroffen sind überwiegend Tallagen, Freiflächen in der Nähe von Wasserkörpern und große Freilandbereiche, die eine gute Grundwasserversorgung aufweisen.

Kaltluftbarriere

Größere Bauwerke, Barrieren (wie z.B. Dämme von Bahn- und Autobahntrassen), aber auch Wälder können einen hangabwärts gerichteten Kaltluftabfluss behindern oder gar zum Erliegen bringen. Dies kann zur Bildung eines Kaltluftsammegebietes (s.o.) führen.

Filterfunktion des Waldes

Größere Waldflächen haben die Eigenschaft, einerseits durch trockene Deposition im Stammraum und am Blatt- bzw. Nadelwerk, andererseits durch nasse Deposition im Erdbereich und Wurzelraum des Waldes eine Filterfunktion auf Luftschadstoffe auszuüben. Während nächtlicher Strahlungswetterlagen wird diese Filterleistung erhöht, wenn die Luftmassen am Blattwerk abkühlen, in den Stammraum absinken und durch wärmere Luft aus größerer Höhe ersetzt werden, wodurch ein kontinuierlicher Luftdurchsatz gewährleistet wird.

Bioklimatischer Belastungsraum

Bioklimatische Belastungsräume weisen bedingt durch einen hohen Versiegelungsgrad eine starke Erwärmung am Tage und infolge eingeschränkter Auskühlung eine ausgeprägte nächtliche Wärmeinsel auf. Dies kann in den Sommermonaten Hitze- und Schwülebelastungen hervorrufen, wodurch eine starke bioklimatische Belastung für den Menschen entsteht. Zusätzlich wird bei windschwachen Wetterlagen eine Situationsverschlechterung durch lokal emittierte Schadstoffe hervorgerufen. Starke bioklimatische Belastungen in Verbindung mit einer starken Luftverschmutzung durch Feinstäube und Stickoxide treten im Umfeld hochfrequentierten Straßen auf, insbesondere wenn diese aufgrund der Bebauungsstruktur einen schluchtartigen Charakter haben und somit eingeschränkte Belüftungsverhältnisse vorherrschen.

Windfeldveränderungen

Das Windfeld in der Stadt wird durch Kanalisierung im Straßenraum oder durch Düsen- und Kanteneffekte stark modifiziert. Beim Auftreten unterschiedlicher Bauformen sowie stark unterschiedlicher Höhen der Gebäude in Verbindung mit einem Nebeneinander von bebauten und unbebauten Flächen tritt eine starke Turbulenz des Windfeldes auf. Dadurch erhöht sich

die Zugigkeit und Böigkeit im Straßenraum, was eine stark reduzierte Aufenthaltsqualität im Freien zur Folge haben kann (Winddiskomfort). Starke Windfeldveränderungen sind daher häufig in Stadtzentren vorzufinden, können jedoch auch im Bereich großflächiger Hochhausbebauung an Stadträndern oder im Umfeld von großen Industriebauten und Halden auftreten.

Vertikalaustausch

Durch den anthropogenen Wärmeineffekt werden die Luftmassen in zentralen Stadtbereichen labilisiert. Daraus resultieren eine nächtliche Vergrößerung des Durchmischungsraumes und eine starke thermische Konvektion am Tag. Die Bodeninversionshäufigkeit wird im Vergleich zu den Freilandgebieten stark herabgesetzt.

4.1.3 Luftaustausch

Einen hohen Stellenwert in der Stadtklimatologie besitzt der Luftaustausch zwischen klimatischen Last- und Entlastungsräumen einer Stadt. Für die Belüftungssituation relevant sind neben den Luftleitbahnen und der Frischluftzufuhr insbesondere Bereiche, die während sommerlicher Strahlungsnächte durch Kaltluftabflüsse und Flurwinde einer Reduzierung der städtischen Überwärmung zuträglich sind. Diese Elemente des Luftaustausches werden in der Klimafunktionskarte durch unterschiedliche Pfeilsignaturen dargestellt und im Folgenden näher erläutert.

Frischluftzufuhr

Bei entsprechenden Windrichtungen können frische Luftmassen aus den Freilandarealen in die Lasträume der Städte transportiert werden und dort durch die Vermischung mit belasteten Luftmassen bzw. einem Luftmassenaustausch zu einer Verbesserung der Luftqualität beitragen. Die Eindringtiefe der zugeführten Frischluft ist unter anderem von der Oberflächenrauigkeit (Bebauungs- und Vegetationsstruktur), dem Relief und der Windgeschwindigkeit abhängig. Eine Vernetzung der Frischluftentstehungsgebiete im Umland mit rauigkeitsarmen, innerstädtischen Grünflächen kann die Fernwirkung in die belasteten Stadtzentren begünstigen.

Kaltluft- und Flurwinddynamik

Der Kaltluftabfluss ist ein thermisches und reliefbedingtes während der Nacht einsetzendes Windsystem (Hangabwind). Bereits ab einer Geländeneigung von ein bis zwei Grad setzen nach Sonnenuntergang über natürlichen, rauigkeitsarmen Oberflächen bodennahe, abwärts gerichtete Strömungen lokaler Kaltluftmassen ein. Die Ausprägung dieses kleinräumigen Phänomens wird in erster Linie durch einen schwachen Gradientwind oder die Geländenei-

gung sowie die Kaltluftproduktivität der Flächen bestimmt. Flurwinde sind nicht reliefbedingt, sondern entstehen durch Temperatur- und Luftdruckunterschiede zwischen den nächtlich überwärmten Siedlungsbereichen und dem kühleren Umland. Kaltluftabflüsse und Flurwinde können insbesondere während sommerlicher Strahlungsnächte zur Abkühlung überwärmter Siedlungsbereiche beitragen und somit den Wärmeinseleffekt reduzieren.

4.1.4 Lufthygiene

Die lufthygienischen Verhältnisse werden anhand der Ausweisung von Straßen mit erhöhtem Verkehrsaufkommen (linienhafte Punktsignaturen) sowie industriellen und gewerblichen Emittenten von Luftschadstoffen und Abwärme (Piktogramme) beschrieben.

Hauptverkehrsstraßen

Straßenzüge mit erhöhtem Verkehrsaufkommen stellen lineare Emissionsbänder für Luftschadstoffe (wie Stickoxide, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Feinstäube) mit zusätzlich erhöhten Lärmemissionen dar. Eine hohe Verkehrsbelastung wird für alle Straßen mit einem durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen (DTV) von mehr 20.000 Kfz ausgewiesen. Bei geradlinigem, breitem Verlauf und geringer Rauigkeit können Straßen eine Funktion als belastete Luftleitbahn einnehmen.

Abwärmeemissionen

Hohe Emissionen industrieller Abwärme aus der Schwerindustrie und dem produzierenden Gewerbe können zur Verstärkung der urbanen Überwärmung beitragen und sind zumeist auch mit Emissionen von Luftschadstoffen verbunden.

Emittent mit lokaler und regionaler Bedeutung

Bei den Emittenten mit lokaler und regionaler Bedeutung handelt es sich um genehmigungspflichtige Anlagen mit NO₂-Emissionen ab 10 t/Jahr und PM₁₀-Emissionen ab 1 t/Jahr. Durch niedrige und hohe Emissionsquellen können sowohl lokale Immissionsbelastungen als auch Auswirkungen auf entfernte Gebiete entstehen.

4.2 Gliederung der Stadt Gladbeck anhand der Klimaanalysekarte

Karte 4-1 zeigt die Klimaanalysekarte für das Stadtgebiet von Gladbeck (Hinweis: Ein großformatiger Ausdruck ist diesem Gutachten zusätzlich beigefügt.) und Abb. 4-11 die unterschiedlichen Flächenanteile der Klimatope sowie der Verkehrsstraßen. Die Klimatope weisen eine sehr heterogene Verteilung im Stadtgebiet von Gladbeck auf. Dabei wird deutlich, dass das Freilandklima mit 24,5 % den größten Flächenanteil im Stadtgebiet einnimmt. Dies liegt

im Wesentlichen an den großflächigen und weitestgehend zusammenhängenden landwirtschaftlich genutzten Bereichen im Westen und Norden des Stadtgebietes. Die dort befindlichen Freilandklimatope stellen grundsätzlich potenzielle Frisch- und Kaltluftproduktionsgebiete und somit wichtige klimatische Ausgleichsräume dar. Allerdings weist das Relief in diesen Bereichen eine geringe Neigung auf, die jeweils von den angrenzenden Siedlungskörpern weggerichtet ist. Somit kann von diesen Freiflächen während sommerlicher Strahlungswetterlagen kein reliefbedingter nächtlicher Kaltluftabfluss in die angrenzende Bebauung erfolgen. Allerdings können Flurwinde zu einer Abkühlung der Siedlungsbereiche in Rentfort und Ellinghorst beitragen (vgl. Kapitel 5.2). Bei entsprechendem übergeordnetem Windfeld können zudem Frischluftmassen in die stärker belasteten bebauten Klimatope transportiert werden und dort für eine Verbesserung der Luftqualität sorgen.

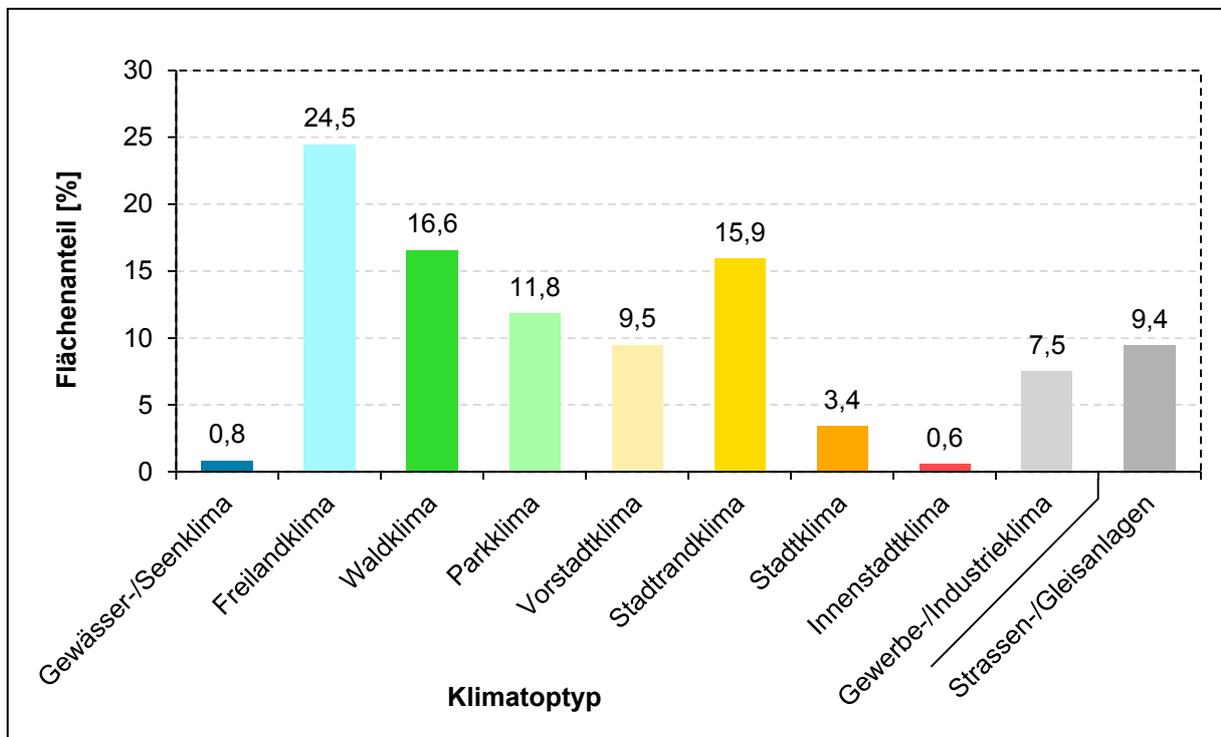


Abb. 4-11: Flächenanteile der Klimatope und Verkehrstrassen im Stadtgebiet von Gladbeck

Reliefbedingte nächtliche Kaltluftabflüsse (Hangabwinde) können hingegen von den landwirtschaftlichen Flächen im Bereich „Die Lune“, Hegefeld (auf Gelsenkirchener Stadtgebiet) und „Am Bette“ auftreten. Die Kaltluftmassen aus dem Bereich „Die Lune“ können sich durch eine Barrierewirkung der in diesem Bereich in Dammlage verlaufenden Feldhauser Straße sowie der parallelen Bahntrasse ansammeln. Bei ausreichender Mächtigkeit können die Kaltluftmassen diese Barriere überwinden und im weiteren Verlauf über den Nordpark in Richtung Bahnhof Gladbeck-West abfließen, eine Anbindung an die angrenzenden Wohngebiete fehlt jedoch weitestgehend. Die im Bereich Hegefeld produzierte Kaltluft kann dem Relief

folgend zusammen mit der lokal produzierten Kaltluft aus dem Bereich „Am Bette“ über den Südfriedhof und den Südpark hinaus in die Siedlungsstruktur von Brauck und Rosenhügel vordringen. Des Weiteren sind reliefbedingte Kaltluftabflüsse von den Halden im Stadtbezirk Brauck möglich.

Den zweitgrößten Flächenanteil (16,6 %) im Stadtgebiet nehmen die Waldklimatope ein. Insbesondere den Waldbereichen im direkten Umfeld größerer Emittenten von Luftschadstoffen (z.B. Gewerbe-/Industriegebiete, Hauptverkehrsstraßen) und/oder im fußläufigen Einzugsbereich der Wohnbebauung kommt aus lufthygienischer sowie bioklimatischer Sicht eine besondere Bedeutung zu, da diese Wälder einerseits eine Filterfunktion gegenüber Luftschadstoffen ausüben und andererseits aufgrund der reduzierten Lufttemperaturen an heißen Sommertagen als wichtige Regenerations- und Erholungsräume für die Bevölkerung dienen. Im Stadtgebiet von Gladbeck sind diesbezüglich insbesondere der Stadtwald bzw. Wittringer Wald, die Naturschutzgebiete Halde Rheinbaben und Halde Ellinghorst sowie das Waldgebiet entlang des Quälingsbaches im Stadtbezirk Rentfort-Nord hervorzuheben.

In der vorliegenden Analyse wurden neben den Parkanlagen, Friedhöfen, Kleingarten- und Sportanlagen auch größere zusammenhängende Grünstrukturen (i.d.R. > 1 ha) innerhalb der Bebauung als Parkklimatop ausgewiesen. Daher zeigt insbesondere die Verteilung der Parkklimatop, die insgesamt einen Flächenanteil von 11,8 % einnehmen, eine starke Heterogenität. Deutlich wird der fast vollständige Mangel an Parkklimatopen im Stadtbezirk Mitte I. Zwar verfügt dieser zentrale Bezirk über den Nordpark und grenzt zudem im Süden an den Stadtwald bzw. Wittringer Wald, welcher neben größeren Waldbereichen auch ausgedehnte Parkflächen umfasst, allerdings fehlt es an Grünflächenvernetzungen dieser Parkanlagen in die Siedlungs- und Innenstadtbereiche hinein (vgl. Kapitel 5.2), sodass die klimatischen Ausgleichsfunktionen im Wesentlichen auf die Parkflächen selbst beschränkt bleiben. Die Bebauungsstrukturen der anderen Stadtbezirke (z.B. Zweckel, Rosenhügel sowie Teilbereiche von Brauck, Ellinghorst und Rentfort) weisen eine deutliche Auflockerung und Durchmischung von bebauten Klimatopen und Parkklimatopen auf. Dies äußert sich u.a. in der nächtlichen Überwärmung, welche in diesen Bereichen geringer ausfällt als in dem mit Grünflächen unterversorgtem Stadtbezirk Mitte I (vgl. Karte 3-1 in Kapitel 3.1).

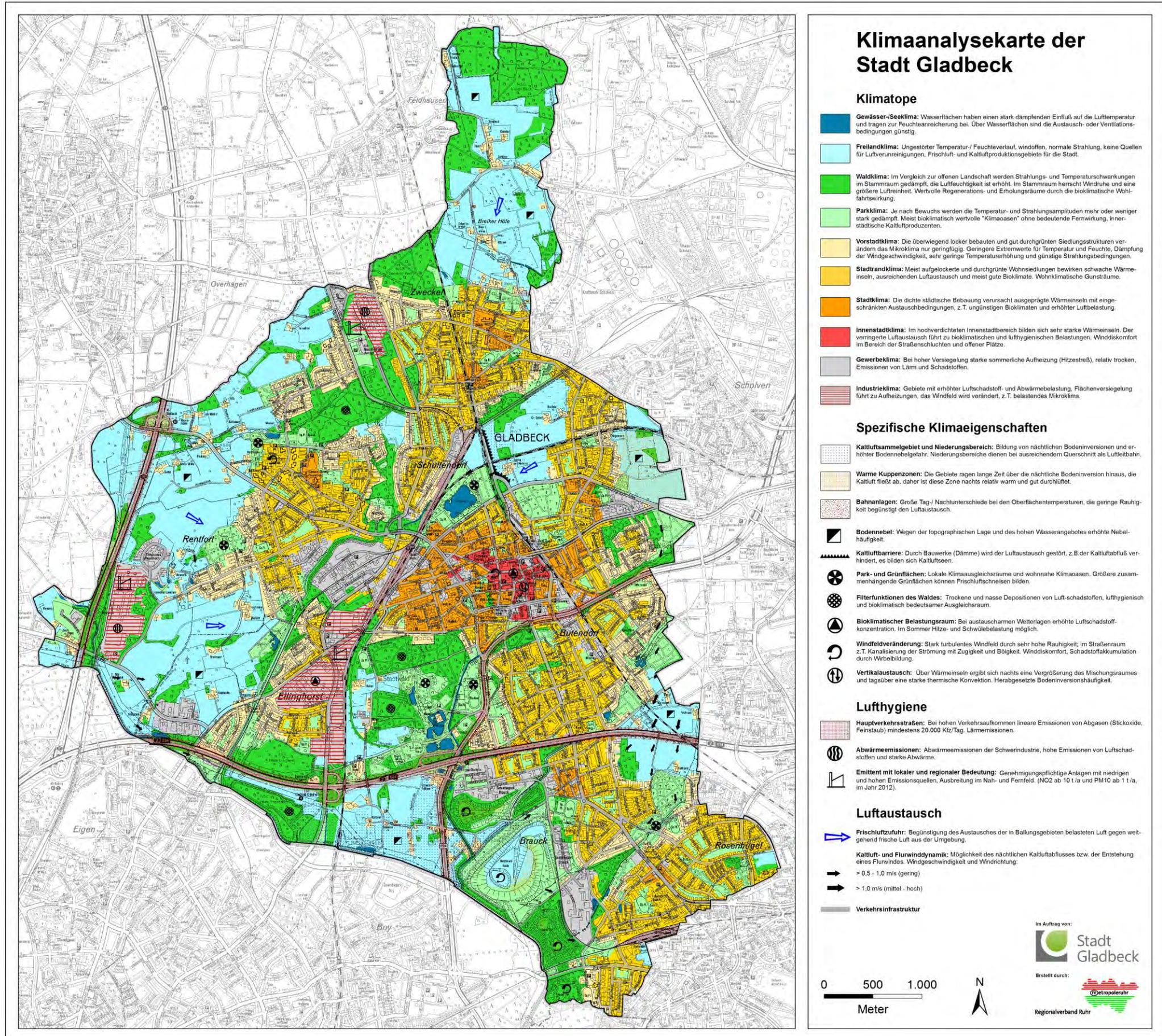
Zusammen nehmen die Klimatope der klimatischen Ausgleichsräume (Freiland-, Wald-, Park- und Gewässer-/Seenklima) 53,7 % des Stadtgebietes ein. Während weitere 9,4 % der Gesamtfläche durch Straßen- und Gleisanlagen versiegelt sind, entfallen 36,9 % auf die bebauten Klimatope (Vorstadt-, Stadtrand-, Stadt-, Innenstadt- und Gewerbe-/Industrieklima).

Aufgrund der in weiten Teilen des Stadtgebietes vorherrschenden aufgelockerten und durchgrünten Bebauungsstruktur dominieren das Vorstadt- (9,5 %) und Stadtrandklima (15,9 %) die Siedlungsbereiche von Gladbeck. Das Vorstadtklima ist zumeist an den Siedlungsrändern im Übergangsbereich zu angrenzenden klimatischen Ausgleichsräumen wie dem Frei-

land, Parks oder Wäldern vorzufinden. In der Regel geht das Vorstadtklima mit zunehmender Entfernung zum angrenzenden Ausgleichsraum in Richtung Siedlungskern schnell in ein Stadtrand- oder, bei starker baulicher Verdichtung, auch direkt in ein Stadtklimatop über. Allerdings können kleinere Siedlungen, die von klimatischen Gunsträumen nahezu umschlossen werden, wie im Falle der Wohnbebauung entlang der Uechtmanstraße in Rentfort-Nord oder südlich des Friedhofes in Alt-Rentfort, auch vollständig dem Vorstadtklimatop zugeordnet werden.

Das Stadtrandklimatop umfasst den größten Anteil (15,9 %) an der Siedlungsfläche im Stadtgebiet. Insbesondere in den Stadtbezirken Zweckel, Schultendorf, Rentfort-Nord, Buntendorf, Brauck und Rosenhügel ist dieser Klimatoptyp vorherrschend, aber auch große Teile von Alt-Rentfort und Mitte II sind dem Stadtrandklima, welches grundsätzlich mit noch verhältnismäßig günstigen bio- und immissionsklimatischen Bedingungen charakterisiert werden kann, zuzuordnen.

Aus bioklimatischer Sicht stärker belastete Räume stellen die Bereiche der Stadt- und Innenstadtklimatope dar, welche eine hohe Versiegelung und einen geringen Grünflächenanteil aufweisen. Zwar nehmen Sie mit 3,4 % (Stadtklima) bzw. 0,6 % (Innenstadtklima) einen relativ geringen Anteil an der gesamtstädtischen Fläche ein, allerdings umfassen sie insbesondere im Stadtbezirk Mitte I ein größeres, zusammenhängendes Areal, welches zudem einige kleinere Flächen des bioklimatisch ebenfalls als ungünstig zu bewertenden Gewerbeklimatops beinhaltet. Die starke Überbauung und die dadurch erhöhte Oberflächenrauigkeit können starke Modifikationen des Windfeldes im Innenstadtbereich bedeuten. Dies kann einerseits durch eine erhöhte Turbulenz und Böigkeit sowie Kanalisierungseffekte im Straßenraum zu Winddiskomfort führen, andererseits kann durch eine insgesamt eingeschränkte Durchlüftungssituation (vgl. Karte 3-7 in Kapitel 3.6) eine Schadstoffakkumulation erfolgen. Zudem können der hohe Versiegelungsgrad und der Mangel an verdunstungsaktiven Grün- und Wasserflächen während austauscharmer Wetterlagen im Sommer zu Schwüle- und Hitzebelastungen der Bevölkerung im Innenstadtbereich führen. Insgesamt resultiert dies in einer Ausweisung des Innenstadtbereichs als bioklimatischer Belastungsraum. Ein weiterer bioklimatischer Belastungsraum wurde im Gewerbe- bzw. Industriegebiet in Ellinghorst ausgewiesen. Hier führten die sehr hohe Versiegelung, das nahezu vollständige Fehlen von Grünflächen sowie die Ansiedlung von Lärm- und Schadstoffemittenten zu dieser Bewertung.



Karte 4-1: Klimaanalysekarte der Stadt Gladbeck

5 Karte der Klimaökologischen Funktionen

Neben der Klimaanalysekarte (siehe Kapitel 4), die eine klimatische Einordnung aller Nutzungsstrukturen darstellt, liefert die Karte der klimaökologischen Funktionen eine weitere wichtige Grundlage für die Flächenbewertung. Im Unterschied zur Klimaanalysekarte liegt der Schwerpunkt der Darstellung in der Einstufung der klimaökologischen Funktionen der unbebauten Freiräume. Diese Einstufung basiert auf den in Kapitel 3 vorgestellten Ergebnissen der FITNAH-Modellierung. Im Folgenden werden zunächst die Darstellungsebenen der klimaökologischen Funktionen erläutert, bevor eine Gliederung des Gladbecker Stadtgebietes erfolgt.

5.1 Darstellungsebenen der „Karte der klimaökologischen Funktionen“

Die Karte der klimaökologischen Funktionen (siehe Karte 5-1) umfasst drei Darstellungsebenen. Zunächst werden die bebauten Bereiche anhand der Klimatopausbreitung hinsichtlich ihrer bioklimatischen Belastungssituation beurteilt. Des Weiteren werden die Freiräume insgesamt hinsichtlich ihres potenziellen Kaltluftliefervermögens bewertet, Bereiche mit einer hohen Kaltluftproduktionsrate gesondert ausgewiesen und die Eindringtiefe der Kaltluft in die Bebauung beschrieben. Zudem erfolgt eine Darstellung der Luftaustauschbeziehungen im Stadtgebiet von Gladbeck, differenziert in Frischluftzufuhrbereiche sowie reliefbedingte Kaltluftabflüsse und nutzungsbedingte Ausgleichsströmungen (Flurwinde).

5.1.1 Bioklimatische Verhältnisse (Klimatope)

In der Karte der klimaökologischen Funktionen werden die Siedlungsbereiche hinsichtlich ihrer bioklimatischen Verhältnisse unter Berücksichtigung der Klimatopausweisung in der Klimaanalysekarte (siehe Kapitel 4) in vier Beurteilungskriterien (sehr günstig bis sehr ungünstig) eingeteilt. Sehr ungünstige bioklimatische Verhältnisse ergeben sich für die Gewerbe-/Industrieklimatope sowie die Innenstadtklimatope, während die als Stadtklimatope ausgewiesenen Flächen ungünstig und die Stadtrandklimatope als günstig einzustufen sind. Die Siedlungsbereiche der Vorstadtklimatope werden als sehr günstig hinsichtlich der bioklimatischen Verhältnisse bewertet.

5.1.2 Kaltluft

Die Grundlage zur Einstufung der Grün- und Freiflächen hinsichtlich ihres Kaltluftliefervermögens bilden die modellierten Ergebnisse zum Kaltluftvolumenstrom (vgl. Kapitel 3.3). Die Herangehensweise zur Bewertung der Kaltluftvolumenströme basiert dabei auf Festlegungen, die im Rahmen eines Expertendialogs beim Regionalverband Ruhr am 26.03.2013 getroffen wurden. Fachleute aus der Klimaforschung (Universität Duisburg-Essen, Deutscher Wetterdienst und RVR), der Landesverwaltung (LANUV und MKULNV), der Regionalplanung (RVR) und dem Ingenieurwesen (GEO-NET Hannover) legten vor dem Hintergrund der allgemeingültigen Anwendbarkeit zur Flächenbewertung Schwellenwerte zur Abgrenzung der Flächen fest. Damit wird gewährleistet, dass eine Vergleichbarkeit von Flächen über die Ebene der stadtweiten Betrachtung hinaus möglich ist und eine einheitliche Bewertung klimaökologisch relevanter Flächen in der gesamten Metropole Ruhr vorgenommen werden kann.

Als Schwellenwert wurde von der Expertengruppe ein Kaltluftvolumenstrom von mindestens $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ als relevant eingestuft. Dieser Wert bezieht sich auf die Veröffentlichung „Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung“ in der Schriftenreihe „Raumordnung“ des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau aus dem Jahre 1979 (Wemer et al. 1979). Die weitere Unterteilung in die Bewertungsklassen „mittel“, „gering“ und „unbedeutend“ wurde vom RVR in Absprache mit dem Expertengremium vorgenommen.

Anhand des Kaltluftvolumenstroms lässt sich zudem der Einfluss von Kaltluftmassen, die in Siedlungsräume vordringen, darstellen. In diesen Bereichen, welche durch die Punktsignatur „Kaltlufteinwirkungsbereich“ gesondert hervorgehoben sind, ergibt sich durch die Zufuhr von kühleren Luftmassen, und die damit einhergehende klimaökologische Ausgleichsleistung, eine Aufwertung der bioklimatischen Belastungssituation für diese Lasträume. Als Kaltlufteinwirkungsbereich wurden dabei Siedlungsbereiche definiert, in denen der nächtliche Kaltluftvolumenstrom während einer sommerlichen Strahlungswetterlage nicht weniger als $500 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt und somit mindestens eine mittlere Bedeutung hat.

Des Weiteren ermöglicht die Darstellung von Flächen mit einer Kaltluftproduktionsrate von mindestens $16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ eine grobe Lokalisierung potenziell besonders klimarelevanter Ausgleichsräume. Aus diesem Grund sind Flächen mit einer hohen Kaltluftproduktionsrate durch eine Schraffur ebenfalls gesondert hervorgehoben.

5.1.3 Belüftung

Die Luftaustauschbeziehungen im Stadtgebiet von Gladbeck, differenziert in Frischluftzufuhrbereiche sowie Flurwind- und Kaltluftdynamiken werden in Form von Pfeilsignaturen dargestellt. Bezüglich der Flurwinde und Kaltluftabflüsse erfolgt generell eine bewertende Einteilung anhand der Strömungsgeschwindigkeit in sehr gering (0,3 – 0,5 m/s), gering (0,5 – 1,0 m/s) und mittel – hoch (> 1,0 m/s). Strömungsgeschwindigkeiten unterhalb von 0,3 m/s werden als unbedeutend eingestuft und daher nicht dargestellt.

5.2 Gliederung der Stadt Gladbeck anhand der „Karte der klimaökologischen Funktionen“

Da die bebauten Klimatope (Vorstadt-, Stadtrand-, Stadt-, Innenstadt-, sowie Gewerbe-/Industrieklima) hinsichtlich ihrer bioklimatischen Verhältnisse bewertend in die Kategorien „sehr günstig“ bis „sehr ungünstig“ eingeteilt wurden, entspricht die räumliche Verteilung im Stadtgebiet der in Kapitel 4.2 beschriebenen Klimatopausbreitung. Demnach ergeben sich in den Gewerbe- bzw. Industriebereichen sowie fast im gesamten Stadtbezirk Mitte I eher ungünstige bis sehr ungünstige bioklimatische Verhältnisse, während in den anderen Stadtbezirken vorwiegend günstige bis sehr günstige bioklimatische Bedingungen in den Siedlungsbereichen herrschen.

Zur Beurteilung der klimaökologischen Ausgleichsfunktion der Frei-, Wald- und Parkflächen wurden der Kaltluftvolumenstrom, die Kaltluftproduktionsrate, die Flur- und Kaltluftdynamik (Strömungsrichtung und -geschwindigkeit) sowie der Kaltlufteinwirkungsbereich (Eindringtiefe der Kaltluftmassen in die angrenzende Bebauung) unter Berücksichtigung der in Kapitel 5.1.1 bis 5.1.3 aufgeführten Kriterien herangezogen. Folgende Erkenntnisse und Bewertungen resultieren aus der Karte der klimaökologischen Funktionen:

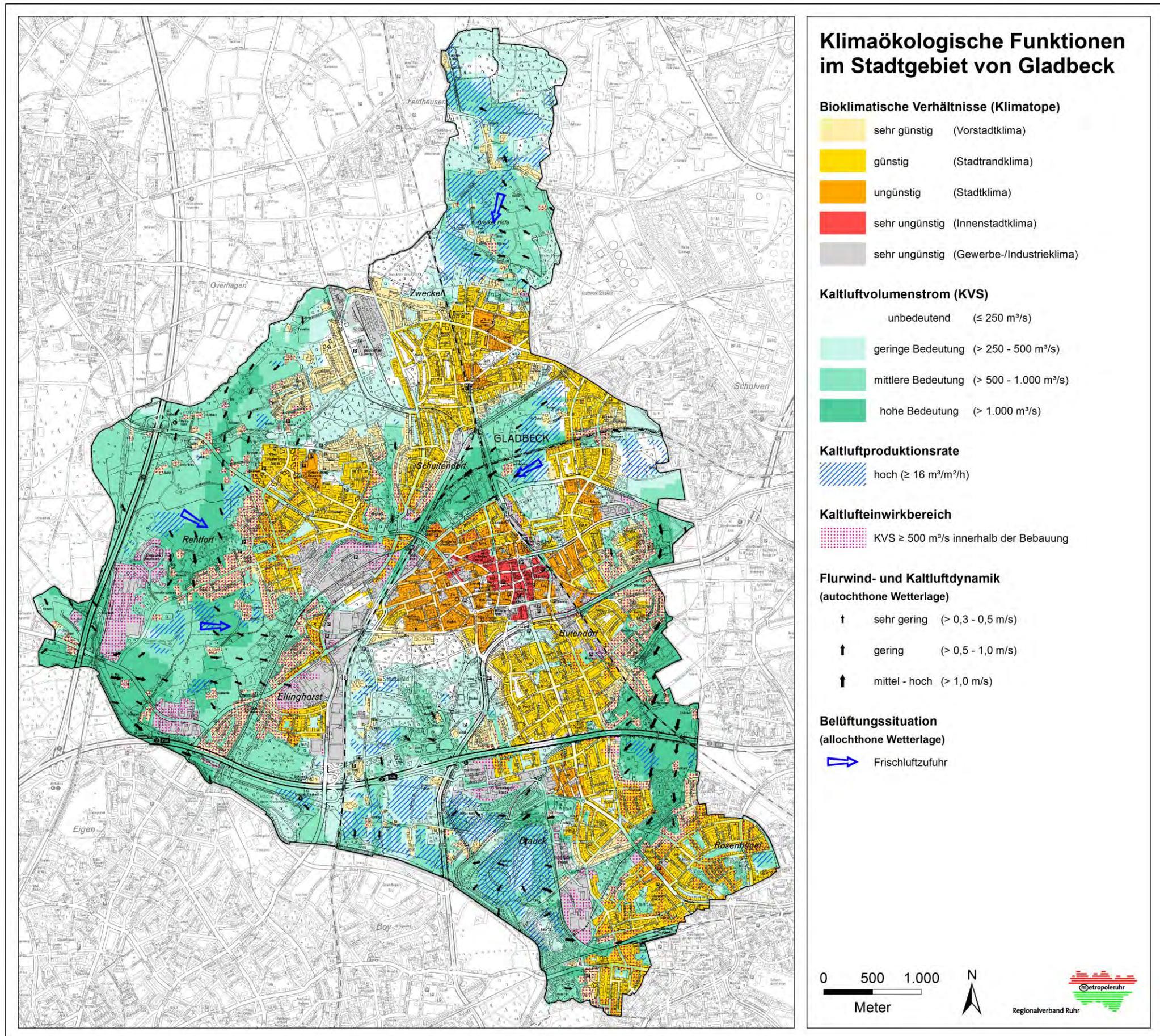
- Die Freiflächen im Norden von Zweckel weisen eine hohe Kaltluftproduktionsrate auf. Allerdings sind aufgrund der geringen Reliefenergie lediglich Kaltluftvolumenströme mit geringer bis mittlerer Bedeutung sowie nur sehr geringe Strömungsgeschwindigkeiten des reliefbedingten Kaltluftabflusses zu verzeichnen. Zudem weist die Kaltluftdynamik im Bereich Breiker Höfe eine von den Siedlungsbereichen Zweckels abgewandte Strömungsrichtung auf. Daher beinhalten diese klimatischen Gunsträumen im Norden des Stadtgebietes keine klimaökologische Ausgleichsfunktion für die Wohnbebauung in Zweckel. Lediglich der nördliche Siedlungsrand profitiert von der unmittelbaren Nähe zum Freiland, was durch die stellenweise Ausweisung des Vorstadtklimatops bzw. der sehr günstigen bioklimatischen Verhältnisse dokumentiert wurde. Allerdings können aus diesen Bereichen bei einem übergeordneten synoptischen

Wind aus nördlicher Richtung Frischluftmassen für eine Abkühlung und Verbesserung der lufthygienischen Situation in Zweckel sorgen.

- Die landwirtschaftlich genutzten Flächen im Westen des Stadtgebietes weisen nur vereinzelt hohe Kaltluftproduktionsraten auf, verfügen in weiten Teilen jedoch über Kaltluftvolumenströme von mittlerer bis hoher Bedeutung. Aufgrund des insgesamt leicht in Richtung Westen abfallenden Geländes stellen sich hier während sommerlicher Strahlungsnächte zwar ebenfalls keine reliefbedingten Kaltluftabflüsse in Richtung der östlich angrenzenden Siedlungsbereiche ein, allerdings konnten entsprechende Flurwinddynamiken modelliert werden, die trotz sehr geringer Strömungsgeschwindigkeiten ein Vordringen nächtlicher Kaltluft in die Bebauung von Rentfort-Nord, Alt-Rentfort und Ellinghorst bewirken. Die Reichweite der Kaltluftströmungen in die Bebauung hinein ist vom Ausmaß der Flurwinddynamik sowie von der Struktur und Dichte der angrenzenden Bebauung abhängig. Bei günstigen Bedingungen kann die Eindringtiefe der Kaltluft in die Bebauung hinein einige hundert Meter betragen. Sehr kleine Siedlungen, wie z.B. südlich des Friedhofes in Alt-Rentfort, können vollständig durchströmt werden, sodass hier auch während sommerlicher Hochdruckwetterlagen eine ausreichend kühlende Belüftung gewährleistet ist.
- Über den landwirtschaftlich genutzten Flächen zwischen der A2 und der Boye (Kösheide) wurden ebenfalls hohe Kaltluftproduktionsraten simuliert. Allerdings sind in diesem Bereich überwiegend geringe Kaltluftvolumenströme, ein leicht nach Süden in Richtung der Stadtgrenze abfallendes Gelände und eine gegenüber den Siedlungsbereichen von Gladbeck isolierte Lage zu konstatieren. Die lokal produzierte Kaltluft akkumuliert über den Freiflächen sowie im Boyetal, was zur Ausweisung als Kaltluft-sammelgebiet in der Klimaanalysekarte (vgl. Karte 4-1) führte. Den Freiflächen ist daher keine direkte klimaökologische Ausgleichsfunktion für belastete Siedlungsbereiche im Stadtgebiet zuzuordnen.
- Weitere Kaltluftlieferanten in Gladbeck mit hoher Produktivität sind die Halden im Stadtbezirk Brauck. Die nächtlich abfließenden kühlen Luftmassen können in die angrenzenden Flächen des Gewerbepark Braucks und die Wohnbebauung eindringen und für eine nächtliche Abkühlung der tagsüber aufgeheizten Bereiche sorgen.
- Der stärkste reliefbedingte Kaltluftabfluss im Stadtgebiet mit einem hohen Volumenstrom erfolgt aus dem Hegefild über den landwirtschaftlich genutzten Bereich „Am Bette“, den Südfriedhof und den Südpark in die angrenzende Bebauung hinein. Zusätzliche Grünanlagen und die aufgelockerte Bebauung sorgen im Süden von Brauck

und in Rosenhügel für eine gute Versorgung der Siedlungsbereiche mit kühlenden Luftmassen während heißer Sommernächte.

- Eine hohe Kaltluftproduktivität ist zudem über den Freiflächen im Bereich „Die Lune“ festzustellen. Bei hohem Kaltluftvolumenstrom und ausreichender Mächtigkeit der Kaltluftschicht kann ein Abfließen der kühlen Luftmassen über den Nordpark erfolgen, jedoch ist die Eindringtiefe in die Bebauung insbesondere südlich des Nordparks sehr gering.
- Die Frei- und Parkflächen im Bereich des Stadtwaldes besitzen teilweise ebenfalls ein hohes Kaltluftbildungspotenzial. Allerdings können die kühlen Luftmassen nicht in die nördlich angrenzende Bebauung des Stadtbezirks Mitte I vordringen, da das leicht ansteigende Gelände reliefbedingten Kaltluftabfluss verhindert und der Stadtwald eine Barriere zwischen Siedlungsbereich und Kaltluftproduktionsflächen bildet, welche auch das Auftreten von Flurwinden unterbindet.



Karte 5-1: Karte der klimaökologischen Funktionen im Stadtgebiet von Gladbeck

6 Die Stadt Gladbeck im Zeichen des globalen Klimawandels

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf das Stadtgebiet von Gladbeck erläutert. Zu diesem Zweck wird zunächst eine kurze Übersicht der beobachteten und der für die Zukunft projizierten globalen Klimaänderungen gegeben. Des Weiteren werden Untersuchungen und Modellergebnisse zu den Ausprägungen des weltweiten Klimawandels auf der regionalen Ebene in der Metropole Ruhr aufgezeigt. Anschließend zeigen die zukünftige Entwicklung klimatischer Kenntage sowie die Darstellung derzeitiger und zukünftiger Wärmeinselbereiche von Gladbeck, welche lokalen Auswirkungen der globale Klimawandel im Stadtgebiet voraussichtlich haben wird.

6.1 Globaler Klimawandel

In der Erdgeschichte hat es bereits mehrfach erhebliche Klimaschwankungen gegeben, die auf natürliche Ursachen zurückzuführen sind. Hierzu zählen sowohl extraterrestrische Ursachen, wie Variationen der Sonnenaktivität und der Gezeitenkräfte sowie Meteoreinschläge, als auch terrestrische Ursachen, wie Kontinentalverschiebungen und Vulkanausbrüche, die für einen Wechsel zwischen den Warmklimaten und den Eiszeitaltern in der Geschichte unseres Planeten sorgten (Schönwiese 2003). Es gilt heute allerdings als erwiesen, dass die Klimaänderungen seit Mitte des 18. Jahrhunderts, welche sich u.a. in einem Anstieg der global gemittelten Oberflächentemperatur (vgl. Abb. 6-1) darstellt, hauptsächlich durch den Menschen hervorgerufen werden (IPCC 2013a).

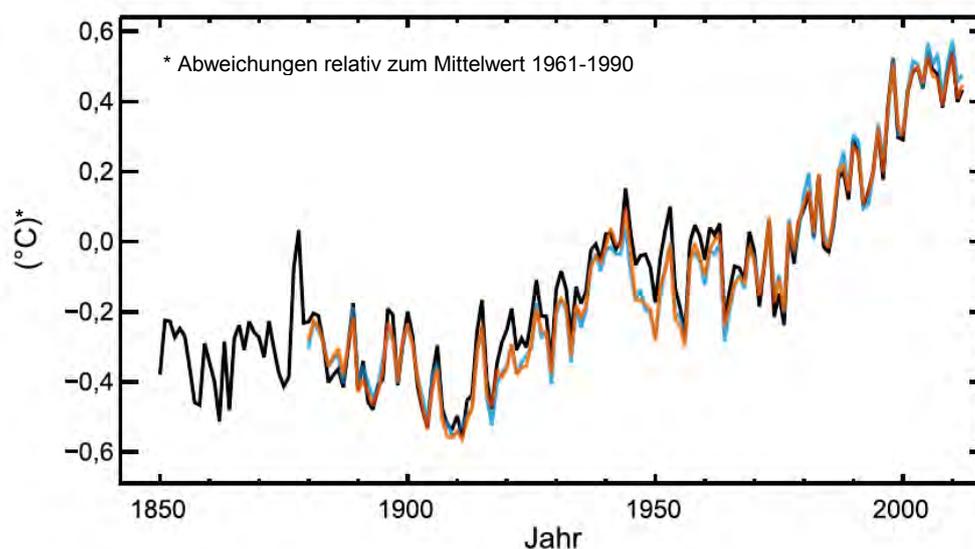


Abb. 6-1: Beobachtete globale mittlere kombinierte Land-Ozean-Oberflächentemperaturanomalie von 1850-2012 (verändert nach IPCC 2013a)

Im Zeitraum 1880-2012 ist die global gemittelte Land-Ozean-Oberflächentemperatur im linearen Trend um 0,85 °C angestiegen. Der Temperaturanstieg der Erdoberfläche weist dabei in Abhängigkeit der geographischen Lage, der Topographie sowie der Landnutzung regionale Unterschiede auf, wie Abb. 6-2 zeigt (IPCC 2013a).

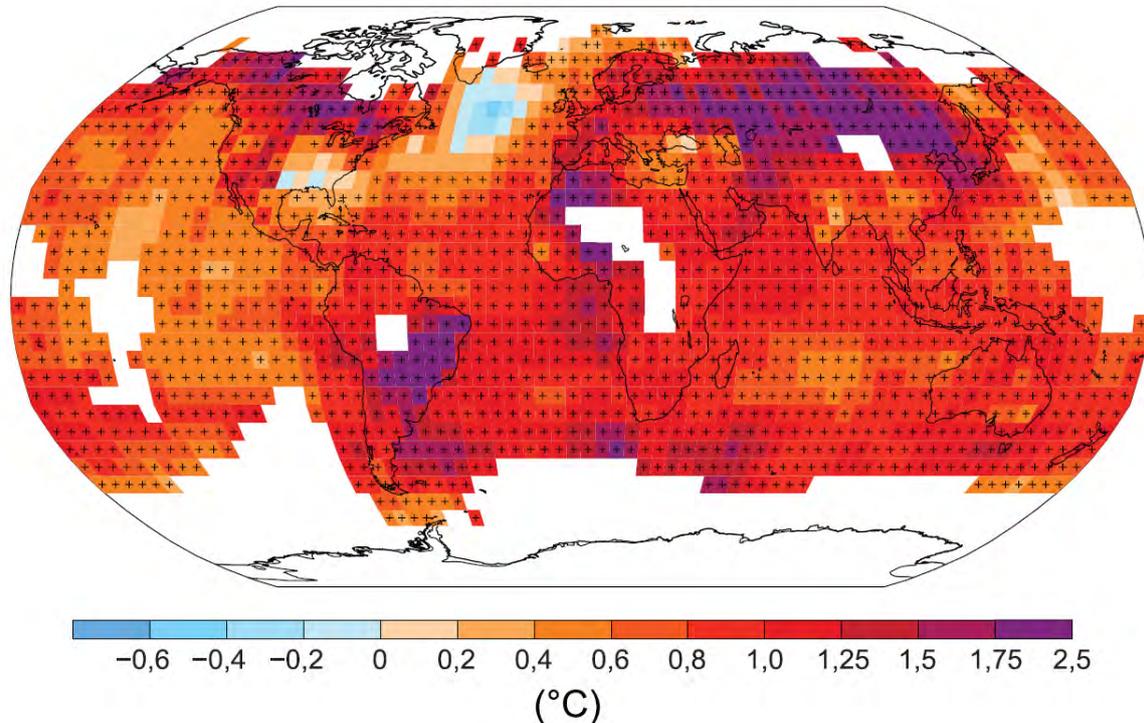


Abb. 6-2: Räumliche Verteilung der beobachteten Veränderung der Erdoberflächentemperatur von 1901-2012 (IPCC 2013a)

Auf den ersten Blick scheint der mittlere globale Temperaturanstieg allein nicht besonders Besorgnis erregend, jedoch wirkt sich dieser in vielfältiger Weise auf die verschiedenen Subsysteme der Erde und deren Wechselwirkungen aus. Beispielsweise konnten in den letzten Jahrzehnten ein Anstieg der Wassertemperatur des oberen Ozeans (0-700 m) sowie regionale Veränderungen der Salzgehalte des Meerwassers beobachtet werden. Die durchschnittliche Geschwindigkeit der Gletscherschmelze hat nahezu weltweit in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Während die mittlere jährliche Ausdehnung des arktischen Meereises und die Ausdehnung der Schneebedeckung in der Nordhemisphäre abgenommen haben, steigen die Temperaturen der Permafrostböden in den meisten Regionen an. Der Temperaturanstieg des Ozeans sowie die Gletscherschmelze bedingen einen Anstieg des Meeresspiegels mit einer in den letzten Jahrzehnten zunehmenden Geschwindigkeit (IPCC 2013a). Zudem äußert sich der globale Klimawandel nicht nur in einer Zunahme des mittleren globalen Temperaturniveaus, sondern auch durch Veränderungen im Auftreten von Extremwetterereignissen. So wird seit etwa 1950 beobachtet, dass die Anzahl warmer Tage und Nächte weltweit zugenommen hat, die Häufigkeit von Hitzewellen in Teilen Europas, Asiens und

Australiens angestiegen ist und auch die Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen insbesondere in Nordamerika und Europa zugenommen hat (IPCC 2013).

Als Hauptursache für diese beobachteten Klimaveränderungen gelten die anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen (THG) durch die Verbrennung fossiler Energieträger, Landnutzungsänderungen (z. B. Waldrodungen) sowie der Ackerbau und die Viehzucht. Die THG-Emissionen sind infolge des weltweiten Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums seit der vorindustriellen Zeit stark angestiegen, was heute zu den höchsten Konzentrationen in der Atmosphäre seit mindestens 800.000 Jahren führt. Abb. 6-3 zeigt die Entwicklung der atmosphärischen Konzentrationen der drei Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Distickstoffmonoxid bzw. Lachgas (N_2O) zwischen 1850 und 2012 (IPCC 2014).

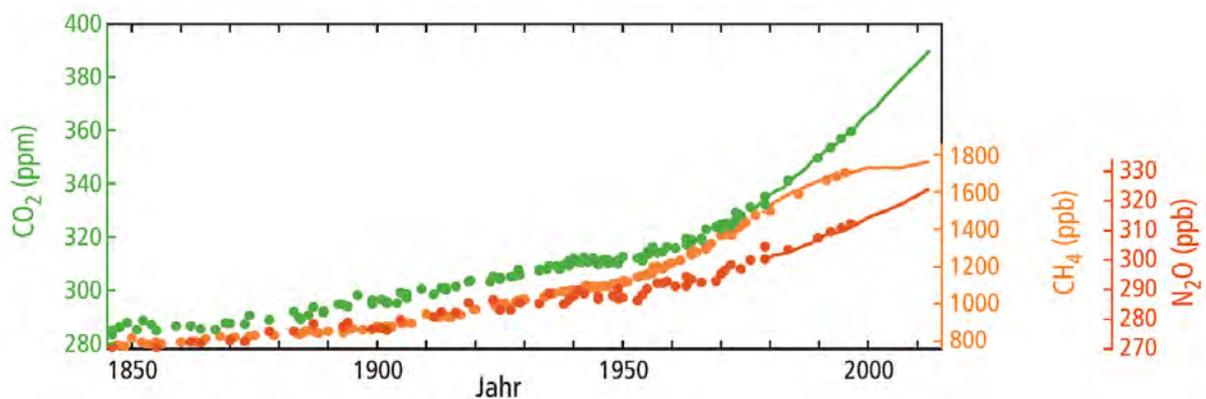


Abb. 6-3: Atmosphärische Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Distickstoffmonoxid (N_2O) (verändert nach IPCC 2014)

Dabei haben sich schätzungsweise nur 40 % der seit 1750 anthropogen emittierten CO_2 -Emissionen in der Atmosphäre angereichert, während das restliche CO_2 der Atmosphäre durch die Aufnahme von Pflanzen, Böden und der Ozeane wieder entzogen wurde. Letztere haben allein 30 % des anthropogenen CO_2 aus der Atmosphäre gebunden, was eine Absenkung des pH-Wertes und somit eine einsetzende Versauerung der Ozeane mit weitreichenden Folgen für deren Ökosysteme verursacht hat. So sind bereits Veränderungen in den Populationsgrößen, Verbreitungsgebieten und jahreszeitlichen Aktivitäten vieler mariner Arten zu beobachten, die auf den Klimawandel zurückzuführen sind. Dies trifft zudem auch auf zahlreiche Süßwasserarten und Landlebewesen zu. Aber auch erste direkte Folgen des Klimawandels für den Menschen sind bereits spürbar. Beispielsweise wird in einigen Regionen bereits die Qualität und Verfügbarkeit von Wasserressourcen beeinträchtigt und auch negative Auswirkungen auf Ernteerträge können dem Klimawandel zugeordnet werden, um nur einige wenige Folgen an dieser Stelle zu benennen (IPCC 2013a; IPCC 2014).

Um das zukünftige Ausmaß des globalen Klimawandels abschätzen und gezielte Mitigations- und Adaptationsmaßnahmen entwickeln zu können, lässt der Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) die zu-

künftige Klimaentwicklung mit einer Vielzahl von Klimamodellen unterschiedlicher Komplexität von mehreren unabhängigen Forschungsgruppen simulieren, deren Ergebnisse zu Multimodell- bzw. Ensembleergebnissen, den Repräsentativen Konzentrationspfaden (Representative Concentration Pathways - RCPs), zusammengefasst werden, um den wahrscheinlichsten Wertebereich zu erreichen. Dabei werden vier RCP-Szenarien verwendet, die von unterschiedlichen Änderungen des Strahlungsantriebes (in W/m^2) zum Ende des 21. Jahrhunderts ausgehen. Diese beschreiben unterschiedliche Pfade der THG-Emissionen und atmosphärischen THG-Konzentrationen, wodurch unterschiedliche Entwicklungen des Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums, der Energie- und Landnutzung, sowie der Einführung neuer Technologien und der Bedeutung der Klimapolitik repräsentiert werden. Alle vier RCPs gehen dabei von einer gegenüber der heutigen Situation höheren atmosphärischen CO_2 -Konzentration im Jahre 2100 aus, allerdings in unterschiedlichem Maße. Während das RCP2.6 ein konsequentes Minderungsszenario darstellt und davon ausgeht, dass die atmosphärische CO_2 -Konzentration ihren Höhepunkt im Jahr 2050 (443 ppm) erreicht und 2100 (421 ppm) nur leicht über den heutigen Werten liegen wird, beschreibt das Szenario RCP8.5 global weiterhin stark ansteigende Emissionen, die 2100 in einer sehr hohen CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre von 936 ppm resultieren. RCP4.5 und RCP6.0 liegen in ihren Annahmen zwischen diesen beiden Extremen (IPCC 2013a; IPCC 2014; Meinshausen et al. 2011).

Laut der Klimaprojektionen führen die zu erwartenden anhaltenden Emissionen von Treibhausgasen zu einer weiteren globalen Erwärmung. Abb. 6-4 zeigt die simulierten Änderungen der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur von 1950 bis 2100 bezogen auf den Referenzzeitraum 1986 bis 2005 für die unterschiedlichen Szenarien. Es wird projiziert, dass in Abhängigkeit vom Emissionsszenario die mittlere globale Erdoberflächentemperatur gegen Ende des 21. Jahrhunderts wahrscheinlich um $0,3\text{ °C}$ bis $1,7\text{ °C}$ (RCP2.6), $1,1\text{ °C}$ bis $2,6\text{ °C}$ (RCP4.5), $1,4\text{ °C}$ bis $3,1\text{ °C}$ (RCP6.0) bzw. $2,6\text{ °C}$ bis $4,8\text{ °C}$ ansteigen wird (IPCC 2013a; IPCC 2013b).

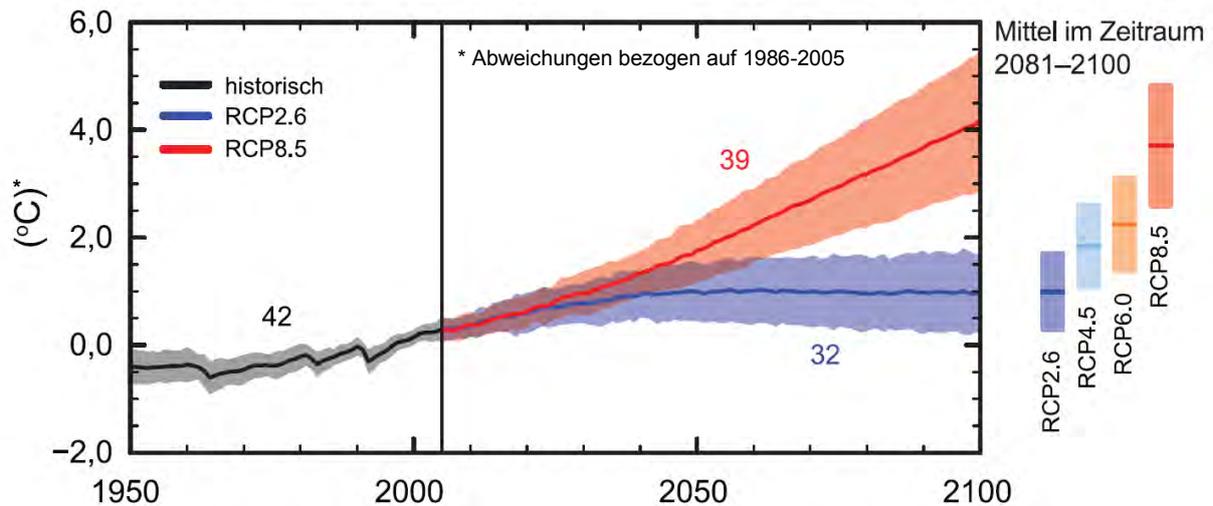


Abb. 6-4: Multimodell-simulierte Änderung der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur von 1950 bis 2100 (verändert nach IPCC 2013a)

Entsprechend den beobachteten Temperaturentwicklungen der Vergangenheit weisen auch die projizierten globalen Erwärmungstrends für das 21. Jahrhundert deutliche regionale Unterschiede auf (vgl. Abb. 6-5). Dabei wird sich das Gebiet der Arktis am stärksten erwärmen und die Erwärmung insgesamt über den Kontinenten im Vergleich zu den Ozeanen höhere Werte einnehmen. Folglich werden sich über den meisten Landregionen warme Temperatur-extreme und Hitzewellen mehren und an Intensität gewinnen, kalte Extreme hingegen an Auftrittshäufigkeit verlieren. Die global steigenden Temperaturen im Laufe des 21. Jahrhunderts sorgen zudem für regionale Änderungen im globalen Wasserkreislauf. Während die mittleren Jahresniederschläge in den hohen Breiten und in Äquatornähe über dem Pazifik deutliche Anstiege aufweisen, werden die Niederschläge in den Subtropen und vielen bereits heute trockenen Regionen der mittleren Breiten abnehmen. Auch bezüglich der Niederschläge ist davon auszugehen, dass sich Extremereignisse häufen und an Intensität gewinnen werden. Darüber hinaus wird ein weiterer Anstieg der Wassertemperatur des oberen Ozeans von 0,6 °C (RCP2.6) bis 2,0°C (RCP8.5) zum Ende dieses Jahrhunderts projiziert sowie ein anhaltender Rückgang der flächenhaften Schneebedeckung in der Nordhemisphäre (7 % unter RCP2.6 bzw. 25 % unter RCP8.5), des arktischen Meereises (43 % unter RCP2.6 bzw. 94 % unter RCP8.5 für den Monat September) und der weltweiten Gletschervolumen (15 bis 45 % unter RCP2.6 bzw. 25 bis 85% unter RCP8.5). Infolgedessen wird der mittlere globale Meeresspiegel weiterhin ansteigen und zwar schneller als bisher. Für den Zeitraum 2081-2100 wurde bezogen auf 1986-2005 ein Anstieg des Meeresspiegels zwischen 0,26 bis 0,55 m (RCP2.6) bzw. 0,45 bis 0,98 m (RCP8.5) simuliert (IPCC 2013a).

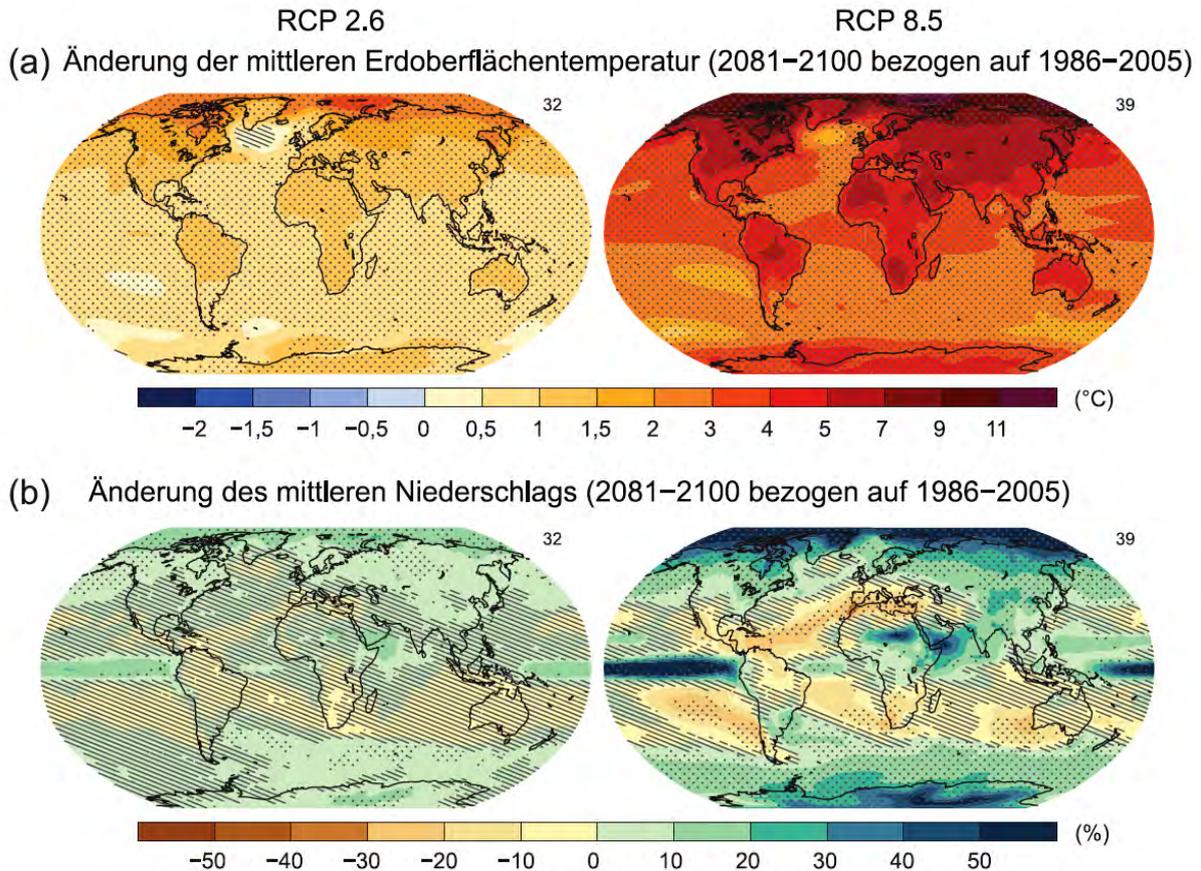


Abb. 6-5: Globale Verteilung der Veränderung der mittleren Erdoberflächentemperatur (a) und des mittleren Niederschlags (b), basierend auf Multimodell-Mittel-Projektionen für 2081-2100 gegenüber 1986-2005 für die Szenarien RCP2.6 und RCP8.5 (IPCC 2013a)

Die beschriebenen projizierten Klimaveränderungen im Laufe des 21. Jahrhunderts und deren Auswirkungen auf die verschiedenen Subsysteme unseres Planeten werden die bereits geschilderten Folgen auf Mensch und Natur weiter verschärfen. So werden durch den Klimawandel immer mehr biologische Arten vom Aussterben bedroht sein. Viele Pflanzenarten können ihre geographischen Verbreitungsgebiete nicht schnell genug verlagern. Meeresbewohner sind einer fortschreitenden Ozeanversauerung, geringeren Sauerstoffgehalten und höheren Wassertemperaturen ausgesetzt, was u.a. zu Veränderungen des Fischfangpotenzials führt. Auch auf Ernteerträge von Kulturpflanzen (z.B. Weizen, Mais, Reis) wirkt sich der Klimawandel in vielen Regionen negativ aus. Zudem führt eine Verringerung der Wasserressourcen in immer mehr Bereichen zu einem verstärkten Wettbewerb um dieses Gut. Insgesamt werden die Folgen des Klimawandels vor dem Hintergrund eines steigenden Nahrungsmittelbedarfs infolge des weiteren Wachstums der Weltbevölkerung die globale Ernährungssituation verschärfen. Die Ressourcenknappheit und auch der Anstieg des Meeresspiegels, wodurch einige Küstenregionen, Inseln und tiefliegenden Gebiete bedroht werden, können in klimawandelbedingten Migrationsbewegungen ganzer Bevölkerungsgruppen resultieren (IPCC 2014).

Selbst bei einem sofortigen weltweiten Stopp der anthropogenen THG-Emissionen würden sich viele der vorgenannten Aspekte des Klimawandels (z.B. Ozeanerwärmung und Meeresspiegelanstieg) aufgrund der Trägheit des Gesamtsystems wahrscheinlich noch über die kommenden Jahrhunderte hinweg auswirken (IPCC 2013a). Daher gilt es, sich auf die Ausprägungen und Folgen des Klimawandels einzustellen und Anpassungsstrategien zu entwickeln, die die räumliche Variabilität der projizierten Klimaänderungen berücksichtigt. Hierzu sind zunächst jedoch Kenntnisse der regionalen Ausprägung und Auswirkungen des Klimawandels erforderlich.

6.2 Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Region Ruhr

Dass der Klimawandel auch in der Metropolregion Ruhr bereits stattfindet, lässt sich am besten anhand einer über 100-jährigen Messdatenreihe der Ludger-Mintrop-Stadtklima-Station (LMSS) in der Bochumer Innenstadt verdeutlichen. Die Ludger-Mintrop-Stadtklima-Station zählt zu den ältesten Klimastationen in Deutschland. Ihre Datenreihen reichen bis in das Jahr 1888 (Niederschlag) bzw. 1912 (Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck) zurück und ermöglichen somit wertvolle Aussagen zum Klimawandel in der Region. Ehemaliger Betreiber der Station war die Westfälische Bergwerkschaftskasse zu Bochum (später die Deutsche Montan Technologie für Rohstoffe Energie Umwelt e.V.), die mit den Daten die Zusammenhänge zwischen Witterung außerhalb und innerhalb der Bergwerksstollen untersucht hat. Im Jahr 1994 wurde die Wetterstation von der Arbeitsgruppe Klimaforschung der Ruhr-Universität Bochum übernommen und seither betreut. Die Station liegt in einer Kleingartenanlage nahe des Deutschen Bergbaumuseums nördlich der Bochumer Innenstadt und registriert die stadtklimatischen Bedingungen. Mit Hilfe der langjährigen Datenreihe ist es möglich, eine Aussage zum Trend der Temperaturentwicklung in der Region zu treffen (Grudzielanek et al. 2011).

In Abb. 6-6 sind die Jahresniederschlagssummen (1888-2010) und die Jahresmittelwerte der Lufttemperatur (1912-2010) der LMSS dargestellt. Der mittlere jährliche Niederschlag seit Beginn der Messaufzeichnung beträgt 817,6 mm, wobei die natürlichen Schwankungen einen Wertebereich von 513,7 mm (1959) und 1.118,0 mm (1961) einnehmen. Bei einer Amplitude von 8,7 °C (1919) bis 12,2°C (2002) lag die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur für den Zeitraum 1912 bis 2010 in Bochum bei 10,4 °C. Bei genauer Betrachtung der Zeitreihe wird deutlich, dass die zwölf wärmsten Jahre – mit Ausnahme des Jahres 1959 – in den Jahren nach 1985 aufgetreten sind. Einen Anstieg der Jahresmitteltemperaturen zeigt zudem der lineare Trend, wonach die Temperaturen in Bochum im Zeitraum von 1912 bis 2010 um 1,5 K zugenommen haben. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass im Laufe der Jahrzehnte eine zunehmende Verstädterung Auswirkungen auf die thermischen Bedingungen an

einem (Mess-)Standort haben kann, die nicht auf den Klimawandel zurückzuführen sind. Dieser Stadtklima- bzw. Verstädterungseffekt wurde für Bochum rechnerisch ermittelt und beträgt etwa 0,2 bis 0,5 K. Um diesen Wert bereinigt, liegt die klimawandelbedingte Temperaturzunahme im betrachteten Zeitraum bei 1,0 – 1,3 K. Die beobachtete Temperaturerhöhung an der LMSS liegt somit über dem globalen Mittel von 0,85 K (Bezugszeitraum: 1880-2012). Neben einer Erhöhung der Jahresmitteltemperaturen konnte anhand der 100-jährigen Datenreihe aus Bochum auch eine signifikante Zunahme der Häufigkeit von Sommertagen (Tages-Maximum der Lufttemperatur > 25 °C) um 26 % im linearen Trend ermittelt werden. Eine Zunahme wurde weiterhin für die Häufigkeit von Hitzetagen (Tages-Maximum der Lufttemperatur > 30 °C) nachgewiesen, deren Verteilung im Jahresverlauf zudem durch ein tendenziell früheres Einsetzen und ein potenziell späteres Auftreten charakterisiert wird. Des Weiteren treten auch Hitzeperioden, also eine über mehrere Tage anhaltende Witterung mit hohen Maximaltemperaturen, häufiger auf als zu Beginn der Messaufzeichnungen (Grudzielanek et al. 2011; Hückelheim 2014).

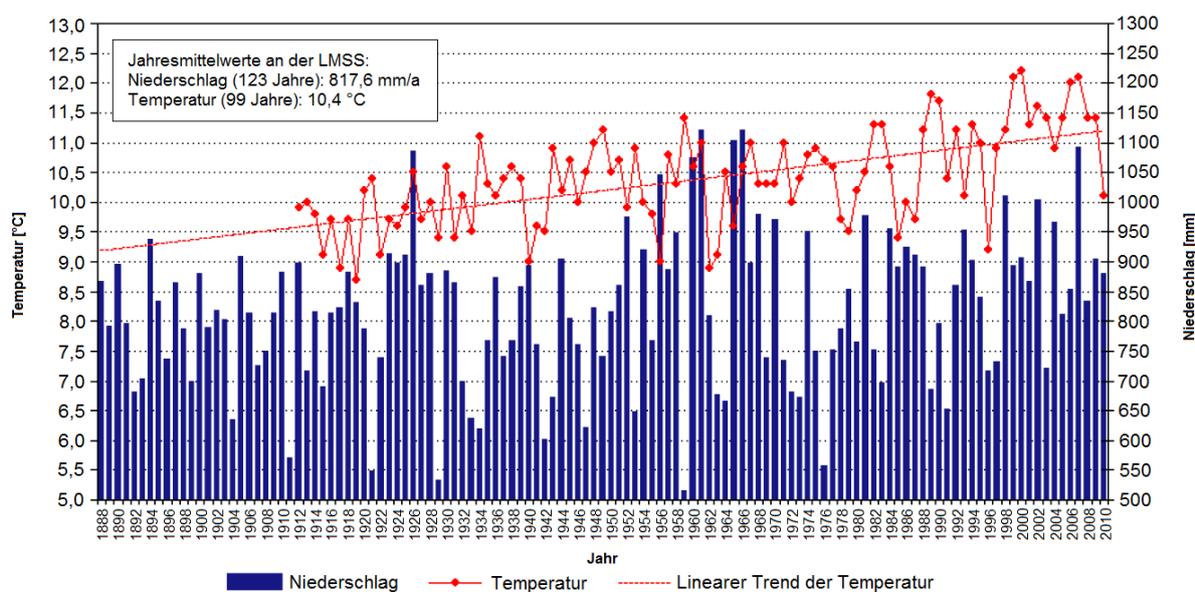


Abb. 6-6: Jährliche Niederschlagssummen (1888-2010) und Jahresmitteltemperaturen (1912-2010) der Ludger-Mintrop-Stadtklima-Station (verändert nach Grudzielanek et al. 2011)

Um eine differenzierte Abschätzung über die zukünftige klimatische Entwicklung und deren Auswirkungen auf regionaler Ebene zu erhalten, sind die von den globalen Klimamodellen getroffenen Aussagen, welche auf einer räumlichen Auflösung von 100-200 km basieren, zu verfeinern. Dabei wird auf zwei unterschiedliche Varianten regionaler Klimamodelle zurückgegriffen:

- numerische Modelle wie CLM (Gerstengarbe & Werner 2007) und REMO10 (UBA 2008) errechnen – wie die globalen Modelle auch – die Klimaveränderungen über physikalische Gleichungssysteme, welche die atmosphärischen Prozesse abbilden

- statistische Modelle wie STAR II (Werner & Gerstengarbe 2007) und WETTREG (Spekat et al. 2007), nutzen bereits vorliegende klimatische Messreihen der letzten Dekaden und projizieren diese über Trendfunktionen in die Zukunft

In Abb. 6-7 und Abb. 6-8 werden die flächenhaften Ausprägungen des Klimawandels im Ruhrgebiet auf die Jahresmitteltemperaturen und –niederschlagssummen anhand eines Vergleichs der Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 für die vier genannten regionalen Klimamodelle CLM, REMO10, STAR II und WETTREG basierend auf dem SRES-Emissionsszenario A1B (IPCC 2007; siehe auch „Infobox 1: IPCC-Szenarien“ im Anhang) dargestellt. Im Vergleich der vier Modelle werden Unterschiede sowohl in der Ausprägung der zu erwartenden Erwärmung als auch in der räumlichen Differenzierung deutlich. Alle Modelle simulieren jedoch einen Anstieg der Jahresmitteltemperatur in der Metropole Ruhr bis Mitte des Jahrhunderts um 1,5 bis 2,1 K gegenüber dem Zeitraum 1991-2000. Bezüglich der Jahresniederschlagssummen zeigen ebenfalls alle Modelle einen Anstieg, die Werte variieren allerdings zwischen 0,9-12,4 % (REMO10) und 12,7-36,0 % (CLM) (MUNLV 2010).

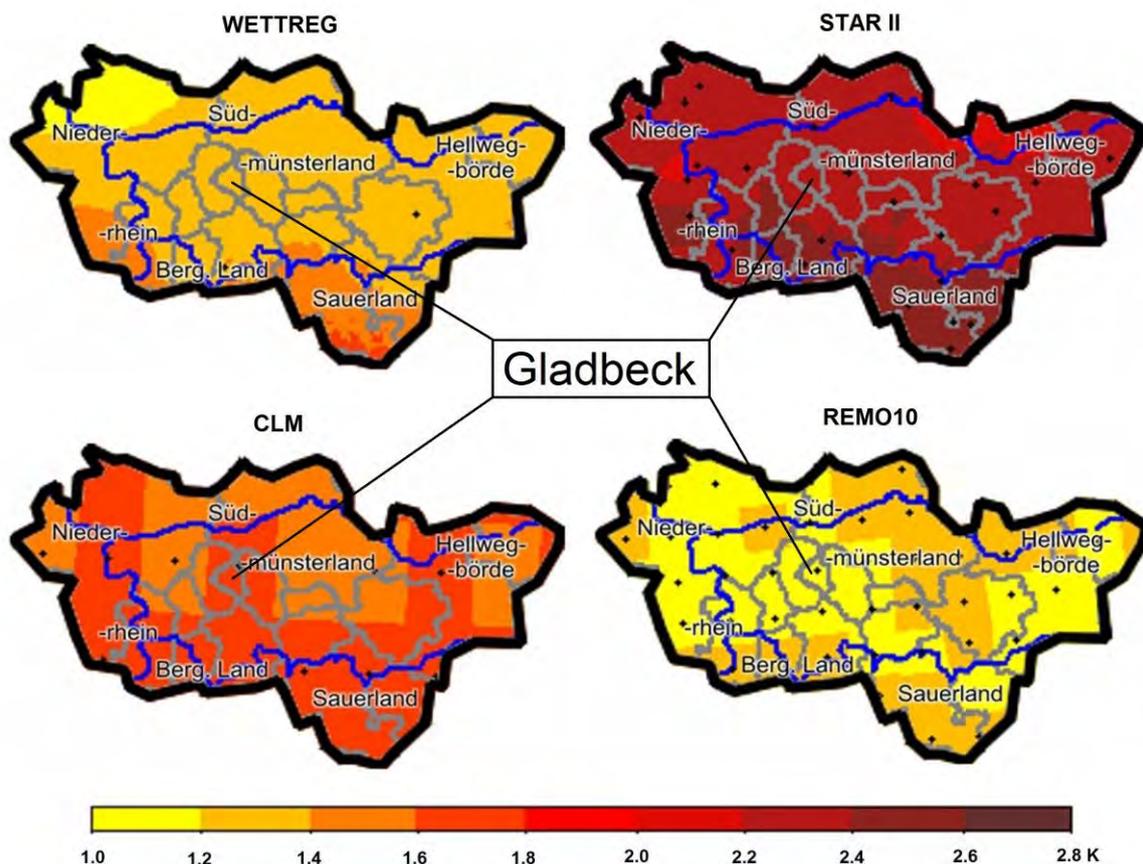


Abb. 6-7: Differenz der Jahresmitteltemperaturen im Ruhrgebiet zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 von vier verschiedenen regionalen Klimamodellen basierend auf dem Emissionsszenario A1B des IPCC (verändert nach MUNLV 2010)

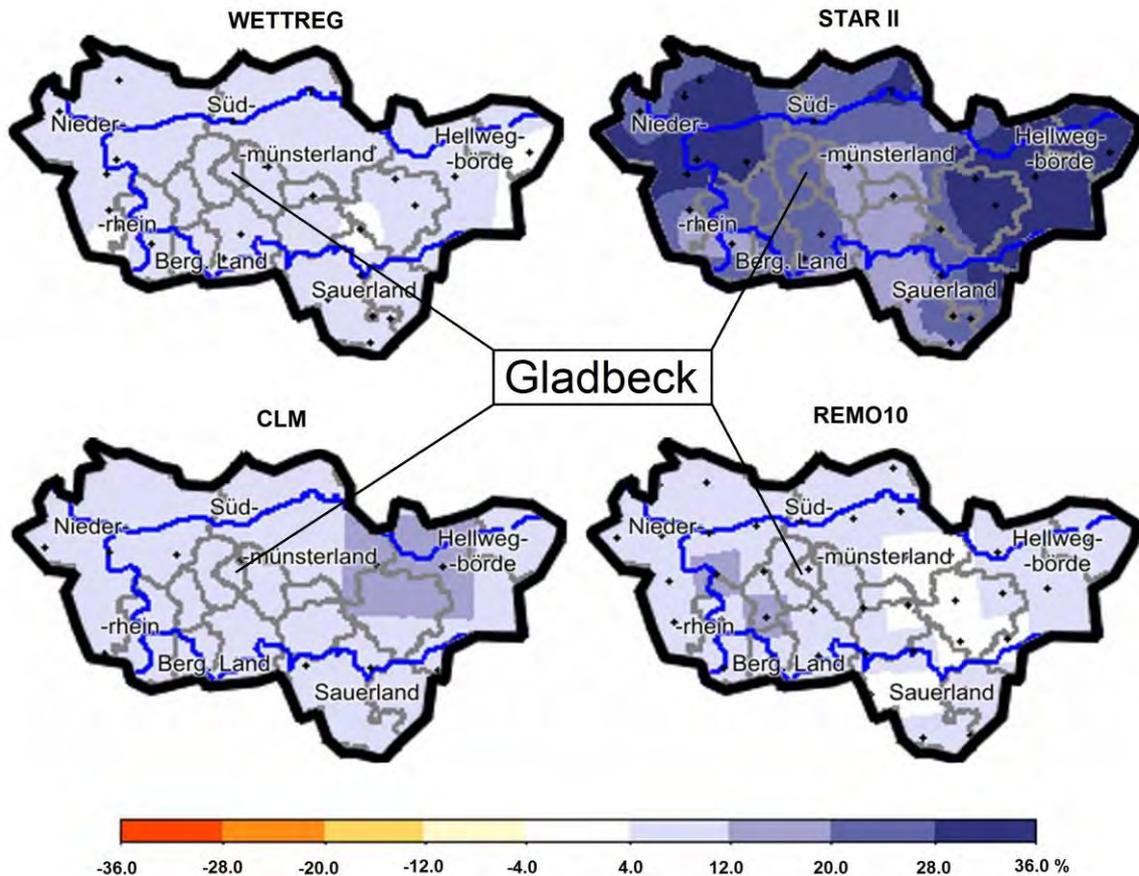


Abb. 6-8: Prozentuale Differenz der Jahresniederschlagssummen im Ruhrgebiet zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 von vier verschiedenen regionalen Klimamodellen basierend auf dem Emissionsszenario A1B des IPCC (verändert nach MUNLV 2010)

Neben einem Anstieg der mittleren Verhältnisse von Lufttemperatur und Niederschlag kann auch für das Ruhrgebiet davon ausgegangen werden, dass sich die Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen in Zukunft verändern werden. Hierzu zählen unter anderem häufigere Sommergewitter mit Starkregen sowie ein vermehrtes Auftreten von Hitzeperioden. Beispielsweise wird sich die Anzahl von Sommertagen ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) und heißen Tagen ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) nahezu verdoppeln. Letzteres liegt darin begründet, dass sich das Spektrum der Großwetterlagen in Mitteleuropa im Zuge des Klimawandels verändern wird. Die Häufigkeit von Hochdruckwetterlagen mit austauscharmen Witterungsverhältnissen wird in ganz Mitteleuropa zunehmen. Da sich die gegenüber dem un bebauten Umland negativen klimatischen Verhältnisse in Städten während dieser austauscharmen Wetterlagen am stärksten ausprägen, ist davon auszugehen, dass der Klimawandel zu einer Verschärfung der stadtklimatischen Verhältnisse im Ruhrgebiet führen wird. Dies wird sich beispielsweise in einer häufigeren, länger andauernden und intensiveren Ausprägung städtischer Wärmeinseln darstellen (Kuttler 2010).

Vor diesem Hintergrund wird in den folgenden Kapiteln 6.3 und 6.4 eine Abschätzung zur zukünftigen Entwicklung klimatischer Kenntage sowie der Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Gladbeck gegeben.

6.3 Zukünftige Entwicklung klimatischer Kenntage in Gladbeck

Anhand der zeitlichen Entwicklung und räumlichen Verteilung klimatischer Kenntage, also der Häufigkeit des Auftretens von thermischen Extremereignissen wie besonders heißen Tagen oder Nächten, lässt sich die thermische Belastungssituation in unterschiedlich dicht bebauten Bereichen einer Stadt aufzeigen.

Zur Ermittlung der zeitlichen Entwicklung und räumlichen Verteilung der klimatischen Kenntage im Stadtgebiet von Gladbeck wurde ein im Rahmen des Projektes „Handbuch Stadtklima - Teil II“ entwickeltes Verfahren aufgegriffen und erweitert. Das vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) geförderte Projekt hatte u.a. die Zielsetzung, eine Herangehensweise zur Darstellung klimatologischer Kenntagen am Beispiel der Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) für die gegenwärtige und zukünftige klimatische Situation auf Basis der Klimatope zu entwickeln. Dabei wurden die Sommertage für insgesamt acht Klimatoptypen¹ differenziert nach den drei Großlandschaften (Niederrheinisches Tiefland, Westfälische Bucht und Süderbergland) der Metropole Ruhr abgeleitet. Die Methodik zur Berechnung der klimatischen Kenntage für die unterschiedlichen Klimatoptypen basierte dabei auf einer Vielzahl von Messdaten, die durch den Regionalverband Ruhr zwischen 1999 und 2012 an zahlreichen temporären Klimamessstationen in unterschiedlichen Ruhrgebietskommunen erhoben wurden (MKULNV 2014).

Im Rahmen der vorliegenden Analyse wurden unter Anwendung eines vergleichbaren methodischen Ansatzes zusätzlich die Jahresmitteltemperatur, die heißen Tage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) und die Tropennächte ($T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$ zwischen 19:00 und 7:00 Uhr MEZ) für unterschiedliche Klimatoptypen abgeleitet. Die insgesamt geringe Anzahl an Tropennächten in den Untersuchungsjahren erschwerte allerdings die Differenzierung zwischen Stadtrand- und Vorstadtklimatopen sowie zwischen Freiland-, Park- und Gewässerklimatopen, sodass diese Klimatope jeweils zu einer Klimatoptypgruppe zusammengeführt wurden.

Die Aussagen bezüglich der Jahresmitteltemperaturen und der klimatischen Kenntage (Sommertage, Heiße Tage und Tropennächte) für das Stadtgebiet von Gladbeck beziehen sich dabei auf die von der Weltorganisation der Meteorologie (WMO) definierte 30-jährige Bezugsperiode 1961-1990 sowie auf die Zeiträume 1981-2010 und 2021-2050.

¹ keine Unterscheidung zwischen Vorstadtklima und Stadtrandklima

Die Abb. 6-9 bis Abb. 6-12 zeigen auf Basis der für das Stadtgebiet von Gladbeck abgegrenzten Klimatope (siehe Kapitel 4), welche Veränderungen hinsichtlich der Jahresmitteltemperaturen, der Sommertage, der heißen Tage und der Tropennächte bereits eingetreten sind (Mittelwerte der Zeiträume 1961-1990 und 1981-2010) und welche in Zukunft (Mittelwert des Zeitraums 2021-2050) voraussichtlich zu erwarten sind.

Es wird deutlich, dass die mittleren Jahresmitteltemperaturen (siehe Abb. 6-9) der 30-jährigen Bezugsperioden in den vergangenen Jahrzehnten bereits angestiegen sind und bis Mitte des 21. Jahrhunderts ein weiterer Anstieg zu erwarten ist. Dabei nehmen die Waldklimatope in allen drei betrachteten Zeiträumen die geringsten Werte ein, während in den Innenstadtklimatopen jeweils die höchsten mittleren Jahresmitteltemperaturen zu verzeichnen sind. Das 30-jährige Mittel der Jahresmitteltemperatur betrug für den Zeitraum 1961-1990 8,8 °C in den Waldklimatopen und 10,2 °C in den Innenstadtbereichen von Gladbeck. Voraussichtlich werden sich diese Werte in Zukunft (Zeitraum 2021-2050) auf 10,7 °C in den Waldgebieten und 12,3 °C in den Innenstadtklimatopen erhöhen. Das bedeutet, dass die Wälder als kühlschte Bereiche des Stadtgebietes künftig (Zeitraum 2021-2050) eine mittlere Jahresmitteltemperatur aufweisen, die höher ist als dieser Wert im Zeitraum 1961-1990 in der Innenstadt war, also dem wärmsten Bereich der Stadt. Insgesamt fallen die Unterschiede im Anstieg der mittleren Jahresmitteltemperatur zwischen den einzelnen Klimatoptypen aufgrund der starken Aggregation diesen Klimaparameters (über 30 Jahre gemittelter Wert des Jahresmittels der Lufttemperatur) sehr gering aus und liegen für den Zeitraum 2021-2050 bezogen auf den Zeitraum 1961-1990 allesamt in einer Bandbreite von 1,9 bis 2,1 K.

Hinsichtlich der betrachteten klimatologischen Kennwerte, welche die mittleren Häufigkeiten des Auftretens von besonders heißen Tagen bzw. Nächten beschreiben, lassen sich deutlichere Unterschiede zwischen den einzelnen Klimatoptypen erkennen. Bezüglich der Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) und der heißen Tage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$), also bei Betrachtung der Hitzebelastung während der Tagsituation, ist zudem ein interessantes Phänomen zu beobachten. Die eigentlichen Lasträume der Innenstadtklimatope weisen sowohl in der Vergangenheit als auch in der Zukunft, aufgrund der insgesamt dichten, hohen Bebauung und dadurch bedingter Verschattungseffekte, tagsüber vielerorts eine geringere thermische Belastung auf als die teils weniger dicht bebauten Bereiche der Stadtklimatope (siehe Abb. 6-10 und Abb. 6-11). So ist beispielsweise davon auszugehen, dass sich die mittlere Anzahl der Sommertage für die Innenstadtklimatope von 38,2 Tagen in der Bezugsperiode 1961-1990 auf 54,1 Sommertage im Zeitraum 2021-2050 erhöhen wird, während in den Stadtklimatopen eine Maximaltemperatur von mindestens 25 °C in der Vergangenheit (1961-1990) im Mittel an 41,6 Tagen erreicht wurde und in Zukunft voraussichtlich an 59 Tagen. Hierzu ist jedoch anzumerken, dass innerhalb eines Klimatoptyps kleinräumige Strukturen durchaus größere mikroklimatische Modifikationen hervorrufen können. So kann innerhalb eines Innenstadtklimatops die

thermische Belastungssituation am Tage zwischen einer durch hohe Gebäude und Bäume verschatteten Straßenschlucht (geringe Belastung) und einem unverschatteten, hochversiegelten Platz (hohe Belastung) sehr stark variieren. Auf der gewählten Betrachtungsebene der Klimatope ist allerdings zu konstatieren, dass die Innenstadtklimatope im Vergleich zu den Stadtklimatopen geringere Werte für die mittlere Anzahl der Sommertage und heißen Tage aufweisen. Die höchsten Werte und die stärksten absoluten Anstiege für beide Kenntage werden in den Gewerbe- und Industrieklimatopen erreicht. Während dort in der Bezugsperiode 1961-1990 im Mittel 46,8 Sommertage und 16 heiße Tage aufgetreten sind, werden in Zukunft (Zeitraum 2021-2050) voraussichtlich 66,3 Sommertage und 42 heiße Tage in den Gewerbe- und Industrieklimatopen erreicht.

Das oben beschriebene Phänomen der Hitzebelastung am Tage bezüglich der Innenstadt- und Stadtklimatope lässt sich in der mittleren Häufigkeit des Auftretens der Tropennächten, also der nächtlichen Wärmebelastung, nicht beobachten (siehe Abb. 6-12). Unter anderem aufgrund der sehr hohen Versiegelungsraten, der thermischen Eigenschaften der anthropogenen Oberflächen, der verminderten Belüftung und der fehlenden Anbindung an die kalte Luftproduzierenden Flächen des unbebauten Umlandes weisen die Innenstadtbereiche an Tagen mit hoher solarer Einstrahlung eine verzögerte und verminderte nächtliche Abkühlung auf. Daher treten Tropennächte, also Nächte, in denen die Lufttemperatur zwischen 19:00 und 7:00 Uhr Mitteleuropäischer Zeit nicht unter 20 °C sinkt, in den Innenstadtklimatopen am häufigsten auf. Bezüglich der Anzahl von Tropennächten in den Innenstadtklimatopen ist zudem künftig von einem sehr starken Anstieg auszugehen. Während in der Bezugsperiode 1961-1990 im Mittel lediglich 2,3 Tage pro Jahr als Tropennacht bezeichnet werden konnten, werden die nächtlichen Lufttemperaturen in Zukunft (Zeitraum 2021-2050) im Mittel an 29,4 Tagen pro Jahr mindestens 20 °C betragen.

Zusammenfassend weisen die mittleren Jahresmitteltemperaturen in Gladbeck vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels in Zukunft voraussichtlich in allen Klimatopen höhere Werte auf als bisher. Der Anstieg des Mittelwertes für den Zeitraum 2021-2050 ist bezogen auf die Periode 1961-1990 mit 1,9 bis 2,1 K allerdings in allen Klimatoptypen ähnlich groß. Hinsichtlich der hitzebedingten klimatologischen Kenntage (Sommertage, heiße Tage und Tropennächte) ergeben sich bei insgesamt zum Teil wesentlich höheren Werten größere Unterschiede in der zukünftigen Entwicklung zwischen den Klimatopen. Vor allem in den bereits heute höher belasteten städtischen Klimatopen wird sich die Belastungssituation gegenüber den Klimatopen der Freiräume vermutlich noch stärker verschärfen.

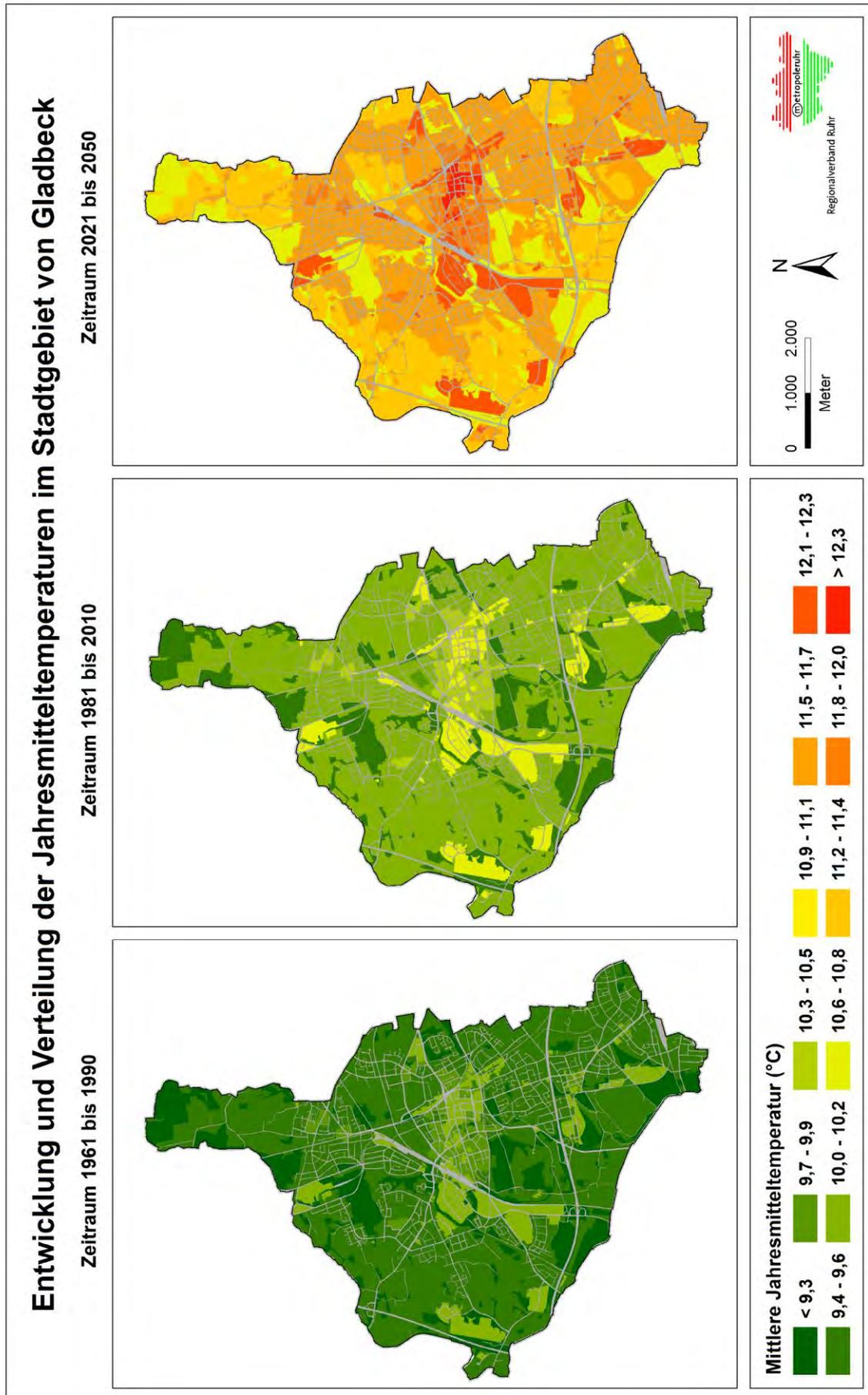


Abb. 6-9: Entwicklung und Verteilung der Jahresmitteltemperaturen im Stadtgebiet von Gladbeck

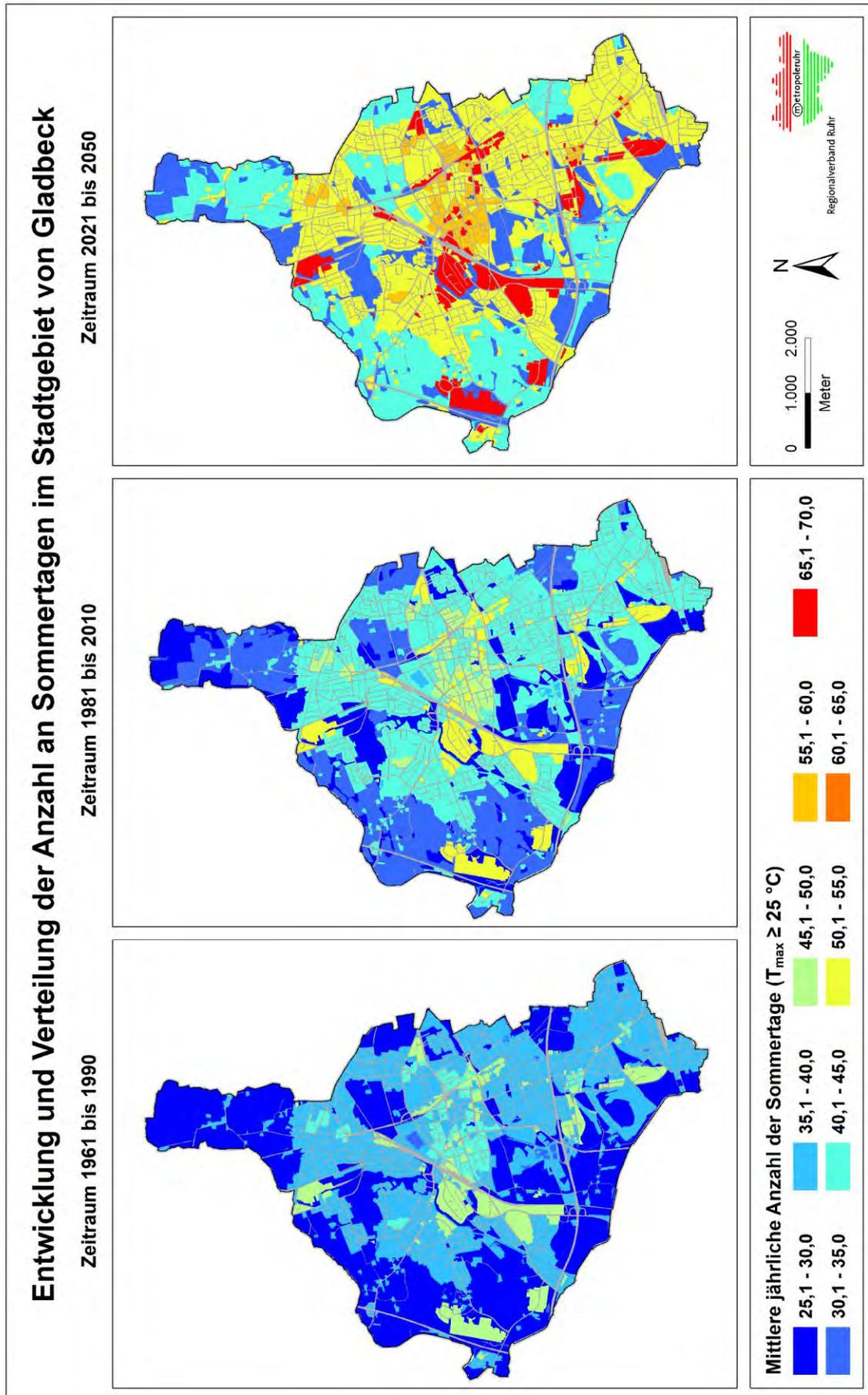


Abb. 6-10: Entwicklung und Verteilung der Anzahl an Sommertagen im Stadtgebiet von Gladbeck

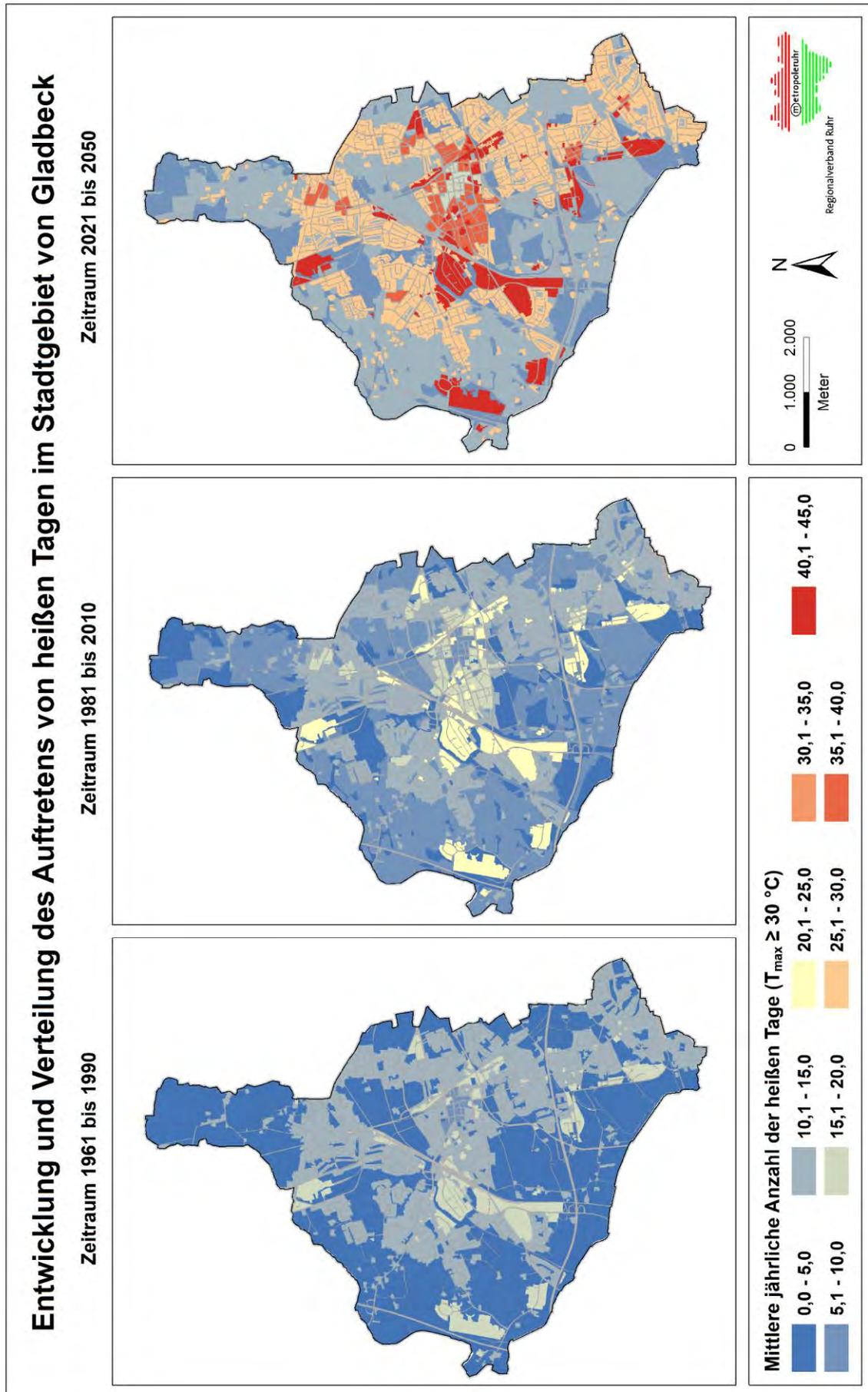


Abb. 6-11: Entwicklung und Verteilung des Auftretens von heißen Tagen im Stadtgebiet von Gladbeck

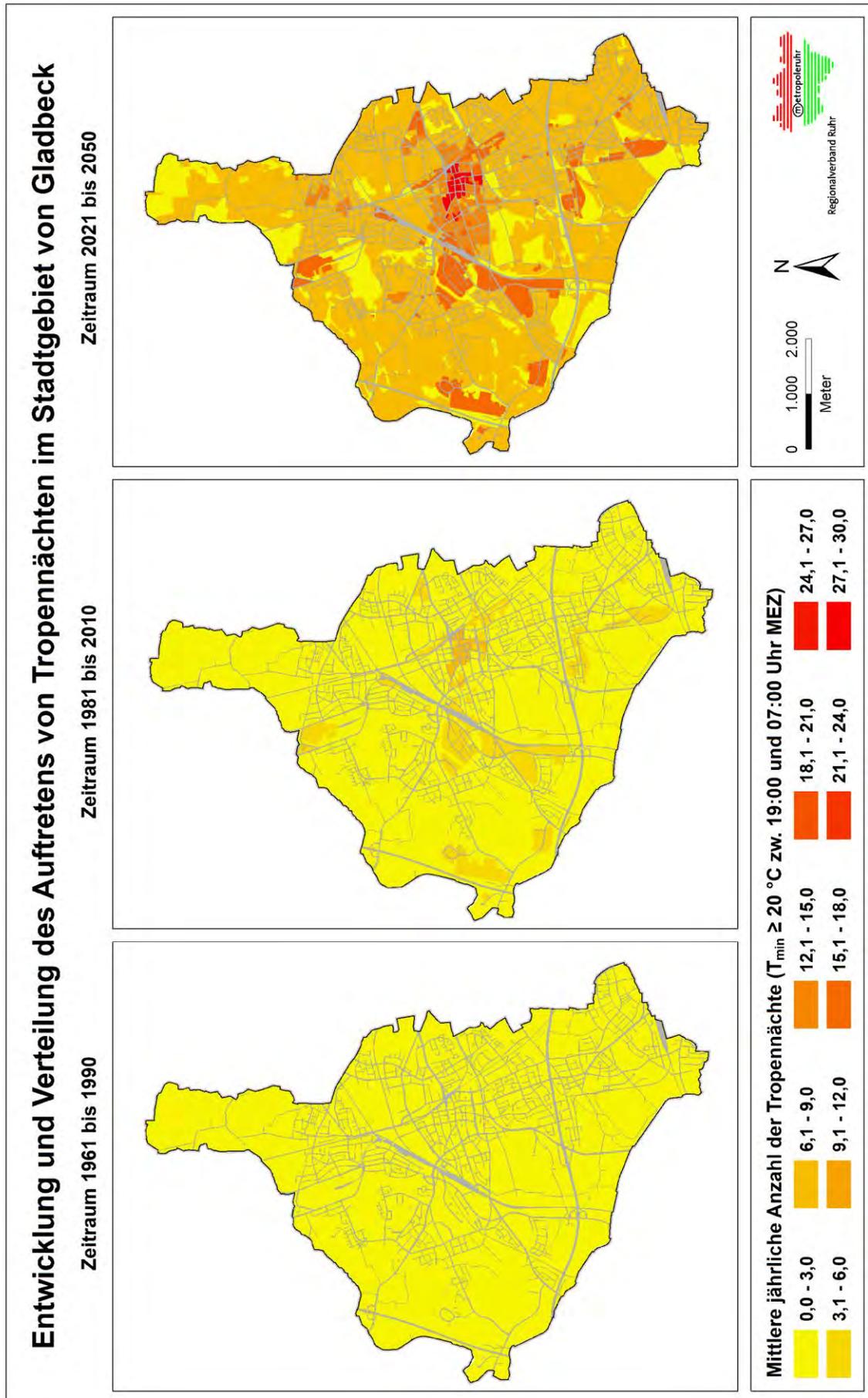


Abb. 6-12: Entwicklung und Verteilung des Auftretens von Tropennächten im Stadtgebiet von Gladbeck

6.4 Darstellung derzeitiger und zukünftiger Wärmeinseln

Anhand der FITNAH-Modellierung (s. Kapitel 3), der Klimaanalysekarte (s. Kapitel 4) und der klimaökologischen Funktionen (s. Kapitel 5) wurde die Ist-Situation der klimatischen Verhältnisse in der Stadt Gladbeck dargestellt. Dabei wurde u.a. festgestellt, dass die städtische Überwärmung und damit die potenzielle Hitzebelastung in den dicht bebauten Stadtquartieren am größten ist. Diese Gebiete sind im Wesentlichen räumlich identisch mit den Innenstadt- und den Stadtklimatopen. Zudem konnte anhand der mittleren Häufigkeit hitzebedingter klimatologischer Kenntage (s. Kapitel 6.2) aufgezeigt werden, dass in Zukunft auch Bereiche, die heute aus klimatischer Sicht als noch moderat bis günstig einzustufen sind (Stadtrandklimatope), häufiger Hitzebelastungen ausgesetzt sein werden. Neben den Innenstadtbereichen und den Stadtklimatopen treten daher in Zukunft während sommerlicher Strahlungsnächte auch die Stadtrandklimatope als gegenüber dem Umland stark überwärmte Bereiche auf. Diese Einschätzung basiert zudem auf der Tatsache, dass die mittleren Temperaturdifferenzen zwischen den heutigen Wärmeinselnbereichen (Innenstadt-/Stadtklimatopen) und den Stadtrandklimatopen sich auf maximal 2 K belaufen, der zukünftig zu erwartenden mittlere Temperaturanstieg aber über 2 K betragen wird. Diese Herangehensweise zur Ausweisung von gegenwärtigen und zukünftigen Problemgebieten haben bereits Kuttler et al. (2013) im Rahmen des Projektes *dynaklim* für die Stadt Oberhausen gewählt.

Abb. 6-13 zeigt die gegenwärtigen (2016) und zukünftigen (2100) Wärmeinselnbereiche im Stadtgebiet von Gladbeck. Dabei wurden für die gegenwärtige Situation die Innenstadtklimatope mit einer sehr hohen Intensität und die Stadtklimatope mit einer hohen Intensität als Wärmeinseln ausgewiesen. In Zukunft nehmen sowohl die Innenstadt- als auch die Stadtklimatope eine sehr hohe und die Stadtrandklimatope eine hohe Wärmeinselintensität ein. Demnach erweitern sich die Wärmeinselnbereiche von derzeit 1,4 km² bzw. 4,0 % des Stadtgebietes zukünftig auf eine Fläche von 7,1 km² und umfassen dann 19,9 % des Stadtgebietes.

In dieser Betrachtung und Ausweisung der Wärmeinselnbereiche wurde der Fokus lediglich auf Gebiete der Wohn- und Mischbebauung begrenzt. Die Gewerbe- und Industriegebiete weisen zwar ebenfalls hohe (Gegenwart) bis sehr hohe (Zukunft) Überwärmungen auf, werden in der Darstellung allerdings nicht berücksichtigt. Die dargestellten Bereiche der Wärmeinseln werden als Problemgebiete hinsichtlich der thermischen Belastung der Wohnbevölkerung angesehen. Der vorrangige Handlungsbedarf sollte dahingehend ausgerichtet sein, diese Wärmeinselnbereiche klimatisch aufzuwerten. Dabei sollten insbesondere Bereiche, in denen ein hoher Anteil der potenziell gegenüber Hitzebelastungen sensiblen Bevölkerungsgruppen (v.a. Senioren, Kranke und Kleinkinder) anzutreffen ist, im Fokus der Anpassungsbemühungen stehen. Daher werden im folgenden Kapitel 7 die Ergebnisse einer Vul-

nerabilitätsanalyse zur Identifizierung der besonders betroffenen Bereiche im Stadtgebiet dargestellt.

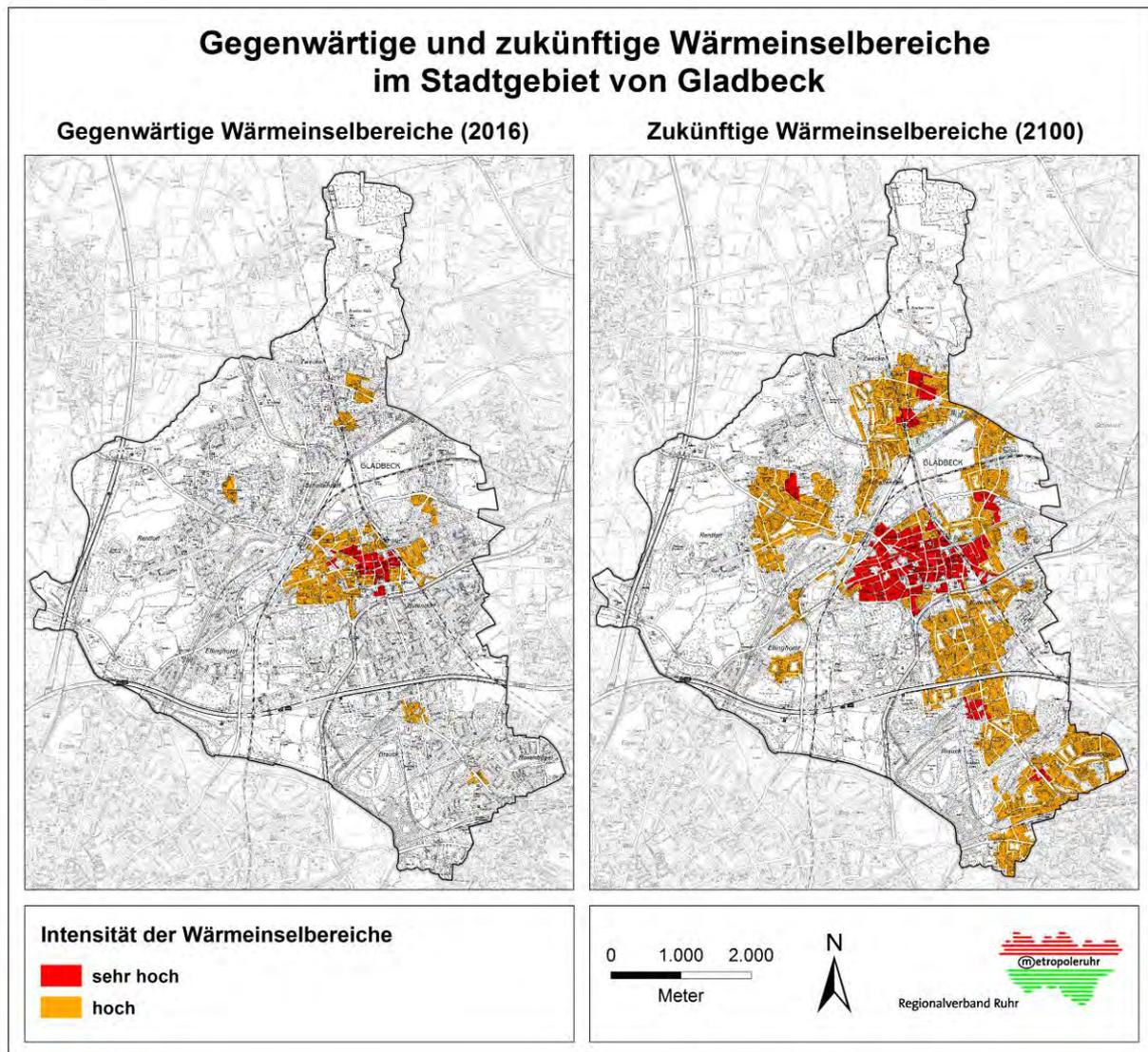


Abb. 6-13: Darstellung gegenwärtiger (2016) und zukünftiger (2100) Wärmeinselnbereiche im Stadtgebiet von Gladbeck

7 Vulnerabilitätsanalyse

Die in Kapitel 6 beschriebenen zu erwartenden Klimaänderungen im Laufe des 21. Jahrhunderts, insbesondere der Anstieg der Häufigkeit und Intensität der extremen Wetterereignisse (z.B. Hitzewellen), können sich negativ auf die Gesundheit des Menschen auswirken. Aber nicht nur hohe Temperaturen, sondern auch eine Zunahme der Luftverschmutzung und der Luftallergene, ein Anstieg des bodennahen Ozons während Hitzeperioden sowie die Zunahme der UV-Strahlung durch eine Abnahme des stratosphärischen Ozons können klimawandelbedingte Gesundheitsrisiken darstellen. Das Ausmaß extremer Wetterereignisse wurde dabei bereits in der Vergangenheit deutlich, so hat der Hitzesommer 2003 europaweit etwa 55.000 zusätzliche hitzebedingte Sterbefälle (ca. 7.000 davon in Deutschland) verursacht. Neben einer Steigerung der Mortalitätsrate wirken sich derartige klimatische Belastungen ebenfalls nachteilig auf die Morbidität, die Leistungsfähigkeit und das allgemeine Wohlbefinden des Menschen aus. Insbesondere Personen mit Atemwegs- und Herz-Kreislaufvorerkrankungen, ältere Menschen und Kleinkinder sind betroffen. Zwar ist das Ausmaß der gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels schwer abzuschätzen, jedoch ist grundsätzlich bei zukünftig häufiger auftretenden und intensiveren klimatischen Belastungen auch mit einer Zunahme der negativen gesundheitlichen Auswirkungen zu rechnen. Daher gilt es, durch eine gezielte Anpassungsstrategie im Rahmen einer nachhaltigen Stadtplanung gesunde Wohn-, Arbeits- und Aufenthaltsbedingungen zu schaffen bzw. sicherzustellen, um die klimawandelbedingten Gesundheitsrisiken für die städtische Bevölkerung zu minimieren (Jendritzky 2007).

Um entsprechende Anpassungsmaßnahmen gezielt zu entwickeln, sollen im Rahmen einer Vulnerabilitätsanalyse Gebiete bzw. Bereiche (im Folgenden als „Problemgebiete“ bezeichnet) innerhalb des Stadtgebietes identifiziert werden, die eine besondere Sensitivität gegenüber den Folgen des Klimawandels aufweisen.

7.1 Methodik zur Abgrenzung der Problemgebiete

In der Fachliteratur bestehen bereits vielfältige Ansätze zur Bewertung der Vulnerabilität bzw. Betroffenheit einer städtischen Bevölkerung in unterschiedlichen Quartieren gegenüber den Folgen des Klimawandels. Häufig wird dabei die Altersstruktur der Bevölkerung als alleiniger Indikator für das Maß der Verwundbarkeit gegenüber Hitzebelastung herangezogen. Aktuelle sozialwissenschaftliche Studien zum Klimawandel zeigen, dass die subjektive Wahrnehmung der Hitzebelastung von vielfältigen gesellschaftlichen Einflüssen geprägt wird und von der individuellen Lebenssituation eines jeden Menschen abhängig ist (Großmann et al. 2012).

Für diese vielfältigen sozialen Parameter ist die Datenbasis oftmals nicht vorhanden oder unzureichend, um eine flächendeckende, stadtweite Bewertung durchzuführen. Auch im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ist dies aufgrund der zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht möglich.

Daher erfolgt die Vulnerabilitätsanalyse nach dem im Rahmen des „Handbuch Stadtklima“ (MUNLV 2010) entwickelten Ansatzes. Hierbei wird die Betroffenheit gegenüber Hitzebelastungen anhand der Bevölkerungsdichte und der Altersstruktur bezogen auf den Anteil der über 65-jährigen Wohnbevölkerung betrachtet. Die zugrunde gelegte Datenbasis für das Stadtgebiet von Gladbeck wurde auf der Ebene der Baublöcke vom Stadtamt 10/1 – Statistik und Wahlen der Stadt Gladbeck zur Verfügung gestellt und bezieht sich auf den Zeitpunkt 30.06.2016.

Die Bewertung erfolgte anschließend mittels Verschneidung der Bevölkerungsdaten mit den Bereichen der städtischen Wärmeinseln, also den Innenstadt- und Stadtklimatopen. Zusätzlich zur Bewertung der Anfälligkeit gegenüber Hitzebelastung auf Basis der Bevölkerungsdichte und Altersstruktur werden sensible Einrichtungen (Seniorenpflegeheime, Wohnanlagen für Senioren, Krankenhäuser und Kindertagesstätten bzw. -gärten) in den Problemgebieten verortet.

Bereiche der städtischen Wärmeinsel

Die städtischen Wärmeinselbereiche sind für die Gesundheit der Menschen bedeutsam, da in diesen Bereichen eines Stadtgebietes nachteilige gesundheitliche Effekte durch die erhöhte Exposition gegenüber thermischen Extrembedingungen verstärkt auftreten können. Diese Gebiete können daher grundsätzlich als anfällig gegenüber Hitzebelastungen charakterisiert werden (Jendritzky 2007; MUNLV 2010).

Die Daten der Bevölkerungsdichte und der Altersstruktur werden daher mit den gegenwärtigen Wärmeinseln (hier: die Innenstadt- und Stadtklimatope) verschnitten. Die räumliche Ausbreitung der Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Gladbeck kann der Karte 6-13 entnommen werden.

Bevölkerungsdichte

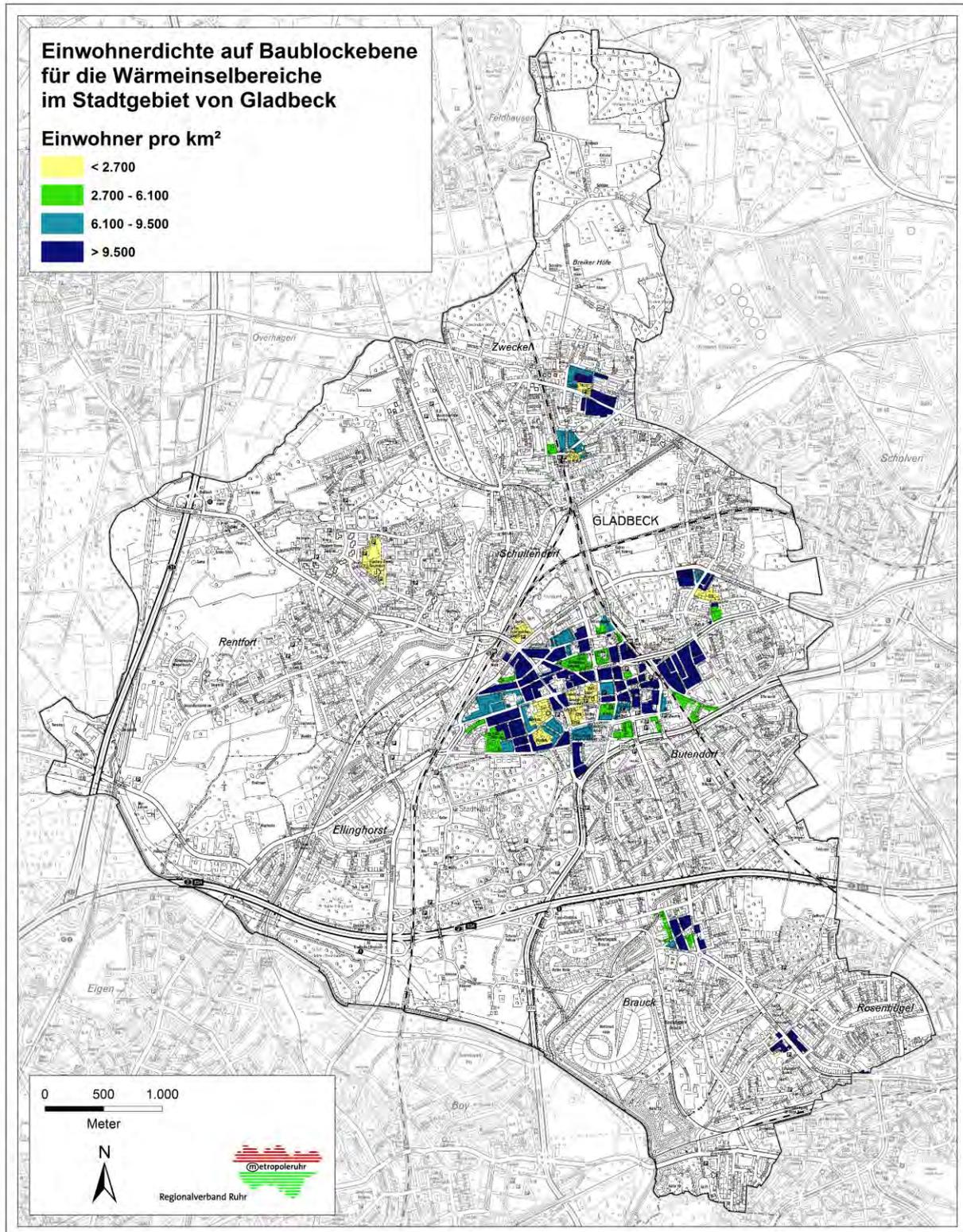
Ein wichtiger Indikator zur Beurteilung der Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen in unterschiedlichen Stadtquartieren ist die Bevölkerungsdichte. Denn je größer die Einwohnerdichte ist, desto mehr Menschen sind potenziell einer Hitzebelastung ausgesetzt. Hierzu wurden die Bevölkerungsdaten auf Grundlage von Baublöcken im Stadtgebiet herangezogen. Dies hat den Nachteil, dass Bereiche mit reiner Dienstleistungsfunktion und somit ohne Wohnbevölkerung trotz potenziell hoher Hitzebelastung bei diesem Bewertungsverfahren nicht als Problemgebiete berücksichtigt werden. Innenstadtbereiche, die eine Mischnutzung aus Dienstleistung und Wohnen und somit einen relativ geringen Anteil an Wohnbevölkerung

aufweisen, können dadurch als Problemgebiete mit geringerer Anfälligkeitsstufe bewertet werden.

Grundsätzlich ist hierbei zu bedenken, dass bei einem temporären Aufenthalt in Innenstädten oder Nebenzentren tagsüber einer Hitzebelastung durch den Wechsel des Standortes und die bewusste Vermeidung von stark sonnenexponierten Plätzen aktiv entgegengewirkt werden kann. Wogegen die Bevölkerung in ihren Wohnquartieren insbesondere nachts einer Hitzebelastung durch mangelnde Abkühlung nicht ausweichen kann.

Karte A 1 (siehe Anhang) zeigt die Bevölkerungsdichte in Einwohner pro km² (Einw./km²) für das gesamte Stadtgebiet von Gladbeck. Um eine regionale Vergleichbarkeit und einheitliche Bewertungsmaßstäbe zu gewährleisten, wurden die Werte zur Klasseneinteilung aus der Analyse des „Handbuch Stadtklima“ übernommen. Diese beruhen auf der Auswertung der Bevölkerungszahlen auf Ebene der Wohnquartiere des gesamte Ruhrgebiets (Quelle: infas GEOdaten, Stand 2007). Bezogen ausschließlich auf die Gebiete der Stadt- und Innenstadtklimatope im gesamten Ruhrgebiet ergibt sich eine mittlere Bevölkerungsdichte von rund 2.700 Einw./km². Die weiteren Klassenobergrenzen (6.100 bzw. 9.500 Einw./km²) ergeben sich aus der Addition der mittleren Bevölkerungsdichte mit der einfachen bzw. doppelten Standardabweichung. Bei Flächen ohne eine farbliche Darstellung handelt es sich um statistisch ausgewiesene Baublöcke ohne jegliche Wohnbevölkerung. Dies können Wald-, Landwirtschafts- und innerstädtische Grünflächen, aber auch bebaute Bereiche mit rein industrieller, gewerblicher oder öffentlicher Nutzung sein.

Karte 7-1 zeigt die Einwohnerdichte auf Baublockebene ausschließlich für die Bereiche der Stadt- und Innenstadtklimatope (bzw. die Wärmeinselbereiche) im Stadtgebiet von Gladbeck. Erwartungsgemäß weist die Einwohnerdichte in diesen zumeist stark baulich überprägten Bereichen zum Großteil mit über 6.100 Einw./km² oder sogar mehr als 9.500 Einw./km² sehr hohe Werte auf. Lediglich vereinzelte Baublöcke verzeichnen geringe Einwohnerdichten unterhalb von 2.700 Einw./km². Hierbei handelt es sich in der Regel um Baublöcke mit vorwiegend öffentlicher Nutzung.



Karte 7-1: Einwohnerdichte auf Baublockebene für die Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Gladbeck

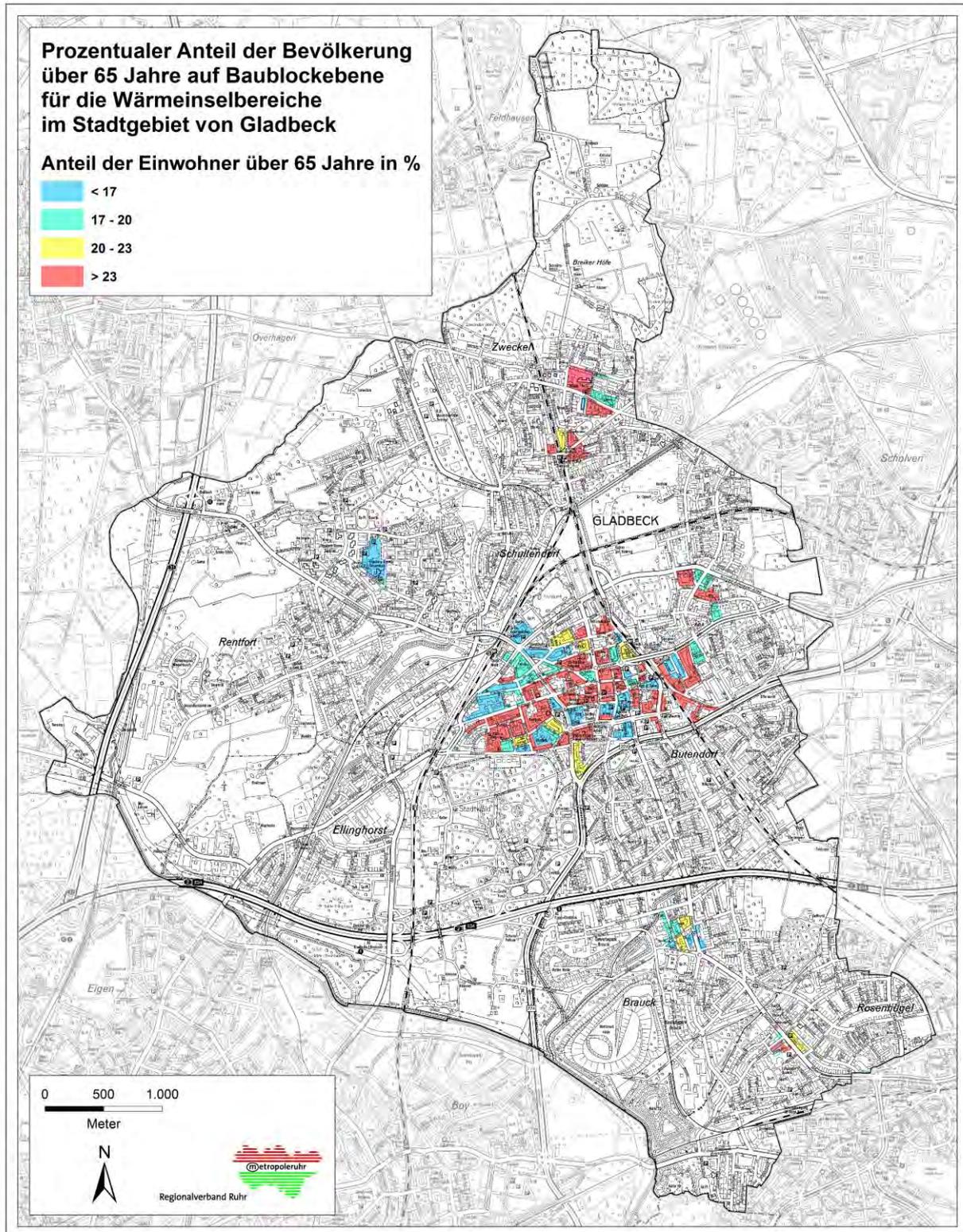
Altersstruktur

Für die Anfälligkeit eines Gebietes gegenüber einer klimatischen Belastung des Menschen spielen neben dem Hitzepotential und der Bevölkerungsdichte auch soziodemographische Faktoren wie die Altersstruktur der Bevölkerung eine Rolle. Ältere Menschen zeigen eine schlechtere Anpassung an extreme Hitze mit gesundheitlichen Folgen, die von Abgeschlagenheit bis hin zu Hitzschlag und Herzversagen reichen können. Gebiete mit einem hohen Anteil älterer Menschen können daher als anfälliger gegenüber Hitzestress charakterisiert werden. Aus diesem Grund wurde im „Handbuch Stadtklima“ (MUNLV 2010) analog zur Bevölkerungsdichte auch der Bevölkerungsanteil der über 65-jährigen für die Wohnquartiere im gesamten Ruhrgebiet ermittelt. Im Ruhrgebiets-Mittel sind rund 20 % der Einwohner in den Gebieten der Stadt- und der Innenstadtklimatope über 65 Jahre alt (Standardabweichung 3 %). Karte A 2 (siehe Anhang) zeigt die prozentualen Anteile der Bevölkerung über 65 Jahre auf Baublockebene für das gesamte Stadtgebiet von Gladbeck. Analog zu Karte A 1 handelt es sich bei Flächen ohne eine farbliche Darstellung um statistisch ausgewiesene Baublöcke ohne jegliche Wohnbevölkerung (z.B. Wald-, Landwirtschafts- und innerstädtische Grünflächen; bebaute Bereiche mit rein industrieller, gewerblicher oder öffentlicher Nutzung). Die Klasseneinteilung ergibt sich aus der Addition und Subtraktion der Standardabweichung (3 %) vom Mittelwert (20 %) bezogen auf das gesamte Ruhrgebiet. Somit werden Flächen bzw. Baublöcke mit Anteilen der über 65jährigen an der Wohnbevölkerung von unter 17 % und 17-20 % als unterdurchschnittlich und von 20-23 % und über 23 % als überdurchschnittlich gewertet.

Bezogen auf die Gesamtbevölkerung der Stadt Gladbeck liegt der Anteil der über 65jährigen Einwohner bei 23,2 % und weist somit im gesamtstädtischen Mittel einen im Vergleich zum Ruhrgebiets-Mittel der Stadt- und Innenstadtklimatope überdurchschnittlichen Wert auf.

Karte 7-2 zeigt die prozentualen Anteile der Einwohner über 65 Jahre auf Baublockebene ausschließlich für die Stadt- und Innenstadtklimatope (bzw. Wärmeinselnbereiche) im Stadtgebiet von Gladbeck. Es wird deutlich, dass ein Großteil der Baublöcke in diesen Bereichen einen überdurchschnittlichen Anteil an Wohnbevölkerung über 65 Jahre umfasst.

Zu bedenken ist, dass aufgrund des zukünftigen demographischen Wandels der Anteil der über 65jährigen an der Bevölkerung voraussichtlich weiter zunehmen wird.



Karte 7-2: Prozentualer Anteil der Bevölkerung über 65 Jahre auf Baublockebene für die Wärmeinselnbereiche im Stadtgebiet von Gladbeck

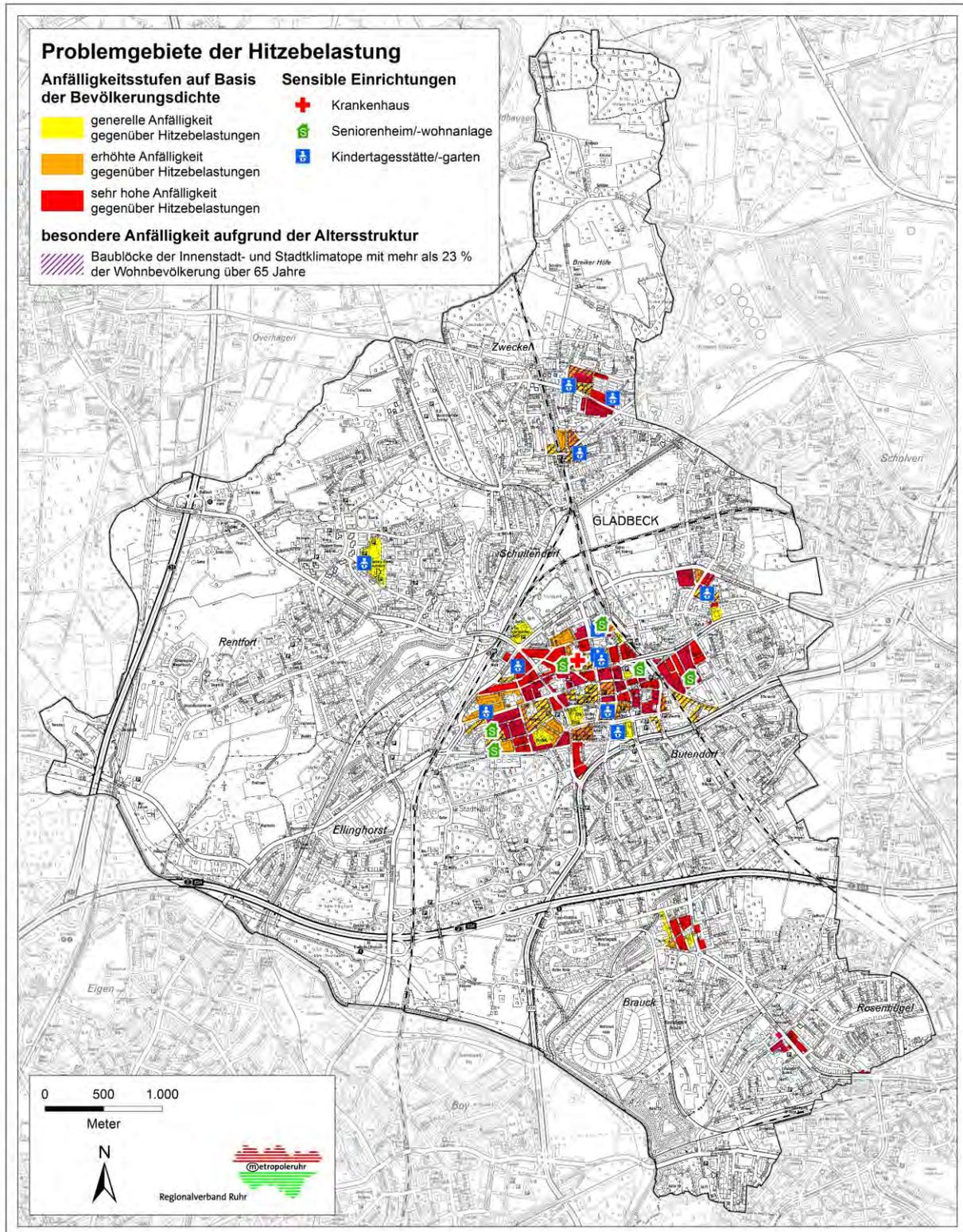
7.2 Lokalisierung und Bewertung der Problemgebiete

Aus der Verschneidung der Bereiche städtischer Wärmeinseln (bzw. Stadt- und Innenstadtklimatope) mit den Daten der Bevölkerungsdichte und des prozentualen Anteils der über 65-Jährigen lassen sich Problemgebiete mit einer abgestuften Anfälligkeit gegenüber einer klimatischen Belastung des Menschen abgrenzen und bewerten.

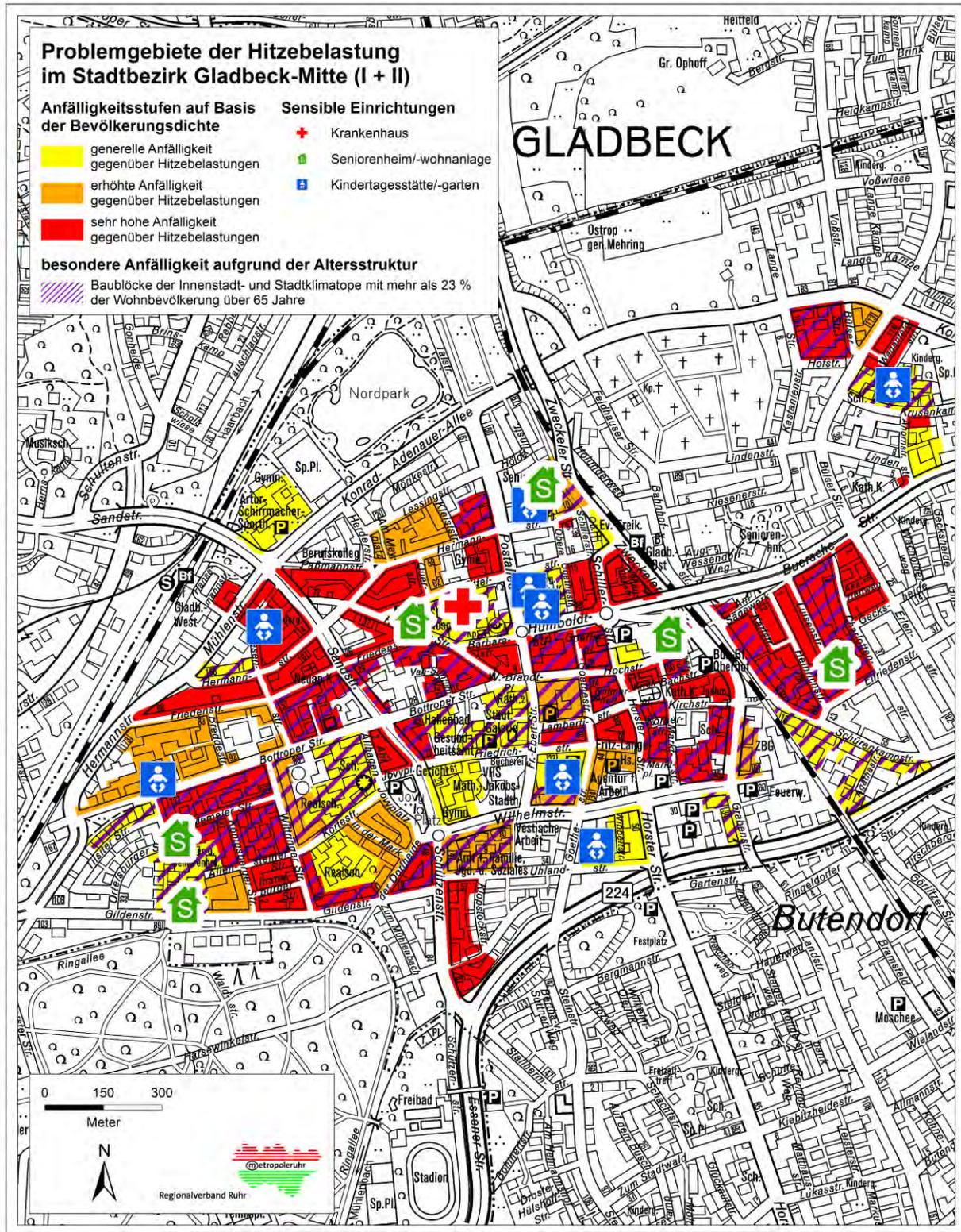
Grundsätzlich ist in den Stadt- und Innenstadtbereiche aufgrund der zumeist hochversiegelten Bebauungsstruktur von einer generellen Hitzebelastung der Wohnbevölkerung auszugehen. Mit zunehmender Bevölkerungsdichte erhöht sich die potenzielle Anfälligkeit eines Wohngebietes. Auf Basis der Bevölkerungsdichte werden drei Stufen der Anfälligkeit gegenüber Hitzebelastungen unterschieden. Während Baublöcken mit einer Einwohnerdichte unterhalb von 6.100 Einw./km² eine generelle Anfälligkeit zugeordnet wird, weisen Bereiche mit einer Bevölkerungsdichte von 6.100 bis 9.500 Einw./km² eine erhöhte Anfälligkeit auf. Bei mehr als 9.500 Einw./km² kann von einer sehr hohen Anfälligkeit ausgegangen werden. Überlagert werden diese drei Klassen von Bereichen mit einem überdurchschnittlichen Bevölkerungsanteil (mehr als 23 %) der über 65jährigen. Diesen Quartieren wird unabhängig von der Gesamtbevölkerungsdichte eine besondere Anfälligkeit gegenüber Hitzebelastungen zugesprochen, da sie ein hohes Hitzepotential bei geringer Durchlüftungsmöglichkeit zusammen mit einem hohen Anteil der älteren Bevölkerungsgruppe aufweisen.

Zusätzlich zur Bewertung der Anfälligkeit auf Baublockebene anhand der Indikatoren Bevölkerungsdichte und Anteil der über 65jährigen Wohnbevölkerung werden zudem die Seniorenpflegeheime, die Wohnanlagen für Senioren, das Krankenhaus und die Kindertagesstätten bzw. -gärten in den potenziell hitzebelasteten Innenstadt- und Stadtklimatopen verortet. In diesen sogenannten (hitze-)sensiblen Einrichtungen hält sich dauerhaft oder temporär konzentriert an einem Standort eine größere Anzahl an Personen auf, die den besonders gegenüber thermischen Belastungen anfälligen Bevölkerungsgruppen der Senioren, Kranken und Kleinkindern zuzuordnen sind.

Der Karte 7-3 ist das Auftreten der Problemgebiete mit Hitzebelastung im gesamten Stadtgebiet von Gladbeck zu entnehmen. Neben kleineren Bereichen in den Stadtteilen Zweckel, Alt-Rentfort und Brauck ist (entsprechend der räumlichen Verteilung der Innenstadt- und Stadtklimatope) eine Konzentration der Problemgebiete im Innenstadtbereich bzw. den Stadtbezirken Mitte I und Mitte II festzustellen. Zudem sind in Gladbeck-Mitte vermehrt Baublöcke zu verzeichnen, die sowohl eine sehr hohe Anfälligkeit aufgrund der Bevölkerungsdichte als auch einen überdurchschnittlich hohen Anteil an über 65jähriger Wohnbevölkerung aufweisen. Gleichzeitig sind in Gladbeck-Mitte zahlreiche sensible Einrichtungen angesiedelt. Daher werden in Karte 7-4 die Problemgebiete in Gladbeck-Mitte nochmals detaillierter dargestellt.



Karte 7-3: Problemgebiete der Hitzebelastung im Stadtgebiet von Gladbeck



Karte 7-4: Problemgebiete der Hitzebelastung im Stadtbezirk Gladbeck-Mitte (I + II)

8 Grün- und Freiflächenbewertung aus klimaökologischer Sicht

Auf Basis der Klimaanalysekarte (s. Kapitel 4), der Karte der klimaökologischen Funktionen (s. Kapitel 5) sowie der Ergebnisse der FITNAH-Modellierung (s. Kapitel 3) wird im Folgenden eine Flächenbewertung aus klimaökologischer Sicht für das Stadtgebiet von Gladbeck vorgenommen. Der Fokus liegt hierbei auf der Bewertung der Bedeutung von Grün- und Freiflächen als klimatische Ausgleichsräume für die stärker thermisch sowie lufthygienisch belasteten Siedlungsräume. Die bebauten Bereiche werden analog zur „Karte der Klimaökologischen Funktionen“ (s. Kapitel 5) auf Grundlage der in Kapitel 4 beschriebenen Klimatop-Ausweisung hinsichtlich ihrer bioklimatischen Verhältnisse in vier Beurteilungsklassen von „sehr günstig“ bis „sehr ungünstig“ eingeteilt und dargestellt. Nachstehend wird daher zunächst die Methodik zur Bewertung der Grün- und Freiflächen näher erläutert, bevor anschließend eine Beschreibung der Ergebnisse erfolgt.

8.1 Methodik der Flächenbewertung

Voraussetzung für eine Bewertung der klimaökologischen Bedeutung von Freiflächen ist eine Analyse der Wirkungszusammenhänge zwischen den Lasträumen und den angrenzenden Ausgleichsräumen. Kühle Luftmassen, die sich in unbebauten Freilandbereichen während einer sommerlichen Strahlungsnacht bilden, sind nur dann von Relevanz, wenn ihnen ein entsprechender Siedlungsraum zugeordnet werden kann, der von der ausgleichenden Wirkung profitiert (RVR 2013).

Zur Bewertung der Grün- und Freiflächen im Stadtgebiet von Gladbeck wurden zunächst die Ergebnisse der im Rahmen des „Fachbeitrag Klimaanpassung zum Regionalplan der Metropole Ruhr“ erfolgten regionalen Flächenbewertung herangezogen. Diese Bewertung beruht auf einem mehrstufigen teilautomatisierten Verfahren, bei dem die an Siedlungen angrenzenden Kaltlufteinzugsgebiete (Grün- und Freiflächen) unter Berücksichtigung der simulierten Kaltluftproduktionsrate sowie des Kaltluftvolumenstroms bewertet werden. Zur Identifizierung und Abgrenzung der Kaltlufteinzugsgebiete wurde eine Reliefanalyse nach dem Wasserscheidenprinzip durchgeführt und somit die Abflussbahnen mit ihren Abflussrichtungen der potenziellen Kaltluftströmungen berechnet (RVR 2013).

Allerdings ist das nächtliche Kaltluftpotenzial während sommerlicher Strahlungswetterlagen nicht das einzige Kriterium zur Beurteilung der klimaökologischen Bedeutung einer Fläche. Beispielsweise ist auch kleinen innerstädtischen Park- und Grünanlagen, die nur ein geringes Kaltluftbildungspotenzial aufweisen, grundsätzlich eine sehr hohe klimaökologische Bedeutung beizumessen, da von ihnen eine lokale Ausgleichswirkung innerhalb der Belas-

tungsräume ausgeht und diese Flächen der Bevölkerung als Rückzugs- und Regenerationsräume im nahen Umfeld des Wohn- oder Arbeitsstandortes dienen können.

Daher wurden in einem ersten Schritt zunächst alle innerstädtischen Park- und Grünanlagen, alle Flächen im Bereich von regionalen Luftleitbahnen sowie Kaltlufteinzugsgebiete, die direkt an innerstädtische Wärmeinseln angrenzen, grundsätzlich mit einer sehr hohen klimaökologischen Bedeutung bewertet.

Anschließend wurde ein mehrstufiges Bewertungsverfahren angewendet, bei dem bezogen auf die Siedlungen mit gegenwärtigen Problemgebieten (Innenstadt- und Stadtklimatope) sowohl die direkt angrenzenden als auch die wiederum daran angrenzenden Kaltlufteinzugsgebiete bewertet wurden. Hierbei wurden die Kaltlufteinzugsgebiete in drei Kategorien unterteilt und die Höhe des Kaltluftvolumenstroms (KVS) und/oder der Kaltluftproduktionsrate (KPR) zur Bewertung der klimaökologischen Bedeutung in vier Klassen von „sehr hoch“ bis „gering“ herangezogen. Die Unterteilung der Kaltlufteinzugsgebiete sowie die Bewertungskriterien können der „Infobox 2: Kriterien zur klimaökologischen Grün- und Freiflächenbewertung“ im Anhang entnommen werden.

Die Ergebnisse dieser regionalen Bewertung aus dem „Fachbeitrag Klimaanpassung zum Regionalplan der Metropole Ruhr“ wurden auf Basis der neuen Erkenntnisse der vorliegenden Analyse hinsichtlich ihrer Plausibilität überprüft, in Teilbereichen aufgrund von Flächennutzungsänderungen (z.B. Neubaugebiete) aktualisiert und überarbeitet.

8.2 Ergebnisse der Flächenbewertung

Die Karte 8-1 zeigt die Ergebnisse der Flächenbewertung des Stadtgebietes von Gladbeck aus klimaökologischer Sicht. Dabei sind die Siedlungsflächen, wie bereits in der „Karte der klimaökologischen Funktionen“ (vgl. Karte 5-1), hinsichtlich der vorherrschenden bioklimatischen Verhältnisse auf Basis der Klimatope bewertet. Demnach ergeben sich sehr ungünstige bioklimatische Verhältnisse für die Gewerbe-/Industrieklimatope sowie die Innenstadtklimatope, während die als Stadtklimatope ausgewiesenen Flächen ungünstig und die Stadtrandklimatope als günstig einzustufen sind. Die Siedlungsbereiche der Vorstadtklimatope werden als sehr günstig hinsichtlich der bioklimatischen Verhältnisse bewertet. Die räumliche Verteilung im Stadtgebiet entspricht der in Kapitel 4.2 beschriebenen Klimatopausbreitung. Demnach ergeben sich in den Gewerbe- bzw. Industriebereichen sowie fast im gesamten Stadtbezirk Mitte I aufgrund der hohen Versiegelung, der weitestgehend fehlenden Grünflächen und erhöhten Emissionen von Luftschadstoffen eher ungünstige bis sehr ungünstige bioklimatische Verhältnisse. Während in den anderen Stadtbezirken aufgrund der insgesamt lockeren Bebauungsstruktur und höheren Grünflächenanteilen vorwiegend günstige bis sehr günstige bioklimatische Bedingungen in den Siedlungsbereichen herrschen.

Bei Betrachtung der Bewertung der Grün- und Freiflächen im Stadtgebiet von Gladbeck fällt zunächst der hohe Anteil an Flächen auf, denen eine sehr hohe klimaökologische Bedeutung zugeordnet wird. Hierunter fallen, wie bereits erläutert, alle innerstädtischen Grünflächen. Der Wittringer Wald weist insgesamt zwar eine relativ hohe Kaltluftproduktionsrate auf (vgl. Karte 3-5), jedoch können die kühlen Luftmassen während austauscharmer Strahlungsnächte reliefbedingt nicht in die nördlich angrenzenden klimatischen Lasträume des Stadtbezirks Mitte I eindringen (s. Kapitel 5). Somit sind die klimatischen Gunstfaktoren im Wesentlichen auf die Fläche des Wittringer Waldes und dessen unmittelbare Randbereiche begrenzt. Trotzdem wird der größten innerstädtischen Grünfläche von Gladbeck aufgrund der Filterfunktion gegenüber Luftschadstoffen und der Funktion als Rückzugs- und Regenerationsraum für die Bevölkerung eine sehr hohe klimaökologische Bedeutung zugeordnet. Auch dem Nordpark in Verbindung mit den nordöstlich angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen im Bereich „Die Lune“ wird eine sehr hohe klimaökologische Bedeutung beigemessen. Die Flächen weisen hohe Kaltluftproduktionsraten (vgl. Karte 3-5) und Kaltluftvolumenströme (vgl. 3-4) auf und grenzen teils direkt an die hochversiegelten Stadtklimatope des Stadtbezirks Mitte I an. Die Vernetzung unterschiedlicher Grünflächenstrukturen ist aus klimaökologischer Sicht besonders positiv im Falle des Südparks und des Südfriedhofs zu bewerten, da über diese innerstädtischen Grünflächen, die lokal produzierte Kaltluft der nördlich angrenzenden landwirtschaftlichen Freiflächen im Bereich „Am Bette“ und „Hegefeld“ in die Bebauung des Stadtbezirks Brauck vorstoßen kann und dort für nächtliche Abkühlung während sommerlicher Hitzeperioden sorgen kann.

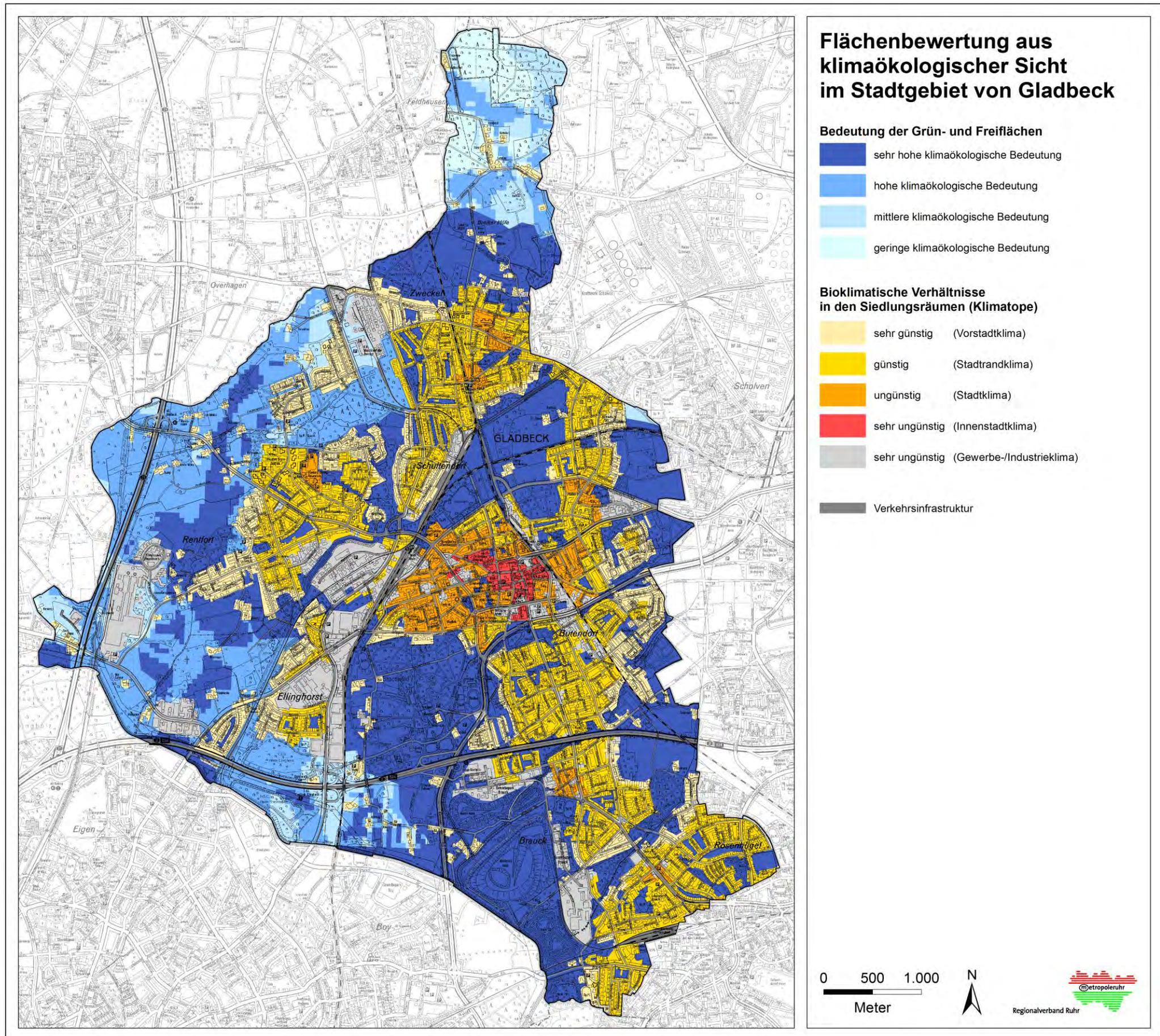
Zu den innerstädtischen Grünflächen zählen im Rahmen dieser Analyse allerdings nicht nur große öffentliche Parks, Friedhöfe und Kleingärten, sondern auch größere Grünanlagen und zusammenhängende Gärten im hausnahen Bereich bzw. innerhalb einer geschlossenen Bebauung, die selbst bei geringem Kaltluftbildungspotenzial eine lokale Ausgleichswirkung innerhalb der Belastungsräume aufweisen. Beispielsweise führt der relativ hohe Grünflächenanteil infolge der lockeren Bebauungsstruktur im Stadtteil Rosenhügel sowie im westlichen Bereich von Zweckel zu einer nur gering ausgeprägten nächtlichen Überwärmung während sommerlicher austauscharmer Strahlungswetterlagen (vgl. Karte 3-1), weshalb auch diesen Grünflächen eine sehr hohe klimaökologische Bedeutung zugesprochen wird.

Aus klimaökologischer Sicht ebenfalls sehr positiv zu bewerten ist das Waldgebiet nördlich der Musikschule (Bernskamp), welches die Siedlungsräume der Stadtbezirke Schultendorf und Alt-Rentfort voneinander trennt. Die positiven klimatischen Eigenschaften des Waldes strahlen in die Randbereiche beider Stadtbezirke aus, wodurch dort günstige bis sehr günstige bioklimatische Verhältnisse vorherrschen.

Die großen zusammenhängenden landwirtschaftlich genutzten Flächen im Westen des Stadtgebietes sind nur teilweise mit einer sehr hohen klimaökologischen Bedeutung bewert-

tet. Die restlichen Freiflächen in diesem Bereich weisen allerdings weitestgehend noch eine hohe klimaökologische Bedeutung auf. Bei mittleren Kaltluftproduktionsraten und –volumenströmen konnte mittels der FITNAH-Simulation reliefbedingt nur eine schwach ausgeprägte Flurwinddynamik in Richtung der östlich angrenzenden Siedlungsbereiche modelliert werden.

Grün- und Freiflächen, welche nur eine mittlere bis geringe klimaökologische Bedeutung aufweisen, sind vorwiegend im Norden des Stadtgebietes zu finden. Zwar sind dort mittlere bis hohe Kaltluftproduktionsraten und auch relevante Kaltluftvolumenströme während austauscharmer Strahlungsnächte vorhanden, allerdings fehlt die Anbindung an die südlich angrenzenden Siedlungsbereiche aufgrund des leicht nach Norden abfallenden Geländes. Lediglich die direkt an den nördlichen Siedlungsrand von Zweckel angrenzenden Freiflächen sind mit einer sehr hohen klimaökologischen Bedeutung bewertet.



Karte 8-1: Flächenbewertung aus klimaökologischer Sicht im Stadtgebiet von Gladbeck

9 Planungshinweise

Auf Basis der Klimaanalysekarte, der Topographie, der Flächennutzung, aktueller Luftbilder sowie den Erkenntnissen aus der FITNAH-Simulation **werden im Folgenden für das Stadtgebiet von Gladbeck Planungsempfehlungen aus stadtklimatologischer Sicht abgeleitet. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass lediglich die Umweltaspekte Klima und Lufthygiene zur Ausweisung der Planungshinweise herangezogen wurden. Eine Abwägung mit weiteren ökologischen Belangen oder der Raumentwicklung dienenden Vorgaben ist nicht erfolgt und daher bei allen Vorhaben zu prüfen.**

Insbesondere mit Blick auf die prognostizierten klimatischen Veränderungen, die sich bedingt durch den globalen Klimawandel im Laufe des 21. Jahrhunderts in der Region einstellen und zu einer Verschärfung der thermischen Stadt-Umland-Verhältnisse führen werden, soll durch die Beachtung und Umsetzung der Maßnahmenempfehlungen eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung in Gladbeck gesichert werden. **Die ausgewiesenen Planungsempfehlungen sind dabei als Rahmenvorgaben anzusehen, die der Bauleitplanung als Orientierung für eine nachhaltige Anpassung der Stadt an den Klimawandel dienen sollen.** Das Ziel ist der Erhalt klimatisch positiver Raumstrukturen sowie die Aufwertung der aus klimaökologischer Sicht belasteten Siedlungsbereiche zum Wohle der städtischen Bevölkerung.

Zu diesem Zweck wird im Folgenden zunächst die gesamtstädtische Planungshinweiskarte dargestellt und beschrieben, bevor anschließend eine Konkretisierung der Planungsempfehlungen auf Ebene der Stadtbezirke erfolgt. Die Erstellung der Planungshinweiskarte und die Ausweisung der Maßnahmenempfehlungen basieren auf den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 (VDI 1997/2003).

9.1 Planungshinweiskarte

Die Planungshinweiskarte (siehe Karte 9.1) beinhaltet mit den Ausgleichs- und Lasträumen, den raumspezifischen Hinweisen, den lokalen Hinweisen sowie den Informationen zum Luftaustausch vier Darstellungsebenen, die im Folgenden zunächst näher erläutert werden.

9.1.1 Darstellungsebenen der Planungshinweiskarte

Die **erste Darstellungsebene** beinhaltet die flächenhafte Differenzierung des Stadtgebietes von Gladbeck anhand von klimatischen Ausgleichs- und Lasträumen. Diese werden auf Basis der Klimatope ausgewiesen und stellen räumliche Einheiten mit vergleichbaren Eigenschaften bezüglich der Flächennutzung, der Bebauungsdichte, dem Versiegelungsgrad, der

Rauhigkeit und dem Vegetationsbestand dar. Somit können für diese Bereiche flächenhaft gültige Planungsempfehlungen ausgesprochen werden, für die anhand der weiteren Darstellungsebenen lokale Konkretisierungen erfolgen können.

In der **zweiten Darstellungsebene** werden raumspezifische Hinweise ausgewiesen. Hierzu zählen linienhafte Strukturen der Hauptverkehrsstraßen und Bahnanlagen sowie flächenhafte Hinweise für die Bereiche der Kaltluftsammlgebiete und zur Vernetzung von Grünflächen. Die **dritte Darstellungsebene** liefert lokale (Planungs-)Hinweise. Neben der Identifizierung konkreter Flächen, die sich aus klimatischer Sicht für eine weitere maßvolle Verdichtung oder Neubebauung eignen, werden Bereiche benannt, in denen auf eine weitere Verdichtung verzichtet werden sollte. Zudem werden u.a. an bestimmten Siedlungsrändern Empfehlungen zur Festsetzung von Bebauungsgrenzen ausgesprochen, die dem Schutze bzw. Erhalt der klimaökologischen Funktionen der angrenzenden Grün- und Freiflächen dienen sollen. Die Planungsempfehlungen bezüglich der Luftaustauschverhältnisse im Stadtgebiet werden in einer **vierten Darstellungsebene** beschrieben.

9.1.1.1 Ausgleichs- und Lasträume

Im Stadtgebiet von Gladbeck nehmen zahlreiche Flächen eine lokale oder gar regionale Ausgleichsfunktion zu klimatischen bzw. lufthygienischen Belastungen ein. Die Ausgleichsräume können in die vier Flächentypen Gewässer, Freiland, Wald sowie Park- und Grünanlagen eingeteilt werden. Neben den Ausgleichsräumen wird das Stadtgebiet von Gladbeck durch Lasträume geprägt. Hierbei kann in Abhängigkeit vom Versiegelungsgrad, der Bebauungsdichte und der Höhe der Gebäude zwischen unterschiedlich stark ausgeprägten Lasträumen unterschieden werden. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Arten der Ausgleichs- und Lasträume charakterisiert, indem ihre Wirkungen auf das Stadtklima beschrieben sowie raum- und nutzungsbezogene Planungsempfehlungen aufgezeigt werden.

Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer

Gewässer zeichnen sich durch ausgeglichene klimatische Verhältnisse mit gedämpftem Tagesgang der Lufttemperatur und einer erhöhten Luftfeuchtigkeit auf. Die tagsüber kühlende Wirkung bleibt insbesondere bei kleineren Gewässern zumeist auf den Wasserkörper sowie die unmittelbare Umgebung beschränkt. Die geringe Rauhigkeit von Gewässerflächen begünstigt die Austausch- und Ventilationsverhältnisse, wodurch linienhafte Gewässerstrukturen die Funktion als Luftleitbahn einnehmen können.

Daher ist bei Gewässern eine Sicherung bzw. Förderung der Belüftungsfunktion für angrenzende Bebauungsstrukturen anzustreben. Zu diesem Zweck sollten die Uferbereiche sowie die Übergangszonen zwischen Gewässer und Siedlungskörper von riegelförmiger Bebauung und Bepflanzung freigehalten werden. Gewässer und angrenzende Grünflächen stellen zu-

dem wertvolle Zonen für die Naherholung dar und sollten als solche erhalten und gestaltet werden.

Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland

Die zumeist geringen Emissionen im Freiland werden großflächig verteilt und die Windgeschwindigkeiten durch geringe Bodenrauigkeiten erhöht. Durch die nächtliche Produktion von Kaltluftmassen können Kaltluftabflüsse begünstigt sowie bodennahe Flurwindssysteme bei einem starken Temperatur- bzw. Druckgefälle zur überwärmten Innenstadt angetrieben werden. Die ausgleichenden Funktionen können sich jedoch erst bei einer ausreichend großen Freilandfläche, einer geringen Emittentenzahl 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 Kaltluftsammlgebiete dar. Die Ansammlung von Kaltluftmassen ist mit der Gefahr der Schadstoffanreicherung verbunden und führt zudem dazu, dass die Kaltluftmassen keine Wirkung in der Umgebung erzielen können.

In Muldenlagen und Niederungsbereichen sollte daher auf die Ansiedlung von Emittenten (insbesondere mit geringer Emissionshöhe) verzichtet werden. Die stadtnahen Freiflächen sind grundsätzlich als Ausgleichsräume zu sichern und somit von Bebauung freizuhalten. Zudem ist eine Grünflächenvernetzung in die Siedlungsbereiche hinein anzustreben und von einer riegelförmigen Bebauungsstruktur an den Siedlungsrändern abzusehen. An Hängen, die als Kaltluftabflussbahnen fungieren, sind hangparallele Zeilenbebauung sowie dichte Bepflanzungen mit Riegelwirkung zu vermeiden. Neben der Größe einer Freifläche wirken sich auch die Art der Nutzung und die thermischen Eigenschaften des Bodens sowie der bodenbedeckenden Vegetation auf die Wirksamkeit von kalt- und frischluftproduzierenden Flächen aus. So produzieren beispielsweise gut wasserversorgte Feld- und Wiesenflächen mehr Kaltluft als Waldgebiete. Durch die Art der Nutzung und Vegetationswahl können diese Ausgleichsräume daher aus klimatischer Sicht aufgewertet werden.

Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen

Park- und Grünanlagen stellen grundsätzlich bioklimatisch wertvolle innerstädtische Ausgleichsräume dar. Dabei ist die Reichweite der klimatischen Ausgleichswirkung von ihrer Flächengröße, ihrer Ausgestaltung, ihrer Anbindung an die Bebauung sowie der Reliefsituation abhängig. Während eine dichte Randbebauung auch bei großen Grünflächen eine Fernwirkung unterbinden kann, kann die Wirkung kleinerer Flächen in Kuppenlage aufgrund reliefbedingter Kaltluftabflüsse über die Fläche selbst hinausreichen. Voraussetzung hierfür ist das Vorhandensein ausreichend breiter, rauigkeitsarmer Belüftungsbahnen, entlang derer die kühleren Luftmassen abfließen können. Eine besondere Funktion kommt den Grün-

zügen als Trennungselement zwischen Wohngebieten und emittierenden Industrie- und Gewerbegebieten oder stark befahrenen Straßen zu. Hier erfüllen sie einerseits eine Abstandsfunktion, andererseits bewirken sie eine Verdünnung und Filterung von Luftschadstoffen. Darüber hinaus fördern Grünzüge durch die Entstehung kleinräumiger Luftaustauschprozesse eine Unterbrechung von Wärmeinseln. Bei einer engen Vernetzung und einer stadträumlich sinnvollen Anordnung tragen daher auch kleinere Grünflächen zur Abmilderung des Wärmeinseleffekts bei. Zudem zeigen kleine, isoliert liegende Grünflächen, wie z.B. begrünte Innenhöfe, zwar keine über die Fläche hinausreichende Wirkung, stellen aber als „Klimaoasen“ gerade in den dicht bebauten Innenstädten wichtige lokale Freizeit- und Erholungsräume für die Bevölkerung dar.

Innerstädtische Park- und Grünanlagen sollten daher von Bebauung oder Versiegelung freigehalten werden. Vorhandene Vegetationsstrukturen sollten erhalten, ausgebaut und miteinander vernetzt werden. Bei der Gestaltung von Park- und Grünanlagen ist den zukünftigen klimatischen Bedingungen bereits heute Rechnung zu tragen. Zunehmende Sommerhitze und damit verbundene längere Trockenperioden erfordern eine gezielte Auswahl von geeigneten Pflanzen. Zudem sollte ein vermehrter Einsatz bodenbedeckender Vegetation erfolgen, um ein Austrocknen der Stadtböden im Sommer zu vermeiden, da dies bei Starkregenereignissen mit einer verminderten Versickerung und somit erhöhtem Überschwemmungsrisiko einhergeht. Um die positiven klimatischen Effekte der Park- und Grünanlagen zu erhalten, kann künftig während sommerlicher Trockenperioden auch eine vermehrte Bewässerung der urbanen Vegetation erforderlich werden. Zu diesem Zwecke sind Anlagen zur Sammlung des Niederschlagswassers der umliegenden Bebauung ratsam. Grundsätzlich ist bei Park- und Grünanlagen durch eine vielgestaltige Vegetationsstruktur die Schaffung differenzierter Mikroklimata zu erzielen. Die Vernetzung mit den direkt angrenzenden Siedlungsräumen ist insbesondere bei größeren Parks anzustreben, während kleinere Grünflächen (< 1 ha) zu den Rändern geschlossen werden sollten, um eine lokale „Oasenfunktion“ herzustellen.

Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald

Waldflächen innerhalb eines Stadtgebietes sind grundsätzlich als klimatisch wertvolle Ausgleichsräume einzustufen. Die positiven klimatischen Eigenschaften liegen insbesondere in der Fähigkeit, durch Schadstoffadsorption und -diffusion die Luftqualität zu verbessern. Dort, wo hoch belastete Areale an sensible Wohnbereiche aneinandergrenzen, können Wälder eine bedeutsame Puffer- oder Trennfunktion der unterschiedlichen Nutzungsansprüche erfüllen. Zudem stellen Wälder aufgrund der gedämpften Strahlungs-, Temperatur- und Windverhältnisse während sommerlicher Hitzeperioden wichtige Regenerationsräume zur Naherholung für die städtische Bevölkerung dar. Vorhandene Waldflächen sollten daher erhalten und nach Möglichkeit ausgeweitet werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass vorhandene Ven-

tilations- und Kaltluftabflussbahnen zu erhalten und von dichter und hoher Bepflanzung freizuhalten sind, da der Wald die Oberflächenrauigkeit erhöht und somit den Luftaustausch einschränkt.

Ferner sind auch die Wälder dem Klimawandel anzupassen. Ein erhöhtes Temperaturniveau, ausgedehnte Trockenphasen, längere Vegetationsperioden, Veränderungen im Wasserhaushalt, häufigere Starkregen- und Sturmereignisse sowie die Ausbreitung neuer Baumkrankheiten stellen nur einige klimawandelbedingte Herausforderungen für das Ökosystem Wald dar. Reine Nadelwälder sind durch den Klimawandel besonders bedroht, während artenreiche Wälder anpassungsfähiger und stabiler gegenüber den Klimaveränderungen sind. Daher gilt es baumartenreiche Mischwälder zu etablieren, in denen heimische Laubbaumarten (z.B. Buche, Traubeneiche) vertreten sind und mit fremdländischen Baumarten durchmischt werden, die an die künftigen Klimabedingungen angepasst und nicht krankheitsanfällig sind sowie idealerweise zu einer Verbesserung der Bodeneigenschaften beitragen (MKULNV 2012).

Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete

Die Flächen, die dem „Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete“ zugeordnet sind, entsprechen in ihrer Ausdehnung den Flächen der Vorstadt- und Stadtrandklimatope in der Klimaanalysekarte. Kennzeichnend für diese Flächen ist die aufgelockerte und offene Bauweise mit einer hohen Durchgrünung. Dadurch ist in diesen Bereichen von einer nur geringen bis mäßigen Änderung der Klimatelemente auszugehen, weshalb die lufthygienischen und bioklimatischen Verhältnisse grundsätzlich positiv zu bewerten sind.

Um die günstige klimatische Situation in diesem Lastraum zu sichern, sollten die Bebauungsstrukturen in weiten Teilen erhalten bleiben und nicht weiter verdichtet werden. Dies gilt insbesondere für locker bebaute Wohngebiete, die an höher versiegelte Bereiche der weiteren Lasträume angrenzen. Damit eine Ausdehnung der überwärmten Bereiche im Zuge des Klimawandels zukünftig vermieden werden kann, sollte die Grünausstattung erhalten und aufgewertet werden. Zudem sollte die Sicherung und Anlage von Grünflächen zur Verbesserung bzw. zum Erhalt der Belüftungssituation sowie eine Vernetzung der Grün- und Freiflächen mit den stärker belasteten Räumen angestrebt werden. Punktuell sind Entsiegelungs- bzw. Rückbaumaßnahmen an (überdimensionierten) Erschließungs- und Stellplatzflächen ratsam. Zur nachhaltigen Sicherung der insgesamt positiven lufthygienischen Verhältnisse in diesem Lastraum ist eine Reduzierung der Emissionen durch Hausbrand und den Verkehr, v.a. entlang der Einfallstraßen, anzustreben.

Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete

Der Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete entspricht hinsichtlich seiner räumlichen Ausdehnung dem Klimatotyp Stadtklima in der Klimaanalysekarte. Neben der bioklimatischen Belastung in diesem Bereich herrscht ebenfalls ein höheres lufthygienisches Belastungspotential.

Im Vergleich zur hochverdichteten Innenstadt ist die Bebauung in diesen Bereichen zwar etwas weniger stark verdichtet, führt aber dennoch zu einer deutlichen Veränderung der mikroklimatischen Verhältnisse gegenüber dem unbebauten Umland. Hierzu zählen insbesondere eine erhöhte thermische und zugleich bioklimatische Belastung sowie eingeschränkte Luftaustauschbedingungen. Besonders problematische Verhältnisse entstehen dort, wo bodennahe Emittenten (v.a. Kfz-Verkehr) zu einer Schadstoffanreicherung führen.

Als Maßnahme zur Verbesserung der klimatischen und lufthygienischen Situation in den überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebieten sollten generell Park- und Grünflächen erhalten, neu geschaffen und miteinander vernetzt werden, um die negativen mikroklimatischen Verhältnisse abzumildern bzw. zu verbessern. Zudem sind die Vermeidung von weiteren Verdichtungsmaßnahmen sowie die Auflockerung der vorhandenen Bebauungsstrukturen zu nennen. Dies kann in Form von Entsiegelungs- und Rückbaumaßnahmen sowie durch Begrünungsmaßnahmen erfolgen. Beispielsweise durch die Entkernung und Begrünung von hochversiegelten Innenhöfen, wo bei ausreichender Größe zur Verbesserung des Mikroklimas locker stehende Baumbestände angelegt werden können. Dach- und Fassadenbegrünungen sind weitere Möglichkeiten, um in den Hinterhofbereichen eine Verbesserung der stadtklimatischen Bedingungen zu erzielen. Zusätzlich sind Begrünungsmaßnahmen mit dem Schwerpunkt der Anpflanzung höherer Vegetation und großkroniger Bäume umzusetzen. Eine Ausnahme bilden Straßenzüge mit schluchtartigem Charakter und hohem Aufkommen bodennaher Emittenten, da ein geschlossenes Kronendach in diesen Bereichen den Luftaustausch einschränken und somit zur Schadstoffanreicherung führen kann.

Die Begrenzung des Versiegelungsgrades sowie die Festsetzung von Bepflanzungsmaßnahmen ist in den rechtlichen Grundlagen der Gestaltungssatzung nach § 9 (1) BauO NRW und dem § 9 (1) BauGB geregelt. Weitere wichtige Umsetzungsinstrumente sind Förderprogramme zur Blockinnenhofbegrünung und Wohnumfeldverbesserung. Über Baumschutzsatzungen sowie die Überprüfung bauordnungsrechtlicher Nebenbestimmungen sind Möglichkeiten gegeben, Maßnahmen umzusetzen und schützenswerte Elemente zu erhalten. Geschwindigkeitsbeschränkungen (Einrichtung von Tempo 30 – Zonen), die Ausweisung von Wohnstraßen sowie die Reduzierung von Kfz-Stellplätzen bieten Möglichkeiten, verkehrsbedingte Emissionen erheblich zu reduzieren.

Lastraum der hochverdichteten Innenstadt

Der Lastraum der hochverdichteten Innenstadt ist durch eine dichte Bebauungsstruktur mit z.T. hohen Gebäuden, einen hohen Versiegelungsgrad und einen sehr geringen Grünflächenanteil geprägt. Ein weiteres charakteristisches Merkmal ist die Ausbildung von Straßenschluchten, d.h. die Gebäudehöhe übertrifft deutlich die Straßenbreite. Typisch ist auch ein hohes Verkehrsaufkommen. Diese Eigenschaften zusammen bewirken die stärkste Ausprägung des Stadtklimas, was sich durch erhöhte Lufttemperaturen insbesondere in den Sommermonaten bemerkbar macht. Verschlechterte Belüftungsverhältnisse sowie hohe lufthygienische Belastungen sind ebenso die Folge der starken anthropogenen Überformung. Besonders nachteilig in klimatischer und lufthygienischer Hinsicht wirkt sich die geringe Anzahl an Grünanlagen aus. Daher ist es wichtig, dort kleinräumige Grünareale zu schaffen, um auf eine Milderung des Stadtklimas hinzuwirken.

Begrünungsmaßnahmen können in der Planung und Baugenehmigung über eine Gestaltungssatzung nach Pflanzgeboten gemäß § 9 (1) 25 a und 25 b BauGB in Verbindung mit § 178 BauGB umgesetzt werden. Zur Begrenzung der Neuversiegelung und zum Erhalt von Freiflächen sind Festsetzungen im Bebauungsplan zur Gestaltung u.a. von Stellplätzen nach § 9 (1) BauGB und § 9 (1) BauO NRW heranzuziehen. Die Begrenzung der Stellplatzzahl ist nach § 9 (1) Nr. 4 BauGB in Verbindung mit § 12 (6) BauNVO festzusetzen.

Insbesondere Rückbaumaßnahmen (z.B. innerstädtischer Gewerbeflächen) sind als Chance zur Integration von mehr Grün in die hochverdichtete Bebauung zu ergreifen. Nach Möglichkeit ist eine erneute Versiegelung zu vermeiden und anstelle dessen Park- und Grünanlagen anzulegen. Bei unumgänglicher Neubebauung ist auf einen möglichst geringen Versiegelungsgrad und umfangreiche Begrünungsmaßnahmen hinzuwirken. Dies können die Anpflanzung großkroniger Laubbäume im Straßenraum, die Grüngestaltung eines Innenhofes sowie die Begrünung von Tiefgaragen, Dächern und Fassaden sein. Dachbegrünungen sind vor allem dort effektiv, wo niedrige Flachdächer klimatisch auf umstehende, höhere Gebäude wirken können (etwa in bebauten Innenhöfen). Bei ausreichender Größe der angelegten Dachbegrünung kann so der Wärme- und Feuchtehaushalt spürbar verbessert werden. Des Weiteren kann einer Überwärmung im Innenstadtbereich auch durch die Wahl geeigneter Baumaterialien und die Farbgestaltung von Hausfassaden und -dächern, die Integration von Verschattungselementen sowie einer optimierten Gebäudeausrichtung entgegen gewirkt werden.

Zur Verbesserung des Mikroklimas hochversiegelter Aufenthaltsbereiche im Außenraum (z.B. Fußgängerzone und öffentliche Plätze) sollten Schattenelemente installiert, großkronige Bäume angepflanzt sowie offene, bewegte Wasserelemente (z.B. Springbrunnen) geschaffen werden.

Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen

Diese Gebiete sind zumeist durch einen sehr hohen Versiegelungsgrad, einen entsprechend geringen Grünflächenanteil sowie (in Abhängigkeit von der Art der angesiedelten Unternehmen) erhöhte Emissionen von Lärm und Luftschadstoffen gekennzeichnet. Zu den stadtklimatischen Auswirkungen der Industrie- und Gewerbeflächen zählen demnach eine hohe thermische, bioklimatische und lufthygienische Belastung sowie eine eingeschränkte Belüftungssituation.

Zu den Entwicklungszielen für die Industrie- und Gewerbeflächen zählen neben der Reduzierung nachteiliger Wirkungen auf die umliegenden Gebiete die Optimierung der lufthygienischen Situation sowie die Vermeidung großflächiger Wärmeinseln. Weiterhin ist die Entwicklung von akzeptablen Aufenthaltsqualitäten im Gewerbeumfeld tagsüber anzustreben.

Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Situation in den Lasträumen der Gewerbe- und Industriegebiete führen, bestehen in erster Linie in der Entsiegelung und dem Erhalt sowie der Erweiterung von Grün- und Brachflächen. Eine weitere sinnvolle Maßnahme ist die Begrünung von Fassaden und Dächern. Die hoch verdichteten Bauflächen sowie Lager- und Freiflächen sollten durch die Anlegung breiter Pflanzstreifen gegliedert werden. Darüber hinaus bieten sich Stellplatzanlagen und das Umfeld von Verwaltungsgebäuden für Begrünungsmaßnahmen an. Um den Kern der Gewerbezone herum sollte ein bepflanzter Freiraum als Puffer (Immissionsschutzpflanzung) zu angrenzenden (Wohn-)Flächen eingerichtet werden.

Bei Neuplanungen von Gewerbe- und Industriegebieten ist darauf zu achten, in den jeweiligen Planungsstufen die Belange von Klima und Lufthygiene zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere für die Rahmenplanung, das Bebauungsplanverfahren, die Vorhaben- und Erschließungsplanung sowie das Baugenehmigungsverfahren.

Klimawirksame Maßnahmen lassen sich im Bebauungsplan für neue, aber auch für bereits bestehende und zu erweiternde Standorte durchführen. So ist im Rahmen der Eingriffsregelung - soweit möglich - darauf zu achten, zumindest einen Teil der Kompensationsmaßnahmen auf dem Gelände selbst durchzuführen, nicht nur um eine Einbindung in das Landschaftsbild zu erwirken, sondern auch um zu einer Verbesserung der klimatischen und lufthygienischen Bedingungen vor Ort beizutragen. Mit Hilfe geeigneter Festsetzungen ist eine Begrenzung der Flächeninanspruchnahme sowie eine ausreichende Grünausstattung vorzugeben. Weiterhin ist durch eine geeignete Baukörperanordnung und die Einschränkung bestimmter Bauhöhen eine optimale Durchlüftung zu gewährleisten.

9.1.1.2 Raumspezifische Hinweise

Raumspezifische Hinweise beziehen sich auf Planungsempfehlungen, die sich nicht in Last- oder Ausgleichsräume einordnen lassen, aber von hoher klimatischer und lufthygienischer Relevanz sind.

Grünvernetzung

Durch zusätzliche Begrünungsmaßnahmen können bereits existierende Wald-, Frei- und Grünflächen miteinander vernetzt werden, was zur Verbesserung der bioklimatischen und lufthygienischen Situation beiträgt. Darüber hinaus werden so wichtige Pufferräume geschaffen und stadtklimatische Belastungen abgemildert.

Unter Grünvernetzung sind der Erhalt und Ausbau vorhandener Grün- und Freiflächen sowie die Einbeziehung von Grünflächen im hausnahen Bereich und Straßengrün in umfangreiche Begrünungsmaßnahmen zu verstehen. Auch Dach- und Fassadenbegrünungen können in diesem Zusammenhang einen wichtigen Beitrag leisten. Bei allen Bebauungsmaßnahmen in diesen Bereichen sollte in Zukunft sorgfältig abgewogen werden, inwieweit sie erforderlich und klimatisch verträglich sind.

Innerhalb der ausgewiesenen Bereiche zur Grünvernetzung sind zum Teil Gewerbegebiete angesiedelt, die durch intensive Dach- und Fassadenbegrünungen sowie die Begrünung von Lagerflächen und Parkplätzen eingebunden werden sollten.

Hauptverkehrsstraßen

Breite Straßenbänder erweisen sich sowohl tagsüber als auch in der Nacht durch eine starke Überwärmung als klimatisch belastet. Aufgrund ihrer geringen Oberflächenrauigkeit können sie die Funktion von Belüftungsschneisen erfüllen, die jedoch hohe Emissions- und Immissionsbelastungen aufweisen und darüber hinaus hohe Lärmbelastungen im Straßenraum und der angrenzenden Umgebung.

Dabei wurden alle Straßenabschnitte mit mindestens 20.000 Kfz/Tag (DTV-Werte) als Hauptverkehrsstraßen definiert. 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 zu mehrere hundert Meter in die Umgebung eindringen. Zusätzlich führen hohe Lärmemissionen zu starken Umweltbelastungen in den angrenzenden Bereichen. Wesentliches Planungsziel sollte daher sein, Lärm- und Schadstoffbelastungen langfristig abzubauen. Neben Maßnahmen zur Verkehrsreduzierung sollten aktive und passive Lärmschutzmaßnahmen sowie Grünpuffer und Abstandszonen zu angrenzender Wohnbebauung eingerichtet werden.

Bahnanlagen

Ähnlich wie Straßen können auch Bahntrassen als Belüftungsbahnen wirksam sein. Obwohl sich die Luftmassen tagsüber über den Bahnanlagen stark erwärmen, kühlen sie nachts auch wieder rasch ab. Da es sich um Bereiche mit geringen Emissionen handelt, zählen Bahnanlagen zu den Entlastungsräumen in einem Stadtgebiet.

Frische und kühlere Luftmassen aus den Ausgleichsräumen können über diese rauigkeitsarmen Flächen bis in die Randbereiche des Stadtzentrums gelangen und dort die bioklimatische Situation begünstigen. Erhöhte Bahndämme sowie dichte Bepflanzung entlang der Trassen können im Bereich von Freiflächen lokale Kaltluftabflüsse an Hängen behindern. Das Ziel sollte den Schutz und Erhalt der Belüftungs- und Kaltluftbahnen darstellen.

Kaltluftsammlgebiete

In Niederungsbereichen und durch die Barrierewirkung von Dämmen (etwa von Straßen oder Gleisanlagen) können Kaltluftbewegungen zum Erliegen kommen, wodurch Kaltluftsammlgebiete entstehen. In diesen Bereichen können nächtliche Bodeninversionen gekoppelt mit einer erhöhten Nebelbildung auftreten. Die hierdurch eingeschränkten Belüftungsverhältnisse können zu einer verstärkten Anreicherung von Luftschadstoffen führen, wenn entsprechende bodennahe Emittenten vorhanden sind. In diesen Bereichen sollte möglichst keine Bebauung erfolgen bzw. die vorhandene Bebauung keine weitere Verdichtung erfahren. Insbesondere eine Ansiedlung von bodennahen Emittenten sollte vermieden werden oder – falls unvermeidbar – ist darauf zu achten, dass die Emissionen in größerer Höhe freigesetzt werden. Zudem sollten auch Maßnahmen zur Reduzierung der Verkehrsemissionen in diesen Bereichen angestrebt werden. Um eine Verbesserung der lufthygienischen Situation in Kaltluftsammlgebieten mit angesiedelten Emittenten zu erzielen, sollten Belüftungsbahnen geöffnet werden.

9.1.1.3 Lokale Hinweise

Zusätzlich zu den allgemeinen Empfehlungen für die Ausgleichs- und Lasträume liefern die lokalen Hinweise konkrete Planungsempfehlungen für bestimmte Flächen. Sie gelten in der Regel ausschließlich für die ausgewiesenen Flächen selbst oder schließen deren unmittelbares Umfeld ein. Lediglich die Hinweise „keine weitere Verdichtung“, „Begrünung Gewerbe und Industrie“ und „Begrünung im Wohnbereich“ beziehen sich dagegen auf größere Areale der Quartiersebene.

Weitere Bebauung möglich

Flächen, auf denen eine weitere Bebauung keine zusätzlichen oder nur vertretbare nachteilige Auswirkungen auf die Ausprägung der klimatischen Bedingungen hätte, sind in der Pla-

nungshinweiskarte durch das Symbol „Weitere Bebauung möglich“ hervorgehoben. Bei der Bebauung oder Schließung einzelner Baulücken auf diesen Flächen ist zu berücksichtigen, dass die vorhandene Bebauungsstruktur umliegender Wohngebiete weitgehend aufgegriffen und eine zu hohe Verdichtung vermieden werden sollte. Bei einer Bebauung am Siedlungsrand ist durch die Gebäudeausrichtung (keine Riegelbebauung zum Umland) die Belüftungssituation zu erhalten.

Keine weitere Verdichtung

Bereiche, die aufgrund weiterer Bautätigkeiten und Nachverdichtungen nachteilige klimatische Veränderungen erfahren würden, sind durch das Symbol „Keine weitere Verdichtung“ in der Planungshinweiskarte gekennzeichnet.

Diese Empfehlung wird vor allem für hochverdichtete Innenstadtbereiche, aber auch für locker bebaute Wohngebiete, die daran angrenzen, ausgesprochen. Bautätigkeiten im Bereich dieser Flächen würden eine Verschlechterung der klimatischen Situation im Umfeld bewirken und so zu einer Intensivierung und Ausdehnung überwärmter Gebiete führen.

Teilweise wird auch für Quartiere, die aufgrund ihrer aufgelockerten Bebauungsstruktur und ihres hohen bis sehr hohen Grünflächenanteils eine wichtige Funktion als Regenerationsraum einnehmen, empfohlen, eine weitere Verdichtung zu vermeiden. Aufgrund ihrer Vernetzungsfunktion zwischen angrenzenden Frei- und Grünflächen kann diesen Bereichen eine besonders hohe klimatische Bedeutung beigemessen werden und eine weitere Verdichtung könnte die Regenerations- und Ausgleichsfunktion dieser Flächen einschränken.

Festschreiben von Bebauungsgrenzen

Um klimatisch wertvolle Räume zu schützen und eine Zersiedelung des Stadtgebietes zu verhindern, wurde an besonders wichtigen Stellen das Liniensymbol „Festschreiben von Bebauungsgrenzen“ gesetzt. Das Ziel ist, eine über die Begrenzung hinausgehende Bebauung zu vermeiden, um die klimatischen Ausgleichsfunktionen der angrenzenden Grün- und Freiflächen zu erhalten. Insbesondere Kalt- und Frischluftproduktionsflächen, Belüftungsbahnen und Grünflächenvernetzungen sollen durch das Festschreiben von Bebauungsgrenzen nicht weiter eingeschränkt werden.

Anstreben von Bebauungsgrenzen

Im Gegensatz zu festzuschreibenden Bebauungsgrenzen, die keinerlei Bautätigkeit jenseits der Grenze erlauben, ist durch das Symbol „Anstreben von Bebauungsgrenzen“ eine möglichst weitgehende Zurückhaltung bei Bautätigkeiten über die Grenzen hinaus anzustreben. Einzelne Gebäude können durchaus die Grenze überschreiten, größere zusammenhängende Baugebiete sollten jedoch nicht in den Außenraum vordringen.

Begrünung im Wohnbereich

Neben größeren Parks und Grünanlagen können auch kleinere begrünte Flächen in bebauten Gebieten eine bioklimatische Entlastung der Bevölkerung begünstigen. Gegenüber den größeren Flächen beschränken sich bei diesen kleinen Grünflächen die klimatischen Auswirkungen in der Regel auf die Flächen selbst (Oaseneffekt). Eine positive Wirkung wird also vor allem erzielt, wenn die Flächen als Aufenthaltsraum aufgesucht werden und die Bevölkerung somit während klimatisch belastender Wetterlagen von den kleinräumigen bioklimatischen und lufthygienischen Vorteilen profitieren kann.

Zu den Begrünungsmaßnahmen in Wohnbereichen zählen u.a. die Bepflanzung und Begrünung von Fußgängerzonen, öffentlichen Plätzen, Straßenräumen und größeren Innenhöfen. Für die Bevölkerung werden durch diese Maßnahmen wichtige Klimaoasen zur Regeneration geschaffen. Neben Entsiegelungsmaßnahmen und der Anpflanzung schattenspendender großkroniger Bäume können auch Fassaden- und Dachbegrünungen eine verminderte Erwärmung in den Sommermonaten erwirken.

Die Begrünung im Wohnbereich wurde als Planungsempfehlung in erster Linie in Bereichen mit ungünstigen bioklimatischen und lufthygienischen Bedingungen ausgesprochen. Diese Bereiche zeichnen sich in der Regel durch ein hohen Versiegelungsgrad und einen geringen Grünflächenanteil aus.

Begrünung Gewerbe und Industrie

In den Gewerbe- und Industriegebiete mit dem Symbol „Begrünung Gewerbe und Industrie“ sollte nach Möglichkeit durch gezielte Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen eine klimatische Aufwertung angestrebt werden. So können Begrünungsmaßnahmen im Bereich großer Abstands-, Lager- oder Reserveflächen innerhalb der gewerblich und industriell genutzten Areale die mikroklimatischen Bedingungen verbessern. Dabei sollte in erster Linie die Anpflanzung von Gehölzen, großkroniger Bäume (z.B. auf Parkplätzen) und die Installation von Dachbegrünung forciert werden.

Hinweise zur Begrünung von Gewerbe- und Industriegebieten sind in nahezu allen größeren Gewerbe- und Industriegebieten in der Karte der Planungshinweise zu finden. Hier sind ausreichend große Frei- bzw. Dachflächen vorhanden, durch deren Begrünung eine Verbesserung der lokalklimatischen Bedingungen erzielt werden kann.

Begrünung im Straßenraum

Zusätzlich zu den lufthygienischen Belastungen und den Lärmemissionen durch den Kfz-Verkehr sind auch die bioklimatischen Verhältnisse aufgrund hoher Temperaturen und ungehinderter solarer Einstrahlung innerhalb einzelner Straßenräume oft sehr ungünstig. Durch eine Begrünung dieser Straßenzüge mit Bäumen und Sträuchern kann durch den Schatten-

wurf der Vegetation sowie die Verdunstung und Transpiration der Pflanzen eine Aufheizung der zumeist hochversiegelten Flächen vermindert werden.

Die Begrünung im Straßenraum sollte in erster Linie durch den Erhalt vorhandener großkroniger Laubbäume oder durch deren Anpflanzung erreicht werden. Gekennzeichnet sind diejenigen Straßen, in denen aus stadtklimatologischer Sicht ein besonderer Bedarf an Straßenbäumen gesehen wird. Dies schließt nicht aus, dass auch die Anpflanzungen von Bäumen in weiteren Straßenzügen klimatisch günstige Auswirkungen haben und zu begrüßen sind.

In Straßen mit schluchtartigem Charakter und hohem Verkehrsaufkommen ist eine zu dichte Anpflanzung großkroniger Bäume, die ein geschlossenes Kronendach über dem Straßenraum ausprägen, zu vermeiden. Hierdurch können die vertikalen Austauschverhältnisse eingeschränkt werden, was eine Akkumulation von Luftschadstoffen zur Folge haben kann. In solchen Straßenzügen wird daher empfohlen, möglichst kleinkronige Bäume mit ausreichendem Abstand anzupflanzen. Auf die Anlage von Alleen sollte insbesondere bei hohen bodennahen Emissionen verzichtet werden. Derartige Einschränkungen zur Begrünung mit Bäumen gelten natürlich nur dort, wo sich unterhalb der Baumkrone signifikante Emissionsquellen befinden. Wenig befahrene Straßenabschnitte, öffentliche Plätze und Fußgängerzonen können durch eine Begrünung mit großkronigen Bäumen lokalklimatisch aufgewertet werden.

Bei der Auswahl von geeigneten Baumarten für die Begrünung im innerstädtischen Raum - dies gilt für eine Begrünung von Straßenzügen ebenso wie bei Parkbäumen - sind aus stadtklimatischer Sicht zwei Dinge zu beachten: Zum einen emittieren verschiedene Baumarten unterschiedlich große Mengen an flüchtigen organischen Stoffen, die zur Bildung von Ozon beitragen. Diese Bäume können so zu einer Erhöhung der Ozonbelastung beitragen und sind nicht zur Stadtbegrünung geeignet. Zum anderen müssen sich Stadtbäume auf veränderte, durch den Klimawandel verursachte Bedingungen einstellen. Insbesondere die zunehmende Sommerhitze in den Städten und damit verbundene sommerliche Trockenperioden fordern eine gezielte Auswahl von geeigneten Stadtbäumen für die Zukunft. Eine Liste geeigneter Straßenbäume mit fachlichen Empfehlungen wird vom Arbeitskreis Stadtbäume der Grünflächenamtsleiterkonferenz (GALK) herausgegeben und fortlaufend aktualisiert.

Immissionsschutzpflanzungen

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

Park- und Grünanlagen

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 Frisch- und Reinluftgebiete und können bei geeigneter Ausstattung eine Filterfunktion für Luftschadstoffe ausüben. Zudem werden sie zur Naherholung von der städtischen Bevölkerung genutzt. Um möglichst differenzierte Mikroklimata zu erhalten, sollte eine abwechslungsreiche Pflanzstruktur mit Bäumen, Sträuchern und Wiesen angestrebt werden.

Waldflächen

Die positive Wirkung von Waldflächen wurde bereits unter dem Stichwort „Ausgleichsräume“ (s. oben) angesprochen. Größere zusammenhängende Flächen insbesondere im Bereich größerer Emissionen haben den Vorteil, neben einem günstigen Lokalklima auch eine Filterwirkung für Luftschadstoffe zu haben. Besonders effektiv ist die Filterwirkung bei Stäuben, aber auch gasförmige Luftbeimengungen können verdünnt und gebunden werden. Gerade in einem Ballungsraum wie dem Ruhrgebiet mit zahlreichen Emittenten spielen Waldflächen damit als Pufferraum eine wesentliche Rolle. Die vorhandenen Strukturen sollten daher erhalten bleiben und ausgebaut werden.

9.1.1.4 Luftaustausch

Der Luftaustausch trägt wesentlich zur Qualität des Mikroklimas bei. Überwärmte und mit Schadstoffen angereicherte Luftmassen können aus dem Stadtgebiet abgeführt und durch kühlere, immissionsärmere Luft aus dem Umland ersetzt werden. Neben Bereichen der Frischluftzufuhr und der Kaltluftabflüsse, deren Bahnen möglichst von weiterer Bebauung freigehalten werden sollten, werden in der Planungshinweiskarte Bereiche benannt in denen Maßnahmen zur Förderung des Luftaustauschs ergriffen werden sollten, um die klimatische Situation in den angrenzenden Siedlungsbereichen zu erhalten bzw. zu verbessern.

Frischluftzufuhr

Bei geeigneten Windrichtungen können frische Luftmassen aus den Freilandarealen in die belasteten Stadtgebiete geführt werden und dort durch die Vermischung mit belasteten Luftmassen bzw. einen Luftmassenaustausch zu einer Verbesserung der Luftqualität beitragen. Insbesondere große Freilandbereiche und Waldflächen sind für die Frischluftproduktion von großer Bedeutung.

Die Übergangsbereiche von diesen Freiland- und Waldarealen in die Bebauung sollten eine aufgelockerte, durchgrünte Bebauungsstruktur mit einheitlich geringen Gebäudehöhen auf-

weisen, um ein weites Vordringen der Frischluftmassen in die belasteten Stadtbereiche hinein zu ermöglichen. Zudem sollten die potentiellen Frischluftschneisen unbedingt von weiterer Bebauung, insbesondere von der Ansiedlung von Emittenten, freigehalten werden.

Kaltluftabfluss

Kaltluftabflüsse können insbesondere während sommerlicher Strahlungsächte zur Abkühlung überwärmter Siedlungsbereiche beitragen und somit den Wärmeinseleffekt reduzieren. Die grundsätzlich dem Relief folgenden Abflussbahnen sind von Bebauung, Dammlagen und dichter Bepflanzung freizuhalten. Bei unvermeidbaren Bebauungsvorhaben sollten offene und aufgelockerte Strukturen angestrebt und hangparallele Riegelbauungen unbedingt vermieden werden. Auf eine Ansiedlung von Emittenten im Bereich der Kaltluftabflussbahnen sollte ebenfalls verzichtet werden. Um die positiven klimatischen Effekte der kalten Luftmassen zu nutzen, sollten die Belüftungsbahnen mit den Siedlungsbereichen vernetzt werden.

Luftaustausch fördern und erhalten

Durch kleinräumige Verflechtungen größerer Frei- und Grünflächen mit angrenzenden lockeren bzw. durchgrüntem Bebauungsstrukturen können Kaltluftabflüsse und schwächere Ausgleichsströmungen in die Siedlungsgebiete eindringen, wodurch ein guter Luftaustausch und eine nächtliche Abkühlung der überwärmten Stadtbereiche gewährleistet werden kann. Abfallende Geländesituationen können die Frisch- und Kaltluftzufuhr in die angrenzenden Siedlungen begünstigen.

Um einen Luftaustausch zwischen den Flächen wirksam zu fördern, sollten die Frei- und Grünflächen an ihren Rändern offen gestaltet werden. Weiterhin können die Wirkungen durch Grünverbände zwischen Parkanlagen und umliegender Bebauung in Form von Straßenbäumen, begrüntem Hausgärten oder zu den Grünflächen hin geöffneten Innenhöfen verstärkt werden. Eine riegelförmige und dichte Bebauung im Übergangsbereich zu den Grün- und Freiflächen ist zu vermeiden.

9.1.2 Gliederung der Stadt Gladbeck anhand der Planungshinweiskarte

Der Großteil der Siedlungsbereiche im Stadtgebiet von Gladbeck ist dem „Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete“ zuzuordnen. In den Stadtbezirken Alt-Rentfort, Butendorf, Ellinghorst und Schultendorf entsprechen die Wohngebiete gänzlich und in Brauck, Mitte II, Rentfort-Nord, Rosenhügel und Zweckel zu einem Großteil diesem Lastraum. Eine Ausnahme bildet lediglich der Stadtbezirk Mitte I, dessen Siedlungsbereiche überwiegend den klimatisch stärker belasteten Planräumen „Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete“ sowie „Lastraum der hochverdichteten Innenstadt“ zugehörig sind.

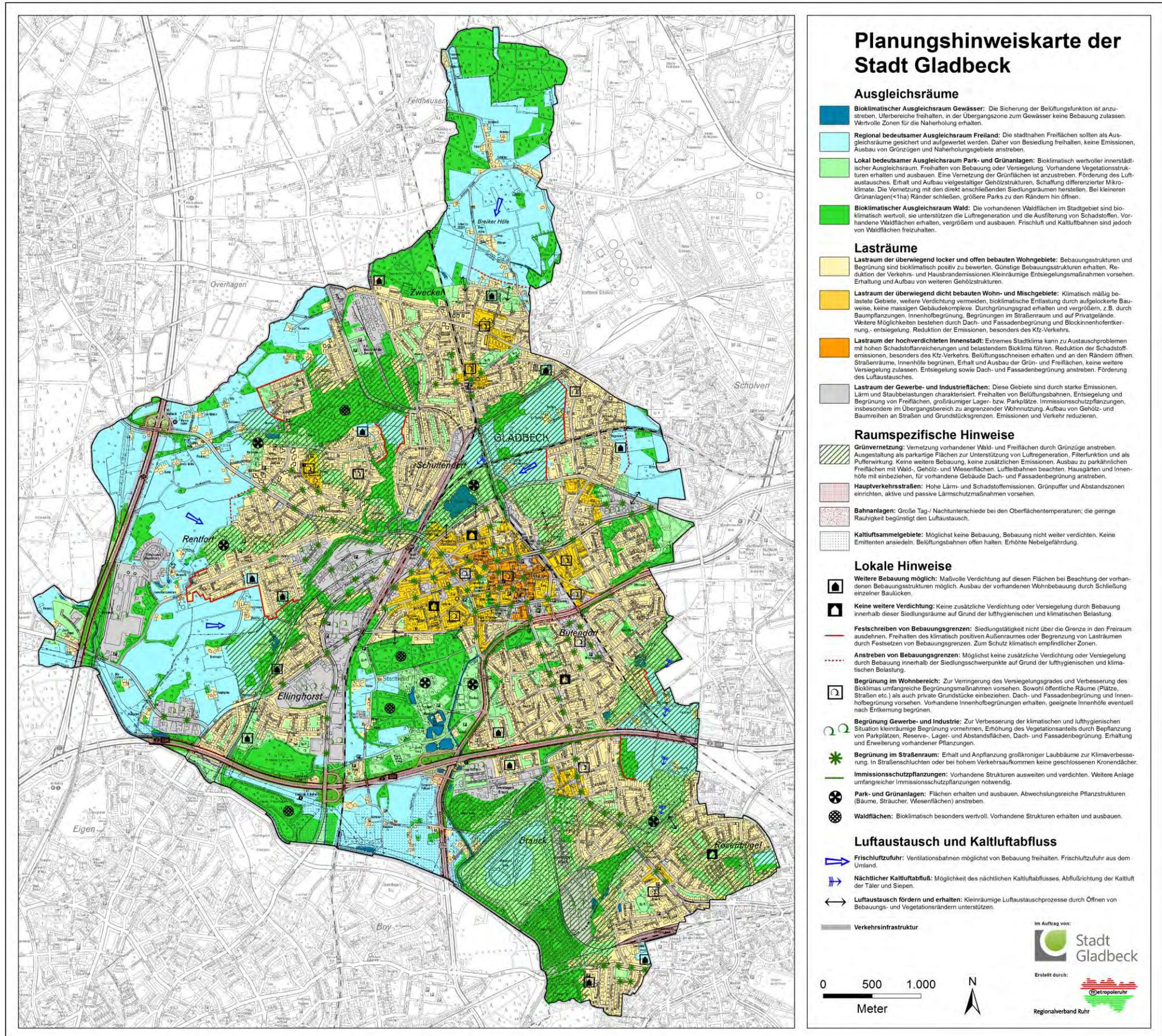
Die bioklimatischen Verhältnisse in den Bereichen des „Lastraums der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete“ sind grundsätzlich als positiv zu bewerten. Um die günstigen klimatischen Eigenschaften vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels langfristig zu sichern, sollten die offenen und begrünten Bebauungsstrukturen erhalten bleiben und insbesondere im Bereich von Belüftungsbahnen und/oder Grünvernetzungen kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen durchgeführt und gefördert werden.

Gleichwohl konnten in den Stadtbezirken Zweckel, Rentfort-Nord, Alt-Rentfort, Ellinghorst, Butendorf und Brauck vereinzelt Flächen identifiziert werden, bei denen aus rein stadtklimatologischer Sicht eine maßvolle Nachverdichtung, die punktuelle Schließung von Baulücken oder die Ausweisung kleiner Neubaugebiete unter Beachtung der vorherrschenden lockeren Bebauungsstruktur und entsprechend hohem Grünflächenanteil vertretbar ist. Hingegen sollte im Kernbereich von Butendorf sowie in Rosenhügel zur Wahrung der vorherrschenden positiven klimatischen Verhältnisse keine weitere Verdichtung erfolgen. Insbesondere bei Bauvorhaben an den Siedlungsrändern ist zum Erhalt der Austauschfunktionen zwischen den Last- und Ausgleichsräumen eine Riegelbebauung zu vermeiden. Zum Erhalt dieser Austauschfunktionen und zum Schutz relevanter klimatischer Ausgleichsflächen ist zudem u.a. am westlichen und südlichen Siedlungsrand von Alt-Rentfort, im Osten der landwirtschaftlichen Flächen im Bereich „Die Lune“ sowie zwischen den Stadtbezirken Schultendorf und Rentfort-Nord das Festschreiben von Bebauungsgrenzen anzustreben.

In den klimatischen Lasträumen der „überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischbebauung“ sowie der „hochverdichteten Innenstadt“ treten die negativen Ausprägungen des Stadtklimas am deutlichsten hervor. Daher ist insbesondere im stark urban geprägten Stadtbezirk Mitte I die Förderung des Luftaustausches mit klimatischen Ausgleichsräumen wie dem Nordpark und dem Wittringer Wald zu forcieren. Von einer weiteren Verdichtung der Bebauung in diesen klimatischen Lasträumen ist abzusehen, hingegen sollten nach Möglichkeit Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen erfolgen. Insbesondere die Schaffung (auch kleinräumiger) verdunstungsaktiver Flächen im Bereich der höher versiegelten Nebenzentren von Zweckel und Brauck sowie fast im gesamten Stadtbezirk Mitte I kann für lokale Abmilderung thermischer Belastungen sorgen. Bei fehlender Entsiegelungs- und Rückbaumöglichkeiten können Dach- und Fassadenbegrünungen als Alternative zur Steigerung des Grünflächenanteils in diesen Bereichen umgesetzt werden. Zudem kann in hochversiegelten Straßenräumen der Innenstadt, der Nebenzentren sowie in Gewerbegebieten (z.B. in Ellinghorst und Alt-Rentfort) durch den Erhalt und die Anpflanzung von Bäumen in Folge von Verschattungs- und Verdunstungseffekten eine lokale Klimaverbesserung erzielt werden. Hierbei ist zwingend darauf zu achten, dass sich in Straßenschluchten und bei hohem Verkehrsaufkommen keine geschlossenen Kronendächer entwickeln, die zu eingeschränkten Austauschverhältnissen und einer Schadstoffanreicherung führen können.

Die klimatischen Ausgleichsräume des Freilandes im östlichen und nördlichen Stadtgebiet aber auch die landwirtschaftlich genutzten Freiflächen, die als Pufferzonen zwischen den Siedlungsbereichen fungieren, wie z.B. im Bereich „Die Lune“ oder „Am Bette“, sollten gesichert und von weiterer Bebauung freigehalten werden. Von entscheidender Bedeutung für die Relevanz dieser Ausgleichsflächen ist die Vernetzung mit den klimatischen Lasträumen. Hierzu sind der Erhalt bestehender Belüftungsbahnen sowie die Schaffung neuer Schneisen durch eine Auflockerung und Beseitigung von Strömungshindernissen erforderlich. Bei der Grünvernetzung sollten innerstädtische Park- und Grünanlagen, wie am Beispiel des Nordparks oder des Südfriedhofes und Südparks, genutzt werden, um den Luftaustausch zwischen Umland und Siedlungsbereichen zu fördern. Durch Entsiegelungsmaßnahmen und eine Integration von mehr Grünflächen innerhalb der Bebauung können auch in hochverdichteten Stadtbereichen kleinere Parkanlagen wie der Jovy- und Rathaus-Park mit größeren Ausgleichsräumen wie dem Wittringer Wald vernetzt werden, wodurch nicht nur lokal begrenzte Abkühlungseffekte erzielt werden, sondern auch die Ausbreitung der städtischen Wärmeinsel insgesamt abgemildert werden kann.

Eine detailliertere Beschreibung der Planungshinweise für das Stadtgebiet von Gladbeck wird im folgenden Kapitel 9.2 für die einzelnen Stadtbezirke gegeben.



Karte 9-1: Planungshinweiskarte der Stadt Gladbeck