

# Klimaanalyse

## Stadt Marl

Essen, August 2021



# Klimaanalyse

## Stadt Marl

**Im Auftrag von:**

Stadt Marl

Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit

Carl-Duisberg-Straße 165

45772 Marl

**Erstellt durch:**

Regionalverband Ruhr

Referat Klima und Umweltschutz

Team Klimaanpassung

Kronprinzenstraße 6

45128 Essen

**Verfasst von:**

Dipl.-Geogr. Astrid Snowdon

**Inhalt**

<b>0</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>CHARAKTERISIERUNG DES UNTERSUCHUNGSGBIETES .....</b>	<b>18</b>
2.1	NATURRÄUMLICHE UND GROßKLIMATISCHE EINORDNUNG .....	19
2.2	RELIEF UND OBERFLÄCHENRAUIGKEIT .....	21
2.3	FLÄCHENNUTZUNG .....	25
2.4	REGIONALE KLIMATOPKARTE .....	27
2.4.1	<i>Beschreibung der Klimatope .....</i>	<i>28</i>
2.4.2	<i>Gliederung der Stadt Marl anhand der Regionalen Klimatopkarte .....</i>	<i>29</i>
<b>3</b>	<b>FLÄCHENHAFT E AUSPRÄGUNG AUSGEWÄHLTER KLIMAELEMENTE .....</b>	<b>31</b>
3.1	BODENNAHE LUFTTEMPERATUR UND NÄCHTLICHE ABKÜHLUNGSRATE .....	32
3.2	PHYSIOLOGISCHE ÄQUIVALENTTEMPERATUR (PET) .....	39
3.3	HITZEBELASTUNG .....	43
3.4	AUTOCHTHONES WINDFELD .....	47
3.5	KALTLUFTVOLUMENSTROM .....	51
3.6	KALTLUFTPRODUKTIONSRATE .....	54
3.7	LUFTAUSTAUSCHRATE .....	56
<b>4</b>	<b>KLIMAANALYSEKARTE .....</b>	<b>58</b>
4.1	DARSTELLUNGSEBENEN DER KLIMAANALYSEKARTE .....	59
4.1.1	<i>Klimatope .....</i>	<i>59</i>
4.1.2	<i>Spezifische Klimaeigenschaften .....</i>	<i>71</i>
4.1.3	<i>Luftaustausch .....</i>	<i>73</i>
4.1.4	<i>Lufthygiene .....</i>	<i>74</i>
4.2	GLIEDERUNG DER STADT MARL ANHAND DER KLIMAANALYSEKARTE .....	75

<b>5</b>	<b>KARTE DER KLIMAÖKOLOGISCHEN FUNKTIONEN .....</b>	<b>83</b>
5.1	DARSTELLUNGSEBENEN DER KARTE DER KLIMAÖKOLOGISCHEN FUNKTIONEN .....	83
5.1.1	<i>Bioklimatische Verhältnisse (Klimatope) .....</i>	<i>83</i>
5.1.2	<i>Kaltluft .....</i>	<i>83</i>
5.1.3	<i>Belüftung .....</i>	<i>85</i>
5.2	GLIEDERUNG DER STADT MARL ANHAND DER KARTE DER KLIMAÖKOLOGISCHEN FUNKTIONEN .....	85
<b>6</b>	<b>DIE STADT MARL IM ZEICHEN DES GLOBALEN KLIMAWANDELS .....</b>	<b>91</b>
6.1	GLOBALER KLIMAWANDEL .....	91
6.2	AUSWIRKUNGEN DES GLOBALEN KLIMAWANDELS AUF DIE REGION RUHR .....	97
6.3	ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG KLIMATISCHER KENNTAGE IN MARL.....	101
6.4	DARSTELLUNG DERZEITIGER UND ZUKÜNFTIGER WÄRMEINSELBEREICHE .....	110
<b>7</b>	<b>VULNERABILITÄTSANALYSE .....</b>	<b>115</b>
7.1	METHODIK ZUR ABGRENZUNG DER PROBLEMGEBIETE .....	115
7.2	LOKALISIERUNG UND BEWERTUNG DER PROBLEMGEBIETE .....	120
<b>8</b>	<b>PLANUNGSHINWEISE .....</b>	<b>124</b>
8.1	PLANUNGSHINWEISKARTE .....	124
8.1.1	<i>Darstellungsebenen der Planungshinweiskarte .....</i>	<i>124</i>
8.2	GLIEDERUNG DER STADT MARL ANHAND DER PLANUNGSHINWEISKARTE.....	140
8.3	PLANUNGSHINWEISE AUF EBENE DER ORTSTEILE.....	144
8.3.1	<i>Stadtbezirke Alt-Marl und Polsum.....</i>	<i>144</i>
8.3.2	<i>Stadtbezirk Brassert .....</i>	<i>158</i>
8.3.3	<i>Stadtbezirk Stadtkern .....</i>	<i>171</i>
8.3.4	<i>Stadtbezirk Chemiezone und Marl-Hamm .....</i>	<i>182</i>
8.3.5	<i>Stadtbezirke Drewer-Nord und Drewer-Süd.....</i>	<i>193</i>

8.3.6	<i>Stadtbezirke Hüls-Nord und Hüls-Süd</i> .....	205
8.3.7	<i>Stadtbezirk Sinsen-Lenkerbeck</i> .....	218

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1: Stadtbezirke von Marl. ....	18
Abb. 2-2: Naturräumliche Gliederung des Ruhrgebietes (Lüftner 1996).....	20
Abb. 2-3: Klimabezirke im Ruhrgebiet (Lüftner 1996) .....	20
Abb. 2-4: Regionale Klimatopkarte des Ruhrgebietes (2012). ....	29
Abb. 3-1: Prinzip des Flurwindes .....	47
Abb. 4-1: City-See am Marler Stern; © RVR, Bildflugjahr, dl-de/by-2-0. ....	60
Abb. 4-2: Freilandbereich zwischen Westerholter Straße und Recklinghäuser Straße; © RVR, Bildflugjahr, dl-de/by-2-0. ....	61
Abb. 4-3: Waldgebiet in der Haard zwischen Halterner Straße und Schäferweg; © RVR, Bildflugjahr, dl-de/by-2-0. ....	62
Abb. 4-4: Volkspark in Marl; © RVR, Bildflugjahr, dl-de/by-2-0. ....	63
Abb. 4-5: Vorstadtklima in Polsum, Hoefen; © RVR, Bildflugjahr, dl-de/by-2-0. ....	64
Abb. 4-6: Siedlung in Sickingmühle; © RVR, Bildflugjahr, dl-de/by-2-0. ....	65
Abb. 4-7: Freiligrathstraße in Marl-Brassert; © RVR, Bildflugjahr, dl-de/by-2-0. ....	66
Abb. 4-8: Innenstadtklima Hüls-Süd; © RVR, Bildflugjahr, dl-de/by-2-0. ....	68
Abb. 4-9: Gewerbegebiet in Brassert (Zeichenstraße); © RVR, Bildflugjahr, dl-de/by-2-0. ....	69
Abb. 4-10: Chemiepark Marl; © RVR, Bildflugjahr, dl-de/by-2-0. ....	70
Abb. 4-11: Flächenanteile der Klimatope und Verkehrsstrassen im Stadtgebiet von Marl. ....	75
Abb. 6-1: Beobachtete globale mittlere kombinierte Land-Ozean-Oberflächentemperaturanomalie von 1850-2012 (verändert nach IPCC 2013a).....	91
Abb. 6-2: Räumliche Verteilung der beobachteten Veränderung der Erdoberflächentemperatur von 1901-2012 (IPCC 2013a).....	92

Abb. 6-3: Atmosphärische Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ), Methan (CH <sub>4</sub> ) und Distickstoffmonoxid (N <sub>2</sub> O) (verändert nach IPCC 2014) .....	93
Abb. 6-4: Multimodell-simulierte Änderung der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur von 1950 bis 2100 (verändert nach IPCC 2013a).....	95
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).....	96
Abb. 6-6: Jährliche Niederschlagssummen und Jahresmitteltemperaturen (1912-2017) der Ludger-Mintrop-Stadtklima-Station (verändert nach Grudzielanek et al. 2011) .....	98
Abb. 6-7: Differenz der Jahresmitteltemperaturen (in K) in der Metropole Ruhr zwischen den Klimanormalperioden 1971-2000 und 2021-2050 basierend auf Ensemble-Rechnungen für die Szenarien RCP 4.5 und 8.5 (Eigene Darstellung auf Basis von EURO-Cordex-Projekt (Datengrundlage), DWD (Datenbearbeitung), LANUV NRW (Datenvermittler)) .....	99
Abb. 6-8: Differenz der mittleren Niederschlagssummen (in %) in der Metropole Ruhr zwischen den Klimanormalperioden 1971-2000 und 2021-2050 basierend auf Ensemble-Rechnungen für die Szenarien RCP 4.5 und 8.5 (Eigene Darstellung auf Basis von EURO-Cordex-Projekt (Datengrundlage), DWD (Datenbearbeitung), LANUV NRW (Datenvermittler)).....	100
Abb. 6-9: Darstellung der Lufttemperaturen im Stadtgebiet von Marl um 4:00 Uhr für eine windschwache Strahlungswetterlage (FITNAH-3D-Modellierung und RCP2.6-Szenario). ..	103
Abb. 6-10: Darstellung der Lufttemperaturen im Stadtgebiet von Marl um 4:00 Uhr für eine windschwache Strahlungswetterlage (FITNAH-3D-Modellierung und RCP8.5-Szenario). ..	104
Abb. 6-11: Anzahl an Heißen Tagen im Stadtgebiet von Marl für die Szenarien RCP 2.6 und 8.5.....	107
Abb. 6-12: Anzahl an Tropennächten im Stadtgebiet von Marl für die Szenarien RCP 2.6 und 8.5.....	109
Abb. 6-13: Hitzebelastung in Marl (ermittelt aus den Heißen Tagen und Tropennächten für die Szenarien RCP 2.6 und 8.5.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abb. 6-14: Darstellung gegenwärtiger (2020) und zukünftiger (2100) Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Marl .....	114

## Kartenverzeichnis

Karte 2.1: Darstellung des Reliefs im Stadtgebiet von Marl. ....	22
Karte 2.2: Darstellung der Oberflächenrauigkeit im Stadtgebiet von Marl .....	24
Karte 3.1: Bodennahe Lufttemperatur (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Marl um 14 Uhr. ...	36
Karte 3.2: Bodennahe Lufttemperatur (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Marl um 4 Uhr. ....	37
Karte 3.3: Nächtliche Abkühlungsrate (20 – 4 Uhr) der Lufttemperatur im Stadtgebiet von Marl. .....	38
Karte 3.4: Physiologische Äquivalenttemperatur (PET) im Stadtgebiet von Marl. ....	42
Karte 3.5: Hitzestress-Bewertung im Stadtgebiet von Marl. ....	46
Karte 3.6: Autochthones Windfeld (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Marl um 4 Uhr. ....	50
Karte 3.7: Kaltluftvolumenstrom im Stadtgebiet von Marl um 4 Uhr. ....	53
Karte 3.8: Kaltluftproduktionsrate im Stadtgebiet von Marl um 4 Uhr. ....	55
Karte 3.9: Luftaustauschrate um 4 Uhr im Stadtgebiet von Marl bei autochthoner Wetterlage. .....	57
Karte 4.1: Klimaanalysekarte der Stadt Marl.....	82
Karte 5.1: Karte der klimaökologischen Funktionen im Stadtgebiet von Marl.....	90
Karte 7.1: Einwohnerdichte auf Baublockebene für die Wärmeinseln im Stadtgebiet von ..... Marl.....	118
Karte 7.2: Prozentualer Anteil der Bevölkerung über 65 Jahre auf Baublockebene für die Wärmeinseln im Stadtgebiet von Marl.....	120
Karte 7.3: Problemgebiete der Hitzebelastung im Stadtgebiet von Marl .....	122
Karte 7.4: Problemgebiet der Hitzebelastung im Stadtgebiet von Marl – Ausschnitt. ....	123
Karte 8.1: Planungshinweiskarte der Stadt Marl. ....	143

Karte 8.2: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für die Stadtbezirke Polsum und Alt-Marl.....157

*Karte 8.3: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für den Stadtbezirk Brassert.*  
.....170

*Karte 8.4: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für den Stadtbezirk Stadtkern.*  
.....181

*Karte 8.5: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für die Stadtbezirke Chemiezone und Marl-Hamm.*.....192

*Karte 8.6: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für die Stadtbezirke Drewer-Nord und Drewer-Süd*.....204

*Karte 8.7: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für die Stadtbezirke Hüls-Nord und Hüls-Süd.* .....217

*Karte 8.8: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für den Stadtbezirk Sinsn-Lenkerbeck.*.....228

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Ausgewählte Klimaindikatoren für den Zeitraum 1981-2010 (LANUV NRW 2019)  
.....20

Tabelle 2: Anteile der Nutzungsarten an der Gesamtfläche des Stadtgebietes von Marl sowie deren Flächengröße (Stand: 31.12.2015; IT.NRW 2018 ).....25

Tabelle 3: Einteilung der PET-Klassen, verändert nach Matzarakis und Mayer (1996) und Held und Krüger (2011) .....40

Tabelle 4: PET-Klassen, verändert nach Matzarakis und Mayer (1996) und Held und Krüger (2011).....43

Tabelle 5: Temperatur-Klasse, geändert nach LANUV 2021 .....44

Tabelle 6: Gesamtbewertung der Hitzebelastung, die sich aus der der nächtlichen Temperatur und dem PET-Wert ergibt .....44

### 0 Zusammenfassung

Die vorliegende Klimaanalyse stellt eine Aktualisierung und Ergänzung des aus dem Jahre 1985 stammenden Gutachtens dar. Ziel der Untersuchung ist die Analyse und Bewertung der klimatischen Situation innerhalb des Stadtgebietes von Marl sowie die Ausweisung von Planungshinweisen, die vor dem Hintergrund der prognostizierten klimatischen Veränderungen im Laufe des 21. Jahrhunderts eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung gewährleisten sollen.

Die gesamtstädtische Analyse von 1985 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 einer für die gesamte Metropolregion durchgeführten Modellierung mit Hilfe des Simulationsmodells FITNAH-3D. Dieses Verfahren liefert, im Gegensatz zu lokal begrenzten Messungen, räumlich hochauflösende und flächendeckende Ergebnisse zu einer Vielzahl klimatischer Parameter.

Hinsichtlich der stadtklimatischen Verhältnisse ist die Situation in Marl in weiten Teilen aufgrund der aufgelockerten Siedlungsstruktur mit einem allgemein hohen Anteil an innerstädtischen Grünzügen und großzügigen, z.T. zusammenhängenden Gartenflächen, als noch günstig einzustufen. Positiv ist ebenfalls zu bewerten, dass innerhalb des Siedlungsraums – außerhalb der Chemiezone - nur kleine Wärmeinseln vorhanden sind, die durch vielfältige Grünflächen unterbrochen werden, so dass keine großflächigen Überwärmungen auftreten. Anders sieht die Situation in der Chemiezone aus, wo auf einer Fläche von über sechs Quadratkilometern hochversiegelte Industrieanlagen mit einer sehr geringen Grünausstattung vorhanden sind. Dementsprechend zeigt hier die mit FITNAH-3D simulierte flächenhafte Verteilung der bodennahen Lufttemperatur in 2 Metern über Grund für eine sommerliche austauscharme Strahlungswetterlage zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens die höchsten Lufttemperaturen auf. Hingegen existieren auf dem Stadtgebiet von Marl großflächige Wald- und Freilandgebiete, die sich vielfach über die Stadtgrenze von Marl hinaus ausdehnen und zum Teil regionalklimatisch von hoher Bedeutung sind. Reliefbedingt treten insbesondere in weiten Teilen der südlich gelegenen Stadtbezirke Kaltluftabflüsse auf, die entsprechend der Hangneigung bis in die Innenstadtbereiche abfließen können. Dabei konnten die höchsten Fließgeschwindigkeiten in den südlich gelegenen Freilandbereichen sowie im äußersten Nordosten simuliert werden. Über mehrere Grünzüge, die sich entlang der Tallagen zum Teil bis in die Innenstadtbereiche (und darüber hinaus) erstrecken, können die Kaltluftmassen zumindest in den Randbereichen der Bebauung zu einer Minderung der Hitzebelastung beitragen. Andere Gebiete, insbesondere das Gebiet des Chemieparks, werden nur in geringem Maße mit Kaltluft versorgt, wodurch die Ausprägung der städtischen Wärmeinsel in diesem Bereich weiter verstärkt wird.

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 Klimateigenschaften, den Informationen zu lufthygienischen Verhältnissen sowie dem Luftaustausch vier Darstellungsebenen.

Die Klimatope sind grundsätzlich sehr heterogen im Stadtgebiet von Marl verteilt. Das Freilandklima nimmt mit einem Flächenanteil von knapp 35 % an der gesamten Stadtfläche den höchsten Wert aller Klimatoptypen ein, wobei die Freilandklimatope überwiegend in den Außenbezirken auftreten. Die ausgedehnten, meist landwirtschaftlich genutzten Freiflächen besitzen oftmals eine hohe klimatische Relevanz als Kaltluftentstehungsgebiete oder als Quellgebiete für Frischluft während allochthoner Wetterlagen. Darüber hinaus kann den Freiflächen teilweise aufgrund der Anbindung an klimatische Lasträume der Siedlungsbereiche sowie ihrer Vernetzung mit weiteren Grünflächen und der damit teils verbundenen Funktion als Belüftungsbahn (z.B. im Bereich des Weierbachs, des Freerbruchbachs, des Loemühlenbachs und des Silvertbachs) eine wichtige Bedeutung beigemessen werden.

Ebenfalls teilweise große zusammenhängende Gebiete bilden die Waldklimatope in Marl, welche mit insgesamt fast 25 % den zweitgrößten Flächenanteil der Klimatope im Stadtgebiet einnehmen. Obwohl Wälder über das gesamte Stadtgebiet von Marl verteilt vorkommen (z.B. nördlich von Polsum, in Alt-Marl und Hüls-Süd sowie der Arenbergische Forst), fällt der stark bewaldete Osten in dieser Hinsicht besonders auf (Waldgebiet der Haard). Den großen zusammenhängenden Waldarealen ist aus regionalklimatischer Sicht eine wichtige Filterfunktion für Luftschadstoffe und somit auch als Frischluftlieferant zuzuschreiben. Lokalklimatisch kommt den Waldflächen eine besondere Bedeutung zu, da sie zum Teil als Frischluftlieferant für die angrenzenden Siedlungsbereiche fungieren, aber auch zur Kühlung in den während sommerlicher Hochdruckwetterlagen aufgeheizten Freilandflächen beitragen.

Zur Gruppe der Klimate innerstädtischer Grünflächen (Flächenanteil 6,4 %) zählen neben öffentlichen Parkflächen, Friedhöfen, Kleingarten- und Sportanlagen auch größere zusammenhängende Grünstrukturen innerhalb der Bebauung. Ein Mangel an (großen) Grünflächen herrscht nur vereinzelt in den hochverdichteten Bereichen (z.B. zwischen Droste-Hülshoffstraße und Victoriastraße und dem nördlich angrenzenden Gewerbegebiet sowie zwischen Bergstraße und Heyerhoffstraße). Große Park- und Grünanlagen, wie etwa der Volkspark und die Parkanlage Gänsebrink, besitzen einerseits aufgrund ihrer Nähe zu thermischen Lasträumen, andererseits aufgrund ihrer Vernetzung zu den Freilandbereichen, eine besondere klimatische Relevanz.

Aber auch die Kleingartenanlagen oder begrünte Sportanlagen können die Hitzebelastung in der Stadt abmildern. Dies trifft vor allem dann zu, wenn die Flächen zu einem Grünverbund-

system vernetzt werden. Kleine und wohnungsnahe Ausgleichsräume, wie etwa begrünte Innenhöfe, besitzen zwar keine Fernwirkung, stellen allerdings wertvolle Klimaoasen für die Nachbarschaft dar.

Die Gewässer-/Seenklimatope nehmen mit 1,9 % einen sehr geringen Flächenanteil im Stadtgebiet ein und beinhalten im Wesentlichen einige unterschiedlich große Stillgewässer (z.B. Gewässerflächen im Volkspark und City-See am Marler Stern), diverse innerstädtische Fließgewässer (z.B. Loekampbach, Freerbruchach, Weierbach), den Wesel-Datteln-Kanal und die Lippe. Während große Wasserflächen eine klimatische Fernwirkung entwickeln können und durch einen gedämpften Tagesgang der Temperatur und eine gute Durchlüftung charakterisiert werden, beschränken sich die Eigenheiten des Gewässerklimas bei kleinen Seen und Teichen auf die Fläche selbst und den direkt angrenzenden Uferbereich. Linienhafte Strukturen (wie etwa der Wesel-Datteln-Kanal) können aufgrund ihrer geringen Rauigkeit als Luftleitbahn in Erscheinung treten.

Aufgrund der in weiten Teilen des Stadtgebietes vorherrschenden aufgelockerten und durchgrünten Bebauungsstruktur dominieren in Marl flächenmäßig die Stadtrandklimatope (8,5 %). Wie auch im Bereich der Vorstadtklimatope (3,7 %) sind hier verhältnismäßig günstige bio- und immissionsklimatische Bedingungen anzutreffen. Aus bioklimatischer Sicht stärker belastete Räume stellen die Bereiche der Stadt- und Innenstadtklimatope dar, welche eine höhere Versiegelung und einen geringeren Grünflächenanteil aufweisen. Mit 4,8 % (Stadtklima) bzw. 0,7 % (Innenstadtklima) nehmen diese insgesamt einen geringeren Anteil an der gesamtstädtischen Fläche ein und umfassen überwiegend kleinere zusammenhängende Areale, an welche z.T. zusätzlich ebenfalls klimatisch ungünstige Gewerbeklimatope angrenzen, wodurch sich ein z.T. größerer zusammenhängender klimatischer Belastungsraum ergibt.

Die Gewerbe- (2,9 %) und Industrieklimatope (6,1 %), die zusammen einen Flächenanteil von 9 % am Stadtgebiet einnehmen, sind aufgrund der i.d.R. sehr hohen Versiegelung, dem oftmals nahezu vollständigen Fehlen von Grünflächen sowie der Ansiedlung von Lärm-, Luftschadstoff- und/oder Abwärmeemittenten aus bioklimatischer Sicht als stark belastet zu bewerten. Die größte Fläche nimmt dabei der Chemiepark Marl ein.

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 Kennwerte, also der Häufigkeit des Auftretens von thermischen Extremereignissen wie heißen Tagen oder Tropennächten, die thermische Belastungssituation in unterschiedlichen Bereichen des Stadtgebietes aufgezeigt.

Zusammenfassend verschärft sich die Hitzebelastung in Zukunft in Abhängigkeit von dem jeweilig betrachteten Szenario unterschiedlich stark. Insbesondere bei Annahme des Szenario RCP 8.5 ist bis 2100 mit einer erheblichen Zunahme an heißen Tagen und Tropennächten im

Stadtgebiet zu rechnen, wobei eine deutliche Abhängigkeit vom Versiegelungsgrad, den thermischen Eigenschaften der Oberflächen, der Belüftung und der Anbindung an Ausgleichsflächen besteht. So ist z.B. mit bis zu 52 heißen Tagen und 17 Tropennächten im Bereich des Chemiepark Marl im Jahr 2100 zu rechnen, wenn keine erheblichen Anstrengungen im Klimaschutz erfolgen. Günstigere Bedingungen ergeben sich beispielsweise im Freiland mit bis zu acht Tropennächten und 26 heißen Tagen im Jahr 2100 unter Annahme der Bedingungen des RCP-Szenarios 8.5.

Die zu erwartenden Klimaveränderungen können negative Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen haben, von denen insbesondere kranke und ältere Personen sowie Kleinkinder oftmals stärker betroffen sind. 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.

Die Problemgebiete in Marl befinden sich entsprechend der räumlichen Verteilung der Innenstadt- und Stadtklimatope verteilt über das gesamte Stadtgebiet. Baublöcke, die sowohl eine sehr hohe Anfälligkeit aufgrund der Bevölkerungsdichte als auch einen überdurchschnittlich hohen Anteil an über 65-jähriger Wohnbevölkerung aufweisen, treten nur vereinzelt auf und sind beispielsweise in der Kriemhildstraße in Hüls-Nord zu finden. Dagegen ist das Auftreten einer erhöhten Anfälligkeit bedingt durch die Bevölkerungszahl in Verbindung mit einem hohen Anteil an älterer Wohnbevölkerung zu erkennen. Auffällig ist zudem, dass insgesamt eine Vielzahl sensibler Einrichtungen in den Problemgebieten der Hitzebelastung vorhanden ist. So befinden sich beispielsweise fünf Kindertagesstätten/-gärten, ein Krankenhaus und elf Seniorenheime im stadtklimatischen Belastungsraum westlich des Marler Sterns. Auch im Übergangsbereich von Hüls-Nord nach Hüls-Süd sind zahlreiche Senioreneinrichtungen und einige Kindertagesstätten innerhalb der Wärmeinselbereiche angesiedelt.

Abschließend wurden auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse für das Stadtgebiet von Marl Planungsempfehlungen aus rein stadtklimatologischer Sicht abgeleitet (siehe Kapitel 8). Demnach ist ein großer Teil der Siedlungsbereiche von Marl dem „Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete“ zuzuordnen. Hier sollten die offenen und begrünten Bebauungsstrukturen erhalten bleiben und v.a. im Bereich von Belüftungsbahnen und Grünvernetzungen kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen durchgeführt werden. In einigen Bereichen von Marl konnten dennoch Bereiche ausgewiesen werden, bei denen aus rein stadtklimatologischer Sicht eine maßvolle Nachverdichtung oder die Ausweisung kleiner Neubaugebiete vertretbar ist (z.B. in Drewer-Nord nahe der A52 oder in Sinsen südlich

der Schulstraße). Um einerseits eine weitere Verschärfung der Situation in den stärker verdichteten Bereichen zu vermeiden und andererseits die positiven klimatischen Verhältnisse innerhalb der aufgelockerten Wohngebiete zu wahren, sollte in weiten Teilen des restlichen Stadtgebietes keine weitere Verdichtung erfolgen. Zum Erhalt der Luftaustauschfunktionen und zum Schutz relevanter klimatischer Ausgleichsflächen ist zudem an den Siedlungsändern in verschiedenen Bereichen das Festschreiben bzw. Anstreben von klimatischen Baugrenzen zu empfehlen.

In den klimatischen Lasträumen der „überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischbebauung“, der „hochverdichteten Innenstadt“ sowie der „Gewerbe- und Industrieflächen“ treten die negativen Ausprägungen des Stadtklimas am deutlichsten hervor. Insbesondere für die hoch belasteten Innenstadtbereiche ist die Förderung des Luftaustauschs über vorhandene Grünvernetzungsstrukturen zu forcieren. In hochverdichteten Bereichen, die keine direkte Anbindung an größere klimatische Ausgleichsflächen aufweisen und wo eine entsprechende Grünvernetzung aufgrund der Bestandsstrukturen nicht realisierbar ist, müssen verstärkt kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen zur Verbesserung der mikroklimatischen Verhältnisse ergriffen werden. Insbesondere die Schaffung von Verschattungsobjekten (Bäume, mobiles Grün, Sonnensegel, Pergolen, etc.) sowie verdunstungsaktiver Flächen und Strukturen kann für lokale Abmilderung thermischer Belastungen sorgen. Bei fehlenden Entsiegelungs- und Rückbaumöglichkeiten sollten als Alternative Dach- und Fassadenbegrünungen zur Steigerung des Grünflächenanteils in diesen Bereichen umgesetzt werden. Zudem kann in hochversiegelten Straßenräumen durch den Erhalt und die Anpflanzung von Bäumen in Folge von Verschattungs- und Verdunstungseffekten eine lokale Klimaverbesserung erzielt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass sich in Straßenschluchten und bei hohem Verkehrsaufkommen keine geschlossenen Kronendächer entwickeln, die zu eingeschränkten Austauschverhältnissen und einer Schadstoffanreicherung führen können. Im Bereich von Kaltluftammelgebieten besteht die Gefahr der Schadstoffakkumulation, weshalb in diesen Gebieten die Ansiedlung bodennaher Emittenten vermieden werden sollte.

Die klimatischen Ausgleichsräume des Freilandes, der innerstädtischen Grün- und Parkanlagen sowie der Waldgebiete fungieren vielerorts als wichtige thermische Pufferzonen zwischen den Siedlungsbereichen, als lokale Kalt- und Frischluftproduzenten, als Belüftungsbahn und/oder als Filter für Luftschadstoffe und Lärm, weshalb sie grundsätzlich gesichert und von (weiterer) Bebauung freigehalten werden sollten. 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.

### 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die klimatischen und lufthygienischen Verhältnisse eines städtischen Siedlungsraums zeichnen sich durch erhebliche Modifikationen 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 2017).

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 Marl stellt eine Aktualisierung und Ergänzung des stadtklimatologischen Gutachtens aus dem Jahr 1985 dar. Die gesamtstädtische Analyse von 1985 basierte auf einem aufwändigen Messprogramm, wobei aus stationären Messungen (punktuell) und Messfahrten (linienhaft) anhand von Analogieschlüssen nur grobe flächendeckende Aussagen getroffen werden konnten. Als eine der ersten Klimaanalysen des Regionalverbands Ruhr wurden sowohl eine Klimafunktionskarte als auch eine Planungshinweiskarte erstellt, diese liegt jedoch in sehr geringer Detailschärfe vor und sind mittlerweile aufgrund der Veränderungen durch Bautätigkeiten der vergangenen Jahrzehnte nicht mehr anwendbar. Zudem entspricht sie nicht den technischen und wissenschaftlichen Anforderungen, die heute gefordert werden. Aus diesem Grund ist eine Neuauflage mit aktuellen Datengrundlagen und neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen erforderlich, damit die Ergebnisse als Grundlage für die zukünftige Stadt- und Bauleitplanung genutzt werden kann.

Die vorliegende Untersuchung bezieht sich u.a. auf die Ergebnisse einer für die gesamte Metropolregion durchgeführten Modellierung mit Hilfe des Simulationsmodells FITNAH-3D. Dieses Verfahren liefert, im Gegensatz zu den lokal begrenzten Messungen, umfassende, räumlich hochauflösende und vor allem flächendeckende Ergebnisse zu einer Vielzahl relevanter klimatischer Parameter. Die FITNAH-Modellierung ist aufgrund ihrer Auflösung von 25 m x 25 m auf die Ebene der Flächennutzungs- und Bebauungsplanung auf kommunaler Ebene ausgerichtet. 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 Flächenutzungsänderungen von Einzelflächen detailliert bewerten zu können.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Analyse und Bewertung der klimatischen Situation des Marler 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 Klimatelemente (Ergebnisse der FITNAH-Modellierung) vorgenommen. Die Ergebnisse münden in einer „Karte der klimaökologischen Funktionen“ zur Darstellung der bioklimatischen Verhältnisse auf Basis der Bebauungstypen sowie der städtischen Belüftungssituation und der Kaltluftliefervermögen unbebauter Flächen. Des Weiteren werden die zu erwartenden Auswirkungen des globalen Klimawandels auf das Stadtgebiet von Marl beschrieben, die derzeitigen und zukünftigen Wärmeinselbereiche dargestellt sowie eine Vulnerabilitätsanalyse durchgeführt. 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 spezifi-

schen 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 lokale Planungshinweise in textlicher und tabellarischer Form aufgeführt. Die Erstellung der Klimaanalyse- sowie Planungshinweiskarte 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 zur Verfügung gestellt, durch dessen Umsetzung der Maßnahmenempfehlungen zur Klimaanpassung eine nachhaltige und klimawandelgerechte Stadtentwicklung in Marl gesichert werden kann.

## 2 Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

Die Stadt Marl ist dem Landkreis Recklinghausen zuzuordnen und liegt im nördlichen Bereich des Ruhrgebiets. Dabei grenzt der Norden des Stadtgebiets an die Stadt Haltern am See, der Osten an die Städte Oer-Erkenschwick und Recklinghausen, der Süden an die Städte Herten und die kreisfreie Stadt Gelsenkirchen und der Westen an die Stadt Dorsten.

Bei einer Einwohnerzahl von 87.292 und einer Fläche von 87,76 km<sup>2</sup> beträgt die Bevölkerungsdichte von Marl 995 Einw./km<sup>2</sup> (Stand: 31.03.2020, Stadt Marl, IT NRW 2020) und liegt damit deutlich über der Einwohnerdichte der ebenfalls dem Gemeindetyp „Große Mittelstadt“ zugeordneten, angrenzenden Stadt Dorsten (440 Einw./km<sup>2</sup>), aber unter der Einwohnerdichte der großen Mittelstadt Herten (1.652 Einw./km<sup>2</sup>). Die durchschnittliche Einwohnerdichte der im Kreisgebiet Recklinghausen liegenden Städte beträgt 808,2 Einw./km<sup>2</sup>. Damit liegt die Stadt Marl hinsichtlich der Einwohnerdichte etwas über dem Durchschnitt.

Bedingt durch unterschiedliche Bebauungsstrukturen zeigt die Bevölkerungsdichte in Marl eine stark heterogene Verteilung über die 11 Stadtbezirke (siehe Abb. 2-1), die das Stadtgebiet unterteilen.

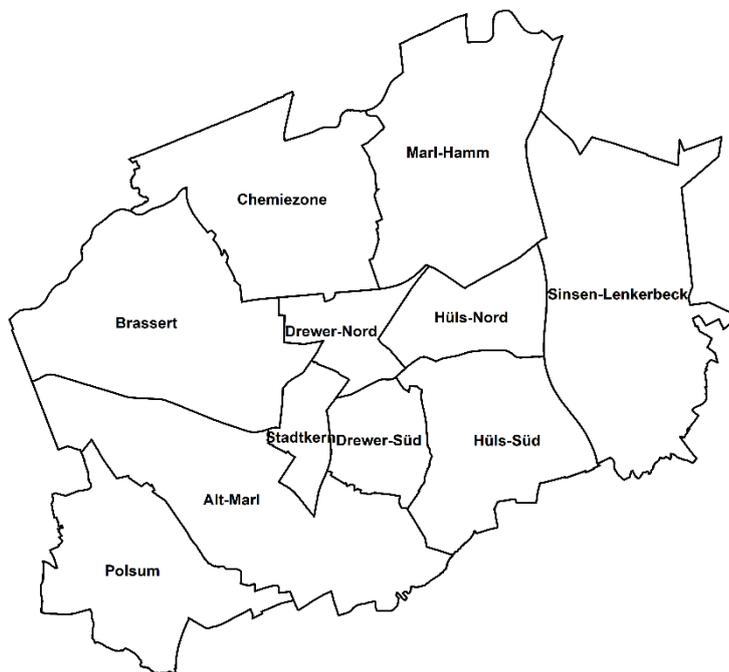


Abb. 2-1: Stadtbezirke von Marl.

Während die Bezirke Innenstadt (4009 Einw./km<sup>2</sup>), Drewer-Nord (3255 Einw./km<sup>2</sup>) und Drewer-Süd (3089 Einw./km<sup>2</sup>) dicht besiedelt sind, besitzen die Bezirke Alt-Marl (772 Einw./km<sup>2</sup>),

Brassert (839 Einw./km<sup>2</sup>), Marl-Hamm (791 Einw./km<sup>2</sup>), Polsum (585 Einw./km<sup>2</sup>) und Sinsen-Lenkerbeck (539 Einw./km<sup>2</sup>) eine deutlich geringere Bevölkerungsdichte. Im Stadtteil Chemiezone gibt es keine Wohnbevölkerung (siehe auch Tab. A 1 im Anhang; Stadt Marl 2020).

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 Marl beschrieben. Zudem erfolgt eine Einordnung der klimatischen Verhältnisse anhand der regionalen Klimatopkarte des Regionalverbandes Ruhr. Diese 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***

Das Stadtgebiet von Marl liegt naturräumlich betrachtet im Bereich der Großeinheit „Westfälische Tieflandsbucht“ und lässt sich hier in die naturräumliche Untereinheit Emscher-Land (Ordnungszahl 543) einordnen.

Makroklimatisch wird die Stadt Marl 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, was sich im Allgemeinen durch kühle Sommer und milde Winter äußert. Gelegentlich setzt sich jedoch auch ein kontinentalklimatischer Einfluss mit längeren Hochdruckphasen durch. Dann kann es im Sommer zu höheren Temperaturen und trockenem sommerlichem Wetter bei schwachen östlichen bis südöstlichen Winden kommen. Im Winter sind kontinental geprägte Wetterlagen hingegen häufig 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 das Marler Stadtgebiets im Klimabezirk „Münsterland (MURL 1989).

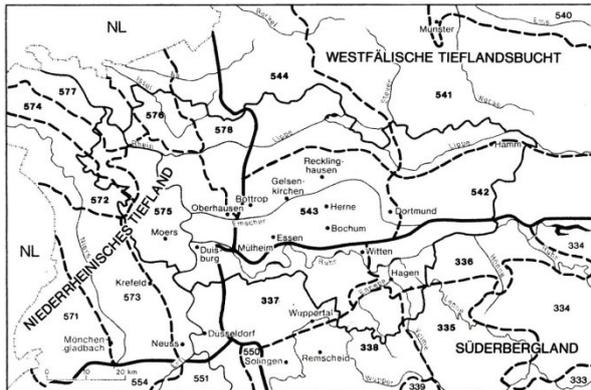


Abb. 2-2: Naturräumliche Gliederung des Ruhrgebietes (Lüttner 1996)



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

Eine Zusammenstellung ausgewählter Klimadaten für Marl 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.

Tabelle 1: Ausgewählte Klimaindikatoren für den Zeitraum 1981-2010 (LANUV NRW 2019)

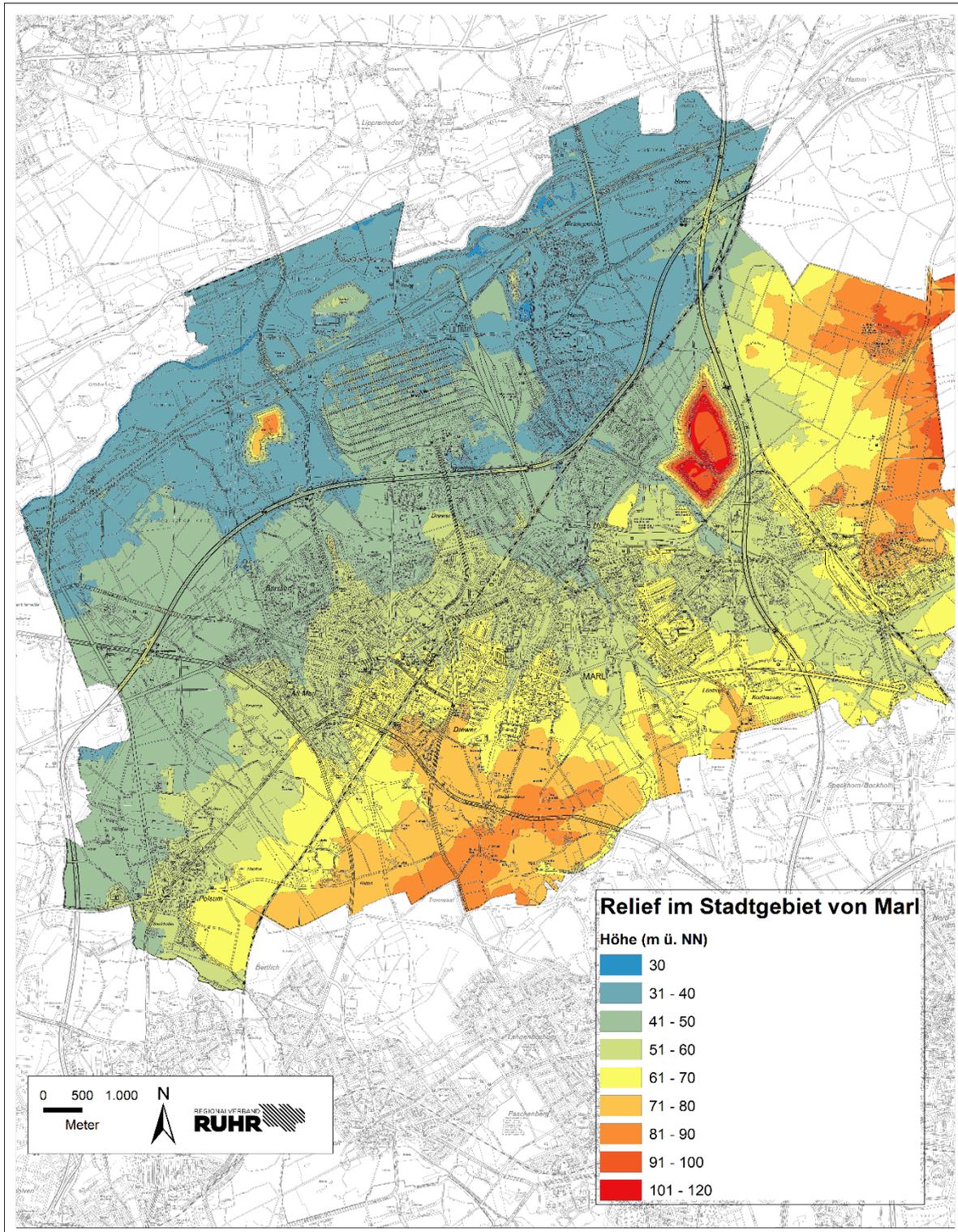
Klimaindikator	Wert
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Jahr	10 - 11
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Frühling	10 - 11
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Sommer	17 - 18
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Herbst	10 - 11
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Winter	3 - 4
Mittlere Anzahl der Sommertage ( $T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$ ) pro Jahr	35 - 40
Mittlere Anzahl der heißen Tage ( $T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$ ) pro Jahr	8 - 9
Mittlere Anzahl der Frosttage ( $T_{\min} < 0 \text{ °C}$ ) pro Jahr	51 - 57
Mittlere Anzahl der Eistage ( $T_{\max} < 0 \text{ °C}$ ) pro Jahr	8 - 9
Mittlere Niederschlagshöhe im Jahr (mm)	851 - 889

## **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.

Hinsichtlich der Reliefausprägung kann das Marler Stadtgebiet in zwei Teilbereiche eingeteilt werden. Dabei weist der nördliche Teil des Stadtgebietes (nördlich der BAB 52) eine nur geringe Reliefenergie mit Höhen zwischen 30 m ü. NN und 50 m ü. NN auf, der nur in zwei Bereichen überragt wird. Dabei handelt es sich um die aufgeschütteten Halden Brassert I/II am Nordrand des Stadtteils Brassert mit Höhen bis 67 m ü. NN und die Halde Brassert III Nahe des Wesel-Datteln-Kanals mit Höhen bis 88 m ü. NN.

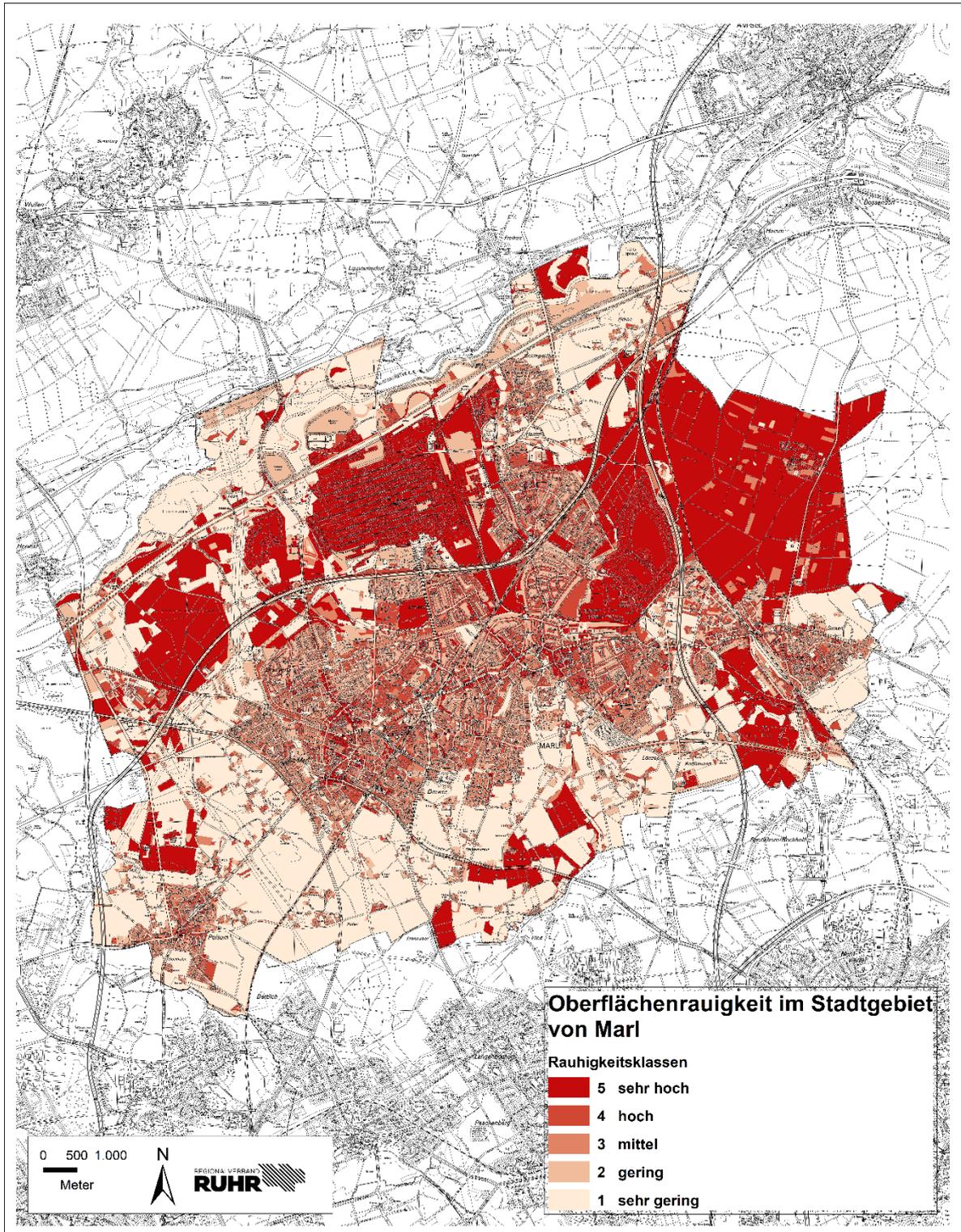
In südliche und östliche Richtungen steigt das Gelände bis auf Höhen um 120 m ü. NN (im Osten der Stadt im Bereich der Haard) bzw. bis auf Höhen um 90 m ü. NN im Süden der Stadt deutlich an. In den Stadtteilen Marl-Hamm und Hüls-Nord liegt die Halde Brinkfortsheide mit einer Höhe bis zu ca. 120 m ü. NN. Mit einer Fläche von fast 170 ha zählt sie zu den größten Halden im Ruhrgebiet.



Karte 2.1: Darstellung des Reliefs im Stadtgebiet von Marl.

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 Marler Stadtgebiet zeigen

geringe Oberflächenrauigkeiten im Bereich der landwirtschaftlich genutzten Flächen insbesondere im Südwesten und Süden des Stadtgebietes. Höhere Rauigkeitswerte ergeben sich infolge der Bebauung in den Siedlungs- und Gewerbe- bzw. Industriegebieten. Zudem zeichnen sich auch Wälder durch eine erhöhte Oberflächenrauigkeit aus. Erhöhte Werte bedingen in der Regel eine Verringerung der Windgeschwindigkeit gegenüber dem unbebauten und unbewaldeten Umland und können somit negative Auswirkungen auf die Durchlüftung zur Folge haben. Insgesamt zeichnet sich das Stadtgebiet von Marl durch eine relativ geringe Reliefenergie und dadurch wenig stark ausgeprägte geomorphologische Strukturen aus. Die Oberflächenrauigkeit zeigt eine stark heterogene Ausprägung im Stadtgebiet mit erhöhter Rauigkeit in weiten Teilen des nördlichen Stadtgebietes aufgrund großflächiger Waldgebiete und Industrieflächen auf.



Karte 2.2: Darstellung der Oberflächenrauigkeit im Stadtgebiet von Marl

### 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 Marl sowie deren Flächengrößen (Stand 31.12.2015). Dabei wird deutlich, dass 52% des Stadtgebietes durch bebaute Flächen oder Verkehrsflächen überprägt sind. Während landwirtschaftliche Flächen einen Anteil von 31,9 % an der Gesamtfläche ausmachen, weisen Wald (21,0 %), Erholungs- (3,0 %) und Wasserflächen (2,6 %) geringere Flächenanteile auf (IT.NRW 2019).

Bei einer näheren Betrachtung der zeitlichen Entwicklung der Flächennutzungsstrukturen fällt auf, dass in den Jahren 2004 bis 2015 die Landwirtschaftsflächen und die sonstigen Flächen eine größere Reduzierung zu verzeichnen hatten. Wurden beispielsweise 2004 noch 2.931 ha des Stadtgebietes landwirtschaftlich genutzt, waren es 2015 nur noch 2.801 ha. Dies entspricht einer Reduzierung der landwirtschaftlichen Fläche um 130 ha bzw. 4,4 % in 11 Jahren. Im selben Zeitraum hat die bebaute Fläche um 61 ha bzw. 3,4 % zugenommen. Gleichzeitig sind neue Erholungsflächen (54 ha; entspricht einem Zuwachs von 25,9 %) und Waldflächen (34 ha; entspricht einem Zuwachs von 1,8 %) entstanden (IT.NRW 2019).

*Tabelle 2: Anteile der Nutzungsarten an der Gesamtfläche des Stadtgebietes von Marl sowie deren Flächengröße (Stand: 31.12.2015; IT.NRW 2018 )*

<b>Nutzungsart</b>	<b>Fläche in ha</b>	<b>Anteil in %</b>
Bebaute Fläche	2.685	30,6
Erholungsfläche*	262	3,0
Verkehrsfläche	933	10,6
Landwirtschaftliche Fläche	2.801	31,9
Waldfläche	1.845	21,0
Wasserfläche	225	2,6
Sonstige Flächen	25	0,2
<b>insgesamt</b>	<b>8.776</b>	<b>100,0</b>

Die räumliche Aufteilung der unterschiedlichen Flächennutzungstypen im Stadtgebiet weist grundsätzlich eine heterogene Verteilung der Frei- und Siedlungsflächen auf. Allerdings ist ein relativ geschlossener, überbauter Bereich in den Innenstadtbezirken erkennbar. Diese bebauten Bereiche werden von einigen Grünflächen wie dem Volkspark Marl, den Grünflächen entlang des Weierbachs, des Lohmühlenbachs und des Silvertbachs sowie den Grünanlagen des Freizeitparks westlich des Zentralen Betriebshofs und den Grünflächen nördlich des Einkaufszentrums Marler Stern aufgelockert. Die klimameliorierende Wirkung ist zwar oftmals 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 besitzen. In diesem Zusammenhang sind insbesondere die entlang der Bachläufe befindlichen Grünanlagen, die bis an die unbebauten Außenbereiche hineinragen, zu nennen.

Neben einem zusammenhängenden Siedlungsbereich, der sich über die Stadtteile Stadtkern, Alt-Marl, Drewer-Nord und Drewer-Süd, Hüls-Nord und Hüls-Süd sowie Teile von Marl-Hamm erstreckt, existieren einige kleinere, isolierter liegende Siedlungen in den Stadtteilen Polsum, Sinsen-Lenkerbeck und Marl-Hamm.

Diese Siedlungsbereiche sind überwiegend locker bebaut, besitzen einen hohen Grünflächenanteil und sind durch landwirtschaftliche Flächen und/oder Wälder voneinander getrennt, so dass starke Vernetzungsstrukturen von Frei-, Wald- und Grünflächen festzustellen sind. Dabei konzentrieren sich die größten Waldflächen auf das nördliche Stadtgebiet und umfassen die Stadtteile Brassert, Hüls-Nord und Sinsen-Lenkerbeck. Kleinere Waldgebiete sind südlich des eigentlichen Siedlungsbereiches von Hamm in die ländlichen Freiflächen eingestreut. Charakteristisch sind hier ebenfalls zahlreiche kleine Streusiedlungen und Einzelhöfe, die von landwirtschaftlich genutzten Flächen umgeben sind.

Hervorzuheben ist ferner die besondere Situation im Stadtteil Chemiezone, der nördlich des Stadtkerns liegt, einen hohen Versiegelungsgrad aufweist und nur sehr vereinzelt durch kleinere Brach- und Grünflächen sowie Baum- und Strauchstrukturen durchzogen wird, darüber hinaus aber keine Wohnbebauung aufweist.

Weitere größere Industrie- und Gewerbeflächen befinden sich im westlichen Abschnitt des Stadtgebietes in den Stadtteilen Brassert und Alt-Marl sowie in Sinsen-Lenkerbeck. Kleinere Gewerbegebiete sind im Stadtrandbereich sowie im Stadtteil Stadtkern angesiedelt.

Im Norden des Stadtgebietes entlang des Chemiewerks verlaufen der Wesel-Datteln-Kanal sowie die Lippe. Kleinere Bachläufe durchziehen das gesamte Stadtgebiet und werden meist von mehr oder weniger großen Grünflächen begleitet, die sich durch weite Teile des Siedlungsraumes erstrecken und somit eine Verbindung zu den großen landwirtschaftlichen Flächen und Waldflächen außerhalb der Stadt schaffen.

Marl wird weiterhin von einigen wichtigen Verkehrsverbindungen mit überregionaler Funktion durchzogen, die Einfluss auf die lufthygienische Situation haben. Zwischen dem Chemiepark Marl und nördlich der Siedlungen von Drewer-Nord verläuft von West nach Nordost die A 52, die im nordöstlichen Abschnitt des Stadtteils Marl-Hamm in die A43 mündet. Diese wiederum verläuft durch das östliche Stadtgebiet und quert die Gewerbegebiete in Sinsen-Lenkerbeck sowie die großen Waldgebiete der Haard.

Des Weiteren verläuft die Bundesstraße B 225 südwestlich durch das Stadtgebiet und kreuzt die A 52 im Westen im Stadtteil Alt-Marl und die A 43 südlich der Stadt Marl auf Recklinghäuser Stadtgebiet. Somit ist der gesamte zusammenhängende Siedlungsbereich von Marl von vielbefahrenen Autobahnen bzw. Bundesstraßen umgeben.

### **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 Marl erfolgt anhand der Klimaanalysekarte in Kapitel 4.

Im Folgenden werden die einzelnen Klimatope kurz beschrieben und eine regionale Einordnung der Stadt Marl 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 Klimaelemente 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 Marl 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 Unterschiede zwischen unterschiedlichen Flächennutzungen am stärksten hervortreten.

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

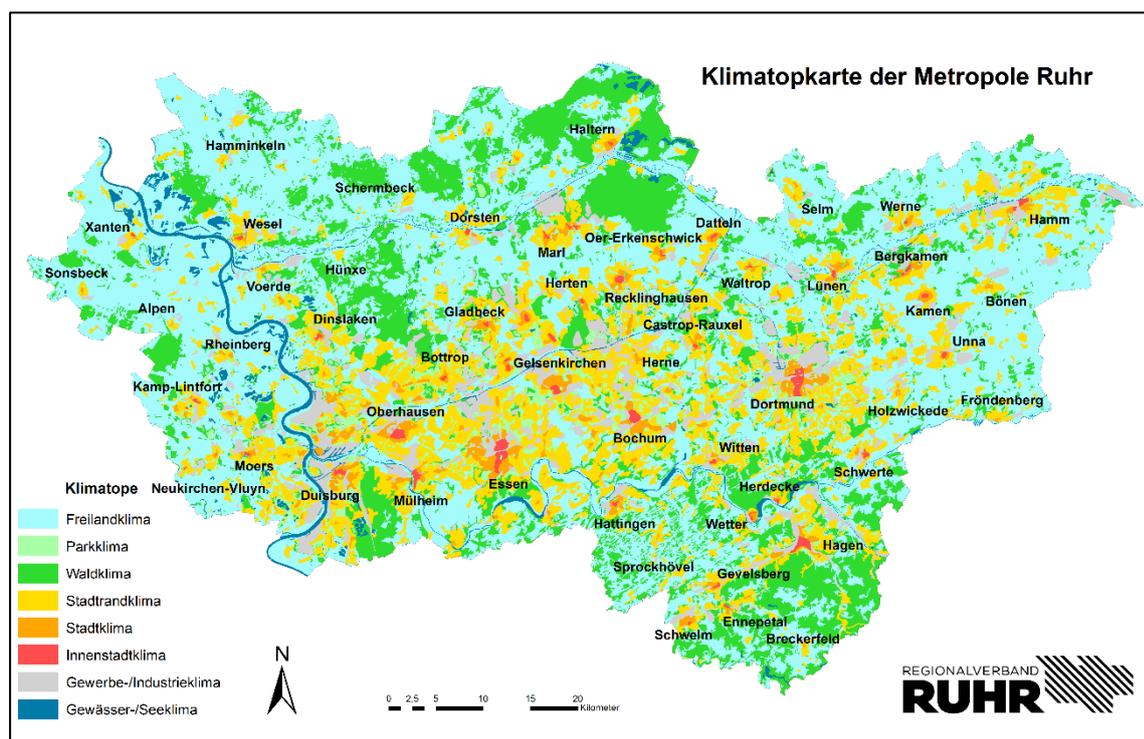


Abb. 2-4: Regionale Klimatopkarte des Ruhrgebietes (2012).

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, aufgrund der starken 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 Marl ist regional dem nördlichen Ruhrgebiet zuzuordnen. Vom eigentlichen Siedlungskernbereich des Ruhrgebietes ist Marl durch große, zusammenhängende Flächen des Freilandklimas und vor allem im östlichen Bereich durch Flächen des Waldklimas getrennt.

Die Ausprägung eines Innenstadtklimas erstreckt sich über verschiedene Bereiche der Bezirke Stadtkern, Drewer-Nord/-Süd und Hüls-Nord/-Süd und ist meist von Gebieten umgeben, die dem Stadtklimatop zugeordnet werden können. Der überwiegende Teil der Siedlungsfläche ist aufgrund der weitestgehend lockeren Bebauungsstruktur dem Stadtrandklima zugehörig.

Anhand der Klimatopverteilung wird deutlich, dass die Stadt Marl inmitten einer ländlichen, durch große Freiland- und Waldflächen geprägten Landschaft liegt, innerhalb des Siedlungsbereichs jedoch nur relativ wenig durch Grün- und Parkanlagen aufgelockert ist. Darüber hinaus wird 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 bereits im Jahr 2012 flächendeckend für die gesamte Metropole Ruhr mit Hilfe des Simulationsmodells FITNAH-3D berechnet. Aufgrund der zwischenzeitlich stark veränderten baulichen Strukturen in vielen Bereichen der Metropole Ruhr wurde die Modellierung mit Hilfe neuester Datengrundlagen aktualisiert und hinsichtlich der Auflösung verbessert. Darüber hinaus wurde die neue Modellrechnung um zusätzliche Parameter sowie die Darstellung des Klimawandels anhand von thermischen Kenntagen ergänzt.

Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte dabei in einem Raster mit einer Zellengröße von jeweils 25 m x 25 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 Eingangsparameter wurden auf Grundlage eines digitalen Gelände-höhenmodells mit einer Auflösung von 10 m abgeleitet. Zur Aufbereitung der Nutzungsstrukturen für die Modellrechnung wurde die Flächennutzungskartierung des RVR verwendet (Bearbeitungsstand: Mai 2020). 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 Wetterlage. Hierbei 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. (RVR 2013).

Im Folgenden werden die Ergebnisse der FITNAH-Modellierung (2020) zu verschiedenen meteorologischen Parametern für das Stadtgebiet von Marl erläutert.

### **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 zweiseitigen Strahlungsumsatz zwischen Atmosphäre und Kronendach sowie zwischen Kronendach und Stammraum. Größere Waldgebiete 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.

In Karte 3.1 ist die mit FITNAH-3D simulierte Verteilung der bodennahen Lufttemperatur in 2 Meter über Grund für eine sommerliche austauscharme Strahlungswetterlage zum Zeitpunkt 14 Uhr dargestellt. Die mittlere Lufttemperatur liegt im Stadtgebiet von Marl bei 31,2 °C. Das Temperaturminimum beträgt 19,6 °C und das Maximum der simulierten Temperaturen liegt bei 35,3 °C. Damit wird eine Temperaturdifferenz im Stadtgebiet von bis zu 15,7 K erreicht. Die höchsten Temperaturen sind auf dem Gelände des Chemiewerks Marl simuliert worden, was auf die großflächige Ausdehnung des hoch versiegelten Bereichs mit nur einem geringen Grünflächenanteil zurückzuführen ist (weitere Erläuterungen s.u.). Der Siedlungsraum von Marl ist mit ca. 33,5 °C ebenfalls durch sehr hohe Lufttemperaturen während der Tagstunden gekennzeichnet. Dabei konnten die höchsten Temperaturen innerhalb der kleineren Gewerbeflächen sowie dicht bebauten Innenstadtbereiche ermittelt werden. Die landwirtschaftlichen Flächen südlich und westlich des Siedlungsraums zeigen eine nur unwesentlich günstigere Situation mit Lufttemperaturen über 32 °C an. Dass die Temperaturen zwischen dicht bebauten Innenstadtbereichen und unversiegeltem Freiland sich zur Mittags- bzw. frühen Nachmittagszeit kaum unterscheiden, wird durch zahlreiche Untersuchungen für alle Monate des Jahres belegt. Insbesondere im Juli kann es sogar zu einer Umkehr der Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Land kommen. Diese Situation tritt insbesondere während starker Einstrahlung auf und ist mit dem Schattenwurf der Gebäude in den Siedlungsräumen, die Verlagerung der maßgeblichen Strahlungsreferenzflächen auf das Niveau der Gebäudedächer und die Ableitung der Wärme in die Baumaterialien zu erklären (KUTTLER 2009).

Mit Temperaturen von 26 -28 °C sind innerhalb der Wälder deutlich günstigere Bedingungen während der Tagstunden festzustellen. Grund für die geringere Aufheizung ist die Abschirmung des Kronendachs vor der Sonnenstrahlung sowie die Verdunstungskühlung durch die Vegetation.

Die Wasserflächen stellen sich am Tage aufgrund der hohen spezifischen Wärmekapazität (Maß für diejenige Energie, die benötigt wird, um 1kg eines Stoffes um 1K zu erwärmen) als die kühlest Bereiche mit Temperaturen um 20 °C dar. Die leicht kühlende Wirkung ist noch in Teilen der Niederungsbereiche der Lippe sowie im Nahbereich des Wesel-Datteln-Kanals mit Temperaturen zwischen 30 °C und 32 °C nachzuweisen. Auch innerhalb des Siedlungsraums führen die dort vorhandenen Wasserflächen zu einer Abkühlung der angrenzenden Freilandflächen, die bis zu einer Entfernung von maximal 300 m nachweisbar ist (z.B. Wasserfläche westlich des Einkaufszentrums Marler Stern und Gewässer an der Loemühle).

Karte 3.2 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 Lufttemperatur im Stadtgebiet von Marl liegt bei 16,4 °C. Dabei umfasst das sich nächtlich einstellende Temperaturfeld Werte zwischen 13,9°C und 21,4 °C und weist somit eine Stadt-Umland-Differenz von 7,5 K auf.

Bei Betrachtung der Karte der bodennahen Lufttemperatur fällt auf, dass die höchsten Temperaturen im Stadtgebiet im Bereich des Chemieparks Marl auftreten. Der Chemiapark Marl ist einer der größten Chemiestandorte Deutschlands und umfasst eine Fläche von über sechs Quadratkilometern. Im Chemiapark arbeiten rund 10.000 Menschen. Von wenigen Lager- und Grünflächen abgesehen ist die Fläche hoch versiegelt und stark verdichtet, wodurch sich die hohen nächtlichen Temperaturen erklären lassen. Durch den Betrieb von Gas- und Kohlekraftwerken sowie der Produktionsanlagen werden zudem nicht nur Luftschadstoffe, sondern zusätzlich Wärme freigesetzt.

Innerhalb kleinerer Gewerbeflächen, Stadtteilzentren sowie verdichteter Wohngebiete können Werte von 16 °C bis über 19°C auftreten. Weite Teile der zumeist aufgelockerten Stadtrandbebauung weisen mit knapp über 15 °C bis 17 °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 über den landwirtschaftlich genutzten Arealen, in den äußeren Bereichen des Stadtgebiets zu verzeichnen, was in ihrer starken langwelligen Ausstrahlung nach Sonnenuntergang begründet liegt.

Zusätzlich können durch reliefbedingte Faktoren, wie eine Tallage, Kaltluftbewegungen zum Erliegen kommen und somit Kaltluftsammlgebiete entstehen, wodurch die niedrigen Temperaturen über den landwirtschaftlichen Flächen mit knapp 14 °C bis ca. 15 °C begünstigt werden. Gleichzeitig sorgen nahe gelegene Wälder in Hanglage für einen kontinuierlichen Nachschub an Kaltluft.

In den Waldgebieten sind vergleichsweise hohe Temperaturen zu verzeichnen. Hier dämpft das Kronendach die nächtliche Ausstrahlung und damit auch ein stärkeres Absinken der bodennahen Lufttemperatur im Stammraum.

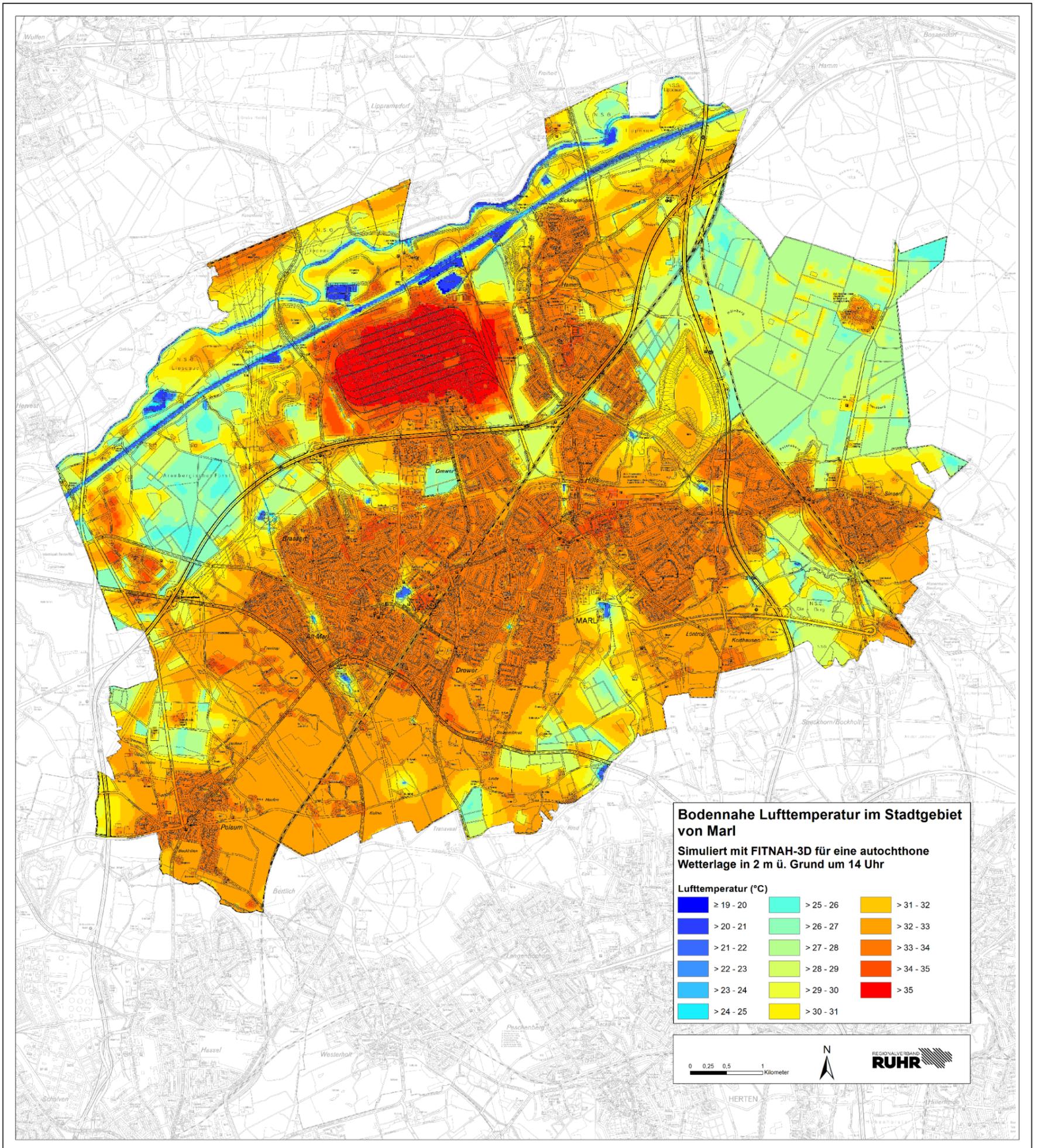
Verglichen mit den weitläufigen Freiräumen des Umlandes weisen die innerstädtischen Grünflächen, abhängig von ihrer Größe und Form, höhere Werte auf, welche zumeist zwischen 15 °C und 16 °C liegen. Hier wird deutlich, dass diese Flächen in eine insgesamt wärmere Umgebung eingebettet sind und daher die geringen Temperaturen des Umlandes nicht mehr erreicht werden. Dazu zählen sämtliche Grünanlagen entlang der Fließgewässer (z.B. entlang des Weierbachs (Volkspark), des Freerbruchbachs, des Silvertbachs und des Loemühlensbachs) sowie die Grünflächen im Umfeld größerer Gebäudekomplexe (z.B. der Patienten- und

Bürgerpark des Marienhospitals) und die größeren, zusammenhängenden Grünflächen innerhalb der Wohngebiete.

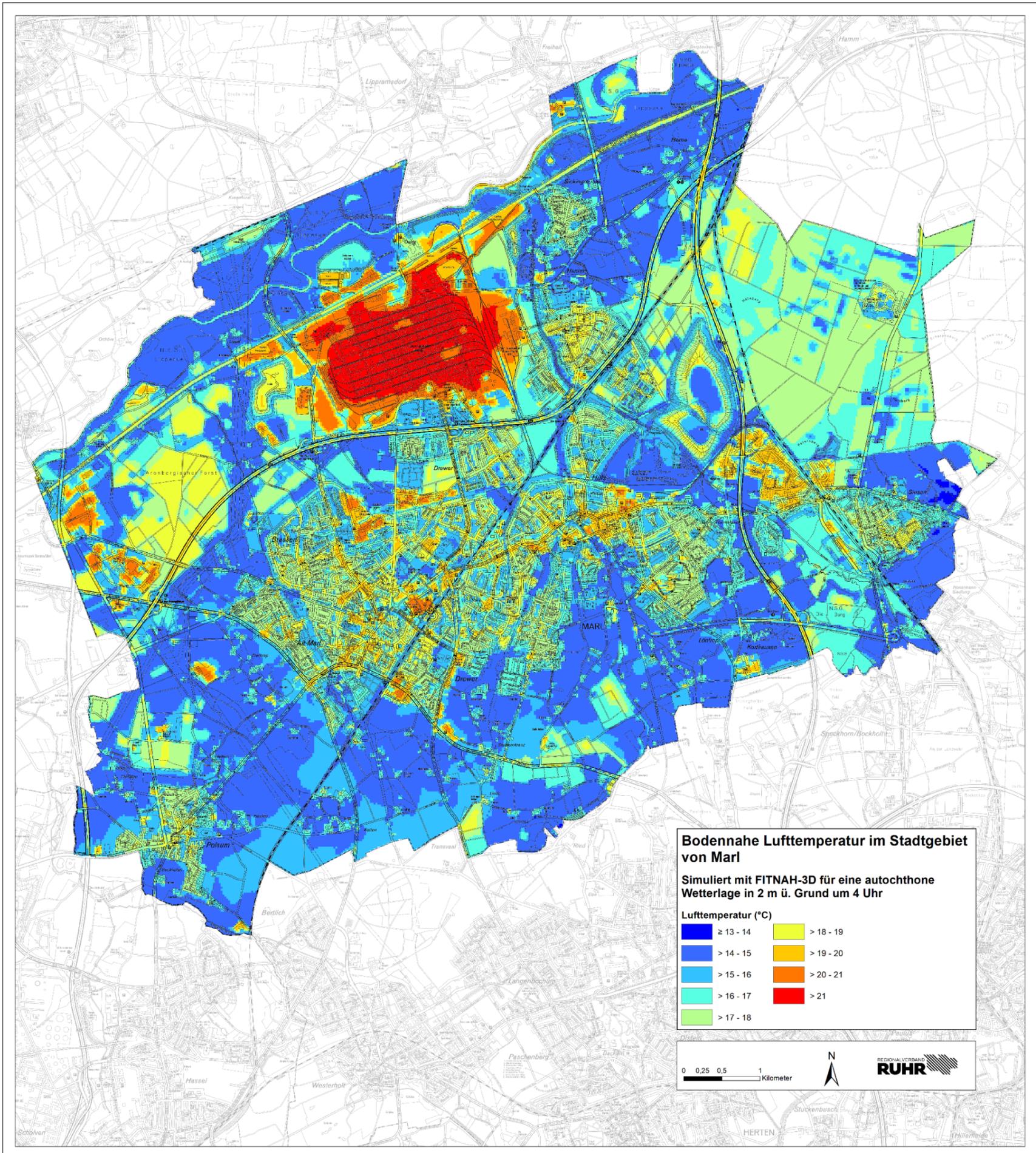
Die Temperaturen der innerstädtischen Wasserflächen liegen aufgrund der hohen Wärmekapazität bei 18 °C bis 19 °C.

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 3.3. Während die Lufttemperatur im Innenstadtbereich nur um 4 K bis 5 K zurückgeht, ist die Abkühlungsrate über den landwirtschaftlich genutzten Flächen mit bis zu fast 7 K am höchsten. Die Abkühlung der Waldflächen kann dagegen weniger als 3 K betragen, was auf den gedämpften Tagesgang der Lufttemperatur im Stammraum zurückzuführen ist.

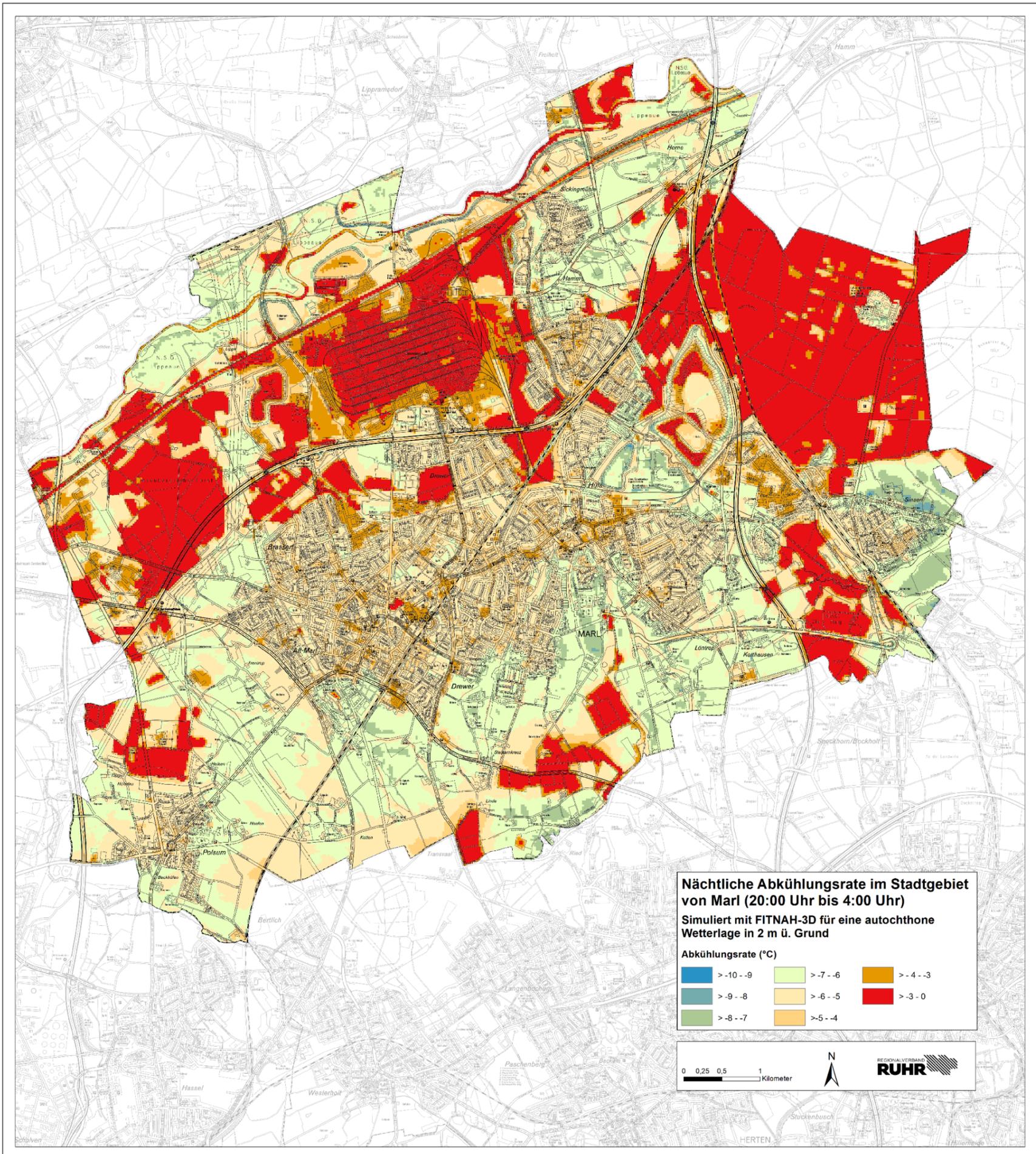
Karte 3.1: Bodennahe Lufttemperatur (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Marl um 14 Uhr.



Karte 3.2: Bodennahe Lufttemperatur (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Marl um 4 Uhr.



Karte 3.3: Nächtliche Abkühlungsrate (20 – 4 Uhr) der Lufttemperatur im Stadtgebiet von Marl.



### 3.2 Physiologische Äquivalenttemperatur (PET)

Das physiologische Wärmeempfinden des Menschen wird nicht nur von der Lufttemperatur, sondern von weiteren Faktoren bestimmt. Dazu zählen neben der Windgeschwindigkeit und der Luftfeuchtigkeit auch die jeweiligen Einstrahlungsbedingungen (Sonneneinstrahlung, Schattenwurf und langwellige Wärmeabstrahlung von Gebäuden). Somit ist die Lufttemperatur nicht immer als maßgeblicher Faktor für das Wärmeempfinden zu betrachten. Je nach Situation und Tageszeit können auch die Strahlungs- und Windverhältnisse dominierend sein (Matzarakis 2013).

Aus diesem Grund ist eine kombinierte Bewertung aller relevanten Faktoren notwendig. Da hier alle den Wärmehaushalt des Menschen direkt beeinflussenden Klimaelemente eine Rolle spielen, spricht man vom thermischen Wirkungskomplex.

Unter Berücksichtigung entsprechender Bekleidung und meteorologischer Größen kann der Wärmehaushalt berechnet werden und durch Vergleich mit Kenngrößen zur Behaglichkeit eine Beurteilung vorgenommen werden. Die auf diese Weise bestimmten PET-Werte können einem thermischen Empfinden und einer Belastungsstufe zugeordnet werden (s. Tabelle 3). Damit ist die Physiologische Äquivalenttemperatur (PET) als biometeorologischer Index geeignet, den aktuellen meteorologischen Atmosphärenzustand in thermischer Hinsicht für den Menschen bewertbar zu machen.

So kann beispielsweise das Anhalten der Überwärmung in der Nacht bei geringer Windgeschwindigkeit dazu führen, dass der Schlaf nachteilig beeinflusst wird. Aber auch am Tage kann die Überwärmung vor allem in Kombination mit höherer Luftfeuchtigkeit und intensiver Sonneneinstrahlung zu einer hohen Belastungssituation führen.

Zur Bewertung der thermischen Behaglichkeit wurde der PET aus dem Energiebilanzmodell des menschlichen Körpers (Münchener Energiebilanz-Modell für Individuen, MEMI) abgeleitet. PET ist definiert als die Lufttemperatur, bei der in einer typischen Innenraumsituation die Energiebilanz des menschlichen Körpers, mit denselben Werten der Kern- und Hauttemperatur wie bei den Bedingungen im Freiraum, ausgeglichen ist (VDI 1989).

Die dem Modell zugrunde gelegte Gleichung lautet:

$$M + W + R_n + Q_H + Q_L + Q_{Sw} + Q_{Re} = 0 \text{ (W)}$$

- M: Metabolische Rate = Gesamtenergieumsatz des Menschen
- W: Energieumsatz infolge mechanischer Leistung
- R<sub>n</sub>: Strahlungsbilanz
- Q<sub>H</sub>: Fluss fühlbarer Wärme
- Q<sub>L</sub>: Fluss latenter Wärme durch Wasserdampfdiffusion
- Q<sub>Sw</sub>: Fluss latenter Wärme durch Verdunstung von Schweiß
- Q<sub>Re</sub>: Energieumsatz infolge von Erwärmung und Wasserdampfsättigung der Atemluft

## Flächenhafte Ausprägung ausgewählter Klimaelemente

Die Standardperson (Klima-Michel) für den die PET-Berechnung aufgestellt wurde, erfüllt dabei folgende Voraussetzungen:

Geschlecht: männlich  
Alter: 35 Jahre  
Gewicht: 75 kg  
Größe: 1,75 m  
Körperoberfläche: 1,9 m<sup>2</sup>  
metabolische Rate: 80 W (leichte Tätigkeit, sitzend)  
Kleidungsfaktor: 0,9 clo

Die Adaption für den Innenraum erfolgt unter den folgenden meteorologischen Annahmen:

Windgeschwindigkeit: 0,1 m/s  
Wasserdampfdruck: 12 hPa  
Annahme, dass die mittlere Strahlungstemperatur  $T_{mrt}$  der Lufttemperatur  $T_a$  entspricht ( $T_{mrt} = T_a$ )

Für einen ruhig sitzenden Menschen mit üblicher Innenraumbekleidung stellt sich üblicherweise bei einer PET von etwa 20 °C eine optimale Behaglichkeit ein (Held und Krüger 2011).

Tabelle 3 verdeutlicht die sechs PET-Klassen in aufsteigender Reihenfolge von Kältestress über Behaglichkeit bis zu den Stufen des Hitzestresses.

*Tabelle 3: Einteilung der PET-Klassen, verändert nach Matzarakis und Mayer (1996) und Held und Krüger (2011)*

PET-Intervall (°C)	Klasse	Thermisches Empfinden	Grad des physiologischen Stress <sup>4</sup>
0 - 18	1	Leicht kühl und kälter	Kältestress
> 18 - 23	2	Behaglich	Kein thermischer Stress
> 23 - 29	3	Leicht warm	Leichter Hitzestress
> 29 - 35	4	Warm	Moderater Hitzestress
> 35 - 41	5	Heiß	Starker Hitzestress
> 41	6	Sehr heiß	Extremer Hitzestress

Die PET ist auch Bestandteil der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 (Verein Deutscher Ingenieure) (VDI 1998).

Die thermische Belastung am Tage wird anhand des PET-Wertes in Karte 3.4 für das Stadtgebiet von Marl dargestellt.

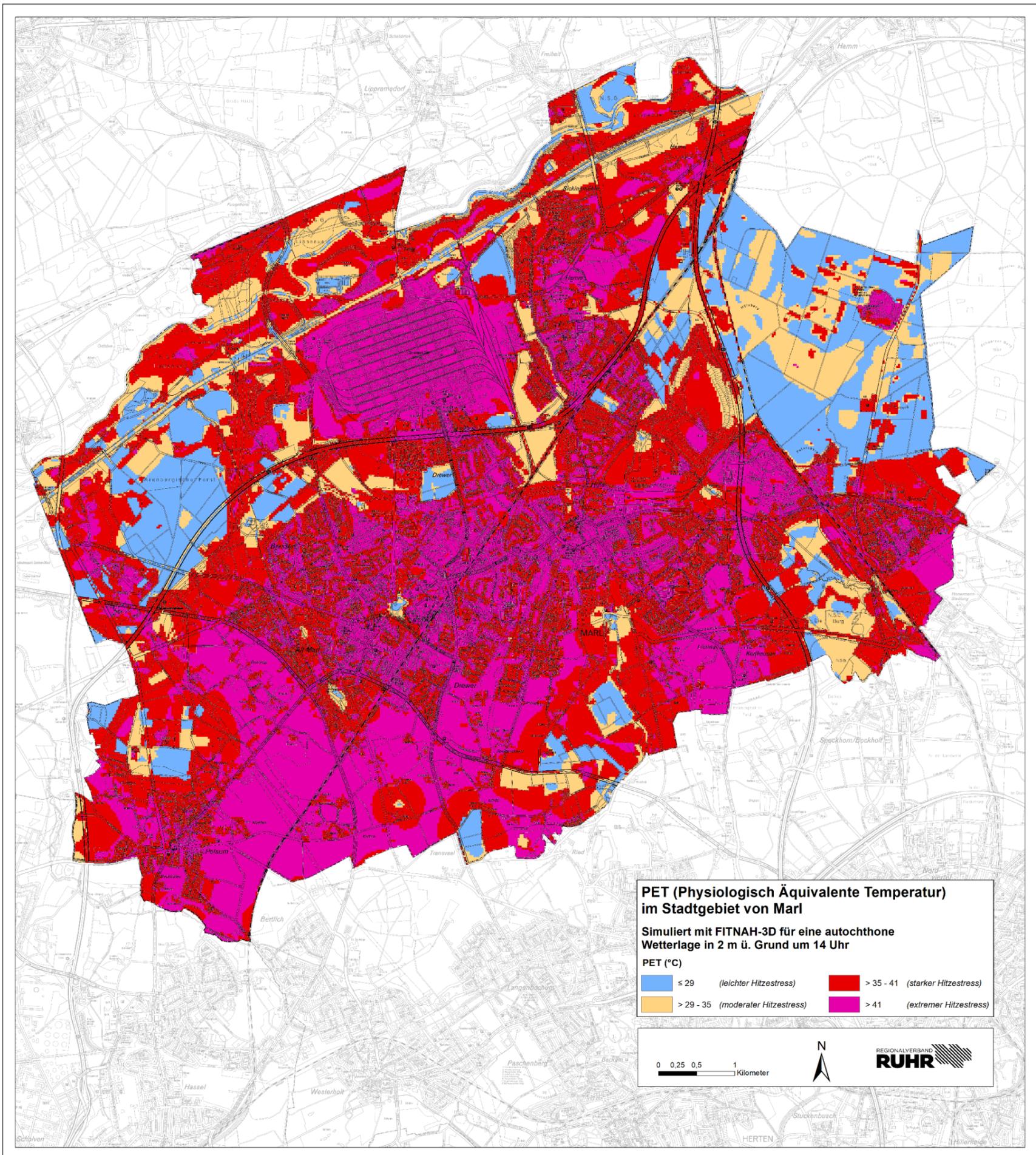
Die Abbildung verdeutlicht, dass die Unterschiede zwischen stark verdichteten innerstädtischen Quartieren und lockerer bebauten Siedlungsräumen nicht sehr stark ausgeprägt sind. Während in den am dichtesten bebauten Bereichen der Innenstadt und den Gewerbe-/Industriegebieten das thermische Empfinden als „sehr heiß“ bewertet wird und somit ein extremer Hitzestress auftritt, ist in den lockerer bebauten Siedlungsflächen das thermische Empfinden mit „heiß“ definiert, was einem starken Hitzestress entspricht. Auffällig ist ebenfalls, dass im Außenbereich, in dem ein hoher Anteil großflächiger landwirtschaftlich genutzter Flächen mit wenig Baum- und Strauchvegetation charakteristisch ist, ebenfalls ein extremer Hitzestress auftritt. Die starke thermische Belastung der Freiräume ist mit der fehlenden Beschattung durch höhere Vegetationsbestände zu erklären.

Eine deutliche Reduktion der thermischen Belastung innerhalb der verdichteten Siedlungsräume tritt durch das Vorhandensein von verdunstungsaktiven Flächen, wie z.B. der Gewässerflächen im Volkspark oder westlich des Einkaufszentrums Marler Stern, auf. Die Reichweite des Gewässereinflusses beträgt dabei ca. 60 – 140 m und führt dazu, dass der Grad des physiologischen Stresses im Nahbereich der Wasserflächen um eine Stufe abgesenkt wird.

Bei der Bewertung des Freiraums zeigt sich für die Waldflächen im Vergleich zu den Acker- und Wiesenflächen eine relativ geringe Wärmebelastung, die als leichter bis moderater Hitzestress definiert wird. Somit ist das thermische Empfinden in den Waldflächen als leicht warm bis warm zu bezeichnen. Bei Betrachtung der Simulationsergebnisse fällt ebenfalls auf, dass die kühlende Wirkung der Waldflächen das thermische Empfinden in einem 300 – 600 m - Radius um die Waldflächen herum positiv begünstigt und hier der Grad des physiologischen Stresses um eine Stufe abgesenkt werden kann.

Insgesamt wird deutlich, dass tagsüber die thermische Belastung am stärksten durch größere Waldflächen reduziert wird, da diese im Gegensatz zu weiteren Vegetationsformen die höchste Verdunstungsaktivität aufweisen und zudem bei dichtem Baumbestand eine direkte Sonneneinstrahlung bis zum bodennahen Bereich nicht gegeben ist. Die Verbesserung der human-biometeorologischen Situation kann in der Stadt aber ebenso durch Wasserflächen erreicht werden. Hierbei sorgen geringe Windgeschwindigkeiten für den Transport des Wassers in die nähere Umgebung, so dass eine Kühlungswirkung über die Wasserfläche hinaus entsteht (KUTTLER, W. et al. 2012).

Karte 3.4: Physiologische Äquivalenttemperatur (PET) im Stadtgebiet von Marl.



### 3.3 Hitzebelastung

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Hitzebelastung während der Nachtstunden anhand der nächtlichen Lufttemperaturen (Kapitel 3.1) sowie die Hitzebelastung während der Tagstunden mittels Darstellung der physiologischen Äquivalenttemperatur (PET; Kapitel 3.2) für das Stadtgebiet räumlich dargestellt und erläutert.

Beim Vergleich der Ergebnisse für die Tag- und die Nachtsituation fällt auf, dass innerhalb des Stadtgebietes Bereiche existieren, die entweder nur während einer Tageshälfte oder ganztägig hohe bzw. moderate oder niedrige bioklimatische Belastungssituationen aufweisen. Die Hitzebelastung kann in Abhängigkeit von der Flächennutzung und dem Einfluss ihrer Umgebung also entweder am Tage bzw. in der Nacht oder während des gesamten Tagesverlaufs auftreten. Um die bioklimatischen Bedingungen im Stadtgebiet für einen gesamten Tagesverlauf im Mittel beurteilen zu können, reichen die Darstellungen in den vorangegangenen Kapiteln daher nicht aus.

Aus diesem Grund wurde im nächsten Schritt eine Gesamtbetrachtung der Hitzebelastung, die sich aus den gemittelten Ergebnissen für die Tag- und Nachtstunden ergibt, vorgenommen. Ziel war dabei, eine qualitative Einordnung der Hitzebelastung für einen gesamten Tagesverlauf vorzunehmen und räumlich darzustellen.

Um die simulierten FITNAH-Ergebnisse für die Physiologische Äquivalenttemperatur und die nächtlichen Temperaturen qualitativ einzuordnen, wurden im Falle der PET-Werte die Klassifizierung nach Matzarakis und Meyer (1996) sowie nach Held und Krüger (2011) und im Falle der nächtlichen Lufttemperaturen die Methodik der Klimaanalyse für NRW (LANUV 2021) herangezogen.

Die Ergebnisse der qualitativen Einordnung sind den Tabelle 4 und 3-3 zu entnehmen. Zur besseren Vergleichbarkeit der bioklimatischen Hitzebelastung während der Tag- und Nachtstunden wurde zusätzlich jeweils eine Spalte „PET-Klasse“ und „Temperatur-Klasse“ ergänzt. Im letzten Schritt wurden beide Bewertungsklassen gemittelt, woraus sich insgesamt acht neue Hitzebelastungs-Klassen ergeben (s. Tabelle 6).

Tabelle 4: PET-Klassen, verändert nach Matzarakis und Mayer (1996) und Held und Krüger (2011)

PET (°C)	Qualitative Einordnung PET	PET-Klasse
< = 23*	Kein Hitzestress	0
>23 - 29	Leichter Hitzestress	1
>29 - 35	Moderater Hitzestress	2
>35 - 41	Starker Hitzestress	3
>41	Extremer Hitzestress	4

## Flächenhafte Ausprägung ausgewählter Klimaelemente

\*Werte unterhalb von 18°C traten für den Betrachtungszeitraum der Simulation im Ruhrgebiet nicht auf, so dass im Vergleich zu Tabelle 3 (Kapitel 3.2) eine Klasse entfällt; die Klasseneinteilung wurde zur besseren Vergleichbarkeit mit der nächtlichen Temperatur entsprechend angepasst.

Tabelle 5: Temperatur-Klasse, geändert nach LANUV 2021

Temperatur (°C)	Qualitative Einordnung Temperatur	Temperatur-Klasse
≤ 17	Keine nächtl. Überwärmung	0
>17 - 18,5	Schwache nächtl. Überwärmung	1
>18,5 - <20	Mäßige nächtl. Überwärmung	2
≥20*	Starke nächtl. Überwärmung	3

\*nächtliche Temperaturen über 21,5 °C konnten anhand der FITNAH-Modellierung für das Untersuchungsgebiet der Metropole Ruhr nicht ermittelt werden, so dass keine zusätzliche Temperatur-Klasse „4“ ausgewiesen werden konnte

Tabelle 6: Gesamtbewertung der Hitzebelastung, die sich aus der der nächtlichen Temperatur und dem PET-Wert ergibt.

Hitzebelastungs-Klasse	Qualitative Einordnung gesamt (Tag und Nacht gemittelt)
0	Kein Hitzestress
0,5	Sehr leichter Hitzestress
1	Leichter Hitzestress
1,5	Leichter bis mäßiger Hitzestress
2	Mäßiger Hitzestress
2,5	Mäßiger bis starker Hitzestress
3	Starker Hitzestress
3,5	Starker bis extremer Hitzestress

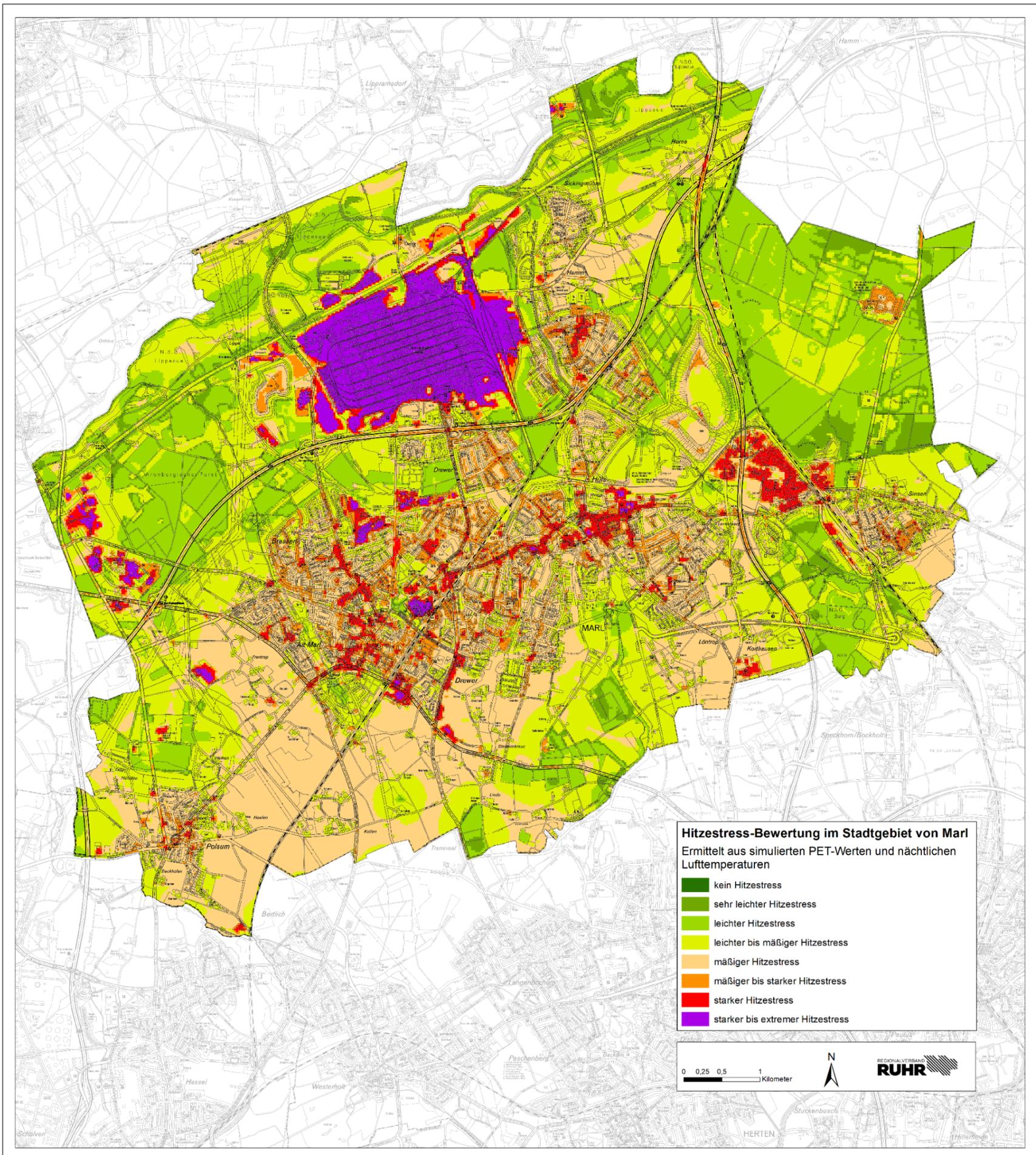
Bei der Betrachtung der ländlichen Bereiche in der Hitzestress-Bewertungskarte fällt sofort auf, dass sich die Wälder durch einen nur leichten (in einzelnen Abschnitten sogar durch einen nur sehr leichten) Hitzestress auszeichnen und sich dieser z.T. weit in das Umfeld hinein positiv auswirkt. Dies bedeutet, dass der geringe Hitzestress der Waldgebiete zu einer Abmilderung der Belastungssituation im direkten Umfeld führt, was sich dort durch die Absenkung um eine halbe Belastungs-Klasse nach unten bemerkbar macht (von mäßig nach leicht bis mäßig). Dabei ist der Einfluss des Waldes außerhalb der zusammenhängenden Bebauung zwischen 100m und 800m in das Umfeld hinein noch nachweisbar. Nur bei sehr kleinen Waldparzellen kann dieser Effekt nicht überall festgestellt werden.

Anders sieht die Situation innerhalb der zusammenhängenden Bebauung aus, wo sich in Marl nur sehr kleine Waldparzellen befinden. Im Vergleich zu den außerhalb der zusammenhängenden Bebauung liegenden Waldgebiete, die sich überwiegend durch die Bewertung-Klasse 1 (leichter Hitzestress) auszeichnen, konnte in den kleinen innerstädtischen Waldparzellen überwiegend die Bewertung-Klasse 2 (mäßiger Hitzestress) ausgewiesen werden. Dementsprechend ist zu vermuten, dass die Hitzebelastung des bebauten Umfeldes einen

großen Einfluss auf die Belastungssituation in den innerstädtischen Waldgebieten ausübt. Günstigere Bedingungen konnten dagegen in den Park- und Grünanlagen mit einem leichten bis mäßigen (und in Teilen sogar einem nur leichten) Hitzestress nachgewiesen werden.

Während nur wenige, meist kleine Bereiche einen starken bis extremen Hitzestress innerhalb der zusammenhängenden Bebauung aufweisen, diese jedoch immer wieder durch Flächen mit geringerem Hitzestress unterbrochen werden, ist dem Chemiepark ein sehr hohes Belastungspotenzial auf sehr großer Fläche zuzusprechen. Dieses drückt sich in einem starken bis extremen Hitzestress aus. Dementsprechend treten sowohl tagsüber als auch in den Nachtstunden die höchsten Hitzebelastungen bei einer extremen Flächenausdehnung auf.

Karte 3.5: Hitzestress-Bewertung im Stadtgebiet von Marl.



### 3.4 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 (Mosimann et al. 1999).

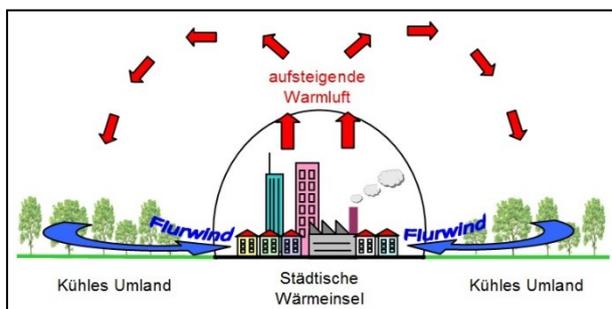


Abb. 3-1: Prinzip des Flurwindes

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 – 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-

nisse. 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 3.6* zeigt das bodennahe (2 m ü. Grund) autochthone Windfeld im Stadtgebiet von Marl für eine sommerliche Strahlungswetterlage zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens. Die Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb des Stadtgebietes reichen von vollkommener Windstille bis zu Maximalwerten von über 1,1 m/s, was aus der unterschiedlichen Reliefenergie des Untersuchungsgebietes sowie einer heterogenen Verteilung von Frei- und Siedlungsflächen resultiert. Windgeschwindigkeiten von mehr als 1,0 m/s treten nur sehr vereinzelt auf, zum Beispiel im Freilandbereich zwischen Polsumer Straße und Westerholter Straße, südöstlich von Sinsen und nördlich und westlich der Halde Brinkfortsheide. Im Marler Süden und im Bereich der Halde Brinkfortsheide treten aufgrund der ausgeprägten Hangneigung vergleichsweise höhere Windgeschwindigkeiten auf, wobei die kühleren Luftmassen bis in die angrenzenden Siedlungsbereiche eindringen. In weiten Teilen der Siedlungsräume jedoch lassen sich Strömungsgeschwindigkeiten unter 0,1 m/s feststellen. In einigen Fällen existieren Luftleitbahnen, meist in Form von Talbereichen. Hier folgen die Strömungsvektoren den Talverläufen in Richtung Marl Mitte. Mit einer Strömungsgeschwindigkeit von meist knapp über 0,1 m/s sind die Werte zwar etwas höher als in den angrenzenden Siedlungsräumen, jedoch handelt es sich auch hier um sehr schwache Luftbewegungen.

Als Frischluft- und Kaltluftschneisen sind die folgenden Bereiche besonders hervorzuheben:

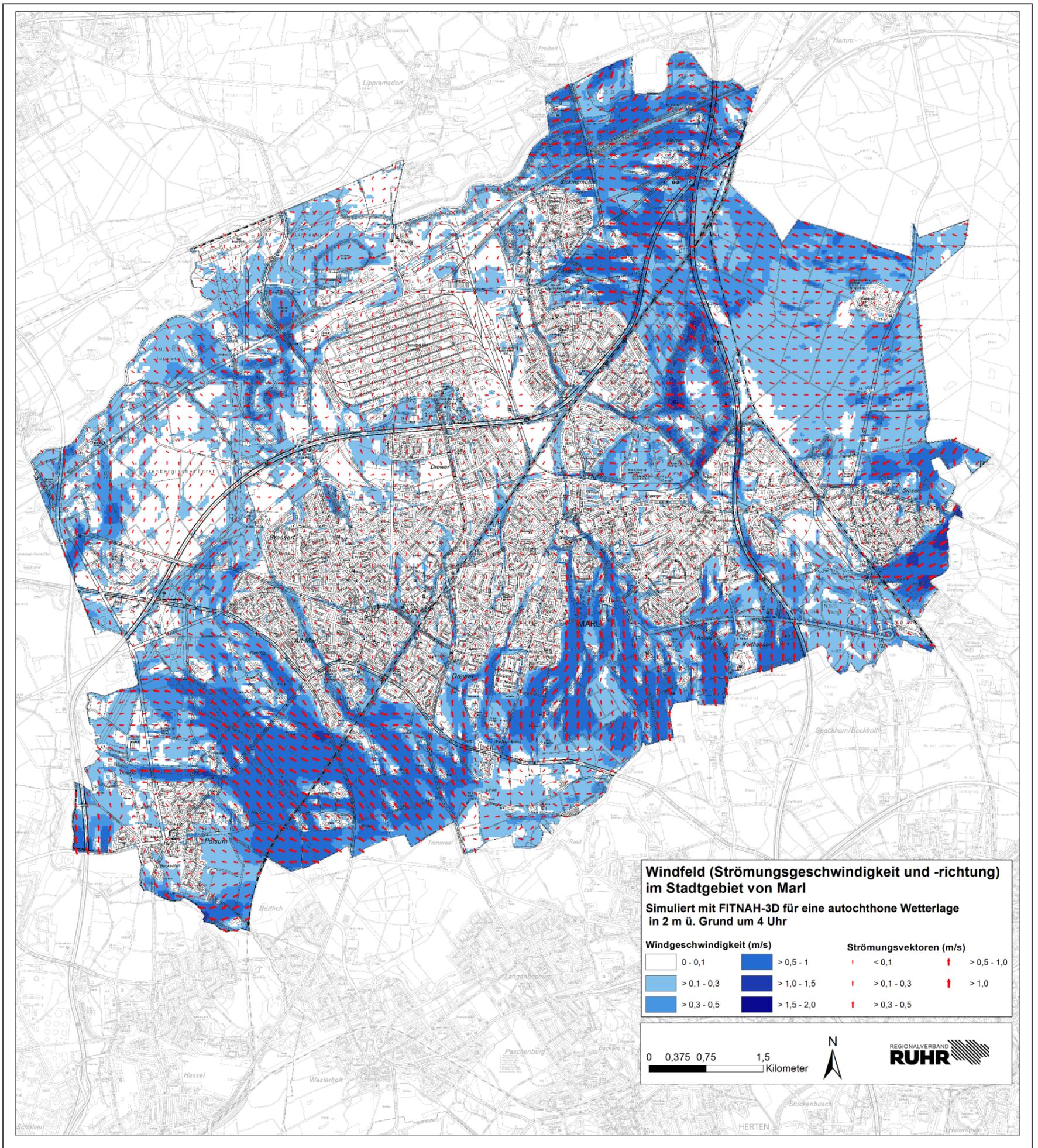
- Der Volkspark im südlichen Abschnitt der Stadt Marl (hier gelangt Kaltluft aus südlichen Richtungen bis nach Brassert)
- Die Freilandbereiche von Drewer, über die Kaltluft entlang der Willy-Brandt-Allee und der Hervester Straße bis über die Wasserfläche westlich des Marler Sterns fließt
- Die Bahntrasse, die vom Süden der Stadt in Richtung Nordosten verläuft
- Die Grünflächen westlich und östlich der Straße „Langehegge“, über die Kaltluft bis zur Paracelsus-Klinik Marl abfließt
- Die A43, über die Kaltluft in nördliche Richtungen gelangt (gleichzeitig jedoch werden mit Luftschadstoffen angereicherte Luftmassen transportiert, wodurch keine Frischluftzufuhr gewährleistet ist)

Als Frisch- und Kaltluftlieferanten sind ebenfalls die Halden auf Marler Stadtgebiet hervorzuheben:

- Von der Halde Brinkfortsheide fließt Kaltluft von der Kuppe in alle Richtungen ab, wobei die Kaltluft in zunächst nordwestliche, dann in westliche Richtungen abgelenkt wird und dort zwischen Hamm und Sickingmühle weiterfließt
- Von der Halde Brinkfortsheide-Erweiterung gelangen Kaltluftmassen in südwestliche Richtungen bis in die angrenzende Bebauung (Bereich Römerstraße/Viktoriastraße)
- Die großen Waldflächen in der Haard sind als Kaltluftlieferant in westliche bis nordwestliche Richtungen relevant, wo sie sich mit den Kaltluftmassen der Auengebiete im Bereich der Lippe vereinigen
- Die Halde Brassert III („Lipper Höhe“) liefert überwiegend Kaltluft in die unbebaute Umgebung, wo sie keine klimaverbessernde Wirkung erzielt, jedoch gelangen ebenso Kaltluftmassen in östlichen Richtungen. Dort können Überwärmungen im Bereich des Chemieparks Marl (Parkplatz) teilweise abgemildert werden. Große Gebäudekomplexe hindern jedoch die Kaltluftmassen an einem weiteren Eindringen bis in die hoch belasteten Bereiche.

Aufgrund der größtenteils nur sehr geringen Windgeschwindigkeiten in der Marler Innenstadt von unter 0,1 m/s 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 sowie Gleisareale und breite Straßenräume.

Karte 3.6: Autochthones Windfeld (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Marl um 4 Uhr.



### **3.5 Kaltluftvolumenstrom**

Die potenzielle Ausgleichsleistung einer Grün- bzw. Freifläche bezüglich der 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 auch 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  $\text{m}^3$ , die in jeder Sekunde durch den Querschnitt eines Meters fließt. Der Volumenstrom ist damit ein Maß für den Zustrom von Kaltluft und bestimmt, neben der Strömungsgeschwindigkeit, die Größenordnung des Durchlüftungspotenzials.

Karte 3.7 zeigt die flächenhafte Verteilung des Kaltluftvolumenstroms im Stadtgebiet von Marl um 4 Uhr morgens. Die Klassifizierung des Volumenstroms orientiert sich dabei am auftretenden Wertespektrum innerhalb des Untersuchungsgebietes. Analog zur Strömungsgeschwindigkeit treten die höchsten Werte im unbebauten Umland von Marl auf. Dabei sind insbesondere die Freiflächen nördlich der Halde Brinkfortsheide (zwischen Hamm und Sickingsmühle sowie im Bereich der Lippeaue im nordöstlichen Stadtgebiet) hervorzuheben, genauso wie die Freilandbereiche östlich und südöstlich von Sinsen. Darüber hinaus treten relativ hohe Werte im Bereich der Freiflächen zwischen Polsum und Alt-Marl sowie im Umfeld der Halde Brassert III und im westlichen Stadtgrenzbereich auf.

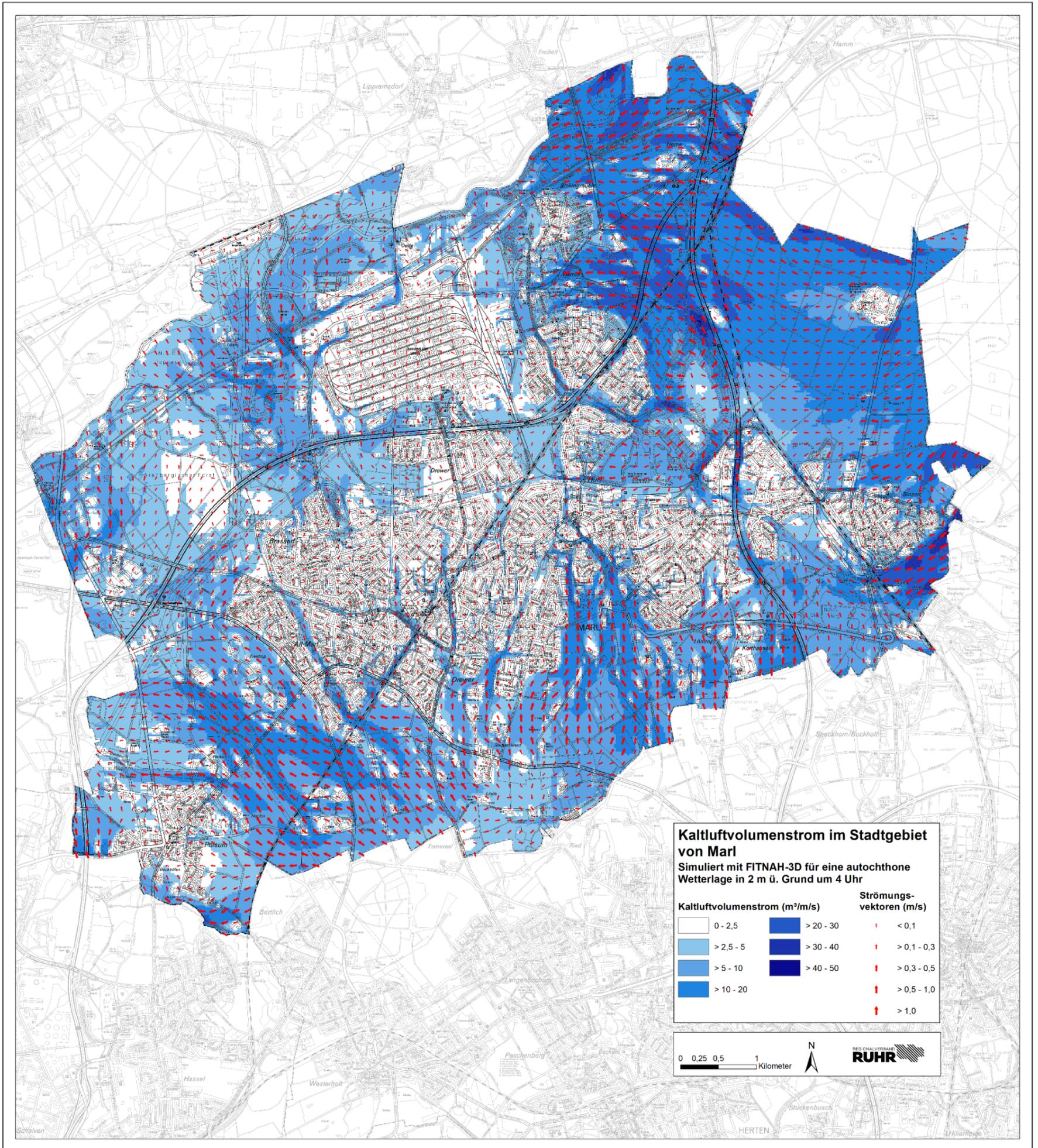
Deutlich wird die Relevanz von innerstädtischen Grünflächen und deren Vernetzung mit Frei- oder Waldflächen des Umlandes zur Versorgung der überwärmten Siedlungsbereiche mit Kaltluft am Beispiel des gesamten südlichen und südöstlichen Stadtgebietes.

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. In Marl sind es insbesondere die langgestreckten Grünflächen, die eine Verbindung zu den südlich des Siedlungsraums gelegenen Freilandflächen aufweisen und sich bis weit in die Bebauung hineinziehen. Diese Flächen wurden bereits unter Kapitel 3.4 ausführlich beschrieben. Aufgrund der zum Teil dichten Bebauung beschränkt sich der positive Einfluss jedoch vielfach nur auf die unmittelbar angrenzenden Siedlungsbereiche.

Kleinere Siedlungen bzw. Stadtteile mit land- und/oder forstwirtschaftlich geprägtem Umfeld können sogar vollständig von den Kaltluftmassen durchströmt werden, was dazu führt, dass

diese eine etwas weniger starke nächtliche Überwärmung aufweisen (z.B. Polsum). Während sich das gesamte Marler Stadtgebiet durch eine insgesamt aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur auszeichnet und nur vereinzelt kleinere, dicht bebaute Innenstadtbereiche schlecht mit Kaltluft versorgt werden, resultiert die schlechte Kaltluftversorgung im Bereich des Chemiewerks in einer stärkeren Überwärmung (vgl. auch Karte 3.2) und ist somit aus klima-ökologischer Sicht als erheblich problematischer zu beurteilen.

Karte 3.7: Kaltluftvolumenstrom im Stadtgebiet von Marl um 4 Uhr.



### 3.6 Kaltluftproduktionsrate

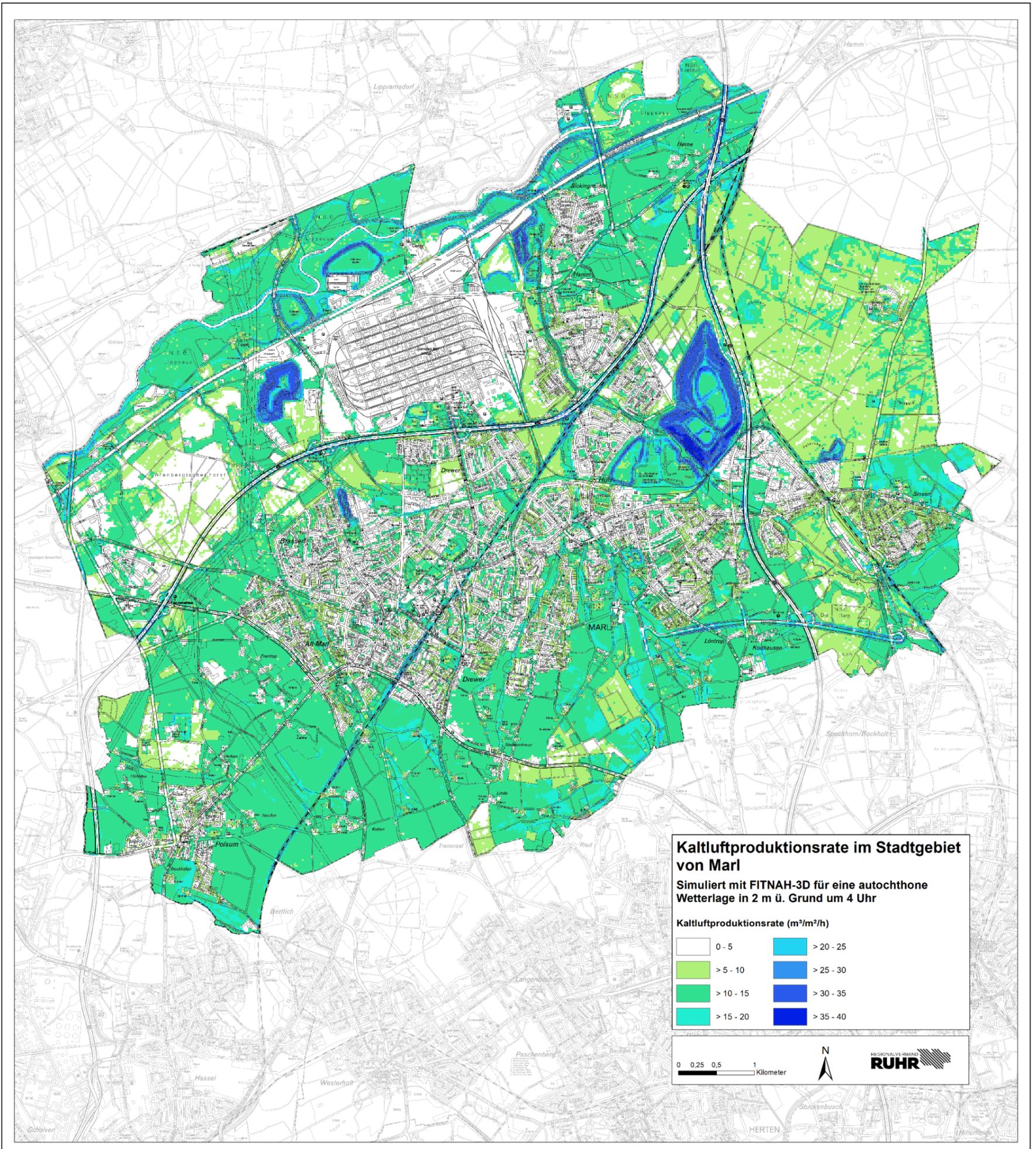
Neben der Geschwindigkeit und der Mächtigkeit von Kaltluftmassen stellt die Kaltluftproduktivität einer Fläche eine wichtige Größe dar. Die Kaltluftproduktionsrate beschreibt die Menge der sich innerhalb einer Stunde pro Quadratmeter relativ zu ihrer Umgebung abkühlenden Luft über einer Fläche. Einige 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 Marl ein Wertespektrum von 0 bis  $> 37 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ . Die in *Karte 3.8* dargestellte Kaltluftproduktivität spiegelt die Verteilung der Grün- bzw. Freiflächen und der Siedlungsbereiche wider. Über einigen innerstädtischen Grünanlagen (z.B. Volkspark, Grünflächen westlich und östlich der Straße „Langehegge“, Grünflächen in Drewer) werden Kaltluftproduktionsraten von 6 bis  $20 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  erreicht. Über landwirtschaftlichen Flächen, Frei- bzw. Brachflächen wie z.B. in Alt-Marl können 10 bis  $20 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  an Kaltluft produziert werden. Höhere Werte bis fast  $40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  sind vornehmlich über der Halde „Brinkfortsheide“ zu finden. Auch die Halden „Brinkfortsheide-Erweiterung“ und die Halden Brassert I/II und Brassert III weisen zum Teil Werte über  $30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  auf.

In den bebauten Gebieten können lediglich bei stark aufgelockerter Bebauungsstruktur und hohem Grünflächenanteil vereinzelt Werte von 10 bis  $15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  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 3.8: Kaltluftproduktionsrate im Stadtgebiet von Marl um 4 Uhr.



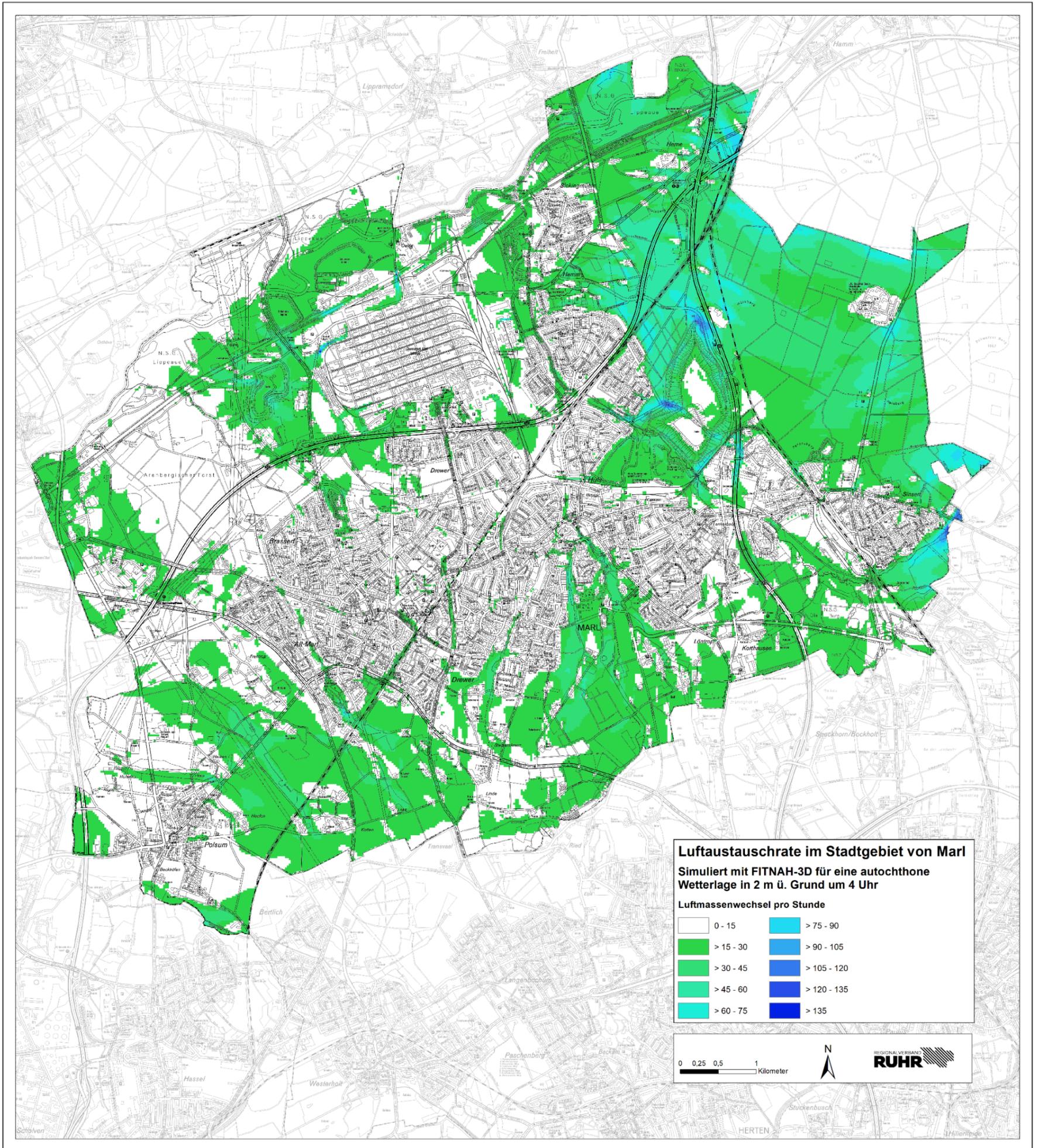
### **3.7 Luftaustauschrate**

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 (bis 115-mal pro Stunde) im Bereich der Kaltluftabflüsse von den Halden Brinkfortsheide und Brinkfortsheide-Erweiterung sowie im östlichen Bereich von Sinsen-Lenkerbeck zu verzeichnen.

Hohe Austauschraten bis zu 50-mal pro Stunde weisen zudem Teile der Waldflächen in der Haard auf. Weite Bereiche des unbebauten Umlandes (landwirtschaftliche Flächen und Wälder) weisen Werte zwischen 10 und 30 Austauschvorgängen auf. In den Siedlungsflächen der dicht bebauten Innenstadt und in größeren Stadtteilzentren geht die Luftaustauschrate aufgrund der abbremsenden Wirkung der Oberflächenstrukturen sowie der allmählichen Erwärmung der Kaltluft überwiegend auf deutlich weniger als 10 Vorgänge pro Stunde zurück. Vereinzelt werden im Bereich der Innenstadt (z.B. im Umfeld des Marler Sterns) Luftaustauschraten von 10- bis über 20-mal pro Stunde erreicht.

Karte 3.9: Luftaustauschrate um 4 Uhr im Stadtgebiet von Marl bei autochthoner Wetterlage.



## 4 Klimaanalysekarte

Die Klimaanalysekarte stellt eine flächenhafte Bewertung der klimatischen und lufthygienischen Verhältnisse im Stadtgebiet von Marl dar. Im Vergleich zur klassischen Darstellung der räumlichen Verteilung einzelner Klimaelemente in Klimaatlantent werden in der Klima-analyse-karte 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 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 Klima-analysekarte 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 8) 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 Marl anhand von Klimatopen. Klimatope bezeichnen räumliche Einheiten, die aufgrund vergleichbarer Eigenschaften bezüglich der Flächennutzung, der B-bauungsdichte, 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 Bebauungs- und Nutzungsgrenzen anpassen, sondern fließende Übergänge zu benachbarten Flächen aufweisen. Daher dürfen die Abgrenzungen der Klimatope innerhalb der Klimaanalysekarte nicht als flächenscharfe Grenzbeziehungen aufgefasst werden.

In einer **zweiten Darstellungsebene** werden die spezifischen Klimaeigenschaften ausgewiesen, welche Modifikationen der Klimatopeigenschaften beschreiben. Diese können beispielsweise 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**



Abb. 4-1: City-See am Marler Stern; © RVR, Bildflugjahr, [dl-de/by-2-0](#).

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.

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

**Freilandklima**



Abb. 4-2: Freilandbereich zwischen Westerholter Straße und Recklinghäuser Straße; © RVR, Bildflugjahr, [dl-de/by-2-0](#).

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.

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

## Waldklima



Abb. 4-3: Waldgebiet in der Haard zwischen Halterner Straße und Schäferweg; © RVR, Bildflugjahr, [dl-de/by-2-0](#).

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 wind-schwachen 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.

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

**Klima innerstädtischer Grünflächen**



Abb. 4-4: Volkspark in Marl; © RVR, Bildflugjahr, [dl-de/by-2-0](#).

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 Kaltluftpro-

duktion innerstädtischer Grünflächen kann daher der Entstehung großflächiger Wärmeinselbereiche entgegenwirken. Diese Wirkung ist bereits bei kleineren Grünflächen nachzuweisen, insbesondere wenn diese innerhalb des Stadtgebietes vernetzt sind.

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

## Vorstadtklima



Abb. 4-5: Vorstadtklima in Polsum, Hoefen; © RVR, Bildflugjahr, [dl-de/by-2-0](https://www.dl-de/by-2-0/).

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.

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

## Stadtrandklima



Abb. 4-6: Siedlung in Sickingmühle; © RVR, Bildflugjahr, [dl-de/by-2-0](#).

Das Stadtrandklima unterscheidet sich vom Vorstadtklima durch eine etwas dichtere Bebauung und einen geringeren Grünflächenanteil. Dennoch ist die Bebauungsstruktur, die von Ein-

zelhäusern 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 Straßebäume erhöhte Immissionen auftreten können.

<b>Stadttrandklima</b>	
<b>klimatische Gunstfaktoren</b>	<b>klimatische Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☺ die relative Nähe zu klimatischen Ausgleichsflächen begünstigt die Zufuhr kühlerer und frischerer Luftmassen</li> <li>☺ gutes Wohn- und Schlafklima durch eine ausreichende nächtliche Abkühlung im Sommer</li> <li>☺ lokale und regionale Grünzonen sind häufig noch fußläufig erreichbar</li> <li>☺ hohe Variabilität der Mikroklimata durch das Nebeneinander unterschiedlich stark verdichteter Wohngebiete (Einfamilienhäuser, lockere Reihenhausbebauung, offene Bebauungsstrukturen) und Grünflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☹ Mulden und Senken können lokal zur Erhöhung des bioklimatischen Belastungspotentials beitragen</li> <li>☹ Wärmebelastungen am Tage können durch fehlende Verschattungsstrukturen erhöht sein</li> <li>☹ eingeschränkte vertikale Austauschverhältnisse während windschwacher Strahlungswetterlagen können bedingt durch lokale bodennahe Emittenten das Immissionsrisiko erhöhen</li> <li>☹ punktuell erhöhte Immissionen in Straßenschluchten möglich</li> </ul>

**Stadtklima**

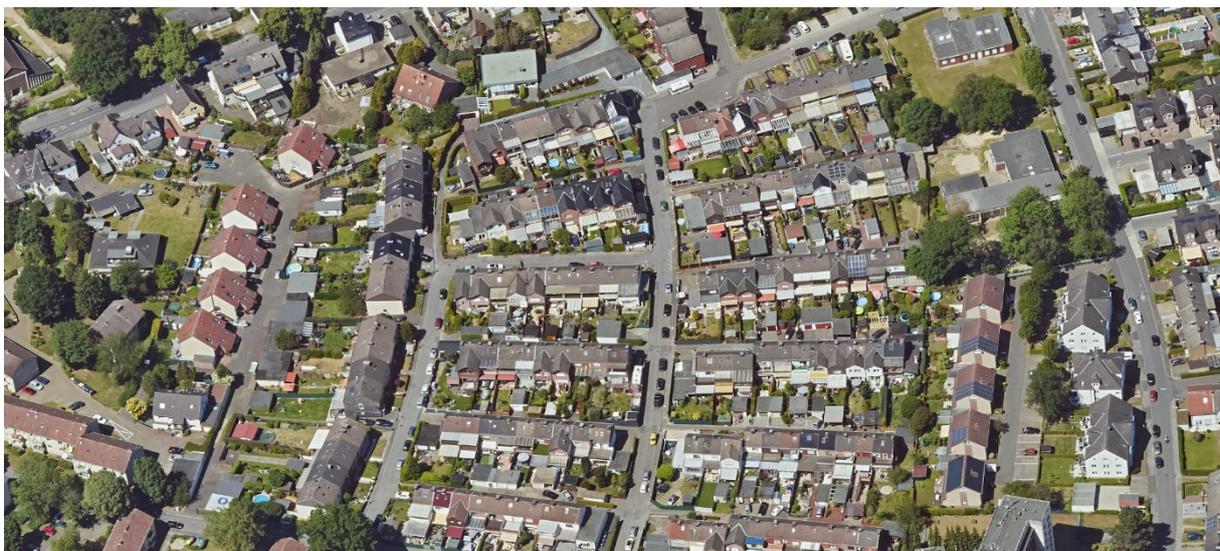


Abb. 4-7: Freiligrathstraße in Marl-Brassert; © RVR, Bildflugjahr, [dl-de/by-2-0](https://www.di-de/by-2-0).

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.

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

## Innenstadtklima



Abb. 4-8: Innenstadtklima Hüls-Süd; © RVR, Bildflugjahr, [dl-de/by-2-0](#).

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. Das Innenstadtklima weist dadurch die stärksten Veränderungen im Stadtgebiet auf. Hierzu zählen vor allem ein sehr stark ausgeprägter Wärmeineffekt, 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, welches durch eingeschränkte Austauschverhältnisse und geringe Verdunstungskühlung aufgrund fehlender Vegetation hervorgerufen wird. Hitze und Schwülebelastungen im Sommer, erhöhte Luft-schadstoff- 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"> <li>☺ durch geringe Abkühlung in den Abendstunden wird die Aufenthaltsdauer im Stadtzentrum verlängert, wodurch die Attraktivität der Innenstadt als kulturelles Zentrum erhöht wird</li> <li>☺ nächtlich anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung)</li> <li>☺ geringer Anteil stagnierender Luftaustauschsituationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☹ tagsüber erhöhtes Belastungspotential durch Hitzestress und Schwüle möglich</li> <li>☹ fehlende Verschattungsstrukturen durch verdunstungsaktive Baumkronen fördern die Hitze- und Wärmebelastung</li> <li>☹ Winddiskomfort durch erhöhte Böigkeit und Turbulenzen im Bereich von Straßenschluchten und offenen Plätzen</li> <li>☹ Ein- und Ausfallstraßen erweisen sich als belastete Luftleitbahnen</li> <li>☹ eingeschränkte Austauschverhältnisse sowie Wärmestau durch direkte Sonneneinstrahlung in engen Straßenzügen</li> <li>☹ erhöhtes Immissionspotential im Einflussbereich bodennaher Schadstoffemittenten (v.a. Kfz-Verkehr) infolge eingeschränkter horizontaler Austauschverhältnisse</li> <li>☹ lang anhaltende nächtliche Überwärmungsphasen können sich im Sommer negativ auf das Innenraumklima auswirken</li> </ul>

**Gewerbeklima**



Abb. 4-9: Gewerbegebiet in Brassert (Zechenstraße); © RVR, Bildflugjahr, [dl-de/by-2-0](https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/).

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 Anlagen und der Schwerlastverkehr darstellen kön-

nen, ist stark abhängig von der Art der gewerblichen Nutzung. In Kombination kann dies verstärkt zu immissionsklimatischen und bioklimatischen Belastungssituationen führen.

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

## Industrieklima

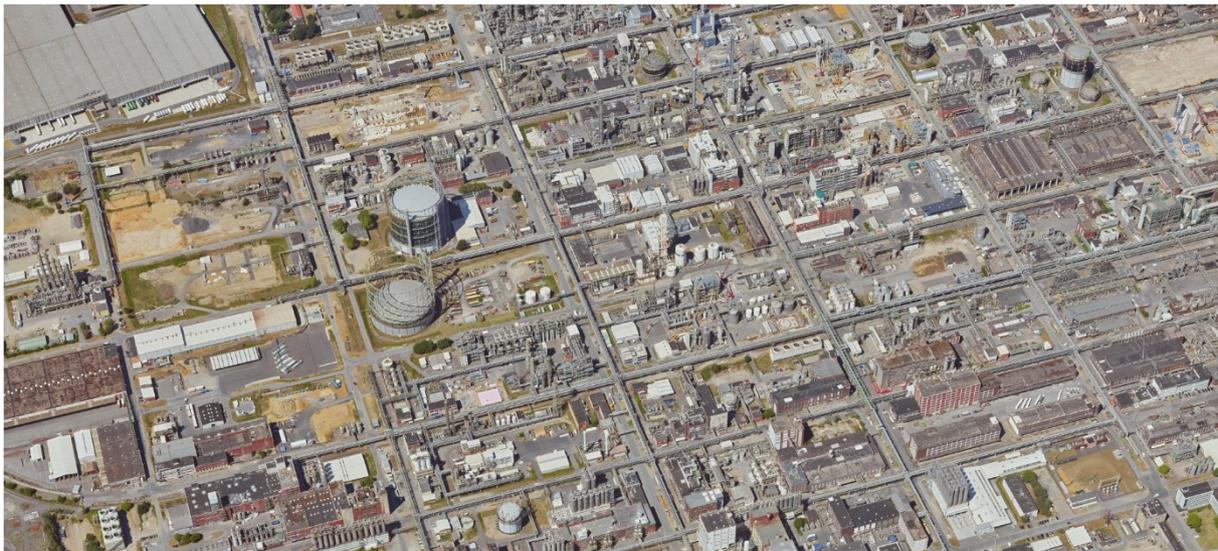


Abb. 4-10: Chemiapark Marl; © RVR, Bildflugjahr, [dl-de/by-2-0](https://www.flickr.com/photos/14811111@N00/).

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 immissionsklimatischen und bioklimatischen Belastungssituationen beitragen.

<b>Industrieklima</b>	
<b>klimatische Gunstfaktoren</b>	<b>klimatische Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☺ nächtlich anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung)</li> <li>☺ relativ günstige bodennahe Austauschverhältnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☹ lufthygienischer Lastraum, lokale Schadstoffemissionen, häufig auch mit Fernwirkung</li> <li>☹ langanhaltende nächtliche Wärmebelastungen</li> <li>☹ tagsüber erhöhtes Belastungspotential durch Hitzestress und Schwüle möglich</li> <li>☹ fehlende Verschattungsstrukturen durch verdunstungsaktive Baumkronen fördern die Hitze- und Wärmebelastung</li> </ul>

### 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 Relief-formen (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 Kuppenzonen 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 Siedlungsbereiche 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 Kaltluftammelgebietes (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 Erdreich 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 hochfrequentierter 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 Wärmeinseleffekt 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.

### **Luftleitbahn**

Luftleitbahnen sind dort wirksam, wo bei entsprechenden Wetterlagen durch geringe Reibungshindernisse ein Transport von Luftmassen aus dem Umland in die Stadt oder in angrenzende Stadtstrukturen stattfindet.

Insbesondere bei austauscharmen Wetterlagen sind Luftleitbahnen klimarelevant, da sie in der Lage sind, weniger belastete Luftmassen in die Lasträume der Stadt zu transportieren. Luftleitbahnen sind selten breiter als 200 m und ihre Begrenzung wird durch Bebauungsränder

oder das Relief vorgegeben. Im Bereich mit erhöhten Schadstoffimmissionen können jedoch auch mit Schadstoffen angereicherte Luftmassen transportiert werden.

### **Frischlufzufuhr**

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 Oberflächen-rauigkeit (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 Geländeneigung 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 NO<sub>2</sub>-Emissionen ab 10 t/Jahr und PM<sub>10</sub>-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 Marl anhand der Klimaanalysekarte**

Karte 4.1 zeigt die Klimaanalysekarte für das Stadtgebiet von Marl (Hinweis: Ein großformatiger Ausdruck ist diesem Gutachten zusätzlich beigelegt.) und Abb. 4-11 die unterschiedlichen Flächenanteile der Klimatope sowie der Verkehrsstrassen. Die Klimatope weisen grundsätzlich eine sehr heterogene Verteilung im Stadtgebiet auf.

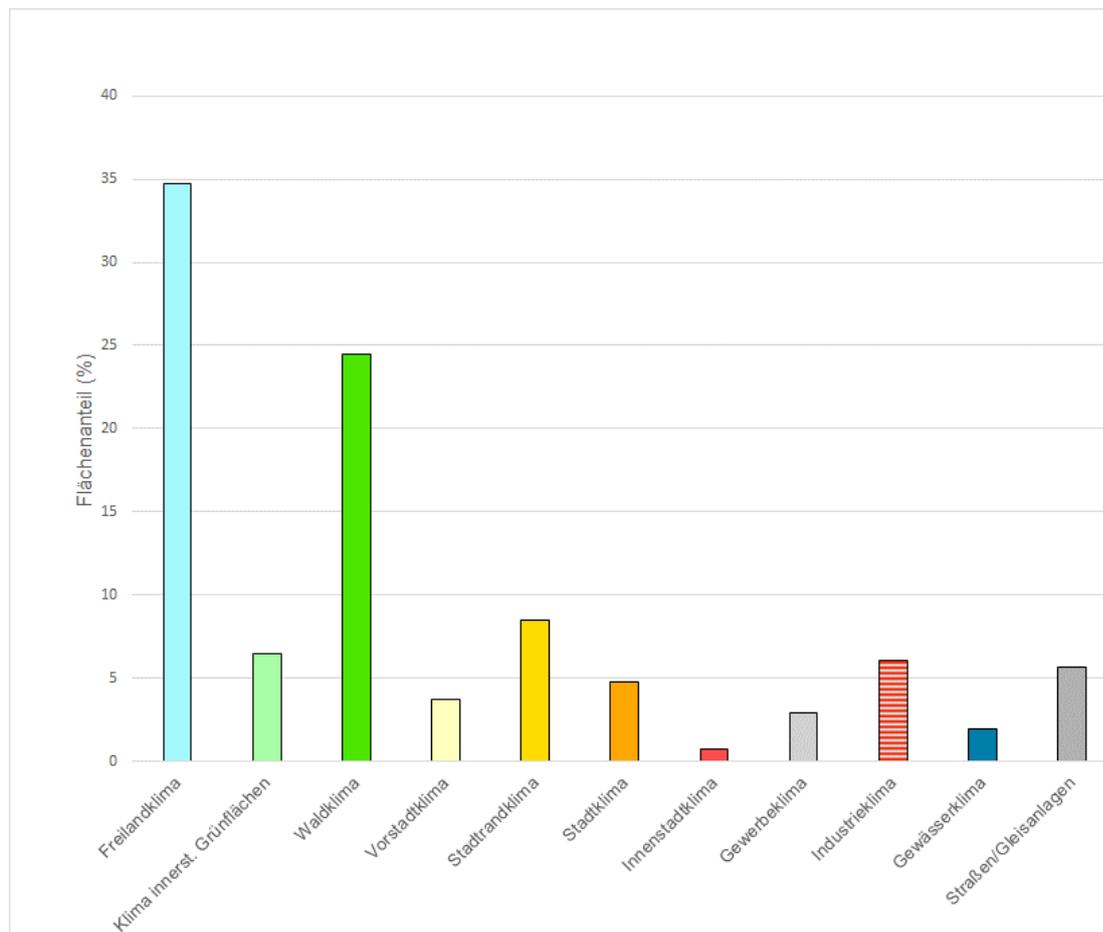


Abb. 4-11: Flächenanteile der Klimatope und Verkehrsstrassen im Stadtgebiet von Marl.

Dabei wird deutlich, dass die Freilandklimatope mit einem Flächenanteil von fast 35 % an der gesamten Stadtfläche den höchsten Wert aller Klimatoptypen einnehmen. Freilandklimatope, zu denen im Wesentlichen landwirtschaftlich genutzte Flächen zählen, sind aus stadtklimatologischer Sicht von besonderer Relevanz, da sie während sommerlicher, austauscharmer Strahlungsnächte wertvolle Produzenten von Kaltluftmassen sind und somit wichtige klimatische Ausgleichsflächen für überwärmte Siedlungsbereiche darstellen. Neben einem ausreichend hohen Vorkommen von klimatisch günstigen Freilandklimatopen ist jedoch die Lage bzw. Verteilung dieser Flächen im Stadtgebiet sowie deren Vernetzung mit den klimatisch stärker belasteten Klimatoptypen von entscheidender Bedeutung, wobei insbesondere das Relief eine wichtige Rolle spielt. Im Stadtgebiet von Marl sind Freilandklimatope vor allem in den Außenbezirken zu finden, während im Bereich der Innenstadt nur südlich der Paracelsusklinik Bereiche als Freilandklimatope ausgewiesen werden konnten. Viele der ausgedehnten Flächen weisen eine direkte Anbindung an die Siedlungsbereiche und Stadtteilzentren der verschiedenen Bezirke auf. Der in klimatischer und lufthygienischer Hinsicht belastete Innenstadtkern von Marl profitiert aufgrund der Barrierewirkung der vorhandenen Bebauung in der Regel nur zum Teil von den positiven Eigenschaften der Freiflächen. Teile der Innenstadt werden jedoch durch eine vorhandene Frischluftschneise mit Frisch- und Kaltluft über die Parkanlage Gänsebrink versorgt.

Für das Stadtgebiet von Marl ist, wie für den gesamten westlichen Teil der Bundesrepublik Deutschland, aufgrund der vorherrschenden Großwetterlagen die Hauptwindrichtung Südwest charakteristisch. Lediglich während Schwachwindsituationen (autochthone Wetterlagen) treten vermehrt nordöstliche Windrichtungen auf (RVR 2006). Bei einem übergeordneten Windfeld mit typischer Anströmung aus südwestlicher Richtung werden demnach vor allem Siedlungsbereiche mit Frischluft versorgt, die nordöstlich von großen Freiflächen liegen.

Ebenfalls vor allem in den Außenbezirken anzutreffen sind weitläufige Waldgebiete. Waldklimatope nehmen in Marl mit fast 25 % den zweitgrößten Flächenanteil ein. Insbesondere Waldbereichen im direkten Umfeld größerer Emittenten von Luftschadstoffen (z.B. Gewerbe-/Industriegebiete oder 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 Marl ist bei den Waldklimatopen eine starke Konzentration auf den östlichen Teil der Stadt (Stadtbezirke Sinsen-Lenkerbeck und Hüls-Nord) zu erkennen (Waldgebiet der Haard), aber auch östlich, westlich und südlich der Chemiezone existieren größere Waldgebiete (z.B. der Arenbergische Forst in Brassert). In weiten Teilen nehmen diese Waldgebiete insbesondere

eine (über)regionale Funktion als Freizeit- und Erholungsgebiet ein und dienen auch als kühle klimatische Zufluchtsorte an heißen Tagen. Zudem ist diesen Waldarealen aus regionalklimatischer Sicht eine wichtige Filterfunktion für Luftschadstoffe und somit auch als Frischluftlieferanten zuzuschreiben. Neben der Größe spielt allerdings auch bei den Waldklimatopon die Lage im Stadtgebiet eine wichtige Rolle. Hervorzuheben sind hierbei zum Beispiel die südlich und östlich der Chemiezone befindlichen Waldgebiete, welche einen Puffer zwischen den gewerblich-industriellen Lasträumen und den angrenzenden Wohngebieten bilden und somit einerseits zur Filterung von Luftschadstoffen beitragen, aber gleichzeitig auch den städtischen Hitzestress mildern.

In der vorliegenden Analyse nehmen neben öffentlichen Parkflächen, Friedhöfen, Kleingarten- und Sportanlagen auch größere zusammenhängende Grünstrukturen innerhalb der Bebauung eine wichtige klimatische Ausgleichsfunktion ein. Daher zeigt insbesondere die Verteilung der Klimate der innerstädtischen Grünflächen, die insgesamt einen Flächenanteil von 6,4 % einnehmen, eine starke Heterogenität. Deutlich wird der Mangel an Klimaten der innerstädtischen Grünflächen im Bereich der stark verdichteten Kernbereiche der Marler Innenstadt. Insbesondere im weiteren Umfeld des Marien-Hospitals bis zur Schachtstraße im Norden und zum Volkspark im Süden befinden sich insgesamt nur wenige, kleinere Grünanlagen. Größere Park- oder parkähnliche Strukturen mit besonderer klimatischer Relevanz stellen zum Beispiel der Volkspark, der Park am Marler Stern mit dem City-See, die Parkanlage Gänsebrink, das Jahnstadion und der Friedhof Marl dar. Aber auch große weitläufige Kleingartenanlagen sowie die langgestreckten Grünflächen entlang der Bachtäler (z.B. des Weierbachs, des Freerbruchbachs, des Loemühlenbachs und des Silvertbachs) entfalten beachtenswerte klimatische Wohlfahrtswirkungen. Dies gilt insbesondere dann, wenn sie Teil einer Grünvernetzung sind und über weite Strecken eine Verbindung zwischen dem unbebauten Umland und dem klimatisch belasteten Siedlungsraum bilden. Weitere innerstädtischen Grünflächen, von denen aufgrund ihrer Größe und Ausstattung sowie ihres Zusammenhangs positive klimatische Effekte für die zumindest unmittelbar umliegende Bebauung zu erwarten sind, liegen über die verschiedenen Bezirke verteilt im gesamten Stadtgebiet vor. Zu nennen wären hier beispielsweise die großen Grünflächen nördlich des Marler Sterns im Stadtbezirk Stadtkern, im Bereich des Sportplatzes sowie im Umfeld des Adolf-Grimme Instituts. Des Weiteren fällt die deutliche Auflockerung und Durchmischung von bebauten Klimatopon und innerstädtischen Grünflächen innerhalb der Bebauungsstruktur in verschiedenen Siedlungsbereichen auf. Dies trifft beispielsweise für die Siedlungen im südlichen Drewer-Nord zu, aber auch auf die Siedlungen im nördlichen Hüls-Süd, wo im Umfeld massiver Gebäudeblocks großflächige Grünflächen existieren. Die teils großen zusammenhängenden Gartenareale innerhalb der Bebauung stellen wohennahe Klimaoasen dar und können thermische Belastungen mindern.

Die Gewässer-/Seenklimatope nehmen mit 1,9 % einen sehr geringen Flächenanteil im Stadtgebiet ein und beinhalten im Wesentlichen einige Stillgewässer (z.B. City-See, Gewässer im Volkspark, Loemühle-Teich, Badeweiher südlich des Chemieparks und Stillgewässer in der Lippeaue) sowie diverse Fließgewässer (z.B. die Lippe und der Wesel-Datteln-Kanal sowie kleinere innerstädtische Fließgewässer). Die klimatische Wirkung von Gewässern hängt sehr stark mit der jeweiligen Größe und der Lage im Stadtgebiet zusammen. Bei einer isolierten Lage (z.B. die Gewässer in der Lippeaue) sowie bei einer geringen Größe sind die positiven klimatischen Effekte der Wasserflächen zumeist lediglich auf die unmittelbare Umgebung beschränkt. Größere Wasserflächen, wie etwa der Badeweiher südlich des Chemieparks, können hingegen eine gewisse Fernwirkung entfalten. Die linearen Strukturen der Fließgewässer in Siedlungsbereich von Marl können eine lokalklimatisch relevante Funktion als raugkeitsarme Luftleitbahn bzw. Frischluftzufuhrschneise während windschwacher Strahlungstage einnehmen. Hier sind insbesondere der Weierbach, der Freerbruchbach, der Loermühlenbach und der Silvertbach zu nennen. Die klimatischen Auswirkungen, die direkt von den Wasserkörpern der zahlreichen Bachläufe ausgehen, sind aufgrund der geringen Größe der Wasserflächen zu vernachlässigen. Eine klimatische Relevanz geht jedoch auch von diesen Fließgewässern aus, da entlang der Bachläufe in der Regel Grünflächen angrenzen, die teilweise klimatische Lasträume der Siedlungsbereiche durchziehen.

Zusammen nehmen die Klimatope der klimatischen Ausgleichsräume (Freiland- und Waldklima und Klima innerstädtischer Grünflächen sowie Gewässerklima) 67,6 % des Stadtgebietes ein. Während 5,7 % der Gesamtfläche Marls durch Straßen- und Gleisanlagen nahezu vollversiegelt sind, entfallen 26,7 % auf die unterschiedlich stark versiegelten, bebauten Klimatope (Vorstadt-, Stadtrand-, Stadt-, Innenstadt-, Gewerbe- und Industrieklima).

Das Vorstadtklima nimmt mit 3,7 % an der gesamten Stadtfläche etwa ein Siebtel der Fläche der bebauten Klimatope ein. Zu finden ist dieser Klimatoptyp in erster Linie im Außenbereich. Hierzu zählen v.a. viele Einzelhöfen oder Splittersiedlungen besonders im Marler Süden. Zu nennen sind hier beispielsweise Alt-Marl und Hüls-Süd oder der ländlich geprägte Teil von Polsum. Bezogen auf die geschlossenen Siedlungskörper sind die Vorstadtklimatope zumeist an den Siedlungsrändern im Übergangsbereich zu angrenzenden klimatischen Ausgleichsräumen wie den landwirtschaftlichen Freiflächen von Hüls-Süd, Drewer-Süd, Brassert oder Marl-Hamm zu finden. 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.

Das Stadtrandklimatop umfasst den größten Anteil (8,5 %) an den bebauten Klimatopen im Stadtgebiet. Insbesondere in den Außenbezirken sind weite Teile der Wohn- und Mischbebauung dem Stadtrandklima, welches grundsätzlich mit noch verhältnismäßig günstigen bio- und

immissionsklimatischen Bedingungen charakterisiert werden kann, zuzuordnen, aber auch in weiten Teilen der Innenstadt kommt dieser Klimatoptyp, z.T. direkt an die Innenstadtklimatope angrenzend, vor (z.B. in den Stadtteilen Hüls-Nord und Brassert).

Aus bioklimatischer Sicht stärker belastete Räume stellen die Bereiche der Stadt- und Innenstadtklimatope dar, welche u.a. eine hohe Versiegelung und einen geringen Grünflächenanteil aufweisen. Zwar nehmen Sie mit 4,8 % (Stadtklima) bzw. 0,7 % (Innenstadtklima) einen relativ geringen Anteil an der gesamtstädtischen Fläche ein, allerdings umfassen insbesondere die Innenstadtklimatope im Stadtteil Brassert ein größeres zusammenhängendes Areal, an welches zusätzlich ebenfalls klimatisch ungünstige Stadt- und Gewerbeklimatope angrenzen, wodurch sich ein größerer zusammenhängender klimatischer Belastungsraum ergibt. Innenstadtklimatope kommen in Marl in den Stadtbezirken Brassert und Alt-Marl, in Drewer-Nord und –Süd sowie in Hüls-Nord und –Süd vor. Bereiche, die als Stadtklimatope klassifiziert werden existieren in allen Marler Bezirken. Dies betrifft in erster Linie dicht bebaute Wohnquartiere.

Die starke Überbauung und die dadurch erhöhte Oberflächenrauigkeit in diesen Bereichen können starke Modifikationen des Windfeldes hervorrufen. 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 3-6 in Kapitel 3.4) 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 in diesen Bereichen führen.

Die Gewerbe- (2,9 %) und Industrieklimatope (6,1 %), die zusammen einen Flächenanteil von 9,3 % am Stadtgebiet einnehmen, sind aufgrund der i.d.R. sehr hohen Versiegelung, dem oft nahezu vollständigen Fehlen von Grünflächen sowie der Ansiedlung von Lärm-, Luftschadstoff- und/oder Abwärmeemittenten aus bioklimatischer Sicht als stark belastet zu bewerten. Das größte Gewerbe- und Industrieareal in Marl befindet sich im Stadtteil Chemiezone und erstreckt sich über einen Großteil des Stadtteils auf einer Fläche von über sechs Quadratkilometern. Der Chemiapark Marl zählt mit rund 10.000 Mitarbeitern zu einem der größten Chemiestandorte Deutschlands. Bereits anhand der FITNAH-Modellrechnung konnten hier die höchsten thermischen Belastungen nachgewiesen werden (s. Kapitel 3). Weitere größere Gewerbe- und Industriestandorte befinden sich am westlichen Stadtrandbereich (zwischen Brassert und Alt-Marl) sowie südöstlich der Halde Brinkfortsheide in den Stadtteilen Sinsen-Lenkerbeck und Hüls-Nord.

Aus immissions- und bioklimatischer Sicht sind (auch kleinere) Gewerbeflächen insbesondere dann als kritisch zu bewerten, wenn sie im direkten Umfeld zur Wohnbebauung angesiedelt sind und/oder an klimatisch ohnehin stark belastete Bereiche angrenzen, wie es etwa bei den als Gewerbeklimatope ausgewiesenen Bereichen in den Stadtteilen Brassert und Hüls (-Nord und -Süd) der Fall ist, welche in direkter Nachbarschaft zu den als Innenstadt- bzw. Stadtklima ausgewiesenen Arealen liegt.

Insbesondere entlang eines breiten Streifens entlang der nördlichen Stadtgrenze von Marl (im Umfeld der Lippe und des Wesel-Datteln-Kanals) sind in der Klimaanalysekarte Flächen als Kaltluftsammlgebiete hervorgehoben, welche durch eine erhöhte Inversionshäufigkeit in Verbindung mit Nebelbildung charakterisiert werden. Während Inversionswetterlagen kann es in diesen Bereichen zu einer Akkumulation von Luftschadstoffen kommen, was aufgrund der Gewerbe- und Industrieansiedlungen des Chemieparks sowie des Verlaufes der A43 im Nordosten der Stadt aus immissionsklimatischer Sicht als ungünstig zu bewerten ist.

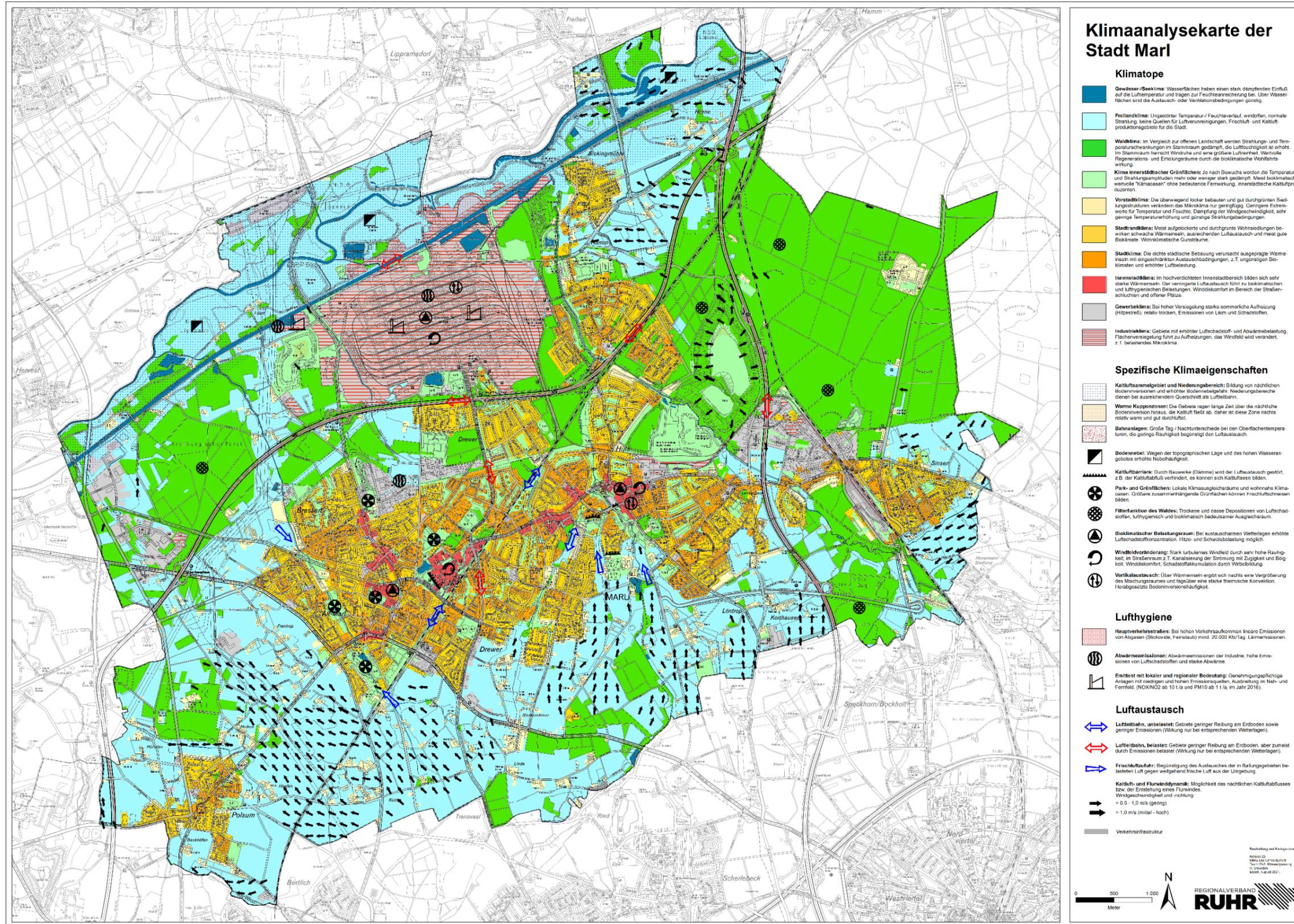
Die sogenannten warmen Kuppenzonen hingegen zeichnen sich dadurch aus, dass sie lange Zeit aus den nächtlichen Bodeninversionen herausragen. Insbesondere bei einer Freiland- oder Grünflächennutzung und in eingeschränktem Maße auch bei einer Waldnutzung kann aus diesen Gebieten ein zumeist radialer nächtlicher Kaltluftabfluss erfolgen, wodurch die Bereiche selber vergleichsweise warm bleiben. Insbesondere für angrenzende überwärmte Stadtgebiete stellen die warmen Kuppenzonen als nächtliche Kaltluftlieferanten daher klimatisch relevante geomorphologische Strukturen im Stadtgebiet dar. Als warme Kuppenzonen konnten im Stadtgebiet von Marl lediglich zwei Bereiche identifiziert werden. Dazu zählen die Kuppen der Halden Brinkfortsheide und der Halde Brassert III (Lipper Höhe).

Neben den genannten Bereichen der warmen Kuppenzonen, für die auch die FITNAH-Modellierung jeweils einen Kaltluftabfluss simuliert hat, sind relevante Kaltluftmassentransporte hauptsächlich über weiten Teilen der ausgedehnten landwirtschaftlichen Freiflächen in den Außenbereichen des Stadtgebietes zu verzeichnen. Neben den Kaltluftflüssen, die bei autochthonen Wetterlagen eine hohe Bedeutung für das Stadtklima besitzen, sind bei allochthonen Bedingungen Frischluft- und Luftleitbahnen von großer Wichtigkeit. Je nach übergeordneter Windrichtung können über diese raugkeitsarmen Gebiete Luftmassen in die Ballungsbereiche der Stadt vordringen und dort die thermische Belastung mindern und (im Falle von unbelasteten Luftleitbahnen) für die Zufuhr von sauberer Luft sorgen. Im Rahmen der Klimaanalyse wurden die Freiflächen im südlichen Stadtgebiet als wichtige Areale im Hinblick auf die Frischluftzufuhr bewertet. Als Luftleitbahnen fungieren beispielsweise Gleisanlagen, wie sie z.B. zwischen Drewer-Nord und Drewer-Süd zu finden sind, oder die Bachtäler, wie der Freerbruchbach in Drewer-Süd. Insbesondere in hochverdichteten Innenstadtbereichen nehmen auch vermehrt Straßen die Rolle von Luftleitbahnen ein. Diese besitzen zwar in der Regel eine für

Luftleitbahnen eher geringe Breite, können jedoch bei entsprechenden Windrichtungen trotzdem kühlere Luftmassen heranführen und zu einer Verstärkung der Luftbewegung führen. Im Falle von stark befahrenen Straßen ist die Luft jedoch häufig mit Schadstoffen belastet. Beispiele hierfür sind etwa die Herzlia Allee, die Rappaport-Straße und die Autobahnen A 52 und A43. Dies gilt ebenfalls für den Wesel-Datteln-Kanal, wo aufgrund der Schiffsimmissionen eine starke lufthygienische Belastung möglich ist.

Insgesamt wird anhand der Klimaanalysekarte die Heterogenität hinsichtlich der bioklimatischen und immissionsklimatischen Verhältnisse im Stadtgebiet von Marl deutlich. Während insbesondere in den Außenbezirken häufig Siedlungsbereiche anzutreffen sind, die aufgrund ihrer Bebauungsstruktur und ihrer Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen grundsätzlich als Gebiet mit gutem Luftaustausch und positivem Bioklima benannt werden können, zeichnen sich die Stadtzentren als stärker bio- und immissionsklimatisch belastet ab. Hervorzuheben ist dabei die besondere Situation im Stadtteil Chemiezone durch das Vorhandensein eines sehr großen, zusammenhängenden Lastraums mit nur einem geringen Grünflächenanteil

Karte 4.1: Klimaanalysekarte der Stadt Marl.



## **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 Marler 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 Marl, differenziert in Frischluftzufuhrbereiche sowie reliefbedingte Kaltluftabflüsse und ggf. 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 3.5). 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  $10 \text{ m}^3/\text{m/s}$  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 (KVS) während einer sommerlichen Strahlungswetterlage größer ist als der mittlere KVS des RVR-Gebietes und gleichzeitig die Windgeschwindigkeit  $\geq 0,1 \text{ m/s}$  beträgt.

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 Marl, 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 Marl 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, im Marler Zentrum und in den Nebenzentren der dichter bebauten Stadtbezirke überwiegend sehr ungünstige bioklimatische Verhältnisse. In den angrenzenden Siedlungsbereichen kommen sowohl Bereiche mit ungünstigen bis günstigen bioklimatischen Bedingungen dicht nebeneinander vor und in den Siedlungsrandbereichen sowie in kleinen ländlichen Siedlungen bestehen überwiegend sehr günstige bioklimatische Verhältnisse.

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 landwirtschaftlich geprägten Freiflächen in den südlich gelegenen Stadtbezirken Polsum, Alt-Marl und Hüls-Süd besitzen in weiten Teilen eine mittlere oder sogar hohe Bedeutung im Hinblick auf den Kaltluftvolumenstrom. Dabei fließt insbesondere in den Stadtbezirken Polsum und Alt-Marl die Kaltluft aus den höchst gelegenen Geländebereichen in nordwestliche Richtungen ab. Aufgrund der orographischen Situation begünstigen die kühleren Luftmassen jedoch überwiegend Kleinstsiedlungen und Einzelhöfe, die sich im ländlichen Raum befinden und aus bioklimatischer Sicht bereits hinsichtlich ihrer Bebauungsstruktur als „sehr günstig“ eingestuft sind. In diesem schwach

besiedelten ländlichen Raum - zwischen Rennbachstraße und Am Hofe in Alt-Marl – liegt ein kleines Gewerbegebiet, das ebenfalls bei windschwachen Strahlungswetterlagen von den zugeführten Kaltluftmassen profitiert. Der Siedlungsbereich von Polsum wird durch die abfließende Kaltluft nicht beeinflusst, da die Kaltluftmassen sowohl östlich als auch nördlich am Siedlungskörper entlang fließen, jedoch nicht in die Bebauung eindringen. Durch die insgesamt geringe Flächenausdehnung und die – zumindest in Teilen – günstige bioklimatische Situation des Stadtbezirks sind die klimatischen Verhältnisse in Polsum insgesamt dennoch als relativ günstig zu bewerten.

- Positiv bemerkbar macht sich die Zufuhr der Kaltluft während autochthoner Wetterlagen auch in den Randbereichen der Siedlungen nordwestlich des Volksparks und vereinzelt an den Siedlungsrändern des Stadtbezirks Alt-Marl. Die Kaltluftmassen dringen jedoch nicht sehr weit in die Siedlungsbereiche vor. Eine hohe Kaltluftproduktionsrate liegt in den an den Volkspark südöstlich angrenzenden Freiflächen zwar vor, jedoch hier nur vereinzelt und auf relativ kleiner Fläche. Zudem ist die Strömungsgeschwindigkeit mit maximal knapp über 0,5m/s als gering einzustufen. Dies erklärt die z.T. geringe Eindringtiefe der Kaltluftmassen in die Bebauung. Als sehr positiv zu bewerten ist die zusammenhängende Grünfläche, die sich vom Volkspark entlang des Weiersbachs bis in die ländlichen Bereiche des Stadtbezirks Brassert erstreckt und sich somit durch den gesamten Siedlungskörper zieht und große Freiflächen miteinander verbindet. Entlang dieser Flächen ist die Zufuhr von kühleren, frischeren Luftmassen bei übergeordnetem Wind aus nordwestlichen und südöstlichen Richtungen möglich. Auf diese Weise erfolgt ein Luftmassenaustausch, der zur Verbesserung der Luftqualität und zum Abbau von Überwärmungen beiträgt.

Die im östlichen Bereich von Alt-Marl gebildete Kaltluft entfaltet aufgrund geringer Reliefenergie eine geringe Fernwirkung.

- Im östlichen Drewer-Süd sowie in Hüls-Süd befinden sich ebenfalls einige kleinere Kaltluftproduktionsgebiete. Aufgrund der orographischen Gegebenheiten fließt die Kaltluft bei autochthonen Wetterlagen direkt in Richtung des Siedlungskörpers und kann hier entlang der Talbereiche des Loekampbachs und des Loemühlenbachs bis zur Paracelsus-Klinik und zum Julie-Kolb-Seniorenzentrum vordringen. Positiv wirkt sich dabei ebenfalls aus, dass auch entlang der Talbereiche und im Umfeld des Jahnstadions eine hohe Kaltluftproduktionsrate vorliegt. Einen nennenswerten Beitrag zur Abkühlung der umliegenden Wohngebiete liefern die Kaltluftmassen jedoch überwiegend in den direkt an die Talbereiche angrenzenden Siedlungen. Nur dort, wo die Kaltluftmassen aus beiden Talbereichen zusammenfließen, können die kühleren Luft-

massen eine größere Fläche zwischen Paracelsus-Klinik und Römerstraße positiv beeinflussen. Nachteilig wirkt sich hier jedoch die Größe einzelner Gebäude aus (z.B. der Gebäudekomplex zwischen Römerstraße und Otto-Wels-Straße), da diese ein Strömungshindernis darstellen und somit ein Weiterfließen der Kaltluftmassen unterbinden. Sowohl entlang des Loemühlenbachs als auch entlang des Loekampsbachs ist die Zufuhr von Frisch- und Kaltluft bei übergeordnetem Wind aus südlichen bis südöstlichen Richtungen möglich, wodurch eine zusätzliche Entlastungssituation begünstigt wird.

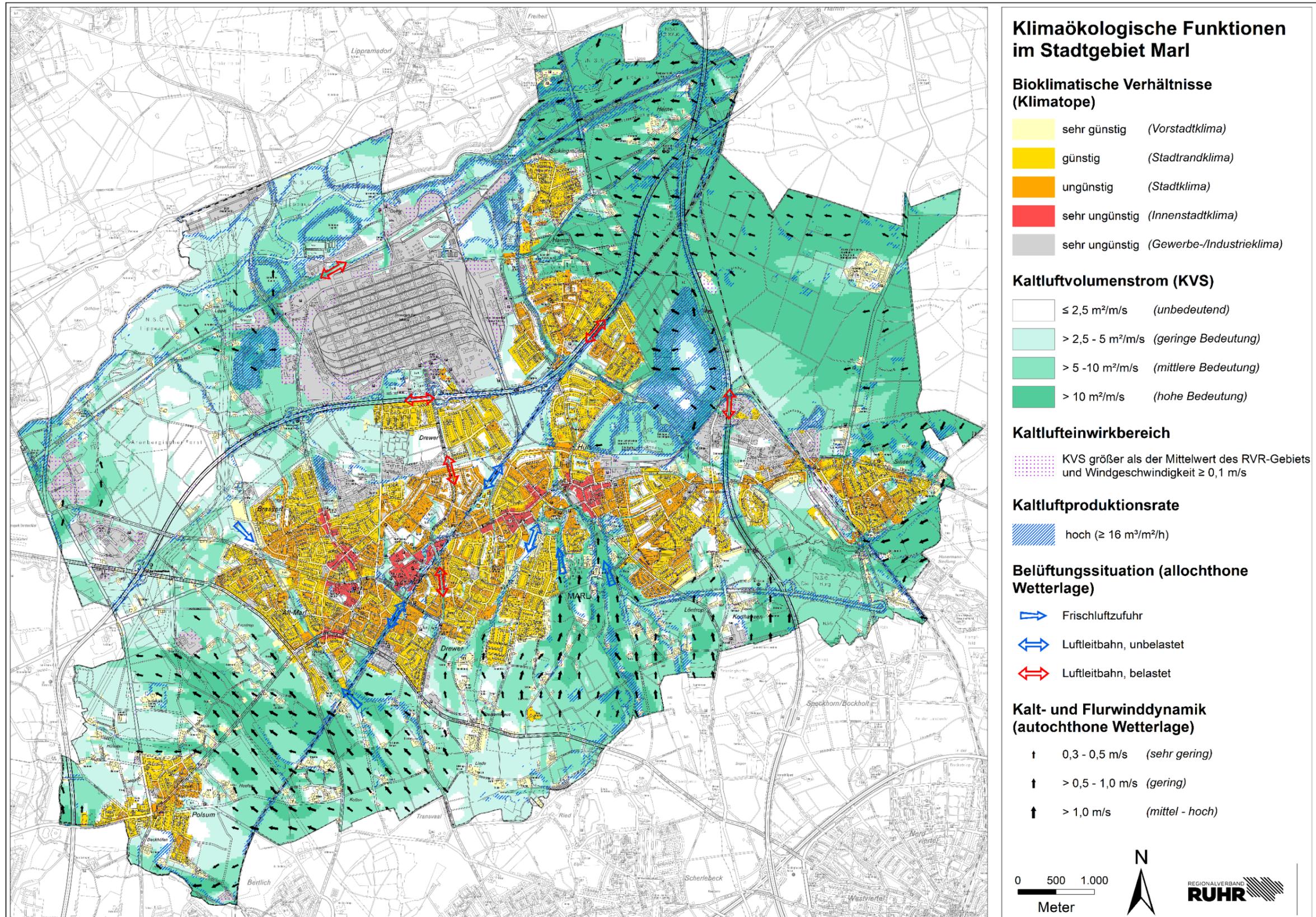
- Die Kuppenlagen in Hüls-Süd sind zwar hinsichtlich der Reliefenergie schwächer ausgeprägt als die weiter im Westen gelegenen, jedoch werden die Siedlungsgebiete im östlichen Hüls-Süd bis weit in die Bebauung hinein von den Kaltluftabflüssen positiv beeinflusst.
- Der Stadtbezirk Sinsen-Lenkerbeck weist hinsichtlich des Reliefs ein deutliches Ost-West-Gefälle auf. Während am Ostrand Höhen von mehr als 100 Metern erreicht werden, fällt das Gelände in westliche Richtung auf unter 60 Meter ab. Die hohe Reliefenergie führt zu einer ausgeprägten Kaltluftdynamik und einem Abfließen der Luftmassen von den bewaldeten Flächen in Richtung des stärksten Gefälles. Innerhalb der Siedlungsflächen dringt die Kaltluft überwiegend randlich in die bebauten Bereiche vor und kann somit während austauscharmer Wetterlagen einer Überwärmung entgegenwirken. Aufgrund der verhältnismäßig geringen Größe des Siedlungsraums in Sinsen-Lenkerbeck sind die bioklimatischen Verhältnisse als noch überwiegend günstig einzustufen. Ungünstige Bedingungen liegen jedoch von der Siedlungsmitte bis in den Südosten vor, ebenso wie in dem großen Gewerbegebiet im westlichen Abschnitt des Stadtbezirks. Einen positiven Effekt haben die abfließenden Kaltluftmassen überwiegend in den eher locker bebauten Siedlungsbereichen des Stadtbezirks, aber auch in dem östlich der Bahntrasse liegenden Gewerbegebiet. Die dichter bebauten Siedlungsbereiche profitieren von den abfließenden Kaltluftmassen aus den höher gelegenen südöstlichen Bereichen kaum, da die Kaltluft überwiegend am Siedlungskörper entlangfließt. Die Waldgebiete der Haard im Umfeld von Sinsen-Lenkerbeck können als Erholungsräume in Perioden mit Hitzestress dienen.
- Während im östlichen und südlichen Bereich von Marl überwiegend hohe reliefbedingte Kaltluftvolumenströme mehr oder weniger flächendeckend auftreten, sind im nordwestlichen Bereich des Stadtgebietes Kaltluftabflüsse eher selten anzutreffen. Auftretende Kaltluftabflüsse sind überwiegend ausgehend von den beiden weitgehend begrüntem Halden Brassert III (Lipper Höhe) und Brassert I-II zu verzeichnen. Für beide Halden konnten anhand der FITNAH-Modellierung hohe Kaltluftproduktionsraten ermittelt wer-

den. Die Fließgeschwindigkeit der Kaltluft dagegen fällt eher gering aus und liegt insbesondere im Falle der Halde Brassert I-II lediglich unter 0,3 m/s. Dennoch konnte anhand der Modellierung eine positive Beeinflussung durch die abfließenden Kaltluftmassen in der umliegenden Bebauung registriert werden. So konnte im Falle der Halde Brassert III die Kaltluft noch in den Randbereichen der Chemieparks nachgewiesen werden. Hierbei ist jedoch die Reichweite nicht sehr stark ausgeprägt, was einerseits mit der schwachen Luftströmung begründet werden kann, andererseits aber auch mit der Größe und Ausdehnung der im Chemiapark befindlichen Gebäudekomplexe verknüpft ist. So ist deutlich erkennbar, dass die beiden großen Hallen von der Kaltluft umflossen werden und somit ein weiteres Durchdringen in das Gelände des Chemie-parks unterbunden wird. Während die nördlich und südlich der Halde Brassert III liegenden kleineren Gewerbegebiete vollständig von der Kaltluft durchströmt werden, ist das weitere Umfeld der Halde von Freiland- und Waldflächen geprägt und profitiert somit nicht von den bei windschwachen Wetterlagen entstehenden Kaltluftabflüssen. Auch von der Halde Brassert I-II ist ein effektives Vordringen der Kaltluftabflüsse in die angrenzenden Wohn- und Gewerbegebiete mittels der FITNAH-Simulation kaum festzustellen. Nur im östlich angrenzenden Gewerbegebiet konnten die Kaltluftabflüsse teilweise nachgewiesen werden. Insgesamt sind die Kaltluftabflüsse von der Halde Brassert I-II jedoch aufgrund der geringen Reliefenergie und der kompletten Bewaldung der Fläche nur sehr schwach ausgebildet.

- Zwischen den Stadtbezirken Marl-Hamm und Hüls-Nord liegen die beiden Halden Brinkfortsheide und Brinkfortsheide-Erweiterung. Insbesondere die bewaldeten Haldenhänge sind als effektive Kaltluftproduzenten mit einer hohen Reliefenergie gekennzeichnet, so dass von hier Kaltluft in alle Richtungen abfließen und in den westlich angrenzenden Siedlungsräumen zu einer Verbesserung der bioklimatischen Verhältnisse beitragen kann. Auch die Gewerbefläche im Übergangsbereich der Bezirke Hüls-Nord und Sinsen-Lenkerbeck profitiert von der Zufuhr kühlerer Luftmassen während sommerlicher Strahlungswetterlagen. Auffällig ist bei beiden Halden, dass die Haldenkuppen etwas tiefer liegen als die umliegenden Hangbereiche und somit hochgelegene Muldenlagen bilden, die während nächtlicher Hochdruckwetterlagen zunächst mit Kaltluft aufgefüllt werden müssen, bevor die Kaltluft von diesen Bereichen aus abfließen kann. Eventuell reicht die Kaltluftbildung nicht aus, um die Mulden zu überwinden oder sie tritt erst spät in den Nachtstunden ein, so dass insgesamt durch die spezielle Form der Halden das Kaltluftliefervermögen beeinflusst wird.
- In weiten Bereichen des größtenteils zusammenhängen Siedlungskörpers von Marl, welcher sich von Alt-Marl, Stadtkern, Brassert, Drewer-Nord und –Süd sowie Hüls-

Nord und –Süd erstreckt, konnten innerhalb der Wohn-, Misch und Gewerbegebiete keine Werte für den Kaltluftvolumenstrom mit einer hohen Bedeutung festgestellt werden. Dies bedeutet, dass diese Bereiche während sommerlicher Strahlungswetterlagen eine deutliche Unterversorgung nächtlicher Kaltluftzuflüsse aufweisen. Bezogen auf die lokalen klimaökologischen Verhältnisse ist dies jedoch differenziert zu bewerten. Einerseits führen eine lockere, stark durchgrünte Bebauungsstruktur mit kleineren Ein- bis Mehrfamilienhäusern und teils großen zusammenhängenden Gartenflächen, wie etwa die Siedlungsgebiete im westlichen Randbereiche von Brassert, im östlichen Hüls-Nord oder die an die Tallagen angrenzenden Siedlungen im Bereich von Loemühlenbach und Loekampbach zu insgesamt noch günstigen bioklimatischen Verhältnissen. Andererseits sind die fehlenden Kaltluftzuflüsse in Kombination mit erhöhten Versiegelungsgraden und dem daraus resultierenden Fehlen verdunstungsaktiver Grünflächen sowie teils erhöhter Emissionen von Luftschadstoffen, Stäuben und Abwärme im Bereich der stärker verdichteten Bebauungsstrukturen, insbesondere in den Bereichen des Innenstadtklimas sowie den größeren Gewerbe- und Industriegebieten für eine insgesamt stärkere klimatische Belastung und einer erhöhten Wärmeinselintensität ausschlaggebend.

Karte 5.1: Karte der klimaökologischen Funktionen im Stadtgebiet von Marl.

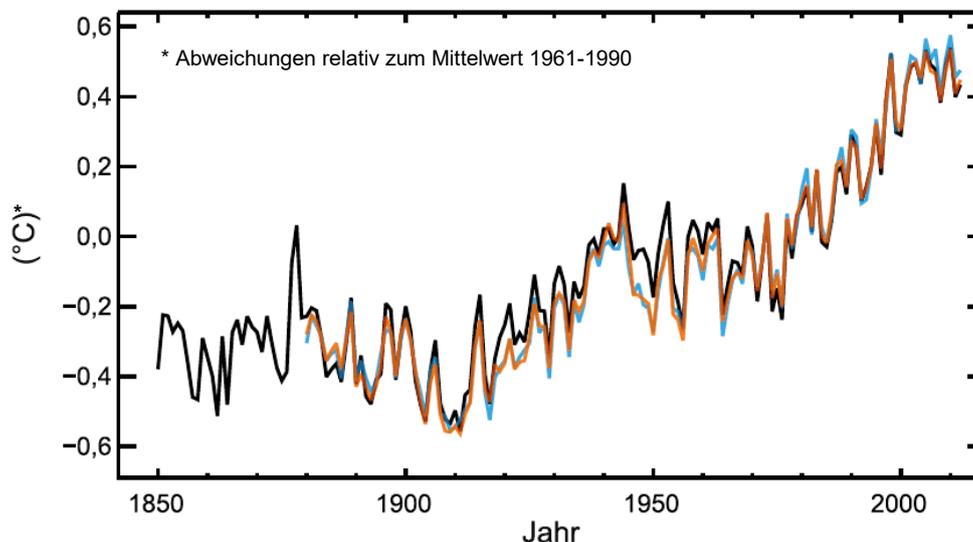


## 6 Die Stadt Marl im Zeichen des globalen Klimawandels

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf das Stadtgebiet von Marl 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 Marl, welche lokalen Auswirkungen der globale Klimawandel im Stadtgebiet hat.

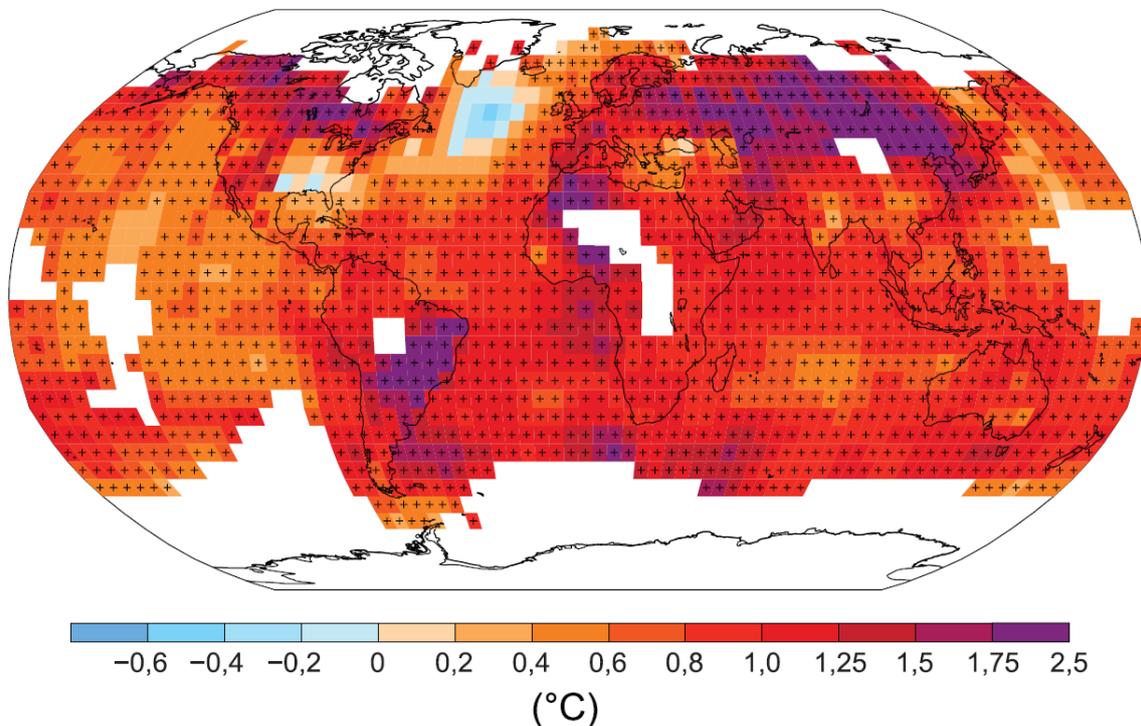
### 6.1 Globaler Klimawandel

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

zugewonnen 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 führte. Abb. 6-3 zeigt die Entwicklung der atmosphärischen Konzentrationen der drei Treibhausgase Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Distickstoffmonoxid bzw. Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) zwischen 1850 und 2012 (IPCC 2014).

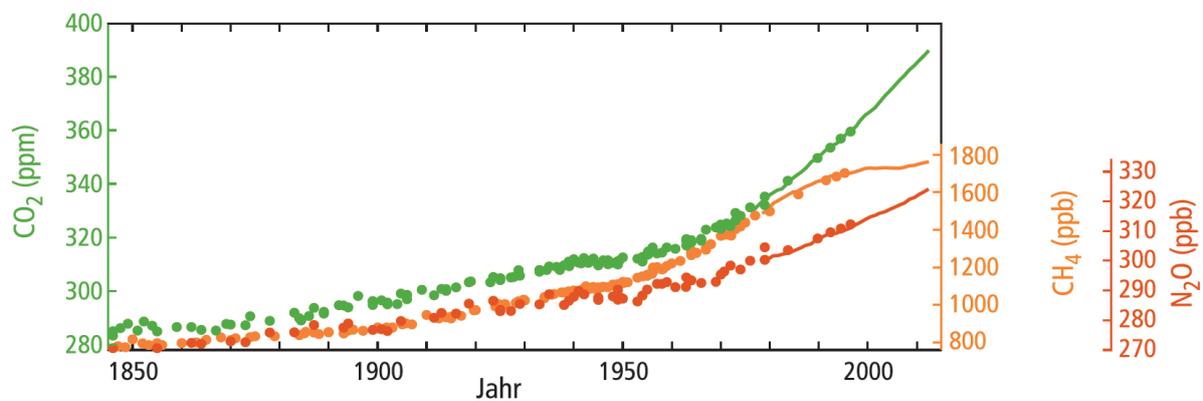


Abb. 6-3: Atmosphärische Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Distickstoffmonoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (verändert nach IPCC 2014)

Dabei haben sich schätzungsweise nur 40 % der seit 1750 anthropogen emittierten  $\text{CO}_2$ -Emissionen in der Atmosphäre angereichert, während das restliche  $\text{CO}_2$  der Atmosphäre durch die Aufnahme von Pflanzen, Böden und der Ozeane wieder entzogen wurde. Letztere haben allein 30 % des anthropogenen  $\text{CO}_2$  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 Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) die zukünftige 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 Bevölkerungswachstums, 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).

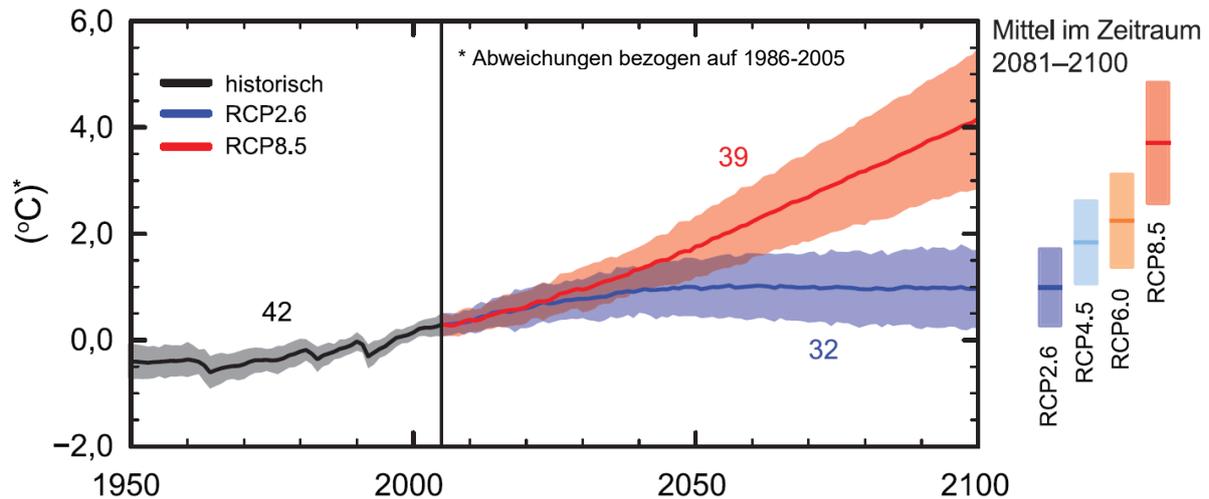


Abb. 6-4: Multimodell-simulierte Änderung der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur von 1950 bis 2100 (verändert nach IPCC 2013a)

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 Temperaturextreme 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).

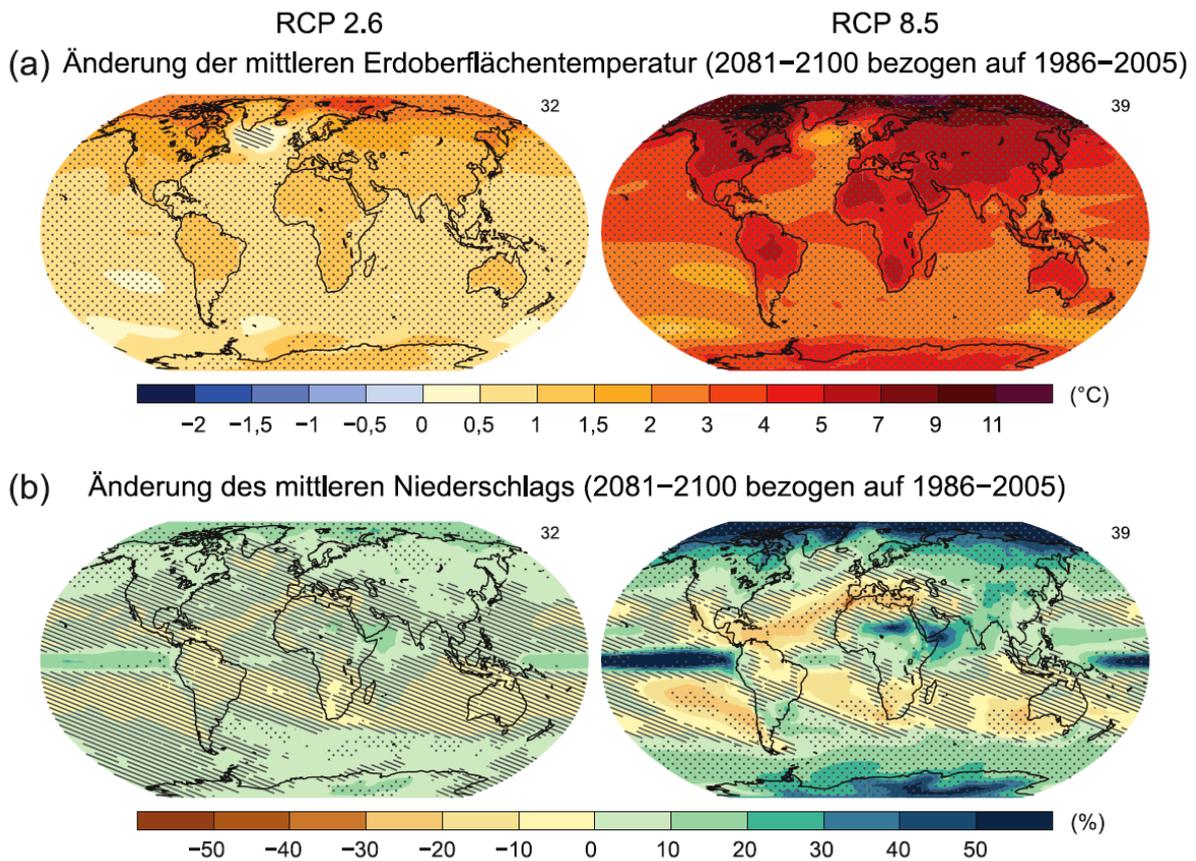


Abb. 6-5: Globale Verteilung der Veränderung der mittleren Erdoberflächentemperatur (a) und des mittleren Niederschlags (b), basierend auf Multimodell-Mittel-Projektionen für 2081-2100 gegenüber 1986-2005 für die Szenarien RCP2.6 und RCP8.5 (IPCC 2013a)

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 verschär-

fen. 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 und die Jahresmittelwerte der Lufttemperatur von 1912 bis 2017 der LMSS dargestellt. Der mittlere jährliche Niederschlag seit 2012 beträgt 822,4 mm, wobei die natürlichen Schwankungen einen Wertebereich zwischen 513,7 mm (1959) und 1.118,0 mm (1961) einnehmen. Bei einer Amplitude von 8,7 °C (1919) bis 12,2°C (2000) lag die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur für den Zeitraum 1912 bis 2017 in Bochum bei 10,5 °C. Einen Anstieg der Jahresmitteltemperaturen zeigt der lineare Trend, wonach die Temperaturen in Bochum im Zeitraum von 1912 bis 2017 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 für den Zeitraum 1912 – 2010 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. (vgl. Grudzielanek et al. 2011; Hückelheim 2014).

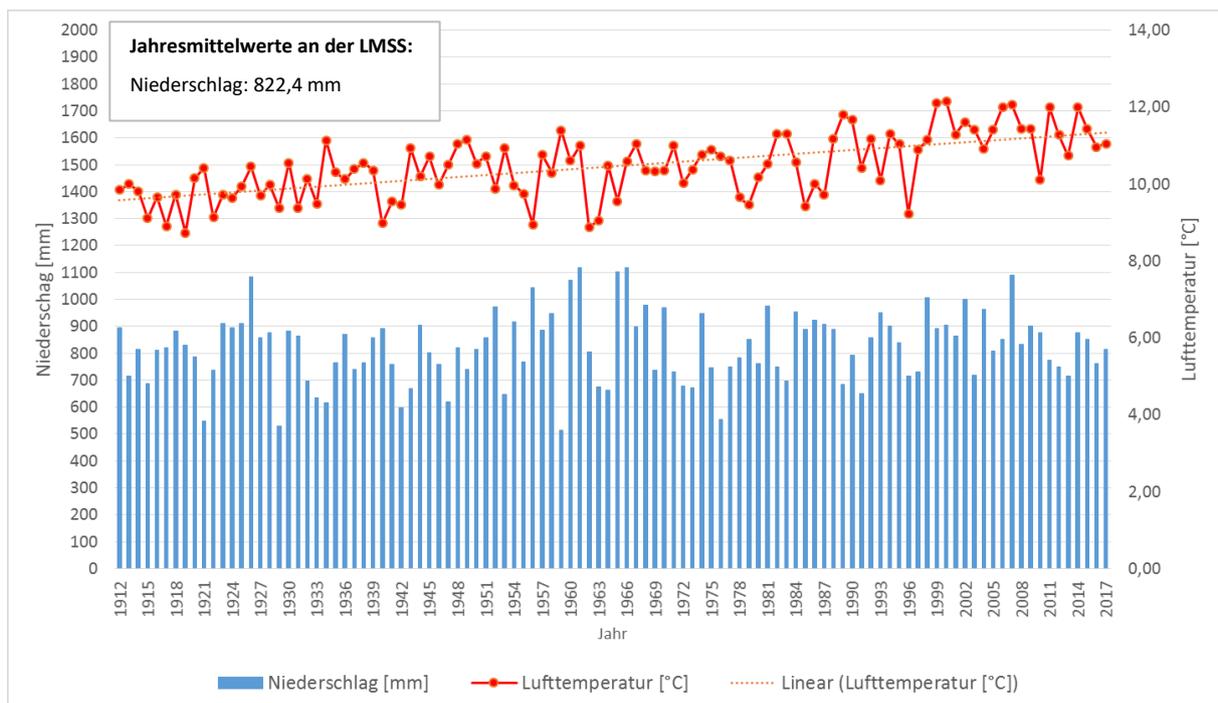


Abb. 6-6: Jährliche Niederschlagssummen und Jahresmitteltemperaturen (1912-2017) der Ludger-Mintrop-Stadtklima-Station (verändert nach Grudzielanek et al. 2011)

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 werden die vom Deutschen Wetterdienst (DWD) bearbeiteten Darstellungen

des EURO-Cordex-Projektes mit einer Rasterzellenauflösung von 12,5 km x 12,5 km betrachtet.

In den Abb. 6-7 und Abb. 6-8 werden die flächenhaften Ausprägungen des Klimawandels im Ruhrgebiet auf die Jahresmitteltemperaturen und –niederschlagssummen anhand eines Vergleichs der Bezugszeiträume 1971-2000 und 2021-2050 für die Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 dargestellt. Im Vergleich der beiden Szenarien werden Unterschiede in der Ausprägung der zu erwartenden Erwärmung deutlich. Beide Szenarien simulieren jedoch einen Anstieg der Jahresmitteltemperatur in der Metropole Ruhr bis Mitte des Jahrhunderts um 0,7 bis 1,8 K gegenüber dem Zeitraum 1971-2000. Bezüglich der Jahresniederschlagssummen zeigen beide Szenarien einen Anstieg um bis zu 14,5 Prozent.

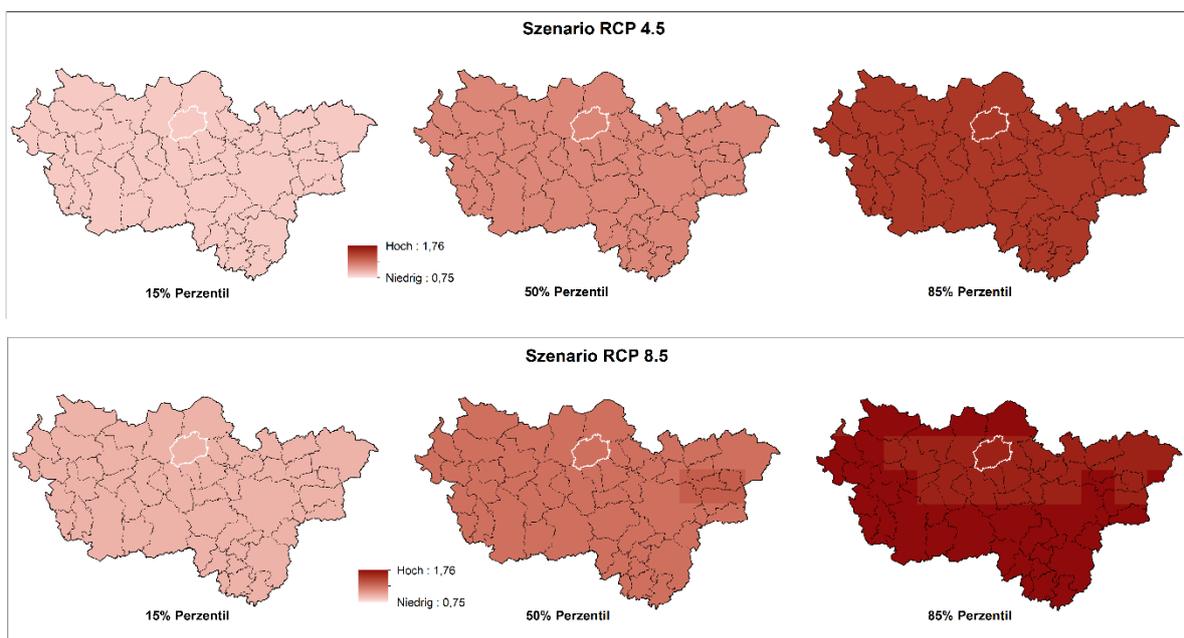


Abb. 6-7: Differenz der Jahresmitteltemperaturen (in K) in der Metropole Ruhr zwischen den Klimanormalperioden 1971-2000 und 2021-2050 basierend auf Ensemble-Rechnungen für die Szenarien RCP 4.5 und 8.5 (Eigene Darstellung auf Basis von EURO-Cordex-Projekt (Datengrundlage), DWD (Datenbearbeitung), LANUV NRW (Datenvermittler))

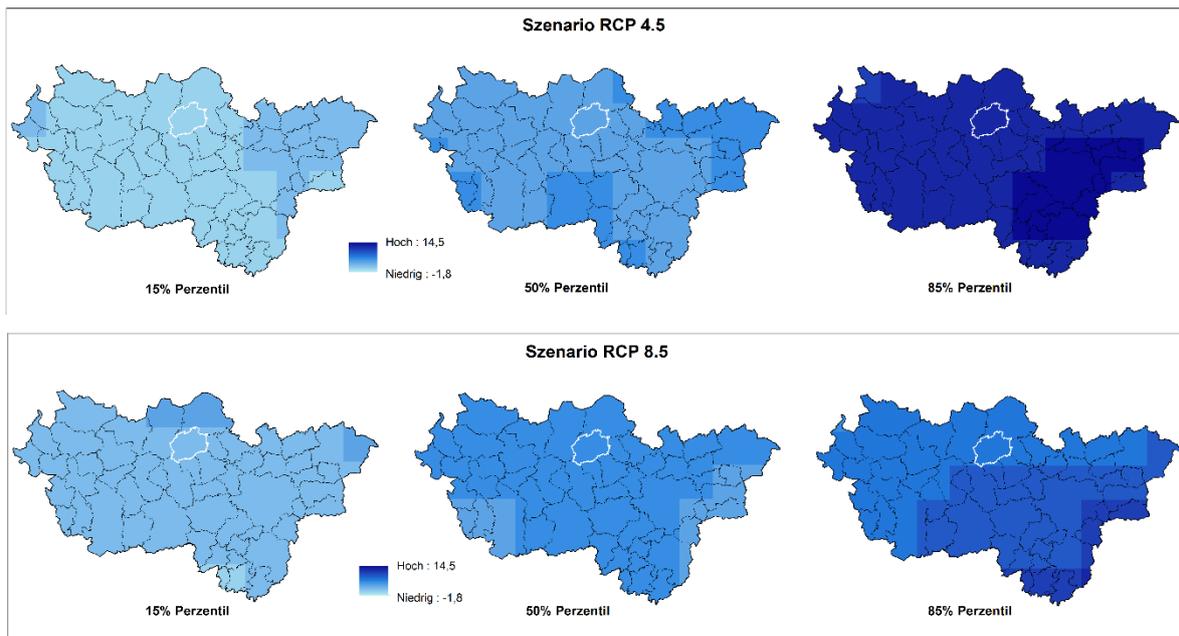


Abb. 6-8: Differenz der mittleren Niederschlagssummen (in %) in der Metropole Ruhr zwischen den Klimanormalperioden 1971-2000 und 2021-2050 basierend auf Ensemble-Rechnungen für die Szenarien RCP 4.5 und 8.5 (Eigene Darstellung auf Basis von EURO-Cordex-Projekt (Datengrundlage), DWD (Datenbearbeitung), LANUV NRW (Datenvermittler))

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 ( $T_{\max} > 25\text{ °C}$ ) und heißen Tagen ( $T_{\max} > 30\text{ °C}$ ) 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 unbebauten 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 der zukünftigen Entwicklung klimatischer Kenntage sowie der Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Marl gegeben.

### **6.3 Zukünftige Entwicklung klimatischer Kenntage in Marl**

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 klimatischer Parameter im Stadtgebiet von Marl wurde für die Modellierung der meteorologischen Grundlagendaten zum Klimawandel für zwei Zeitschnitte das Methoden-Paket „ENVELOPE“ angewendet.

*„...Das Paket koppelt das mesoskalige Stadtklimamodell FITNAH-3D mit den aktuellsten Ergebnissen regionaler Klimamodell-Ensemble Rechnungen und erlaubt auf diese Weise die numerische Simulation stadtklimatisch relevanter Parameter. Entsprechend des Projektansatzes werden sich die Modellanalysen auf den thermischen Wirkungskomplex beziehen und räumlich differenzierte Informationen zur zukünftigen Entwicklung der Auftrittshäufigkeit ausgewählter klimatologischer Kenntage bereitstellen.*

*Aus dem Vergleich mit den Daten für die aktuelle Klimanormalperiode 1961-1990, kann das zu erwartende Ausmaß des Stadtklimawandels im Gebiet des RVR räumlich hochaufgelöst analysiert werden. Die Modellrechnungen liefern Ergebnisse in einer einheitlichen horizontalen Auflösung für den gesamten Untersuchungsraum. Obwohl die Ergebnisse der Regionalen Klimamodelle auf einem, verglichen mit dem globalen Maßstab, sehr feinen Rechengitter vorliegen, werden für die Abschätzung von Klimafolgen in der Regel noch detailliertere Aussagen benötigt. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund notwendig, dass regionale Klimamodelle mit einer sehr guten räumlichen Auflösung von gegenwärtig bis zu 12,5 km dennoch nicht in der Lage sind, die relevanten lokalen Handlungsfelder wie fein strukturierte Wälder, unterschiedliche landwirtschaftliche Kulturen oder Städte aufzulösen und in den Klimaprojektionen ausreichend zu berücksichtigen.*

*Diese Aufgabe können mesoskalige und an den entsprechenden Raum angepasste Simulationsmodelle übernehmen. Sie sind aufgrund ihrer höheren räumlichen Auflösung in der Lage, die Vielfalt und Heterogenität der naturräumlichen Gliederung einer Landschaft auf die Verteilung der meteorologischen Größen zu erfassen...*

*...Mesoskalige dreidimensionale Simulationen werden dabei nicht parallel zu einem regionalen Klimamodell ausgeführt, vielmehr erfolgt die Übertragung der regionalen Ergebnisse auf die lokale Ebene durch ein statistisch-dynamisches Verfahren.*

*Dabei werden die größerskaligen Ergebnisse statistisch ausgewertet und mit den Ergebnissen einer Vielzahl mesoskaliger Simulationen verknüpft. Es werden keine lokalen Klimaszenarienrechnungen für die nächsten Dekaden durchgeführt, sondern die Ergebnisse der regionalen Klimamodelle „intelligent“ auf kleinere Raumeinheiten interpoliert, wobei eine Berücksichtigung der lokalen Besonderheiten einer Landschaft mit unterschiedlicher Landnutzung und Relief erfolgt...“ (GEO-NET 2021).*

In den Abb. 6-9 bis Abb. 6-10 sind die Lufttemperaturen für eine windschwache Strahlungswetterlage, 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 das Stadtgebiet von Marl anhand der oben beschriebenen Methodik dargestellt.

Die Aussagen bezüglich der Lufttemperaturen während einer windschwachen Strahlungswetterlage und der klimatischen Kenntage (Heiße Tage und Tropennächte) für das Stadtgebiet von Marl beziehen sich dabei auf die beiden Zeiträume 2021-2050 und 2071-2100 und wurden für zwei Szenarien ermittelt. Das Szenario RCP2.6 entspricht dabei einem Szenario mit deutlichen Anstrengungen beim Klimaschutz, wozu auch Anstrengungen im Bereich „negativer“ Emissionen gehören, während das Szenario RCP8.5 einem „Weiter-so-wie-bisher“-Szenario entspricht (weitere Erläuterungen siehe oben).

Für die Lufttemperaturen werden zusätzlich zu den beiden Klimanormalperioden der Envelope-Berechnung die Ergebnisse der aktuellen FITNAH-Modellierung (Geodatenbestand 2020) dargestellt.

Bei Betrachtung der Ergebnisse für die Lufttemperaturen in den Abb. 6-9 und Abb. 6-10 wird deutlich, dass die Lufttemperaturen der Gegenwart (Bezugsjahr 2020) für die modellierte Wetterlage noch relativ moderat sind und hohe Belastungssituationen nur in den dicht bebauten Innenstadtbereichen sowie in den Gewerbe- und Industriegebieten auftreten. So wurden während der windschwachen Strahlungsnacht sowohl für den Chemiapark Marl als auch für Teile der Innenstadt Temperaturen über  $20 \text{ °C}$  simuliert, was – sofern die Überwärmung die ganze Nacht anhält und nicht unter  $20 \text{ °C}$  sinkt – auf die Ausbildung von Tropennächten hindeutet. Eine leichte Verschärfung der Situation ist beim RCP-Szenario 2.6 für den Zeitraum 2021-2050 anhand der Temperaturzunahme von ca. 1K in nahezu allen Bereichen festzustellen, während im gleichen Zeitraum bei Annahme des „worst-case-Szenario“ (RCP-Szenario 8.5) die Temperaturen um ca. 1 – 1,5 K ansteigen. Für die ferne Zukunft ergeben sich für das RCP-Szenario 2.6 keine wesentlichen Veränderungen gegenüber der nahen Zukunft, wohingegen

für das RCP-Szenario 8.5 eine weitere Zunahme der Temperaturen von zusätzlichen 2 bis 3 K für den Zeitraum 2071-2100 simuliert wurde.

Die niedrigsten nächtlichen Temperaturen während der sommerlichen Strahlungswetterlage werden in allen Simulationen für die Freilandbereiche ermittelt. Während für das Jahr 2020 eine mittlere Lufttemperatur von ca. 14,5°C für den unbebauten Freiraum simuliert wurde und somit sehr günstige nächtliche Temperaturverhältnisse vorliegen, wurden für das RCP-Szenario 8.5 für die ferne Zukunft (2071-2100) Lufttemperaturen bis zu 18,5 °C für den Freiraum ermittelt. Die Temperaturen in den innerstädtischen Grünflächen liegen mit Werten von ca. 18 °C bis 22 °C zum Teil noch höher, und in den Waldgebieten wurden Werte von bis zu 21,5 °C simuliert. Sollte das „Worst-case“- Szenario eintreten, muss davon ausgegangen werden, dass heiße Tage und Hitzewellen vermehrt auftreten und sich über längere Zeiträume erstrecken werden. Die Wirksamkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen wird unter diesen Bedingungen erheblich reduziert.

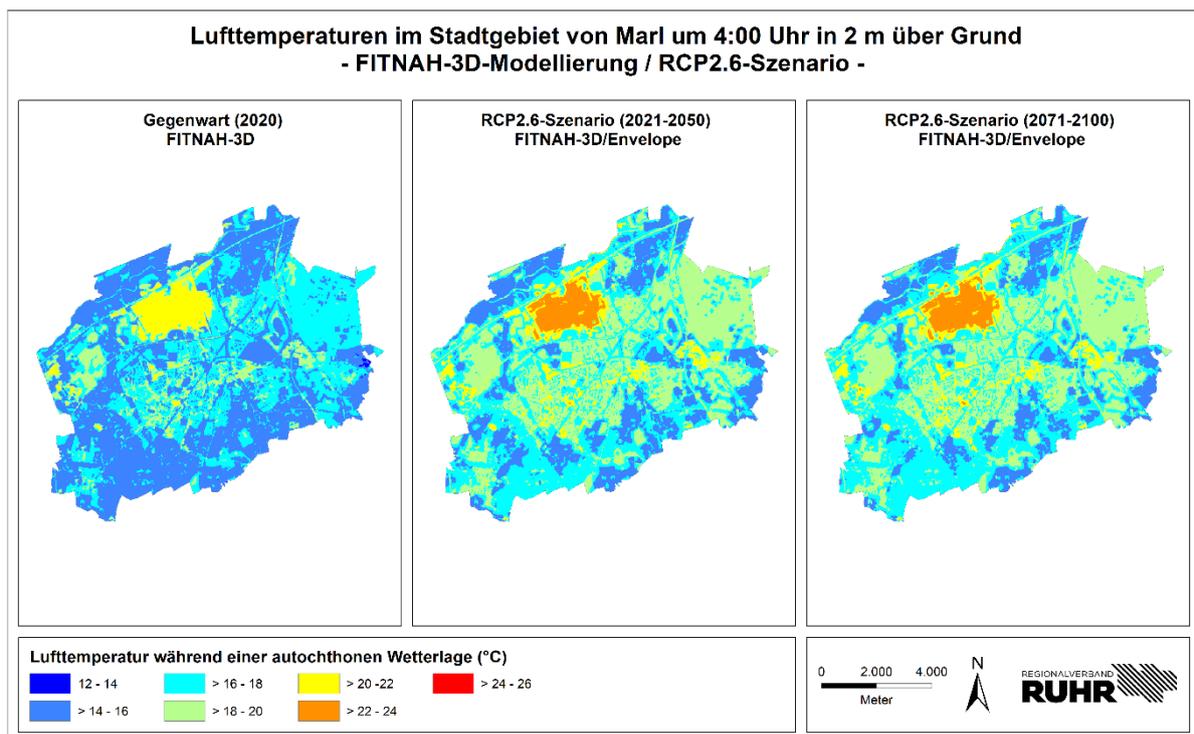


Abb. 6-9: Darstellung der Lufttemperaturen im Stadtgebiet von Marl um 4:00 Uhr für eine windschwache Strahlungswetterlage (FITNAH-3D-Modellierung und RCP2.6-Szenario).

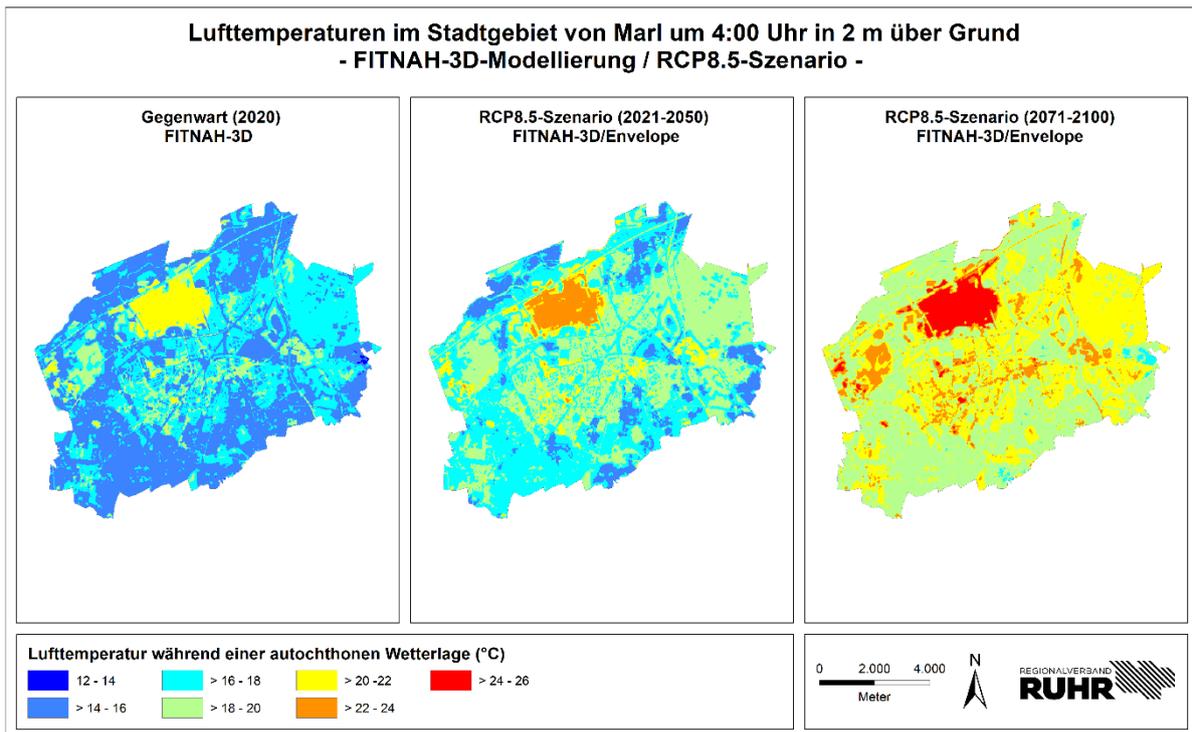


Abb. 6-10: Darstellung der Lufttemperaturen im Stadtgebiet von Marl um 4:00 Uhr für eine windschwache Strahlungswetterlage (FITNAH-3D-Modellierung und RCP8.5-Szenario).

Die Abb. 6-11 bis Abb. 6-13 zeigen auf Basis der oben beschriebenen Methodik, welche Veränderungen hinsichtlich der heißen Tage und der Tropennächte in der nahen Zukunft eintreten werden (Mittelwerte des Zeitraums 2021-2050) und welche in der fernen Zukunft (Mittelwert des Zeitraums 2071-2100) voraussichtlich zu erwarten sind.

Verdeutlicht wird zusätzlich die Entwicklung der Hitzebelastung anhand der Anzahl der heißen Tage ( $T_{\max} > 30 \text{ °C}$ ) und Tropennächte ( $T_{\min} > 20 \text{ °C}$ ), mit dem Ziel, die Hitzebelastung während des gesamten Verlauf eines Tages (24 Stunden) beurteilen zu können.

Abb. 6-11 ist die Anzahl der heißen Tage ( $T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$ ) für zwei Bezugsräume in jeweils zwei Szenarien (RCP 2.6 und RCP 8.5) dargestellt. Bei der Betrachtung der Ergebnisse für das Szenario RCP 2.6 wird sehr deutlich, dass nur geringe Unterschiede zwischen den Bezugszeiträumen 2021-2050 und 2071-2100 zu erwarten sind. So ist beispielsweise davon auszugehen, dass sich die mittlere Anzahl der heißen Tage für die Gewerbegebiete von ca. 28 Tagen in der Bezugsperiode 2021-2050 auf 29 heiße Tage im Zeitraum 2071-2100 erhöhen wird. Auch für die übrigen bebauten Flächen gilt jeweils eine Erhöhung der Anzahl an heißen Tagen pro Jahr um ca. ein bis zwei. Im Vergleich zu einer früheren Untersuchung zur Entwicklung

der Kenntage in Zukunft kann anhand der hier beschriebenen Untersuchung nicht nachgewiesen werden, dass die Lasträume der Innenstadtbereiche sowohl in der Gegenwart und Zukunft, aufgrund der insgesamt dichten, hohen Bebauung und dadurch bedingter Verschattungseffekte, tagsüber eine geringere thermische Belastung aufweisen als die teils weniger dicht bebauten Bereiche der an die Innenstädte angrenzenden Stadtklimatope. Im Gegenteil wird im Rahmen der aktuellen Untersuchung ein deutlicher Unterschied zwischen den dicht bebauten Klimatopen der Innenstadt und der Stadt zugunsten der etwas lockerer bebauten Stadt ersichtlich. Hierbei gilt jedoch zu beachten, dass kleinräumige Variationen der Bebauungs- und Begrünungssituationen bereits zu deutlichen Unterschieden der Temperaturverhältnisse innerhalb eines Gebietes führen können. Aufgrund der Rastergröße von 25 x 25 m und der damit einhergehenden Parametrisierung von Einzelgebäuden können diese detaillierten Unterschiede jedoch nicht immer aufgelöst werden. Bei einer kleinräumigen Interpretation der Ergebnisse sind diese Erkenntnisse daher zu berücksichtigen.

Während in den als Innenstadtklimatopen ausgewiesenen Bereichen zwischen 14 und 22 heiße Tage pro Jahr wahrscheinlich sind, ist in den Stadtklimatopen mit einer Anzahl an heißen Tagen von 9 bis 15 für den Bezugszeitraum 2021-2050 zu rechnen. In den lockerer bebauten Bereichen der Stadt, wozu die Stadtrand- und Vorstadtklimatope zählen, ist die Anzahl an heißen Tagen weiter reduziert und beträgt in den von Freiland beeinflussten Siedlungsflächen lediglich 9 – 10 Tage. Die Freilandflächen dagegen weisen aufgrund der zum Teil geringen Beschattung durch fehlende Vegetationsstrukturen (z.B. intensiv genutzte Ackerflächen) bis zu einem weiteren heißen Tag mehr auf als die in den Stadtrandgebieten befindlichen Siedlungen. Die geringste Anzahl an heißen Tagen ist mit 4 Tagen im Bereich der Gewässerflächen nachzuweisen. Es zeigt sich, dass trotz erheblicher Anstrengungen beim Klimaschutz auch in der fernen Zukunft noch mit einer Zunahme an Belastungssituationen zu rechnen ist, diese jedoch relativ moderat ist.

Bei Betrachtung des RCP-Szenario 8.5 im Vergleich zum RCP-Szenario 2.6 wird dagegen deutlich, dass die zukünftige Entwicklung bis zum Jahr 2100 bei RCP 8.5 wesentlich dramatischer verläuft als für RCP 2.6. Während für den Bezugszeitraum 2021-2050 die Anzahl der heißen Tage in etwa den Ergebnissen für die ferne Zukunft (2071-2100) aus dem Szenario RCP 2.6 entspricht und im Vergleich dazu nur leicht erhöht ist, zeigt sich für die ferne Zukunft des Szenario RCP 8.5 eine erhebliche Zunahme der heißen Tage. Mit bis zu 52 Tagen im Jahr ist die höchste Anzahl an heißen Tage in den Gewerbegebieten zu erwarten. Besonders kritisch ist die Situation dann in großflächig versiegelten Flächen einzustufen, wie dem Chemiepark Marl. In kleineren Gewerbegebieten ist die Anzahl an heißen Tagen mit 44 – 51 zwar immer noch extrem hoch, jedoch etwas abgemildert. Auch in der Innenstadt ist mit 37 bis 51

heißen Tagen im Jahr zu rechnen. In lockerer bebauten Bereichen nimmt die Belastungssituation zwar ab, jedoch sind zukünftig nach diesem Szenario selbst im Freilandbereich bis zu 26 heiße Tage im Jahr zu erwarten. Die geringste Anzahl an heißen Tagen weisen die Gewässerflächen mit zehn Tagen und die Wälder mit maximal 21 Tagen auf. Somit kann festgehalten werden, dass in der fernen Zukunft mit etwa einer Verdoppelung der Anzahl an heißen Tagen gegenüber dem Zeitraum 2021-2050 zu rechnen ist, wenn keine Klimaschutzmaßnahmen ergriffen werden.

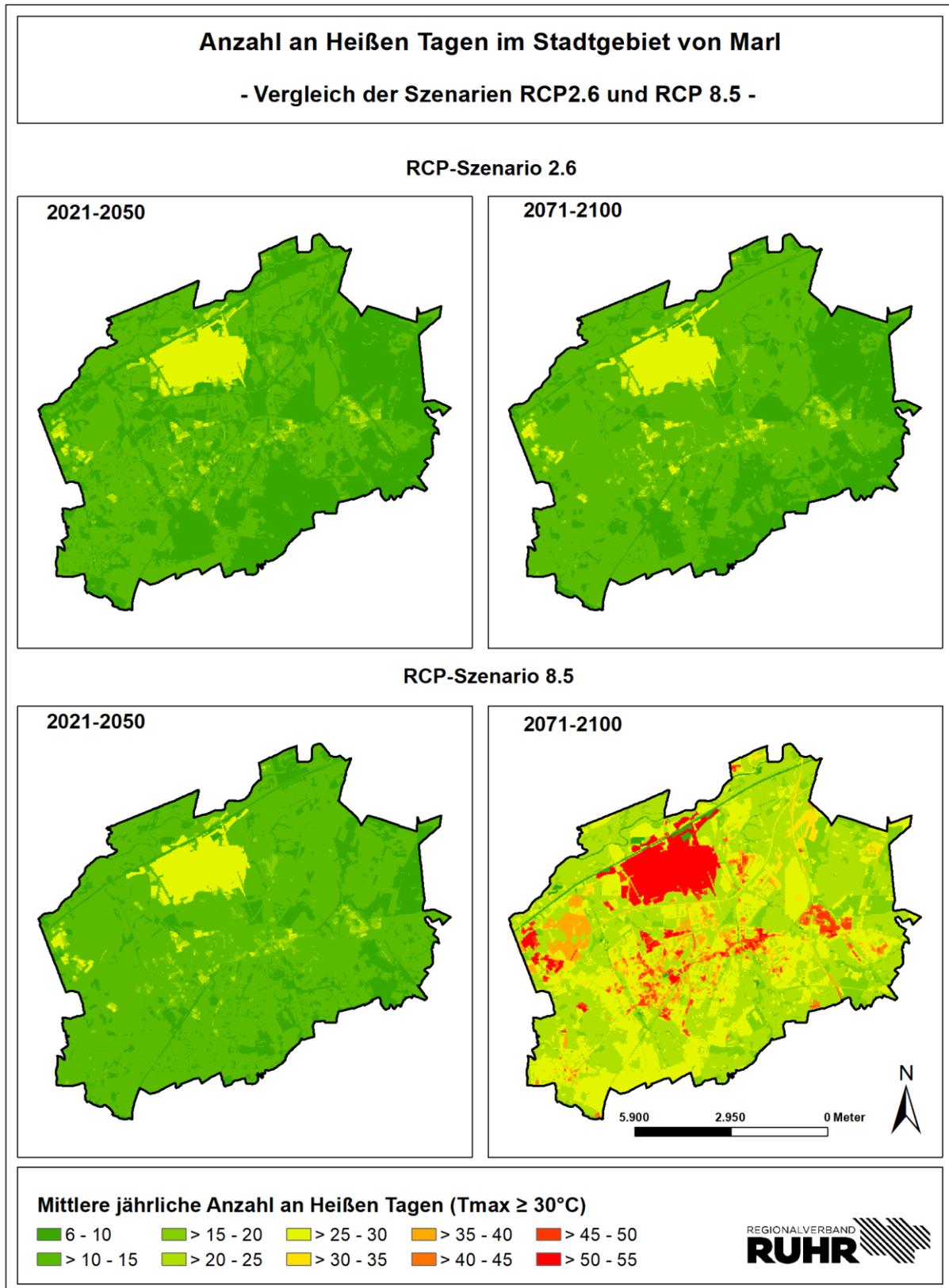


Abb. 6-11: Anzahl an Heißen Tagen im Stadtgebiet von Marl für die Szenarien RCP 2.6 und 8.5.

Die Entwicklung der Tropennächte für die o.g. Szenarien und Zeiträume ist in *Abb. 6-12* dargestellt. Aufgrund der sehr hohen Versiegelungsraten, der thermischen Eigenschaften der anthropogenen Oberflächen, der verminderten Belüftung und der oft fehlenden Anbindung an die kaltluftproduzierenden Flächen des unbebauten Umlandes weisen die Gewerbeflächen und dicht bebauten 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 Gewerbegebieten und dicht bebauten Innenstädten relativ häufig auf. Bezüglich der Anzahl an Tropennächten ist in diesen Gebieten zudem künftig von einem sehr starken Anstieg auszugehen. Während beispielsweise in der Bezugsperiode 2021-2050 des Szenarios 2.6 in den Gewerbegebieten lediglich 3 Tage pro Jahr als Tropennacht ermittelt werden können, werden die nächtlichen Lufttemperaturen in der fernen Zukunft des Szenario 8.5 (Zeitraum 2071-2100) an bis zu 17 Tagen pro Jahr mindestens 20 °C betragen. In den dicht bebauten Innenstadtbereichen ist in der fernen Zukunft mit einer vergleichbar hohen Anzahl an Tropennächten zu rechnen (15 bis 16 Tropentage). Selbst im Freiland ist in der fernen Zukunft mit bis zu acht Tropennächten zu rechnen, wogegen in der nahen Zukunft (2021-2050) von ein bis zwei Tagen auszugehen ist.

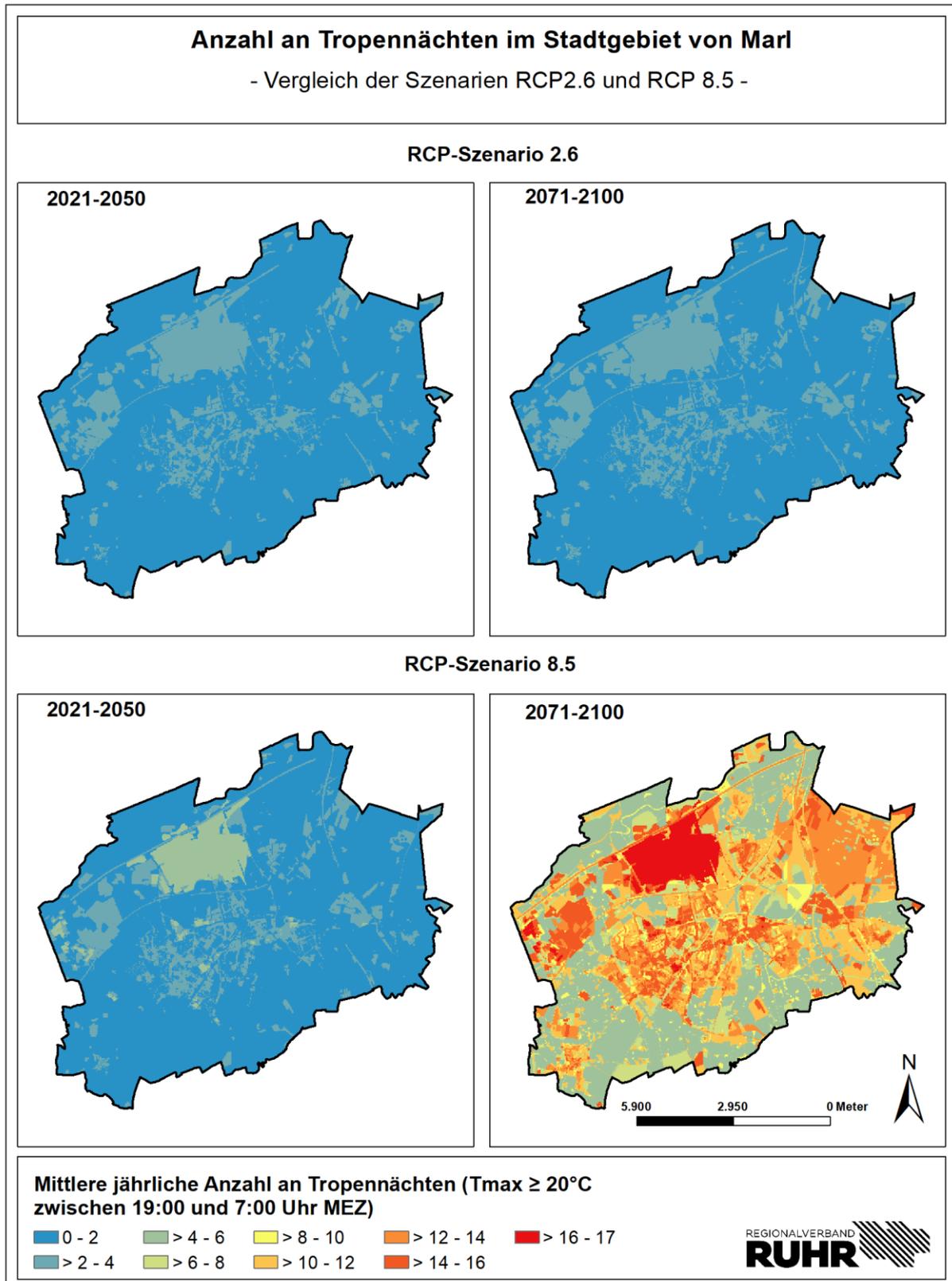


Abb. 6-12: Anzahl an Tropennächten im Stadtgebiet von Marl für die Szenarien RCP 2.6 und 8.5.

Um eine mittlere Hitzebelastung innerhalb des Stadtgebietes von Marl unter Berücksichtigung der Tag- und Nachtsituation (heiße Tage und Tropennächte) bestimmen zu können, wurden die Eingangsgrößen für die Tropennächte und die heißen Tage in einem nächsten Arbeitsschritt gewichtet normalisiert. Dabei wurde der Wertebereich beider Szenarien und beider Betrachtungszeiträume in die Berechnung einbezogen. Dies hat den Vorteil, dass beide Szenarien miteinander vergleichbar sind. Jedoch fällt anhand dieses Vorgehens die Bewertung der beiden Betrachtungszeiträume für das RCP-Szenario 2.6 sehr moderat aus, da die Anzahl an Tropennächten und heißen Tagen des RCP 8.5 in der fernen Zukunft die maximal mögliche Belastungssituation bestimmt.

In der Bewertung wurden die Nacht- als auch die Tagessituation als gleichwertig bedeutend betrachtet, indem die Eingangsgrößen für die Tropennächte und die heißen Tage gemittelt wurden. Das Ergebnis ist der Abb. 6-13 zu entnehmen.

Beim Vergleich der Szenarien wird deutlich, dass in beiden Bezugszeiträumen des Szenario 2.6 geringe bis mittlere Hitzebelastungen auftreten, deren räumliche Verteilung sich nicht wesentlich unterscheidet. Dabei wird erneut ersichtlich, dass sich bei Umsetzung umfangreicher Klimaschutzmaßnahmen die Situation in Zukunft kaum verschärfen wird. Wie oben beschrieben, fällt zudem die Hitzebelastung beim Szenario 2.6 nicht sehr hoch aus, da es sich bei der Darstellung um eine mit dem Szenario 8.5 vergleichende Bewertung handelt. Würde sich die Normalisierung der Eingangsgrößen für die heißen Tage und Tropennächte nur auf das RCP-Szenario 2.6 beziehen, würde eine deutlichere Differenzierung der verschiedenen Nutzungsarten anhand einer größeren Anzahl an Bewertungsklassen auftreten.

Die Analyse zeigt darüber hinaus, dass in der nahen Zukunft beim RCP-Szenario 8.5 bereits eine höhere Hitzebelastung auftritt als beim RCP-Szenario 2.6 in der fernen Zukunft. Besonders deutlich wird dies anhand der Einstufung des Chemieparks Marl als Bereich mit einer hohen Hitzebelastung. In der fernen Zukunft sind beim RCP-Szenario 8.5 keine Bereiche mehr mit einer moderaten Hitzebelastung zu erwarten, und es wird eine stärkere Differenzierung der verschiedenen Nutzungsstrukturen ersichtlich. So sind nach diesem Szenario extrem hohe Belastungen in den Gewerbegebieten sowie in den Innenstadtbereichen wahrscheinlich. Aber auch in den Waldgebieten ist immer mit einer hohen bis sehr hohen Hitzebelastung zu rechnen, da diese sich in den Nachtstunden nur wenig abkühlen. Nur die Freilandbereiche sowie Parks fallen in die Bewertungskategorie „erhöhte Hitzebelastung“.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass selbst erhebliche Anstrengungen beim Klimaschutz eine Verschlechterung der klimatischen Situation in der Stadt nicht aufhalten können und dass im

Falle eines Szenarios „weiter-so-wie-bisher“ (RCP-Szenario 8.5) von einer extremen Belastung in weiten Bereichen der Stadt in Zukunft auszugehen ist. Anpassungsmaßnahmen an die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels sind daher unumgänglich, um zukünftig noch lebenswerte Bedingungen in den Städten zu ermöglichen. Ohne konsequenten Klimaschutz nimmt der Anpassungsbedarf schließlich noch weiter zu. Im ungünstigsten Fall – bei Nichteinhaltung des 2°C-Ziels - sind jedoch kaum mehr wirksame Anpassungen möglich.

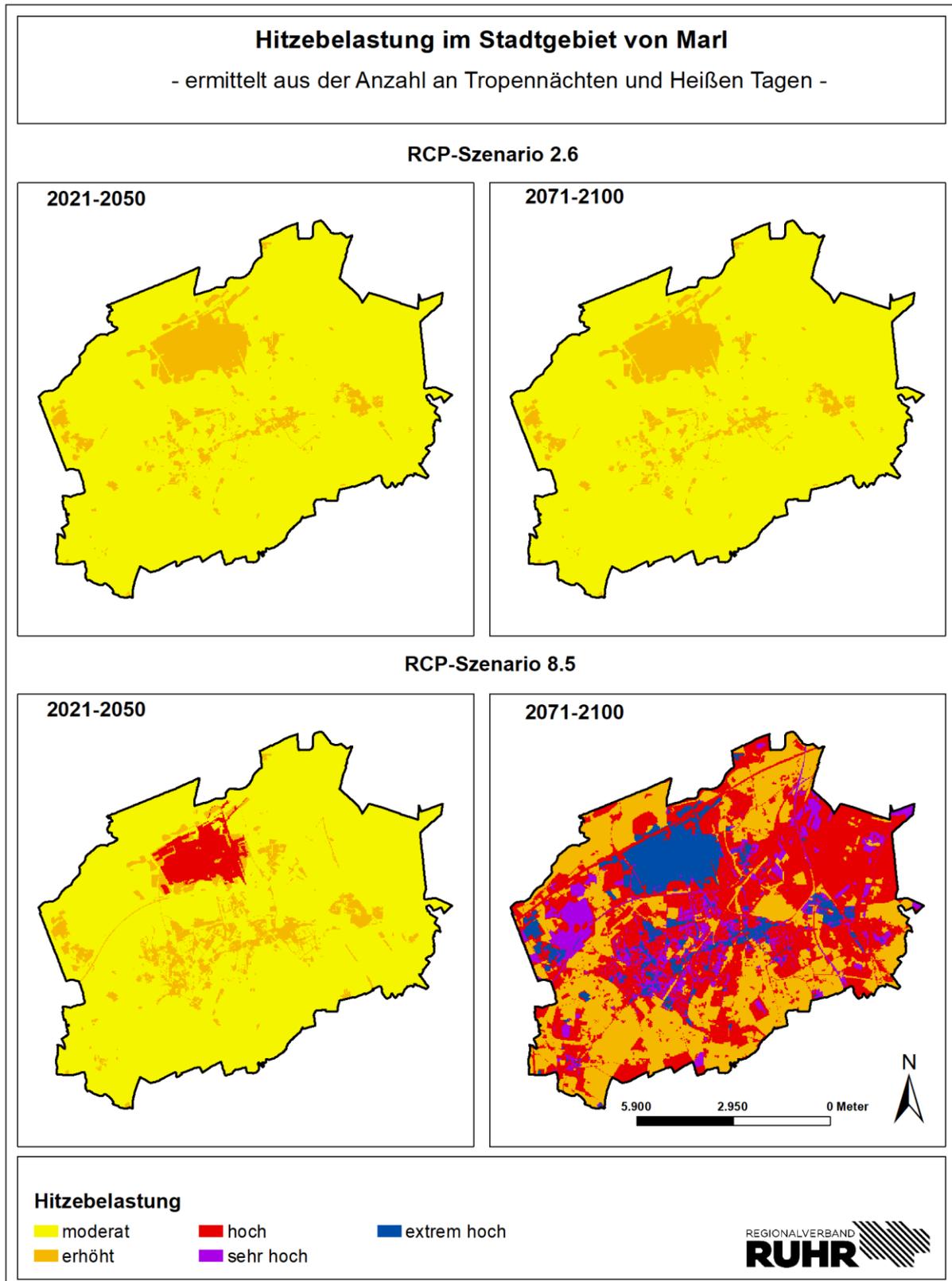


Abb. 6-13: Hitzebelastung in Marl (ermittelt aus den Heißen Tagen und Tropennächten für die Szenarien RCP 2.6 und 8.5.

## **6.4 Darstellung derzeitiger und zukünftiger Wärmeinselbereiche**

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 Marl 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 6.3) aufgezeigt werden, dass in Zukunft auch Bereiche, die heute aus klimatischer Sicht als noch moderat bis günstig einzustufen sind, häufiger Hitzebelastungen ausgesetzt sein werden. Neben den Innenstadtbereichen und den Stadtklimatopen treten daher in Zukunft während sommerlicher Strahlungsnächte auch die Stadtrandklimatope als thermisch stark belastete Bereiche auf. Diese Einschätzung basiert zudem auf der Tatsache, dass die mittleren Temperaturdifferenzen zwischen den heutigen Wärmeinselbereichen (Innenstadt-/Stadtklimatopen) und den Stadtrandklimatopen sich auf maximal 2 K belaufen, der zukünftig zu erwartende 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. 6-14 zeigt die gegenwärtigen (2020) und zukünftigen (2100) Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Marl. 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 Wärmeinselbereiche von derzeit etwa 5,5 % des Stadtgebietes zukünftig auf eine Fläche von über 12 km<sup>2</sup> und umfassen dann fast 14 % des Stadtgebietes.

In dieser Betrachtung und Ausweisung der Wärmeinselbereiche 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 dieser 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 Wärmeinselbereiche 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 Vulnerabilitätsanalyse zur Identifizierung der besonders betroffenen Bereiche im Stadtgebiet dargestellt.

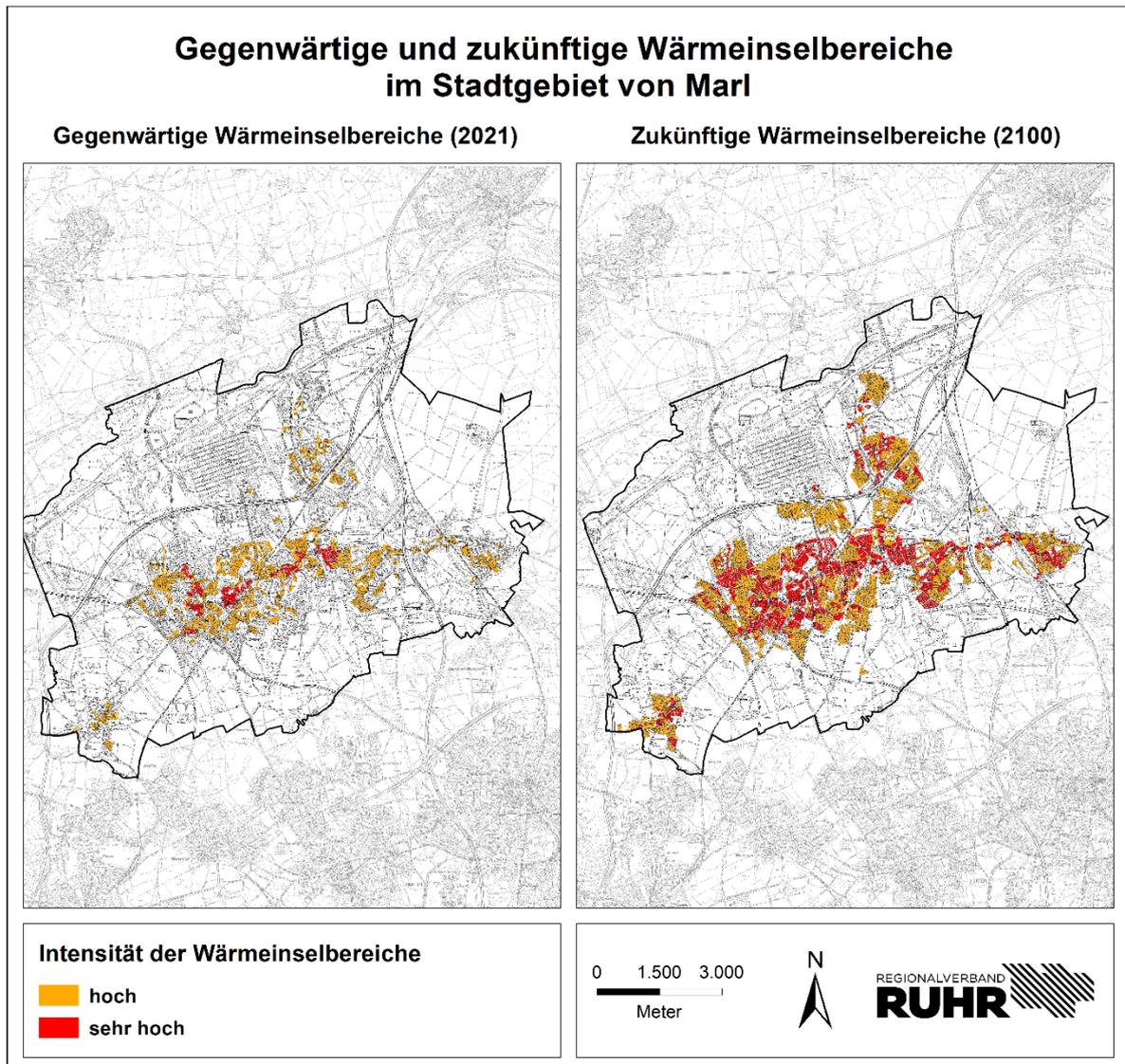


Abb. 6-14: Darstellung gegenwärtiger (2020) und zukünftiger (2100) Wärmeinselsebiete im Stadtgebiet von Marl

## **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 beispielsweise 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 von Marl 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 wurde auf Ebene der Baublöcke von der Stadt Marl zur Verfügung gestellt und bezieht sich auf den Zeitpunkt 31.10.2020.

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 (Seniorenheime bzw. -wohnanlagen, Kindertagesstätten bzw. -gärten, und Krankenhäuser) 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 Marl kann der Karte 6-14 entnommen werden.

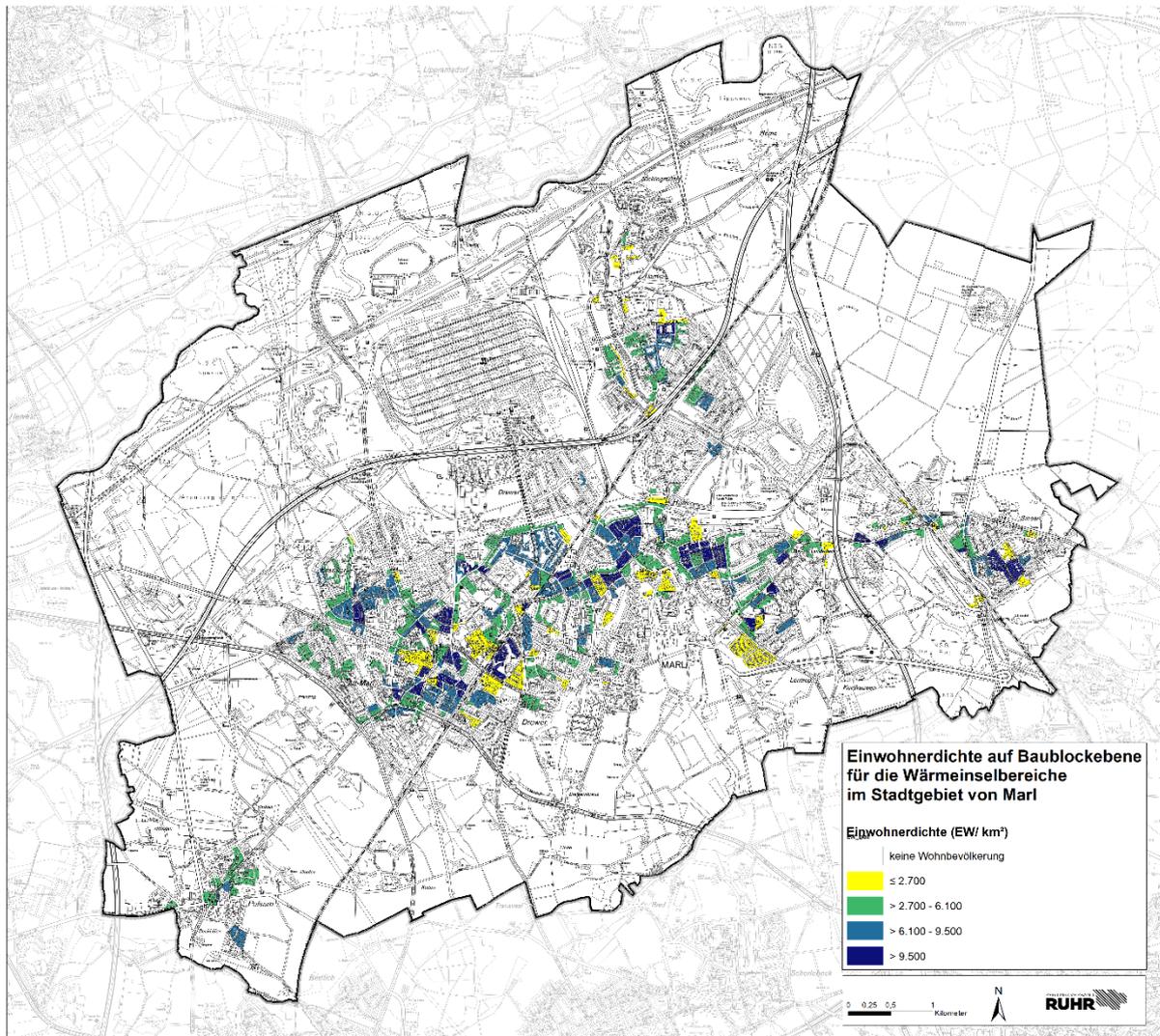
### **Bevölkerungsdichte**

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 km<sup>2</sup> (Einw./km<sup>2</sup>) für das gesamte Stadtgebiet von Marl. 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 gesamten 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./km<sup>2</sup>. Die weiteren Klassenobergrenzen (6.100 bzw. 9.500 Einw./km<sup>2</sup>) 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 Marl. Erwartungsgemäß weist die Einwohnerdichte in diesen zumeist stark baulich überprägten Bereichen zum Großteil mit über 6.100 Einw./km<sup>2</sup> oder sogar über 9.500 Einw./km<sup>2</sup> sehr hohe Werte auf. Insbesondere in den Stadtteilen Stadtkern, Brassert, Alt-Marl, Hüls (-Nord und -Süd) sowie Sinsen-Lenkerbeck, sind einige teils zusammenhängender Baublöcke der höchsten ausgewiesenen Kategorie vorzufinden. Lediglich vereinzelte Baublöcke der Stadt- und Innenstadtklimatope von Marl verzeichnen geringe Einwohnerdichten unterhalb von 2.700 Einw./km<sup>2</sup>. Hierbei handelt es sich überwiegend um Baublöcke mit vorwiegend öffentlicher Nutzung (Krankenhäuser, Kirchen, Schulen, Verwaltungsgebäude, etc.) und somit nur geringem Anteil an Wohnnutzung.



Karte 7.1: Einwohnerdichte auf Baublockebene für die Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Marl

### **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

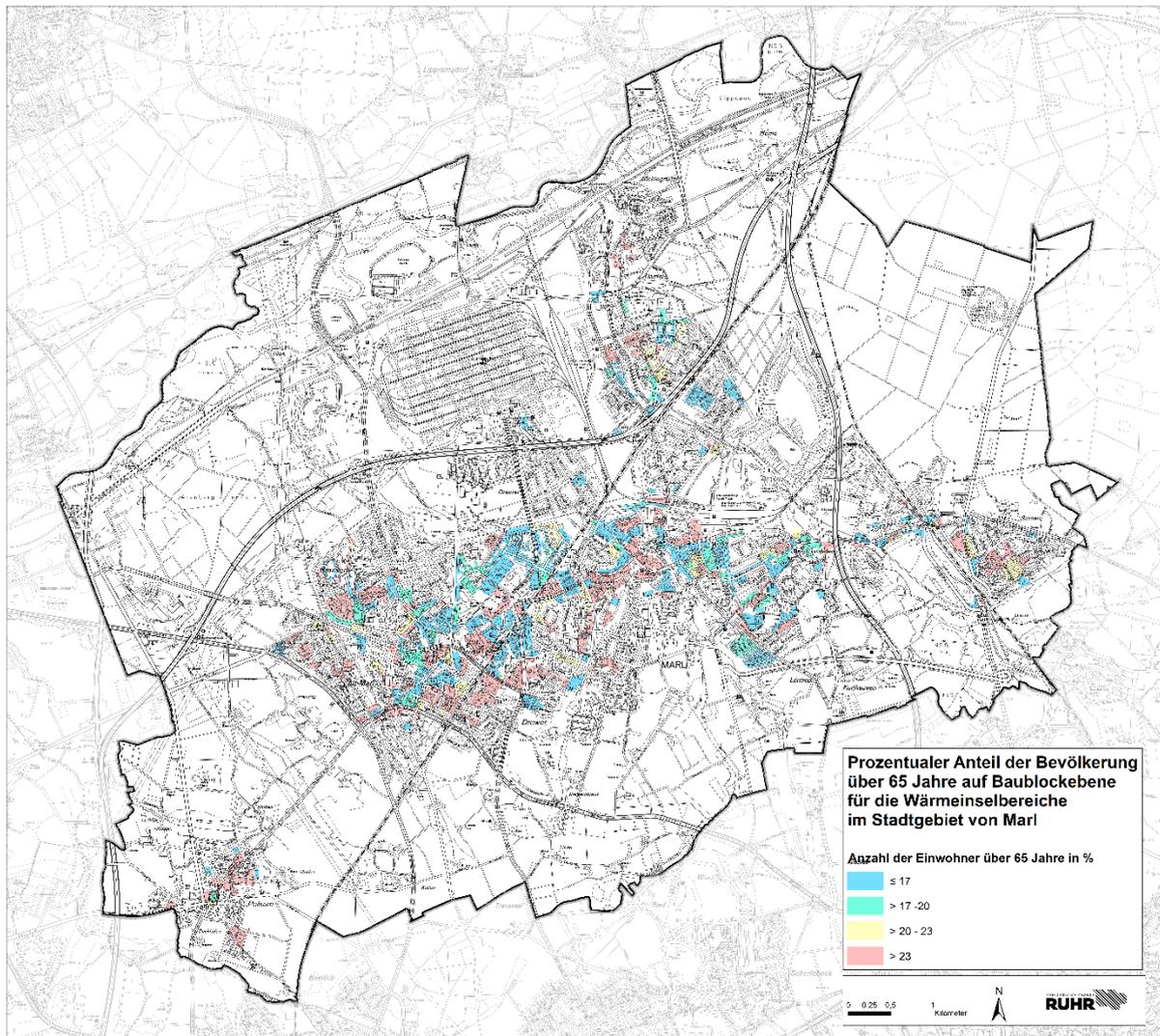
Ruhrgebiet ermittelt. Im Ruhrgebiets-Mittel sind rund 20 % der Einwohner in den Gebieten der Stadt- und der Innenstadtklimatope über 65 Jahre alt (Standardabweichung 3 %).

Karte A 2 (siehe Anhang) zeigt die prozentualen Anteile der Bevölkerung über 65 Jahre auf Baublockebene für das gesamte Stadtgebiet von Marl. 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 65-jährigen 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 Marl liegt der Anteil der über 65-jährigen Einwohner bei 21,3 % und liegt somit nur unwesentlich über dem Ruhrgebiets-Mittel.

Die Karte 7-2 zeigt die prozentualen Anteile der Einwohner über 65 Jahre auf Baublockebene ausschließlich für die Stadt- und Innenstadtklimatope (bzw. Wärmeinselbereiche) im Stadtgebiet von Marl. Es wird deutlich, dass in diesen Bereichen Baublöcke mit einem überdurchschnittlichen Anteil (> 20 %) an Wohnbevölkerung über 65 Jahre in allen Stadtbezirken vorkommen. Dabei konzentrieren sich diese Gebiete vor allem auf die Stadtteile Polsum, Brassert, Stadtkern, Drewer-Süd, Hüls-Nord und den Ostteil des Stadtteils Sinsen-Lenkerbeck, während vor allem in Drewer-Nord hauptsächlich Baublöcke von unter 20% an über 65-jähriger Bevölkerung vorzufinden sind.

Zu bedenken ist, dass aufgrund der zukünftigen demographischen Entwicklung der Anteil der über 65-Jährigen in Marl voraussichtlich um ca. 26,8 % bis zum Jahr 2040 (gegenüber 2018) ansteigen wird, obwohl im gleichen Zeitraum ein Bevölkerungsrückgang von ca. 0,9 % prognostiziert wird (IT.NRW 2020).



Karte 7.2: Prozentualer Anteil der Bevölkerung über 65 Jahre auf Baublockebene für die Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Marl

## 7.2 Lokalisierung und Bewertung der Problemgebiete

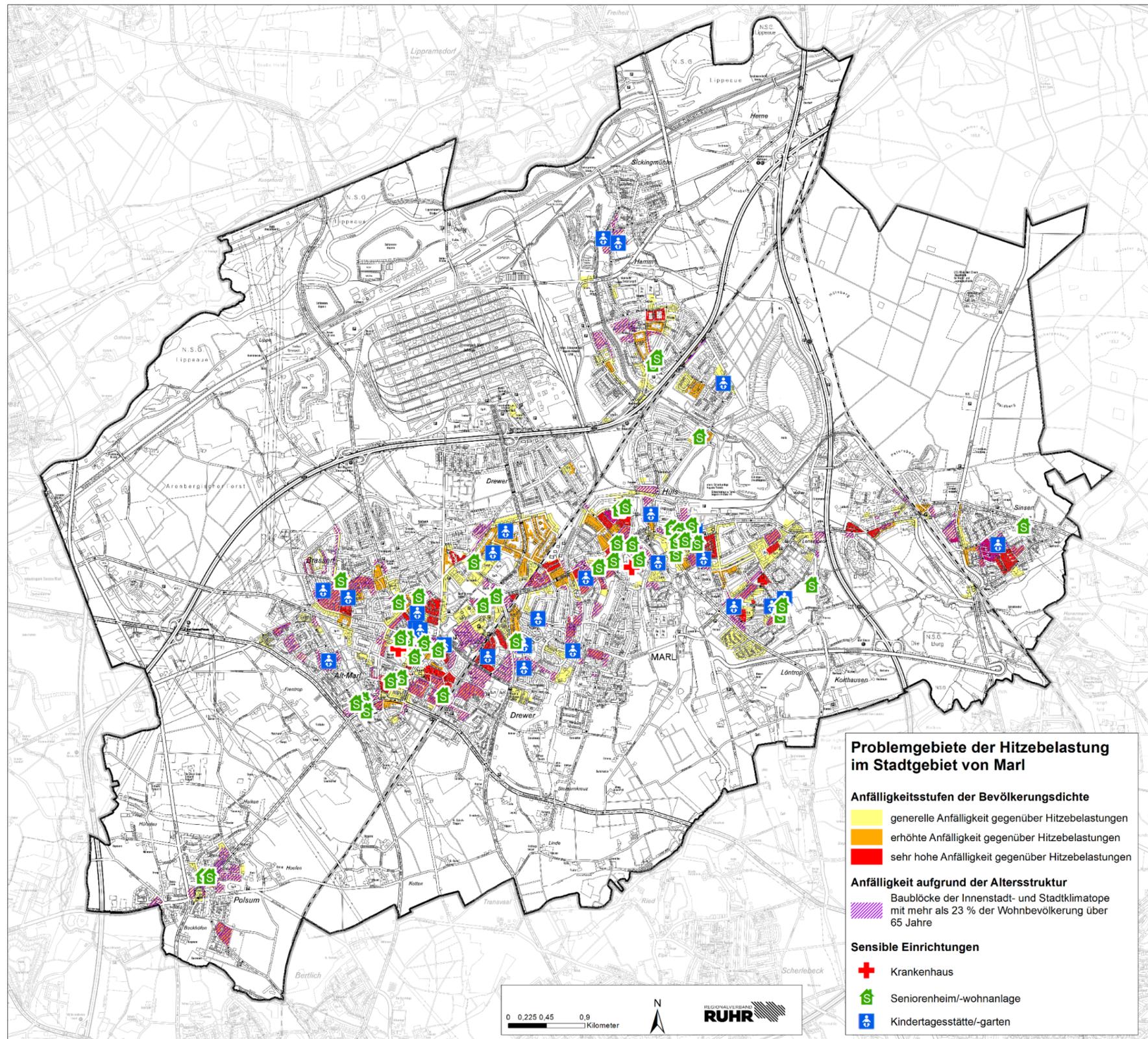
Aus der Verschneidung der Bereiche städtischer Wärmeinseln (bzw. Stadt- und Innenstadtklimatope) mit den Daten der Bevölkerungsdichte und des prozentualen Anteils der über 65-Jährigen lassen sich Problemgebiete mit einer abgestuften Anfälligkeit gegenüber einer klimatischen Belastung des Menschen abgrenzen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

Grundsätzlich ist in den Stadt- und Innenstadtbereichen 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

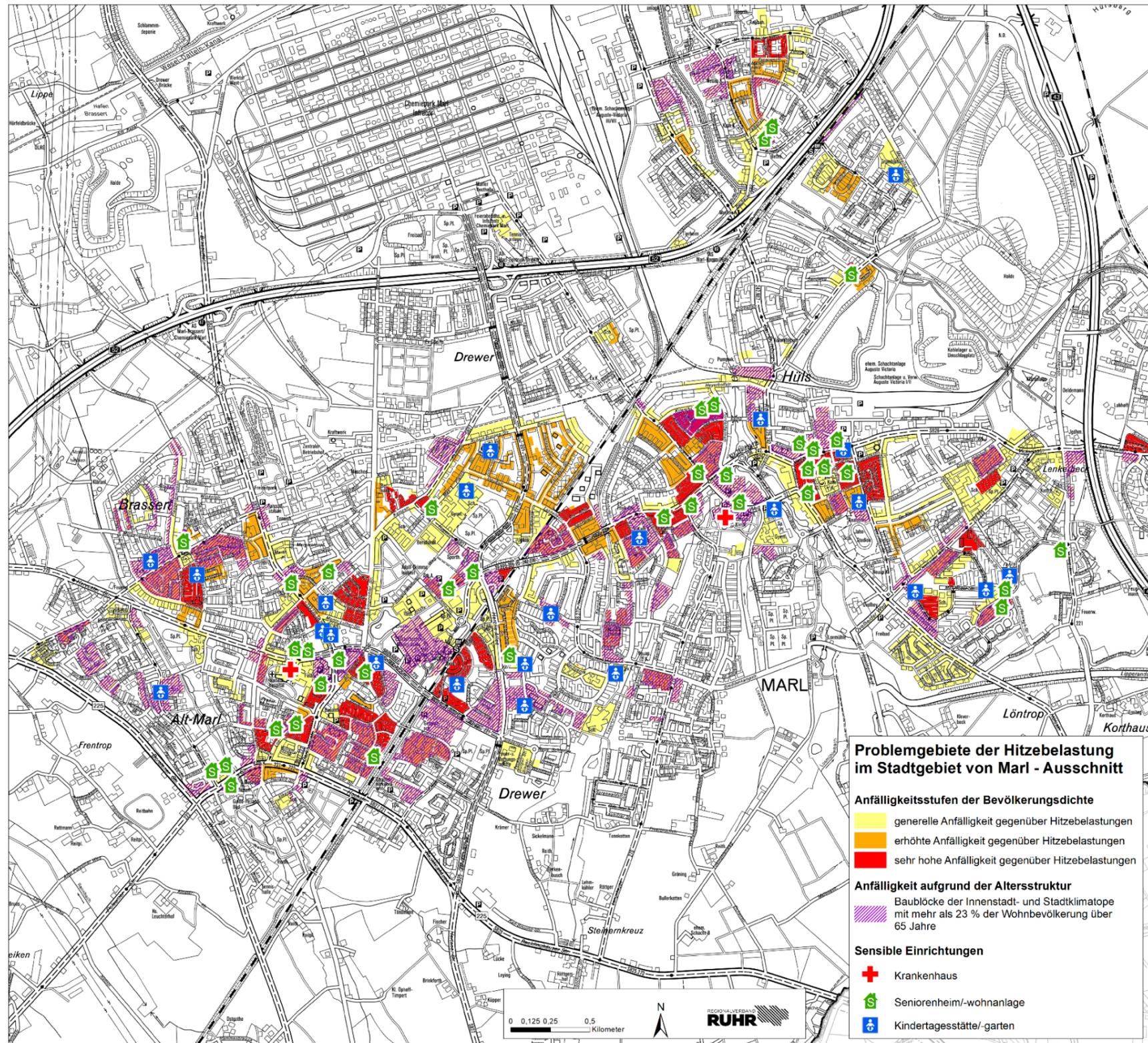
von 6.100 Einw./km<sup>2</sup> eine generelle Anfälligkeit zugeordnet wird, weisen Bereiche mit einer Bevölkerungsdichte von 6.100 bis 9.500 Einw./km<sup>2</sup> eine erhöhte Anfälligkeit auf. Bei mehr als 9.500 Einw./km<sup>2</sup> kann von einer sehr hohen Anfälligkeit ausgegangen werden. Überlagert werden diese drei Klassen von Bereichen mit einem überdurchschnittlichen Bevölkerungsanteil (mehr als 23 %) der über 65-Jährigen. Diesen Quartieren wird unabhängig von der Gesamtbevölkerungsdichte eine besondere Anfälligkeit gegenüber Hitzebelastungen zugesprochen, da sie ein hohes Hitzepotential zusammen mit einem hohen Anteil der älteren Bevölkerungsgruppe aufweisen.

Zusätzlich zur Bewertung der Anfälligkeit auf Baublockebene anhand der Indikatoren Bevölkerungsdichte und Anteil der über 65-jährigen Wohnbevölkerung werden Seniorenheime bzw. -wohnanlagen, Kindertagesstätten bzw. -gärten und Krankenhäuser 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 Stadtgebiet von Marl zu entnehmen. Die Problemgebiete befinden sich entsprechend der räumlichen Verteilung der Innenstadt- und Stadtklimatope verteilt über das gesamte Stadtgebiet. Baublöcke, die sowohl eine sehr hohe Anfälligkeit aufgrund der Bevölkerungsdichte als auch einen überdurchschnittlich hohen Anteil an über 65-jähriger Wohnbevölkerung aufweisen, treten nur sehr vereinzelt auf (Beispiel: Kriemhildstraße in Hüls-Nord), häufiger ist dagegen das Auftreten einer erhöhten Anfälligkeit bedingt durch die Bevölkerungszahl in Verbindung mit einem hohen Anteil an älterer Wohnbevölkerung zu erkennen. Bezogen auf die Flächengröße und den Zusammenhang von Problemgebieten ist für Marl festzuhalten, dass es sich oft um vergleichsweise kleinere Flächen, die von günstigeren Bereichen unterbrochen werden, handelt. Auffällig ist jedoch, dass insgesamt eine Vielzahl sensibler Einrichtungen in den Problemgebieten der Hitzebelastung angesiedelt ist. So befinden sich beispielsweise gleich fünf Kindertagesstätten/-gärten, ein Krankenhaus und elf Seniorenheime im stadtklimatischen Ungunstraum westlich des Marler Sterns. Auch im Übergangsbereich von Hüls-Nord nach Hüls-Süd sind zahlreiche Senioreneinrichtungen und einige Kindertagesstätten innerhalb der Wärmeinseln angesiedelt. Insbesondere in diesen Bereichen sollten vordringlich Maßnahmen zur Reduzierung der sommerlichen Hitzebelastung fokussiert werden.



Karte 7.3: Problemgebiete der Hitzebelastung im Stadtgebiet von Marl



Karte 7.4: Problemgebiet der Hitzebelastung im Stadtgebiet von Marl – Ausschnitt.

## 8 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 Marl 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 Marl 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).

### 8.1 Planungshinweiskarte

Die Planungshinweiskarte (siehe Karte 8.1) 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.

#### 8.1.1 Darstellungsebenen der Planungshinweiskarte

Die **erste Darstellungsebene** beinhaltet die flächenhafte Differenzierung des Stadtgebietes von Marl anhand von klimatischen Ausgleichs- und Lasträumen. Diese werden auf Basis der Klimatope abgeleitet und stellen räumliche Einheiten mit vergleichbaren Eigenschaften bezüglich der Flächennutzung, der Bebauungsdichte, dem Versiegelungsgrad, der Rauigkeit 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 von Bereichen, die sich aus klimatischer Sicht für eine weitere maßvolle Verdichtung oder Neubebauung eignen, werden Gebiete lokalisiert, 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. Neben Luftleitbahnen und Bereichen der Frischluftzufuhr werden die nächtlichen Kaltluftabflüsse dargestellt und Flächen aufgezeigt, bei denen der Luftaustausch gefördert oder erhalten bleiben sollte.

#### **8.1.1.1 Ausgleichs- und Lasträume**

Im Stadtgebiet von Marl nehmen diverse Flächen eine lokale 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 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 aus. Die tagsüber kühlende Wirkung bleibt insbesondere bei kleineren Gewässern zumeist auf den Wasserkörper sowie die unmittelbare Umgebung beschränkt. Die geringe Rauigkeit 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 Gewässern und Siedlungskörpern von riegelförmiger Bebauung und Bepflanzung freigehalten werden. Gewässer und angrenzende Grünflächen stellen zudem 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 Kaltluftsammelgebiete 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 Grünzügen 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 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 Ventilations- 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 Klimaelemente 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 bodennahe 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 so-

wie 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 Gestaltungsatzung 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.

### **Lasträum 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 Gewerbebezonen 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 Eingriffsrege-

lung - 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.

### **8.1.1.2 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 von 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.

### **Kaltluftsammelgebiete**

In Niederungsbereichen und durch die Barrierewirkung von Dämmen (etwa von Straßen oder Gleisanlagen) können Kaltluftbewegungen zum Erliegen kommen, wodurch Kaltluftsammelgebiete 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 Kaltluftsammelgebieten mit angesiedelten Emittenten zu erzielen, sollten Belüftungsbahnen geöffnet werden.

### **8.1.1.3 Lokale Hinweise**

Zusätzlich zu den allgemeinen Empfehlungen für die Ausgleichs- und Lasträume liefern die lokalen Hinweise konkrete Planungsempfehlungen für bestimmte Bereiche. Sie gelten teilweise Flächenscharf oder schließen deren unmittelbares Umfeld ein. Die Hinweise „Weitere Bebauung möglich“, „Keine weitere Verdichtung“, „Begrünung Gewerbe und Industrie“ sowie „Begrünung im Wohnbereich“ beziehen sich dagegen auf größere Areale der Quartiersebene.

Die Hinweise haben immer auch einen exemplarischen Charakter. Empfehlungen, die für eine bestimmte Fläche gegeben werden, können und sollen daher auch auf Bereiche mit vergleichbaren Voraussetzungen übertragen werden.

#### **Weitere Bebauung möglich**

Bereiche, in denen eine weitere Bebauung keine zusätzlichen oder nur vertretbare nachteilige Auswirkungen auf die Ausprägung der klimatischen Bedingungen hätte, sind in der Planungshinweiskarte durch das Symbol „Weitere Bebauung möglich“ hervorgehoben. Bei der Bebauung oder Schließung einzelner Baulücken in diesen Gebieten 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.

### **Klimatische Baugrenzen**

Um klimatisch wertvolle Räume zu schützen und eine Zersiedelung des Stadtgebietes zu verhindern, wurde an besonders wichtigen Stellen das Liniensymbol „Klimatische Baugrenzen“ 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 Baugrenzen nicht weiter eingeschränkt werden.

### **Anstreben klimatischer Baugrenzen**

Im Gegensatz zu klimatischen Baugrenzen, die eine Vermeidung der Bautätigkeit jenseits der Grenze empfehlen, ist durch das Symbol „Anstreben klimatischer Baugrenzen“ 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 Schattenwurf der Vegetation sowie die Verdunstung und Transpiration der Pflanzen eine Aufheizung der zu meist 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 starken 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 führen. 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 Gehölzanzpflanzung 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 Wälder insbesondere im Nahbereich von Emittenten weisen neben einem günstigen Lokalklima auch eine Filterwirkung für Luftschadstoffe auf. 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.

#### **8.1.1.4 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.

##### **Luftleitbahn**

Besonders gut geeignet als Luftleitbahnen sind Flächen, die eine Mindestbreite von 50 m aufweisen, möglichst hindernisarm sind und eine ausreichend geradlinige Ausrichtung besitzen. Nur dann sind sie in der Lage, Luftmassen über längere Entfernungen ohne stärkere Verwirbelungen und Strömungswiderstände zu transportieren. Bei entsprechend geringer Oberflächenrauigkeit bzw. geringem Strömungswiderstand und geeigneter Ausrichtung können Luftleitbahnen zu einer wirkungsvollen Stadtbelüftung beitragen.

Zum Erhalt bzw. zur Aufwertung dieser Belüftungsbahnen sollten dort keine weiteren bodennahen Emittenten angesiedelt bzw. vorhandene Emissionen reduziert werden. Zudem ist im Bereich der Luftleitbahnen von einer weiteren Bautätigkeit abzusehen. Zur Unterstützung der Belüpfungsfunktion wird die Anlage rauigkeitsarmer Grünzonen im Umfeld der Belüftungsbahnen empfohlen. Zudem sollten Vernetzungsstrukturen in angrenzende klimatisch belastete Räume geschaffen und die Ränder der Luftleitbahnen in diesen Übergangsbereichen geöffnet werden.

##### **Frischluftzufuhr**

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

Die Übergangsbereiche dieser Freiland- und Waldareale in die Bebauung sollten eine aufgelockerte, durchgrünte Bebauungsstruktur mit einheitlich geringen Gebäudehöhen aufweisen, 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 Strahlungsnächte 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 Bauungsvorhaben 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. durchgrünter Bauungsstrukturen 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 Grünverbünde zwischen Parkanlagen und umliegender Bebauung in Form von Straßenbäumen, begrünten 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.

## **8.2 Gliederung der Stadt Marl anhand der Planungshinweiskarte**

Ein großer Teil der Siedlungsbereiche im Stadtgebiet von Marl ist dem „Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete“ zuzuordnen. Einige Wohnsiedlungen sowie die Stadtteilzentren sind den klimatisch stärker belasteten Planräumen „Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete“ zugehörig. In den Stadtbezirken Stadtkern, Drewer-Süd, Hüls-Nord und Brassert existieren darüber hinaus Gebiete, die dem „Lastraum der hochverdichteten Innenstadt“ zuzuordnen sind. Hier dominieren (hoch-)verdichtete Lasträume, die sich jedoch meist auf eine verhältnismäßig kleine Fläche erstrecken und in direkter Nachbarschaft zu locker bebauten Siedlungen oder sogar Grünflächen liegen – wie z.B. der Marler Stern mit angrenzendem City-See oder die dichte Bebauung im Bereich der Victoriastraße mit der angrenzenden Parkanlage Gänsebrink.

Die Siedlungsbereiche im Stadtgebiet von Marl sind durch eine starke Verflechtung unterschiedlich dicht bebauter Bereiche mit zahlreichen Grünanlagen und Freiflächen charakterisiert. Eine typische Abfolge von Lasträumen, wie sie in vielen Kommunen der Metropole Ruhr zu finden ist und die sich durch das Vorhandensein einer hochverdichteten Innenstadt im Zentrum mit nach außen immer stärker aufgelockerten Bebauung auszeichnet, existiert in Marl nicht. Vielmehr sind in Marl mehrere flächenmäßig kleine hochverdichtete Innenstadtbereiche mit einem raschen Übergang in zum Teil sehr stark durchgrünte Wohnsiedlungen und größere Grünanlagen typisch. Aus stadtklimatischer Sicht ist die geringe Größe der hochverdichteten Lasträume und die Nähe zu zahlreich aufgelockerten, begrüntem Bereichen als sehr positiv zu beurteilen, da somit die Ausbildung großer Wärmeinseln vermieden wird. Aus diesem Grund sollte in Zukunft darauf geachtet werden, die insgesamt aufgelockerte Bauweise möglichst zu erhalten. Auch die Zufuhr von Frischluft aus den umliegenden Freilandbereichen sollte zur Aufrechterhaltung eines günstigen Stadtklimas weiterhin ermöglicht werden. Daher sollte darauf geachtet werden, Luftleitbahnen zu erhalten und Frischluftzufuhrbereiche nicht zu bebauen.

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 begrüntem Bebauungsstrukturen erhalten bleiben und insbesondere im Bereich von Belüftungsbahnen und/oder Grünnetzungen kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen durchgeführt und gefördert werden.

Insbesondere in den Randbereichen der Stadt Marl konnten dennoch Bereiche ausgewiesen werden, bei denen aus rein stadtklimatologischer Sicht eine maßvolle Nachverdichtung, die

punktueller Schließung von Baulücken oder die Ausweisung kleiner Neubaugebiete unter Beachtung der vorherrschenden lockeren Bebauungsstruktur und entsprechend hohem Grünflächenanteil vertretbar ist. Um einerseits eine weitere Verschärfung der Situation in den stärker verdichteten Bereichen zu vermeiden und andererseits die positiven klimatischen Verhältnisse innerhalb der aufgelockerten Wohngebiete zu wahren, sollte in weiten Teilen des restlichen Stadtgebietes keine weitere Verdichtung erfolgen. Insbesondere bei Bauvorhaben an den Siedlungsrändern ist zum Erhalt der Austauschfunktionen zwischen den Last- und Ausgleichsräumen eine Riegelbebauung zu vermeiden.

Die klimatischen Ausgleichsräume des Freilandes, der innerstädtischen Grün- und Parkanlagen sowie der Waldgebiete fungieren vielerorts als wichtige thermische Pufferzonen zwischen den Siedlungsbereichen, als lokale Kalt- und Frischluftproduzenten, als Belüftungsbahn und/oder als Filter für Luftschadstoffe und Lärm, weshalb sie grundsätzlich gesichert und von weiterer Bebauung freigehalten werden sollten. Von entscheidender Bedeutung für die Relevanz dieser Ausgleichsflächen ist die Vernetzung mit den klimatischen Lasträumen. Hierzu ist der Erhalt bestehender Belüftungsbahnen erforderlich.

Obwohl die innerstädtischen Strukturen stadtklimatisch im Allgemeinen als eher günstig zu beurteilen sind und nur kleine Wärmeinseln existieren, die durch das Vorhandensein vielfältiger Grünstrukturen immer wieder unterbrochen werden, existiert in Marl mit dem Chemiepark einer der größten Industrieparks Deutschlands. Auf einer Fläche von über 6 km<sup>2</sup> erstrecken sich hochversiegelte Industrieanlagen mit nur wenig Begrünung, was sich erheblich auf die bioklimatischen Ausprägungen in diesem Raum auswirkt. Somit bildet sich auf dieser Fläche eine der flächenmäßig größten Wärmeinseln innerhalb des nördlichen Ruhrgebietes aus. Daher ist im Bereich des Chemiewerks Marl eine klimatische Verbesserung durch Begrünung von Dächern und Fassaden und - wo möglich - ungenutzten Freiflächen und Parkplätzen anzustreben. Eine weitere Ausdehnung des Chemieparks im Niederungsbereich von Lippe und Wesel-Datteln-Kanal sollte insbesondere aufgrund der ungünstigen Austauschbedingungen und der damit verbundenen Gefahr der Akkumulation von Luftschadstoffen vermieden werden.

Des Weiteren ist der Erhalt und die Förderung des Luftaustausches mit kaltluftproduzierenden und -transportierenden Freiflächen eine wichtige Maßnahme, um insbesondere die dicht bebauten Lasträume zu entlasten und an die Folgen des Klimawandels anzupassen. In den hochverdichteten Bereichen, die keine direkte Anbindung an größere klimatische Ausgleichsflächen aufweisen und wo eine entsprechende Grünvernetzung aufgrund der Bestandsstrukturen nicht realisierbar ist – wie im Chemiepark Marl -, müssen verstärkt kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen zur Verbesserung der mikroklimatischen Verhältnisse

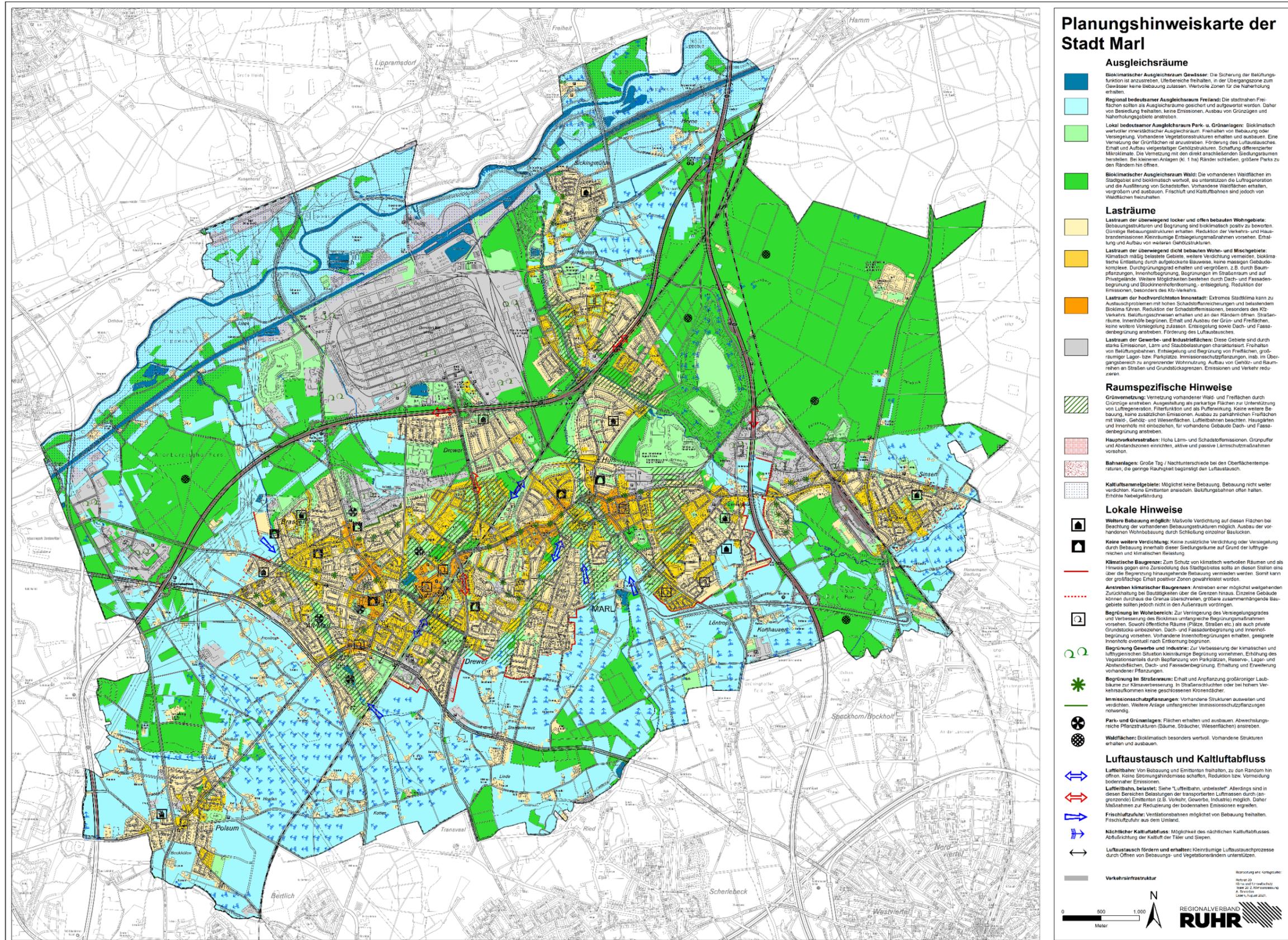
ergriffen werden. Insbesondere die Schaffung verdunstungsaktiver Flächen und Strukturen kann für eine lokale Abmilderung thermischer Belastungen sorgen. Bei fehlenden Entsiegelungs- und Rückbaumöglichkeiten können als Alternative Dach- und Fassadenbegrünungen zur Steigerung des Grünflächenanteils in diesen Bereichen umgesetzt werden. Zudem kann in hochversiegelten Straßenräumen durch den Erhalt und die Anpflanzung von Bäumen in Folge von Verschattungs- und Verdunstungseffekten eine lokale Klimaverbesserung erzielt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass sich in Straßenschluchten und bei hohem Verkehrsaufkommen keine geschlossenen Kronendächer entwickeln, die zu einer Schadstoffanreicherung führen können.

Relevante Kaltluftmassentransporte im Stadtgebiet von Marl erfolgen vor allem auf den stärker geneigten Freiflächen im Süden, im äußersten Norden sowie von der Halde Brinkfortsheide. Diese kühlen Luftmassen können während autochthoner Strahlungsnächte teilweise in angrenzende Lasträume vordringen und dort eine Abmilderung des Wärmeinseleffektes bedingen, weshalb die Bereiche der Kaltluftabflussbahnen von weiterer Bebauung und dichter, riegelförmiger Bepflanzung freizuhalten sind.

Insbesondere in den Niederungsbereichen des Wesel-Datteln-Kanals und der Lippe kann sich bei fehlendem Strömungsantrieb ein Kaltluftsammlgebiet bilden. Hier besteht die Gefahr der Schadstoffakkumulation, weshalb in diesen Bereichen die Ansiedlung (weiterer) bodennaher Emittenten vermieden werden sollte.

Eine detailliertere Beschreibung der Planungshinweise für das Stadtgebiet von Marl wird im folgenden Kapitel 8.2 auf der Ebene der Stadtbezirke gegeben.

Karte 8.1: Planungshinweiskarte der Stadt Marl.



### 8.3 Planungshinweise auf Ebene der Ortsteile

Im Folgenden werden die raum- und nutzungsbezogenen Empfehlungen aus der Planungshinweiskarte auf der Ebene der Stadtbezirke von Marl konkretisiert. Neben einer ausführlichen textlichen Beschreibung erfolgt eine tabellarische Aufbereitung für die jeweiligen Last- und Ausgleichsräume in diesen Bereichen. Dabei werden eine Kurzcharakterisierung der vorherrschenden Nutzung und deren Funktion sowie eine Auflistung prägender anthropogener und natürlicher Einflussfaktoren auf das vorherrschende Stadtklima gegeben. Darüber hinaus werden Gunst- und Ungunstfaktoren der bioklimatischen und immissionsklimatischen Situation aufgeführt und neben allgemeinen Empfehlungen auch lokale, für die Ortsteile bedeutsame Planungshinweise benannt, die aber nicht auf die jeweilige Fläche begrenzt sind, sondern auch auf Bereiche mit vergleichbaren Bedingungen übertragen werden können und sollen.

Nimmt ein Last- oder Ausgleichsraum in einem Betrachtungsraum nur einen sehr geringen Flächenanteil ein und ist für diese Flächen kein besonderer lokal-relevanter Planungshinweis ausgewiesen, so wurde auf die tabellarische Aufbereitung verzichtet und es gelten die allgemeinen Planungsempfehlungen für den jeweiligen Last- bzw. Ausgleichsraum.

#### 8.3.1 Stadtbezirke Alt-Marl und Polsum



Die Stadtbezirke Polsum und Alt-Marl im Süden des Stadtgebietes sind zum Teil durch große zusammenhängende Acker- und Grünlandflächen sowie einzelne, kleinere Waldgebiete geprägt. Diese weitläufigen Freilandbereiche weisen mittlere bis teilweise hohe Kaltluftproduktionsraten auf. Die Kaltluftmassen fließen entsprechend dem Gefälle von den Kuppenlagen in Alt-Marl-Süd ausgehend überwiegend in nordwestliche und nördliche Richtungen ab.

Dabei werden zwar nur insgesamt schwache Kaltluftströmungen unter 1,0 m/s erreicht, jedoch fließen diese zum Teil in Richtung des Volksparks ab, wo sie mit weiter abgeschwächter Stärke bis etwa zur Blumenstraße in die randlich angrenzende Bebauung gelangen und dort zumindest teilweise zu einer Entlastung bei Hitzephasen beitragen können. Der überwiegende Teil der gebildeten Kaltluftmassen fließt jedoch in Bereiche ab, die einen sehr ländlichen

Charakter aufweisen und nur durch einzelne, sehr kleine Splittersiedlungen bzw. Einzelhöfe geprägt ist. Eine Ausnahme bildet die Gewerbeansiedlung nördlich der Straße „Am Hofe“, die von der Kaltluftzufuhr profitiert.

Die Siedlung von Polsum sowie das nördlich gelegene Waldgebiet stellen Hindernisse für die abfließende Kaltluft dar und bewirken eine Ablenkung der Kaltluftabflüsse zwischen Wald und Siedlung in westliche Richtungen. Mit sehr schwacher Strömungsgeschwindigkeit und in sehr geringem Maße kann bei Strahlungswetterlagen Kaltluft in die Bebauung von Polsum gelangen und hier – zusammen mit der insgesamt eher aufgelockerten Bauweise und der Nähe zum Freiland - zu einer Entlastung beitragen. Insgesamt sind im direkten Umfeld der Siedlung von Polsum jedoch nur sehr geringe Werte für den Kaltluftvolumenstrom zu verzeichnen. Nur im westlichen Polsum-Nord und im Süden von Polsum-Süd sind die Werte höher. Die Kaltluftmassen fließen jedoch auch hier – wie im nördlichen Polsum-Nord parallel am Siedlungskörper entlang. Insgesamt sind die klimatischen Bedingungen von Polsum als überwiegend günstig einzustufen, so dass aus stadtklimatologischer Sicht eine maßvolle Nachverdichtung nördlich des Wüllerswegs möglich ist. Dabei sollte jedoch eine weitere Zersiedelung der Landschaft vermieden werden.

Die im Freilandbereich liegenden Gewerbeflächen, wozu insbesondere das Gewerbegebiet nördlich „Am Hofe“, aber insbesondere auch das große Gewerbegebiet entlang der Dorstener Straße in nordwestlichen Alt-Marl zählt, profitieren von ihrer Lage, was anhand der Eindringtiefe der Kaltluft in die Bebauung hinein deutlich wird. Insbesondere in den Randbereichen kann die Zufuhr kühlerer Luftmassen bei Strahlungswetterlagen zu einer Entlastung beitragen. Daher und aufgrund der unmittelbaren Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen weisen die Gewerbeflächen teilweise relativ günstige Belüftungssituationen auf. Trotzdem können im Sommer punktuell insbesondere im Bereich stark versiegelter und unverschatteter Flächen Wärme- und Schwülebelastungen auftreten sowie erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich sein. Hierzu trägt ebenfalls die Nähe zur stark befahrenen A52 mit hohen Emissionen von Luftschadstoffen bei.

Belüftungsrelevante Bereiche, denen bei einem übergeordneten Wind eine wichtige Bedeutung beigemessen werden können, sind die Grünflächen in Alt-Marl, die sich vom Volkspark weiter in nordöstliche Richtungen durch den gesamten Siedlungsraum bis in die Freilandbereiche des Stadtbezirks Brassert erstrecken und über die bei geeigneten Windrichtungen (aus Südost oder Nordwest) ein Luftmassentransport gewährleistet ist mit der Funktion der Frischluftzufuhr und dem Abbau von Hitzebelastungen. Aus diesen Gründen ist die Funktion der Grünflächen zu erhalten und durch Schaffung von weiteren Begrünungsmaßnahmen der angrenzenden Bebauung weiter auszubauen und zu vernetzen.

Zu den belüftungsrelevanten Bereichen zählt auch die Luftleitbahn im Bereich der Bahntrasse, die bis zum Stadtkern und darüber hinaus in nördöstlicher Richtung wirksam ist, hier jedoch nur der randlich angrenzenden Bebauung Frischluft liefert.

Der Freilandbereich zwischen Alt-Marl und Polsum weist überwiegend Einzelhausbebauung sowie landwirtschaftliche Hofstellen im ländlichen Raum auf. Entsprechend ist die Bebauung nur in sehr geringem Maße stadtklimatisch belastet, sondern überwiegend durch das Klima der Freilandbereiche charakterisiert. Innerhalb der Wohnbebauungen und versiegelten Bereiche sind daher lediglich sehr geringe Änderungen der Klimaelemente gegenüber dem Freiland festzustellen, weshalb dort insgesamt positive klimatische Verhältnisse vorherrschen. Um die günstigen Verhältnisse zu erhalten und eine Zersiedelung zu vermeiden, ist die Liniensignatur „Anstreben klimatischer Baugrenzen“ westlich der Dorstener Straße sowie im Norden von Alt-Marl-Riegefeld zu beachten. Dies bedeutet, dass bis zu den Grenzen eine maßvolle Nachverdichtung keine negativen klimatischen Veränderungen bewirken würde, vereinzelte, kleinere Bauvorhaben außerhalb der Grenzen zulässig sind, jedoch eine massive Bauweise über die Grenzen hinaus unbedingt vermieden werden sollte. Nur so kann die Funktion und Bedeutung des Freiraums als Puffer- und Abstandsfläche zwischen belasteten Räumen aufrechterhalten werden. Die in Alt-Marl-Süd angegebenen „klimatischen Baugrenzen“ haben im Vergleich dazu einen noch strikteren Charakter, da sie Grenzen aufzeigen, über die eine Bebauung hinaus nicht erfolgen sollte. Sowohl über die Bebauung im Bereich der Schweriner Straße als auch über die Bebauung östlich der Herzlia-Allee hinaus sollten weitere Bautätigkeiten vermieden werden, um die Funktion der angrenzenden Freilandbereiche als Frischluftlieferanten sowohl bei windschwachen Strahlungswetterlagen als auch bei übergeordnetem Wind zu erhalten. Nur dann kann gewährleistet werden, dass die Frischluft- und Kaltluftzufuhrbildungspotenziale der Freilandbereiche auch zukünftig erhalten bleiben und bis in die Bebauung hinein wirksam sind.

Aus stadtklimatischer Sicht ist eine weitere Bebauung im Bereich der Straßen „Bruggeweg“ und „Erlbruggestraße“ hingegen vertretbar, sofern die vorhandenen Bebauungsstrukturen aufgegriffen werden und die angegebene anzustrebende klimatische Baugrenze beachtet wird.

Die Siedlungsbereiche im Stadtteil Alt-Marl-Riegefeld sind hauptsächlich dem Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete zugeordnet. Die Bebauung zeichnet sich weitestgehend durch eine geringe Geschossanzahl und einen geringen bis mittleren Versiegelungsgrad aus. Durch die teils geringe Entfernung zu klimatischen Ausgleichsräumen des umliegenden Freilandes sowie die teils gut durchgrünte Struktur mit Gärten bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich sowie kleineren innerstädtischen Grün- und Parkanlagen (Grünflächen

entlang des Weierbachs), welche als kleinräumige Klimaoasen innerhalb der Bebauung dienen und lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte ausüben, ist der Wärmeinseleffekt in diesen Bereichen lediglich gering bis mittelstark ausgeprägt. Zudem herrschen teils noch günstige Belüftungsverhältnisse vor, die von der relativ geringen Rauigkeit der Bebauung begünstigt werden. Insgesamt sind die bioklimatischen Verhältnisse in den überwiegend locker und offen bebauten Wohngebieten daher als positiv zu bewerten. Allerdings wurden in Alt-Marl-Riegefeld auch mehrere kleine Siedlungsbereiche dem Lastrraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete zugeordnet. Diese Bereiche sind durch eine dichtere Bauweise mit einem geringeren Grünflächenanteil (wie z.B. die Siedlung im Umfeld der Lehmbruckstraße im nordwestlichen Siedlungsrand) bzw. eine drei- bis fünfgeschossige Wohn- und Mischbebauung mit hochversiegelten Parkplätzen und öffentliche Einrichtungen (z.B. Heinrich-Kielhorn-Schule an der Riegestraße) geprägt. Größere, zusammenhängende Flächen, die diesem Lastraumtyp zugewiesen werden, erstrecken sich zudem über nahezu den gesamten Stadtteil Alt-Marl-Ost und große Teile des Stadtteils Alt-Marl-Mitte. Während einerseits die erhöhten Wärmeinseleffekte sich lediglich über verhältnismäßig kleine Flächen erstrecken sowie teilweise lokale Verbesserungen des Mikroklimas durch Grünflächen im hausnahen Bereich und/oder die Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen erfolgen können, sind andererseits insbesondere im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen sommerlicher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich. Zudem können im Nahbereich der Hauptverkehrsstraßen erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm auftreten, da die Durchlüftungsverhältnisse infolge der erhöhten Rauigkeit insgesamt schlechter sind.

Im nordwestlichen Abschnitt des Stadtteils Alt-Marl-Mitte ist eine verhältnismäßig kleine Fläche dem Lastraum der hochverdichteten Innenstadt zugewiesen. Dazu gehören beispielsweise die Flächen des Marien-Hospitals und des Finanzamtes. Aufgrund der relativ geringen Flächenausdehnung und dem verhältnismäßig hohen Grünanteil des Umfeldes (z.B. Park des Marien-Hospitals) beschränken sich die extremen Schwülebelastungen während sommerlicher Hitzephasen auf relativ kleine Flächen. Hier sind insbesondere die zahlreichen Parkplätze zu nennen, die zum Teil Schattenzonen durch Baumpflanzungen aufweisen. In diesem Bereich sollte möglichst von weiteren Bautätigkeiten abgesehen werden. Die vorhandenen Grünstrukturen sind aus klimaökologischer Sicht schützenswert und zu erhalten.

Zur Verbesserung der klimatischen Verhältnisse in Marl-Riegefeld sind zusätzliche Begrünungsmaßnahmen anzustreben. So ist zu prüfen, ob eine Begrünung mit weiteren Straßebäumen, z.B. entlang der Von-Menzel-Straße oder in den nördlich angrenzenden Straßenzügen, realisiert werden kann. Auch in Alt-Marl-Mitte bietet sich die Begrünung von Straßenzügen an, dies betrifft insbesondere die Loestraße.

Um die Zufuhr kühleren Frischluftmassen aus den Grünflächen des Friedhofs im Stadtteil Alt-Marl-Volkspark in die angrenzende Bebauung von Alt-Marl-Ost zu erhalten bzw. zu ermöglichen, ist darauf zu achten, die Übergänge zwischen Grünfläche und Siedlung möglichst offen zu gestalten und von einer riegelartigen Bebauung oder Bepflanzung möglichst abzusehen.

<b>Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- hauptsächlich aufgelockerte Bebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. max. 3 Geschosse)</li> <li>- vereinzelt Einzelhausbebauung, kleinere Streu- bzw. Splittersiedlungen im ländlichen Raum</li> <li>- zumeist große Gärten bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich sowie direkt angrenzend an landwirtschaftliche Freiflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad</li> <li>- hoher Grünflächenanteil</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>- relativ geringe Rauigkeit durch geringe Geschosszahlen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ durch die aufgelockerte Bauweise und die klimatische Ausgleichswirkung der umliegenden landwirtschaftlichen Freiflächen nur geringe Änderungen der Klimatelemente</li> <li>☀ relevante Kaltluftzuflüsse insbesondere zwischen den Siedlungen von Alt-Marl und Polsum</li> <li>☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein</li> <li>☂ keine relevanten Kaltluftzuflüsse in weiten Teilen von Polsum</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einzelhofbebauung und Streusiedlungen zwischen Polsum und Alt-Marl nicht weiter verdichten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrünung im Straßenraum, z.B. im Bereich der „Von-Menzel-Straße“ in Alt-Marl-Riegefeld</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten</li> <li>➤ kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben</li> <li>➤ Festschreiben einer klimatischen Baugrenze südlich der Schweriner Straße in Alt-Marl-Süd zum Schutz der Kaltluftabflüsse im angrenzenden Freiland</li> <li>➤ Anstreben einer klimatischen Baugrenze westlich der Dorstener Straße in Alt-Marl-Frentrop zum Schutz des Freiraums als Kaltluftabflussgebiet und als Pufferraum zwischen Polsum und Alt-Marl</li> <li>➤ weitere Baumpflanzungen in privaten Gärten zur Schaffung von Schattenzonen anregen bzw. fördern</li> </ul>	

<b>Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wohn- und Mischbebauung mit überwiegend 3-4 geschossiger Bebauung sowie öffentliche Einrichtungen (z.B. Kita, Kirchen, Einzelhandel)</li> <li>- teilweise hochversiegelte Innen- bzw. Hinterhöfe mit Anbauten und/oder Garagen und Parkplätze</li> <li>- dicht bebaute Wohngebiete (überwiegend Reihen- und Doppelhäuser) mit geringem Grünflächenanteil und sehr hohem Versiegelungsgrad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- punktuell relativ hoher Versiegelungsgrad mit entsprechend geringem Grünflächenanteil</li> <li>- Gebäudehöhe und -ausrichtung</li> <li>- umliegende Nutzung</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ leicht erhöhte Wärmeineffekte erstrecken sich lediglich über verhältnismäßig kleine Flächen</li> <li>☀ teilweise lokale Verbesserung des Mikroklimas durch Gärten, Grünflächen im hausnahen Bereich und/oder die Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ im Sommer Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich</li> <li>☔ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einbeziehung dicht bebauter Bereich entlang der Grünzüge in Alt-Marl durch Begrünung im Siedlungsraum (Grünvernetzung)</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Entsiegelung und Begrünung von Hinterhöfen, Dachbegrünungen bei größeren Flachdächern und Garagenanlagen</li> <li>➤ Baumpflanzungen entlang der Loestraße</li> <li>➤ Luftaustausch gewährleisten zwischen Bebauung und angrenzenden Grünflächen (Friedhof südl. der Hochstraße; Grünflächen am Weierbach)</li> </ul>	

<b>Lastraum der hochverdichteten Innenstadt</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nordöstliche Bebauung in Alt-Marl-Mitte, u.a. mit Marien-Hospital und Finanzamt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zum Teil hoher Versiegelungsgrad</li> <li>- Relativ hoher Baumbestand und Grünflächenanteil</li> <li>- Gebäudehöhe und -ausrichtung</li> <li>- umliegende Nutzung</li> <li>- Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch unmittelbare Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen (Park des Marien-Hospitals)</li> <li>☀ erhöhter Wärmeinseleffekt erstreckt sich lediglich über eine verhältnismäßig kleine Fläche (Parkplätze, versiegelte Flächen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☁ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwübelbelastungen möglich</li> <li>☁ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit</li> <li>☁ teilweise erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch den Verkehr entlang der Willy-Brand-Allee und der Brassertstraße</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parkplatzbegrünung zwischen Marien-Hospital und Finanzamt (Erhalt und Erweiterung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bebauung nördlich und südlich der Breite Straße</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Begrünung und Entsiegelung von Hinterhöfen nördlich und südlich der Breite Straße</li> <li>➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, wie der Anpflanzungen schattenspendender Bäumen auf den Parkplätzen des Finanzamtes</li> <li>➤ Einsatz von Fassaden- und Dachbegrünungen</li> <li>➤ Keine weitere Verdichtung im Umfeld des Marien-Hospitals und des Finanzamtes</li> </ul>	

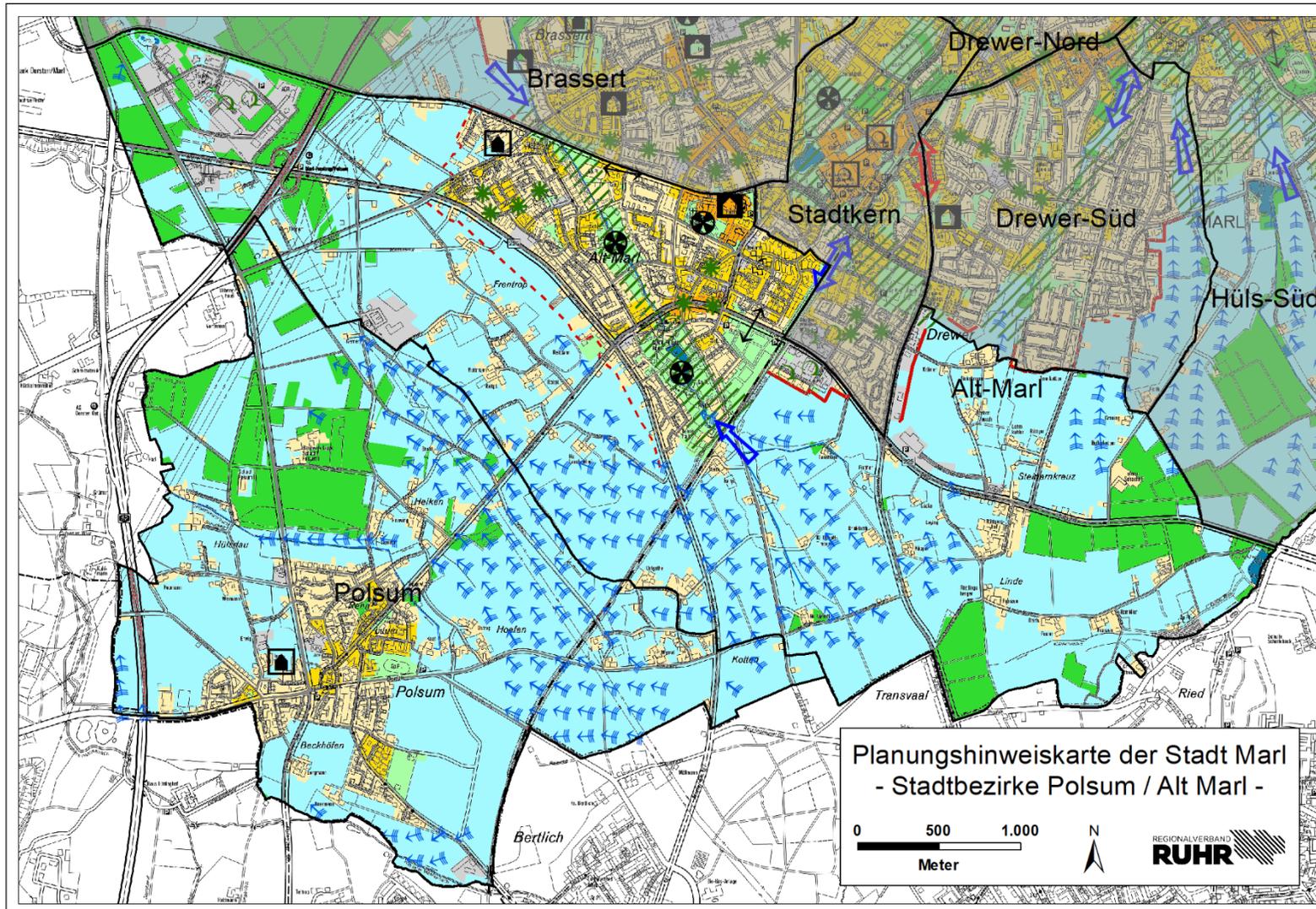
<b>Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Großes Gewerbegebiet nordwestlich der Autobahnkreuzes Marl-Frentrop-Polsum (mit AGR und Techno Marl)</li> <li>- Kleinere Gewerbeansiedlung im ländlichen Raum nördlich der Straße „Am Hofe“</li> <li>- zusätzlich vereinzelte, kleinere Gewerbeflächen unterschiedlicher Nutzungsarten über die Ortsteile verteilt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (sehr) hoher Versiegelungsgrad</li> <li>- kaum Vegetation auf den Flächen vorhanden</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen (Lage zumeist im ländlichen Raum oder im Siedlungsrandbereich)</li> <li>- Größe und Art der Nutzung</li> <li>- Emissionen von Luftschadstoffen, Abwärme und Lärm möglich</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch die unmittelbare Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>☀ teilweise relativ günstige Belüftungssituation aufgrund der Nähe zu Ausgleichsräumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ tagsüber Belastung durch Hitzestress und Schwüle möglich</li> <li>☂ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrünung der Dachflächen der Gewerbehallen an der Elbestraße</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entsiegelung, Begrünung und Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen</li> <li>➤ Begrünung von Dächern und Fassaden</li> <li>➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten; insbesondere in den Kaltluftabfluss- und -sammelbereichen</li> <li>➤ Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen</li> <li>➤ Festsetzen klimatischer Baugrenzen südlich der Schweriner Straße und östlich der Herzlia-Allee zum Schutz der Freiraumfunktionen</li> </ul>	

<b>Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acker- und Grünlandflächen</li> <li>- Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete</li> <li>- Kaltluftabflussbereiche</li> <li>- Erholungsfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Rauigkeit</li> <li>- Nutzung</li> <li>- Relief</li> <li>- Größe</li> <li>- Umgebung</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und relativ hoher nächtlicher Abkühlung</li> <li>☀ höhere Windgeschwindigkeiten können geringere bioklimatische Belastungen durch Hitze und Schwüle begünstigen</li> <li>☀ gute Kaltluftproduktion</li> <li>☀ günstige Durchlüftungs- bzw. Austauschverhältnisse</li> <li>☀ kaum Emissionen</li> <li>☀ Frischlufttransport in Richtung Alt-Marl über den Volkspark sowie in Richtung Polsum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ die lokal produzierten Kaltluftmassen der Freiflächen können nur bedingt in die angrenzenden Siedlungsbereiche eindringen</li> <li>☔ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen im Umfeld der Autobahnen A52 möglich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Freilandflächen zwischen Polsum und Alt-Marl als Kaltluftabflussbereiche und Pufferraum</li> </ul>	-
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die großflächigen zusammenhängenden Acker- und Grünlandareale sollten aufgrund der Kalt- und Frischluftbildungspotenziale als klimatische Ausgleichsräume erhalten werden; eine weitere Zersiedelung der Landschaft ist aus klimaökologischer Sicht zu vermeiden; klimatische Baugrenzen beachten!</li> <li>➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten</li> </ul>	

<b>Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waldgebiete nördlich von Polsum und östlich von Linde sowie mehrere kleinere Waldflächen bzw. Baumbestände über den Bezirk verteilt</li> <li>- Filterfunktion für Luftschadstoffe</li> <li>- Frischluftproduzenten</li> <li>- teils Naherholungsfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Lage des Waldgebietes</li> <li>- angrenzende Nutzungen</li> <li>- Relief</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglichenen Stammraumklima</li> <li>☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen</li> <li>☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddis-komfort entgegen</li> <li>☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ teils Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ positiven klimatischen Eigenschaften der kleineren Baumbestände im Wesentlichen auf die Fläche selbst beschränkt</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Frischluftproduzenten sowie aufgrund ihrer z.T. hohen Bedeutung als Naherholungs- und Regenerationsräume zu erhalten</li> </ul>	

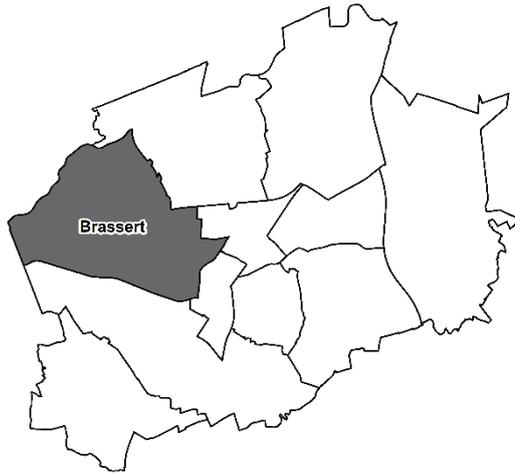
<b>Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parks, Sportanlagen, Friedhöfe und Grünanlagen</li> <li>- Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion</li> <li>- Abwechslungsreiche Strukturen mit offenen Grünflächen und dichter Bepflanzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Ausstattung der Grün- und Parkanlage</li> <li>- Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an umliegende Flächennutzungen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte</li> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit</li> <li>☀ Abmilderung des Wärmeinseleffektes in den Siedlungsbereichen</li> <li>☀ günstige bioklimatische Verhältnisse auch bei kleineren Grün- und Parkanlagen</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ lokale Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ positive Effekte bei kleineren Grünflächen zumeist lokal begrenzt</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Park am Marien-Hospital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vernetzung der Grünflächen entlang des Weierbachs verbessern</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhalt und Sicherung der vorhandenen Grünflächen</li> <li>➤ die Übergangsbereiche zwischen großen Grün- sowie Parkanlagen und der angrenzenden Bebauung sind offen zu halten (Vernetzung schaffen); bei kleineren Grün- und Parkanlagen sind die Ränder zu schließen (Klimaoasen schaffen)</li> <li>➤ keine Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen</li> <li>➤ die Grünflächen entlang des Weierbachs (Volkspark sowie nordwestlich anschließende Grünflächen) sollten unter Einbeziehung der angrenzenden Bebauung miteinander vernetzt werden</li> </ul>	





Karte 8.2: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für die Stadtbezirke Polsum und Alt-Marl.

### 8.3.2 Stadtbezirk Brassert



Der Ortsteil Brassert verfügt über einen sehr hohen Anteil an Freiland- und vor allem Waldflächen. Die Waldgebiete des Arenbergischen Forsts sowie die Waldflächen nördlich der Siedlung von Brassert, aber auch einige Waldgebiete entlang des Wesel-Datteln-Kanals und westlich der Chemiezone prägen diesen Bereich des Marler Stadtgebietes. Die

Waldgebiete werden überwiegend durch landwirtschaftliche Freiflächen, aber auch einige Fließ- (Wesel-Datteln-Kanal) und Stillgewässer (u.a. Fischteiche in der Lippeaue) unterbrochen.

Die Waldgebiete haben eine wichtige Freizeit- und Erholungsfunktion mit (über)regionaler Bedeutung. Bei gedämpften Tagesgängen der Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit mit insgesamt relativ geringen Werten verfügen die Wälder über ein ausgeglichenes Klima im Stammraum und weisen daher nur sehr geringe bioklimatische Belastungen auf. Zudem sind die Wälder auch Kaltluftproduzenten, allerdings können die kühleren Luftmassen aufgrund der hohen Rauigkeit nur bei einer höheren Reliefneigung abfließen. Aus den Waldgebieten in Brassert sind daher reliefbedingt keine Kaltluftabflüsse zu verzeichnen, weshalb sich die kühlende Wirkung auf die Waldflächen selbst und ihre unmittelbar angrenzende Umgebung beschränkt. Jedoch können bei übergelagertem Windfeld aus nordwestlichen Richtungen Kaltluftmassen aus dem Arenbergischen Forst in den Siedlungskörper von Brassert transportiert werden. Unter Umständen können die direkt an den Siedlungskörper von Brassert angrenzenden Waldflächen die Belüftung bei nördlichen bis nordwestlichen Richtungen aufgrund der erhöhten Rauigkeit aber auch verringern. Die Waldgebiete stellen durch ihre Filterfunktion bezüglich gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe wichtige (über)regionale Frischluftproduzenten dar. Insgesamt sind die Waldflächen daher aufgrund ihrer positiven klimatischen Eigenschaften grundsätzlich zu erhalten.

Neben den Wäldern verfügt der Stadtbezirk über einige Freilandbereiche, die im Wesentlichen als Acker- und Grünlandflächen genutzt werden und aufgrund ihrer geringen Rauigkeit sowie der Anbindung an die Siedlungsbereiche eine Funktion als lokale Kalt- und- Frischluftentste-

hungsgebiete übernehmen. Trotz einer zum Teil guten Kaltluftproduktion und hoher Kaltluftvolumenströme über den Freilandflächen erfolgt während austauscharmer Wetterlagen reliefbedingt kaum ein Kaltlufttransport in Richtung der Bebauung. Das ansteigende Relief in Richtung Siedlungsbereich von Brassert ist hierfür ausschlaggebend. Gebildete Kaltluftmassen reichern sich daher insbesondere im Niederungsbereich der Lippe bzw. des Wesel-Datteln-Kanals an und begünstigen vor allem in der Nähe bodennaher Emittenten (A 52; Gewerbe-, Industrieemittenten) ein erhöhtes klimatisches Immissionspotential durch Bodeninversionen.

Dennoch ist es wichtig, die kalt- und frischluftproduzierenden Ausgleichsräume der landwirtschaftlichen Freiflächen zu erhalten und weitestgehend von Bebauung freizuhalten. Aus diesem Grund wird empfohlen, an den Siedlungsrändern westlich der Kläranlage von Brassert eine klimatische Baugrenze festzulegen. Nur so ist zukünftig weiterhin eine Frischluftzufuhr bei übergeordnetem Wind aus nordwestlichen Richtungen entlang des Weierbachs und somit in Richtung der Bebauung gegeben.

Zusätzlich zu den Wäldern und Freilandflächen gelten auch Wasserflächen als klimatische Ausgleichsräume. Im Ortsteil Brassert beschränken sich diese im Wesentlichen auf die Wasserflächen entlang des Weierbachs (u.a. Fischteich) sowie die Fließgewässer des Wesel-Datteln-Kanals und der Lippe entlang der Stadtgrenze. Aufgrund der geringen bioklimatischen Belastungen nehmen die Wasserflächen eine wichtige Freizeit- und Erholungsfunktion ein. Die positiven Eigenschaften der Wasserflächen sind jedoch zumeist auf den Ufersaum begrenzt. Im Falle des Wesel-Datteln-Kanals treten zusätzlich erhöhte immissionsklimatische Belastungen aufgrund der Schifffahrt auf. Nichtsdestotrotz sind die Gewässer einschließlich der Ufervegetation als wertvolle Erholungs- und Freizeiträume zu erhalten.

Die Siedlungsstruktur von Brassert besteht einerseits aus einigen kleineren Streusiedlungen und Einzelhöfen im ländlichen Raum insbesondere entlang des Wesel-Datteln-Kanals und des Weierbachs und andererseits aus einem geschlossenen Siedlungskörper im südöstlichen Abschnitt des Stadtbezirks, der in die Bebauung der angrenzenden Stadtbezirke von Drewernord, Alt-Marl und Stadtkern übergeht. Die Bereiche der Wohnbebauung sind im nördlichen Abschnitt des Siedlungskörpers überwiegend durch eine offene, lockere und durchgrünte Bauungsstruktur mit geringer Geschossanzahl charakterisiert. Dies und die Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen äußert sich in zum Teil nur geringen Änderungen der Klimaelemente gegenüber dem Umland und sorgt für eine insgesamt nur geringe Ausprägung des Wärmeinseleffektes. Lediglich einzelne Bereiche nördlich der Schachtstraße sind entlang der Plagenbrauckstraße, der Rheinstalstraße, der Arenbergstraße und der Otto-Haarmann-Straße aufgrund eines erhöhten Versiegelungsgrades mit einer nahezu geschlossenen zeilenartigen Bebauung dem Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete zuzuordnen.

Größere, zusammenhängende Flächen, die diesem Lastraumtyp zugewiesen werden, erstrecken sich nördlich der Schachtstraße bis zur Otto-Krawehl-Straße und südlich der Schachtstraße bis zur Heinrich-Heine-Straße / Matthias-Claudius-Straße. Trotz der überwiegend meist nur 1,5- bis 2-geschossigen Bauweise der Reihen- und Doppelhäuser zeichnen sich diese Wohngebiete durch eine insgesamt sehr dichte, zeilenartige Bebauung mit einem allgemein geringen Grünanteil aus und sind somit aus bioklimatischer Sicht etwas ungünstiger einzustufen als die nördlich angrenzenden Wohnsiedlungen. In Bereichen hochversiegelter und unverschatteter Flächen kann in den Siedlungen Hitze- und Schwülebelastung auftreten. Auf eine weitere Versiegelung sollte in diesen Gebieten daher möglichst verzichtet werden und – wo dies möglich ist – sollten weitere Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen vorgenommen werden. So ist beispielsweise zu prüfen, ob sich die Anpflanzung von Straßenbäumen zur Verschattung der versiegelten Straßenkörper und der angrenzenden Gebäude realisieren lässt (z.B. in der Heinrich-Heine-Straße sowie in weiteren kleineren Straßenzügen). Um die Zufuhr kühlerer und frischerer Luftmassen aus dem Umland in die Bebauung hinein zu erhalten, sollte die aufgelockerte Bebauungsstruktur erhalten bleiben und eine weitere Zersiedelung der Landschaft vermieden werden. Des Weiteren sollte keine weitere riegelförmige, dichte Bepflanzung oder Bebauung an den Siedlungsrändern erfolgen.

Westlich an diese Siedlungen schließen entlang der Brasserstraße und der Schillerstraße Bereiche an, die dem Lastraum der hochverdichteten Innenstadt zugeordnet werden können. Hier ist ein erhöhtes bioklimatisches und immissionsklimatisches Belastungspotenzial vorhanden, das überwiegend aus der dichten Bebauungsstruktur und dem hohen Versiegelungsgrad resultiert. Positiv zu bewerten ist dabei, dass sich der Lastraum auf eine verhältnismäßig kleine Fläche beschränkt und direkte Übergänge in die Lasträume der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete aber auch in die überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete aufweist. Auch die Nähe zu einigen Grünanlagen (z.B. Freizeitpark und angrenzende Halde Brassert I/II sowie City-See im Stadtbezirk Stadtkern) ist positiv zu bewerten. Diese Flächen sind insbesondere vor dem Hintergrund des Klimawandels und den damit zunehmenden Belastungen unbedingt zu erhalten. Auf eine weitere Verdichtung ist möglichst zu verzichten. Hingegen sollten kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen, wie z.B. die Entsiegelung und Baumpflanzung auf dem Marktplatz, angestrebt werden. Auch der Einsatz von Dachbegrünungen auf Flachdächern, wie z.B. im Bereich der G.-Hauptmann-Str., sollte gefördert werden. Zudem bietet es sich an, in einzelnen Bereichen hochversiegelte Innenhofbereiche zu entsiegeln und zu begrünen, um somit kleine Klimaoasen innerhalb der dichten Bebauung zu schaffen.

Im westlichen Randbereich des Stadtbezirks befindet sich umgeben von Wald- und Freiflächen ein großes Gewerbegebiet. Aufgrund der Lage im Freilandbereich und der vorhandenen z.T.

großflächigen unbebauten Bereiche, insbesondere am Rand des Gewerbegebietes, können Kaltluftströmungen aus dem Umland zu einer Entlastung im Gewerbegebiet beitragen. Jedoch ist zu berücksichtigen, dass das Gebiet zum Teil im Niederungsbereich des Wesel-Datteln-Kanals liegt und hier aufgrund häufig entstehender Bodeninversionen mit einer Anreicherung von Luftschadstoffen zu rechnen ist. Aus diesem Grund ist eine weitere Ausdehnung des Gewerbegebietes zu vermeiden. Hingegen können auf der Fläche Maßnahmen der Begrünung und Entsiegelung zu einer zusätzlichen Verbesserung des Mikroklimas beitragen.

Im Stadtbezirk Brassert existieren darüber hinaus einige Gewerbegebiete im Übergangsbereich des Siedlungskörpers in den Freilandbereich bzw. in die angrenzenden Grün- und Waldgebiete. Hierzu zählen das Gewerbegebiet an der Zechenstraße mit dem Zentralen Betriebs- hof und dem östlich anschließenden kleineren Gewerbegebiet im Übergangsbereich zum Stadtbezirk Drewer-Nord. Durch Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen (z.B. Dach- und Fassadenbegrünung) sowie die Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen können die lokalklimatischen Verhältnisse dort verbessert werden. Im Umfeld angrenzender Wohnbebauung sollten zudem Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm umgesetzt werden. Zusätzlich bietet es sich an, als Puffer zu den südlich an das Gewerbegebiet angrenzenden Siedlungen Immissionsschutzpflanzungen anzulegen bzw. die östlich der Sickingmühler Straße vorhandene Begrünung zu erhalten, um den Lärm- und Immissionsschutz zu verbessern.

Südlich an die Gewerbegebiete anschließend befinden sich Wohnsiedlungen, die überwiegend aus Einfamilienhäusern mit einem sehr großen Gartenanteil bestehen und daher dem Lastraum der locker und offen bebauten Wohngebiete zugewiesen wurden. Vereinzelt befinden sich im östlichen Stadtbezirk fünfgeschossige Wohnblocks mit ebenfalls einem hohen Grünflächenanteil. Aus bioklimatischer Sicht sind diese Bereiche jedoch dem Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete zugeordnet, da sie aufgrund der riegelartigen Bebauung in Teilen des Siedlungsgebietes die Durchlüftungssituation einschränken. Insgesamt sind die günstigen Bebauungsstrukturen im östlichen Abschnitt des Stadtbezirks zu erhalten und weiter zu verbessern. So bietet sich beispielsweise die Bepflanzung der Rudolf-Virchow-Straße mit Straßenbäumen zur Verbesserung der Beschattungssituation und damit der Abmilderung bei sommerlichen Hitzephasen an.

<b>Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- hauptsächlich aufgelockerte Bebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. max. 3 Geschosse)</li> <li>- vereinzelt Einzelhausbebauung, kleinere Streu- bzw. Splittersiedlungen im ländlichen Raum</li> <li>- zumeist große Gärten bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich sowie direkt angrenzend an landwirtschaftliche Freiflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad</li> <li>- hoher Grünflächenanteil</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>- relativ geringe Rauigkeit durch geringe Geschosshöhen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ durch die aufgelockerte Bauweise und die klimatische Ausgleichswirkung der z.T. angrenzenden Grün-, Wald- und Freiflächen nur geringe Änderungen der Klimaelemente</li> <li>☀ Frischluftzufuhr bei übergeordnetem Wind westlich des Weierbachs</li> <li>☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein</li> <li>☀ keine relevanten Kaltluftzuflüsse aufgrund der Reliefsituation und die zum Großteil an die Bebauung angrenzenden Waldflächen</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- lockere Wohnbebauung südlich des Gewerbegebietes mit hohem Grünflächenanteil (überwiegend Gärten)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Übergangsbereich zwischen Gewerbegebiet südlich der Zechenstraße und angrenzender Wohnsiedlung</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten</li> <li>➤ kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben</li> <li>➤ Festschreiben einer klimatischen Baugrenze am Siedlungsrand westlich des Weierbachs</li> <li>➤ Errichtung bzw. Aufwertung einer Immissionsschutzpflanzung zwischen der gewerblichen Nutzung an der Zechenstraße und der südlich angrenzenden Wohnbebauung</li> <li>➤ weitere Baumpflanzungen in privaten Gärten zur Schaffung von Schattenzonen anregen bzw. fördern</li> <li>➤ maßvolle Nachverdichtung unter Berücksichtigung der umliegenden Bebauungsstruktur im Bereich der Straße „Grubenfeld“ möglich</li> </ul>	

<b>Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wohn- und Mischbebauung mit überwiegend 3-4 geschossiger Bebauung sowie öffentliche Einrichtungen (z.B. Kirchen, Einzelhandel)</li> <li>- teilweise hochversiegelte Innen- bzw. Hinterhöfe mit Anbauten und/oder Garagen und Parkplätze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- punktuell relativ hoher Versiegelungsgrad mit entsprechend geringem Grünflächenanteil</li> <li>- Gebäudehöhe und -ausrichtung</li> <li>- umliegende Nutzung</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ leicht erhöhte Wärmeinseleffekte erstrecken sich lediglich über verhältnismäßig kleine Flächen</li> <li>☀ teilweise lokale Verbesserung des Mikroklimas durch Gärten, Grünflächen im hausnahen Bereich und/oder die Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☁ im Sommer Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich</li> <li>☁ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher Grünflächenanteil im Umfeld von Wohnblocks (z.B. Kampstraße/Im Beisen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine weitere Verdichtung südlich der Schachtstraße</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Entsiegelung und Begrünung von Hinterhöfen, Dachbegrünungen bei größeren Flachdächern und Garagenanlagen</li> <li>➤ Baumpflanzungen entlang der Heinrich-Heine-Straße fördern</li> <li>➤ Möglichst keine weitere Bebauung südlich der Schachtstraße, um eine Vergrößerung des Lastraums und eine Verstärkung der Belastungssituation während sommerlicher Strahlungswetterlagen zu vermeiden</li> </ul>	

<b>Lastraum der hochverdichteten Innenstadt</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bebauung entlang der Brassertstraße und der Schillerstraße mit Marktplatz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher Versiegelungsgrad</li> <li>- mäßiger Baumbestand und Grünflächenanteil</li> <li>- Gebäudehöhe und -ausrichtung</li> <li>- umliegende Nutzung</li> <li>- Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch unmittelbare Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>☀ erhöhter Wärmeinseleffekt erstreckt sich lediglich über eine verhältnismäßig kleine, eher schmale und langgestreckte Fläche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwübelbelastungen möglich</li> <li>☔ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit</li> <li>☔ teilweise erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch den Verkehr entlang der Brassertstraße und der Schillerstraße möglich, z.T. dichte Bebauung mit schlechter Belüftungsmöglichkeit</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhalt der Übergänge in den Freizeitpark</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baumpflanzungen/Verschattungselemente auf dem Marktplatz</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, wie der Anpflanzungen schattenspendender Bäumen auf dem Marktplatz</li> <li>➤ Einsatz von Fassaden- und Dachbegrünungen</li> <li>➤ Anpflanzen weiterer Straßenbäume in der Schillerstraße</li> </ul>	

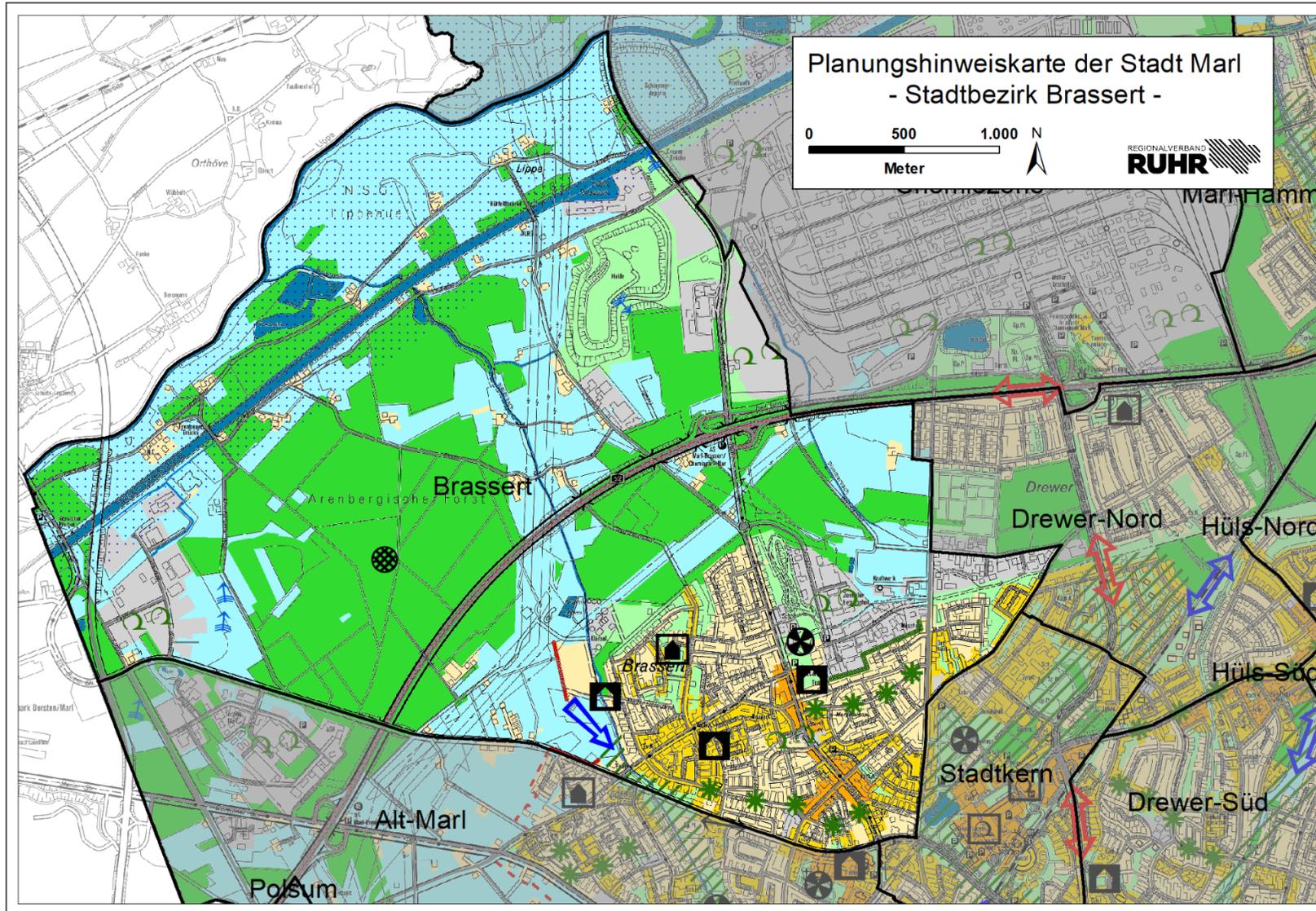
<b>Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zentraler Betriebshof mit Kraftwerk und östlich anschließende Gewerbeflächen</li> <li>- zusätzlich vereinzelte, kleinere Gewerbeflächen unterschiedlicher Nutzungsarten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (sehr) hoher Versiegelungsgrad</li> <li>- kaum Vegetation auf den Flächen vorhanden</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>- Größe und Art der Nutzung</li> <li>- Emissionen von Luftschadstoffen, Abwärme und Lärm möglich, v.a. im Niederungsbereich des Wesel-Datteln-Kanals</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch die unmittelbare Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>☀ teilweise relativ günstige Belüftungssituation aufgrund der Nähe zu Ausgleichsräumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ tagsüber Belastung durch Hitzestress und Schwüle möglich</li> <li>☔ ungünstige Belüftungsverhältnisse aufgrund großer Gebäudekomplexe</li> <li>☔ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich; Schadstoffanreicherung aufgrund von Bodeninversionen im Niederungsbereich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anpflanzungen/Waldflächen im Übergangsbereich zu den angrenzenden Wohnsiedlungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Übergang zwischen Gewerbe und Wohnsiedlung südlich der Zechenstraße</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entsiegelung, Begrünung und Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen</li> <li>➤ Begrünung von Dächern und Fassaden</li> <li>➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten, v.a. im Niederungsbereich</li> <li>➤ Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen</li> <li>➤ Anlegen von Immissionsschutzpflanzungen südlich der Zechenstraße im Übergangsbereich zur Wohnbebauung</li> </ul>	

<b>Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acker- und Grünlandflächen</li> <li>- Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete</li> <li>- Erholungsfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Rauigkeit</li> <li>- Nutzung und Umgebung</li> <li>- Relief</li> <li>- Größe</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und relativ hoher nächtlicher Abkühlung</li> <li>☀ höhere Windgeschwindigkeiten können geringere bioklimatische Belastungen durch Hitze und Schwüle begünstigen</li> <li>☀ gute Kaltluftproduktion</li> <li>☀ günstige Durchlüftungs- bzw. Austauschverhältnisse</li> <li>☀ kaum Emissionen</li> <li>☀ Frischlufttransport entlang des Weierbachs bei übergeordnetem Windfeld aus westlichen Richtungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☁ aufgrund der geringen Reliefenergie finden Kaltluftmassenbewegungen nur eingeschränkt statt bzw. in Richtungen, die für die Wohnsiedlungen kaum relevant sind (Ausnahme: Gewerbegebiet am westlichen Rand des Stadtbezirks)</li> <li>☁ die lokal produzierten Kaltluftmassen der Freiflächen können nur bedingt in die angrenzenden Siedlungsbereiche eindringen</li> <li>☁ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen im Umfeld der Autobahnen A52 möglich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Freiflächen westlich des Weiersbach</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die Acker- und Grünlandareale sollten aufgrund der Kalt- und Frischluftbildungspotenziale als klimatische Ausgleichsräume erhalten werden; eine weitere Zersiedelung der Landschaft ist aus klimaökologischer Sicht zu vermeiden</li> <li>➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten (vor allem im Bereich der Kaltluftsammelgebiete)</li> <li>➤ Reduzierung der Emissionen aus angrenzenden Gewerbeansiedlungen sowie des Verkehrs entlang der Autobahnen</li> </ul>	

<b>Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arenbergischer Forst sowie mehrere kleinere Waldflächen bzw. Baumbestände, die z.T. direkt an die Bebauung angrenzen</li> <li>- Filterfunktion für Luftschadstoffe</li> <li>- Frischluftproduzenten</li> <li>- teils Naherholungsfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Lage des Waldgebietes</li> <li>- angrenzende Nutzungen</li> <li>- Relief</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglichenen Stammraumklima</li> <li>☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen</li> <li>☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddis-Komfort entgegen</li> <li>☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ teils Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ aufgrund der geringen Reliefenergie erfolgt kaum nächtliches Abfließen von Kaltluftmassen</li> <li>☂ Aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arenbergischer Forst als (über-) regionaler Freizeit- und Erholungsraum, Luftschadstofffilter</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Frischluftproduzenten sowie aufgrund ihrer z.T. hohen Bedeutung als Naherholungs- und Regenerationsräume zu erhalten</li> </ul>	

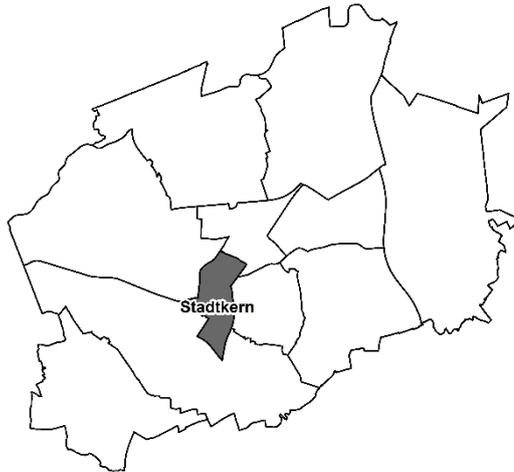
<b>Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parks, Sport- und Grünanlagen</li> <li>- Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion</li> <li>- Abwechslungsreiche Strukturen mit offenen Grünflächen und dichter Bepflanzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Ausstattung der Grün- und Parkanlage</li> <li>- Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an umliegende Flächennutzungen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte</li> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit</li> <li>☀ Abmilderung des Wärmeinseleffektes in den Siedlungsbereichen</li> <li>☀ günstige bioklimatische Verhältnisse auch bei kleineren Grün- und Parkanlagen</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ lokale Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ positive Effekte bei kleineren Grünflächen zumeist lokal begrenzt</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grünflächen der Halde Brassert I/II und südlich angrenzender Freizeitpark als Abstandsfläche zu Gewerbegebieten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grünvernetzung im Bereich des Weierbachs ausbauen</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhalt und Sicherung der vorhandenen Grünflächen</li> <li>➤ die Übergangsbereiche zwischen großen Grün- sowie Parkanlagen und der angrenzenden Bebauung sind offen zu halten (Vernetzung schaffen); bei kleineren Grün- und Parkanlagen oder angrenzend an Gewerbegebiete sind die Ränder zu schließen (Klimaoasen schaffen)</li> <li>➤ keine Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen</li> <li>➤ die Grünflächen entlang des Weierbachs sollten unter Einbeziehung privater Flächen weiter vernetzt werden</li> </ul>	

<b>Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wesel-Datteln-Kanal und Weierbach sowie Teiche im Niederungsbereich</li> <li>- z.T. Erholungs- und Freizeitfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Rauigkeit</li> <li>- spezifische Eigenschaften von Wasser</li> <li>- Größe</li> <li>- angrenzende Nutzungen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ stark gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur mit geringer Erwärmung am Tage aufgrund der Verdunstungskühlung</li> <li>☀ sehr geringe thermische und bioklimatische Belastungen</li> <li>☀ durch die geringe Rauigkeit der Wasserflächen günstige Belüftungssituation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ durch die hohe Wärmekapazität von Wasser geringere Abkühlung in der Nacht</li> <li>☂ positive klimatische Eigenschaften sind zumeist auf den Ufersaum begrenzt</li> <li>☂ erhöhte Nebelhäufigkeit</li> <li>☂ erhöhte Immissionen auf dem Wesel-Datteln-Kanal aufgrund der Schiffsemissionen</li> <li>☂ Bodeninversionen im Niederungsbereich mit der Gefahr der Schadstoffanreicherung</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weierbach mit angrenzenden Grün- und Freiflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Immissionen im Bereich des Wesel-Datteln-Kanals</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die Gewässer einschließlich der Ufervegetation sind als wertvolle Erholungs- und Freizeiträume zu erhalten</li> <li>➤ Reduzierung der Schiffsemissionen und der gewerblich-industriellen Emissionen im Niederungsbereich</li> </ul>	



Karte 8.3: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für den Stadtbezirk Brassert.

### 8.3.3 Stadtbezirk Stadtkern



Der Stadtbezirk Stadtkern zeichnet sich trotz einiger sehr großer Gebäudekomplexe mit einem hohen Versiegelungsgrad im Bereich des Marler Sterns durch eine insgesamt aufgelockerte Bauungsstruktur mit einem allgemein hohen Grünflächenanteil aus. Dabei bilden die Grünflächen einen nahezu durchgängigen Grünzug, der sich von den Frei-

landflächen im benachbarten Alt-Marl über den Sportplatz der WBG in Richtung Stadtkern zieht und von dort westlich des Marler Sterns über den City-See verläuft und sich dann in Richtung Norden und Nordosten über Wald- und Grünflächen bis nach Drewer-Nord fortsetzt. Mit den zahlreichen großen Grünland- und Waldflächen verfügt der Stadtbezirk Stadtkern über wichtige klimatische Ausgleichsräume, die eine Vielzahl klimatisch relevanter Funktionen einnehmen. Beispielsweise dienen die Grünflächen des Sportplatzes der WBG und im Umfeld des Adolf-Grimme-Instituts sowie die Wald- und Grünflächen südlich und nördlich der Hagenstraße als Kaltluftentstehungsgebiete, die teils hohe Kaltluftproduktionsraten und -volumenströme aufweisen. Allerdings können die lokal gebildeten Kaltluftmassen dieser Bereiche reliefbedingt sowie infolge der erhöhten Rauigkeit von Waldflächen nur in eingeschränktem Maße in die angrenzende Bebauung – so z.B. zwischen Herzlia-Allee und Bergstraße - vordringen. Hohe Werte für die Kaltluftproduktion und –volumenströme weisen die Freiflächen entlang der Bahntrasse vor allem südlich und südwestlich des Marler Sterns auf. Die Bahntrasse dient entsprechend ihrer Ausrichtung und ihres geradlinigen Verlaufs zudem als eine wichtige Luftleitbahn bei übergeordneten Windrichtungen aus Südwest bzw. Nordost, über die frische und kühle Luftmassen aus den südlich und nordöstlich des Stadtbezirks befindlichen landwirtschaftlich genutzten Freilandflächen in Richtung des Marler Sterns transportiert werden können. Der große Gebäudekomplex des Einkaufszentrums stellt jedoch für den Weitertransport der Kaltluftmassen aus südlichen Richtungen eine Barriere dar, so dass dieser auf der Höhe des Marler Sterns streckenweise unterbrochen wird. Als Maßnahmen, die zur Verbesserung der mikroklimatischen Verhältnisse im Bereich des Marler Sterns bis zur Bebauung im Bereich Herzlia-Allee/Bergstraße beitragen können, sind die Begrünung von Dächern sowie die (Teil-) Entsiegelung und die Anpflanzung von Bäumen auf den Parkplatzflächen zu empfehlen. Aufgrund ihrer Ausrichtung und Breite ist darüber hinaus die Herzlia-Allee als Luftleitbahn im

östlichen Randbereich des Stadtbezirks wirksam. Jedoch werden – anders als im Falle der Bahntrasse – vermehrt Luftschadstoffe aus dem Straßenverkehr transportiert. Daher sollten Maßnahmen zur Reduzierung der verkehrsbedingten Emissionen entlang der Herzlia-Allee ergriffen werden.

Die Wasserfläche des City-Sees ist insbesondere während der Tagstunden als wichtiger bioklimatischer Entlastungsraum zu erhalten. Zwar wirken sich die Effekte eher lokal aus und sind nicht weit im Umfeld der Wasserfläche wirksam, jedoch kann die Wasserflächen das Stadtklima im Nahbereich positiv beeinflussen, da die Lufttemperatur über der Wasserfläche vergleichsweise niedrig bleibt und durch Luftaustausch zur Kühlung der bebauten Umgebung beiträgt. In den Nachtstunden kann die Wasserfläche aufgrund der hohen Wärmekapazität jedoch zu einer Überwärmung der umgebenden Luftmassen beitragen (s. Karte 3.2). Aufgrund der geringen Größe und des begrünten Umfeldes wirkt sich die Überwärmung jedoch nur im direkten Nahbereich aus und ist nicht als nachteilig einzustufen.

Die Siedlungsbereiche im Süden des Stadtbezirks (nördlich und südlich der Freerbruchstraße und im Bereich der Kolberger Straße) sind überwiegend durch eine offene, lockere und durchgrünte Bebauungsstruktur mit geringer Geschossanzahl charakterisiert. Überwiegend finden sich hier Ein- und Mehrfamilienhäuser. In diesen Bereichen sind zumeist große zusammenhängende Gartenareale bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich und teils ein direkter Übergang in die Freilandbereiche südlich des Stadtbezirks gegeben. Um die überwiegend günstigen mikroklimatischen Verhältnisse zu erhalten bzw. lokale Klimaverbesserungen im Straßenraum durch Verschattungs- und Verdunstungseffekte zu erwirken, bietet sich die Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Freerbruchstraße an.

Mit Ausnahme weniger kleiner Siedlungsbereiche wurde die überwiegende Bebauung im Stadtbezirk Stadtkern aufgrund eines erhöhten Versiegelungsgrades mit entsprechend geringerem Grünflächenanteil oder aufgrund einer dichten, hohen Bebauung dem „Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete“ zugeordnet. Diese Bereiche sind teilweise durch hohe, zeilenartige Gebäudekomplexe (fünf- und mehrgeschossig) geprägt, wodurch die Belüftungssituation während allochthoner Wetterlagen zum Teil eingeschränkt ist. Teilweise können zudem erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm im Nahbereich der Hauptverkehrsstraßen (v.a. Herzlia-Allee) auftreten. Zudem sind vereinzelt kleinere Parkplätze und öffentliche Einrichtungen (z.B. Berufskolleg, Schulgebäude, Theater) vorzufinden. Zum Teil werden auch Siedlungen mit Einfamilienhausstrukturen den „Lasträume der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete“ zugewiesen, wie beispielsweise östlich der Breslauer Straße, da es sich um dichte Bebauungsstrukturen (Reihenhaussiedlung) mit nur wenig

Grünanteil und meist versiegelten Vorgärten handelt. Daher können auch in diesen Bereichen aufgrund versiegelter und unverschatteter Flächen im Sommer punktuell starke Überwärmungen der bodennahen Luftschicht auftreten, wodurch Hitzestress und Schwülebelastungen entstehen können. Insgesamt positiv wirkt sich hingegen die Nähe vieler Lasträume zu größeren und kleineren Grünflächen aus, die während sommerlicher Hitzephasen von der angrenzenden Wohnbevölkerung aufgesucht werden können.

Zur Wahrung der in Teilen noch positiven klimatischen Bedingungen sollte die aufgelockerte, durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten bleiben und im gesamten Stadtteil auf eine weitere Versiegelung und Nachverdichtung möglichst verzichtet werden. Insbesondere im Bereich der empfohlenen Grünvernetzungsmaßnahmen sollte zukünftig keine zusätzliche Versiegelung vorgenommen und die vorhandenen Siedlungsbereiche durch zusätzliche Begrünungsmaßnahmen eingebunden werden. Hier ist vor allem das Gelände der Willy-Brandt-Gesamtschule zu nennen, da diese die Verbindung zwischen den Freilandflächen in Drewer, dem Sportplatz der WBG und dem Park am Marler Stern darstellt. Als Maßnahmen bietet sich die Entsiegelung und weitere Begrünung des Schulhofes an. Des Weiteren ist zu prüfen, ob die Begrünung zusätzlicher Dachflächen möglich ist (z.B. die Begrünung der Turnhalle).

Westlich der aufgelockerten Bebauungsstrukturen im Süden des Stadtbezirks grenzt die Siedlung an ein Gewerbegebiet an, das sich nach Süden in den Stadtbezirk Alt-Marl weiter fortsetzt. Dieses Areal ist durch große Gebäudekomplexe, hochversiegelte Parkplätze und nahezu keinen Grünanteil geprägt. Hier bieten es sich an, die vorhandenen Parkplätze mit Baumpflanzungen zu verschatten sowie die Möglichkeiten von Dach- und Fassadenbegrünung zu prüfen. Dabei ist es auch möglich, Photovoltaikanlagen mit einer Dachbegrünung zu verbinden. Vorteil dieser Kombination ist, dass ein begrüntes Dach für wesentlich niedrigere Umgebungstemperaturen als vergleichbare Kies- oder unbegrünte Dächer sorgt, was sich wiederum günstig auf die Wirksamkeit der Photovoltaikanlage auswirkt.

<b>Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- hauptsächlich aufgelockerte Bebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. 1,5 - 2 Geschosse)</li> <li>- überwiegend Einzelhausbebauung</li> <li>- zumeist große Gärten bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich sowie direkt angrenzend an landwirtschaftliche Freiflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad</li> <li>- hoher Grünflächenanteil</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>- relativ geringe Rauigkeit durch geringe Geschosshöhen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ durch die aufgelockerte Bauweise und die klimatische Ausgleichswirkung der nahen landwirtschaftlichen Freiflächen nur geringe Änderungen der Klimaelemente</li> <li>☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein</li> <li>☔ keine relevanten Kaltluftzufüsse</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Siedlung im südöstlichen Randbereich des Stadtbezirks</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten</li> <li>➤ kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben</li> <li>➤ Anpflanzung von Straßenbäumen in der Freerbruchstraße und der Kreuzstraße zur Verbesserung der bioklimatischen Verhältnisse durch Verdunstung und Beschattung</li> <li>➤ weitere Baumpflanzungen in privaten Gärten zur Schaffung von Schattenzonen anregen bzw. fördern</li> </ul>	

<b>Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wohn- und Mischbebauung mit überwiegend 3-4 geschossiger Bebauung sowie öffentliche Einrichtungen (z.B. Schulen, Theater, Einzelhandel)</li> <li>- teilweise höher versiegelte Bereiche im Wohnumfeld</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- punktuell relativ hoher Versiegelungsgrad mit entsprechend geringem Grünflächenanteil</li> <li>- Gebäudehöhe und -ausrichtung</li> <li>- umliegende Nutzung</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ leicht erhöhte Wärmeinseleffekte erstrecken sich lediglich über verhältnismäßig kleine Flächen</li> <li>☀ teilweise lokale Verbesserung des Mikroklimas durch Gärten, Grünflächen im hausnahen Bereich und/oder die Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ im Sommer Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich</li> <li>☂ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einbeziehung der Willy-Brandt-Gesamtschule in die Grünvernetzung durch zusätzliche Begrünungsmaßnahmen und Entsiegelung</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Entsiegelung und Begrünung von Hinterhöfen, Dachbegrünungen bei größeren Flachdächern und Garagenanlagen</li> <li>➤ Entsiegelung und Begrünung auf dem Gelände der Willy-Brandt-Gesamtschule</li> <li>➤ Erhalt der Nähe zu Grün- und Parkanlagen</li> <li>➤ Grünvernetzung schaffen von den Freilandflächen in Alt-Marl über den Stadtbezirk Stadtkern bis zu den Freiflächen in Drewer-Nord</li> </ul>	

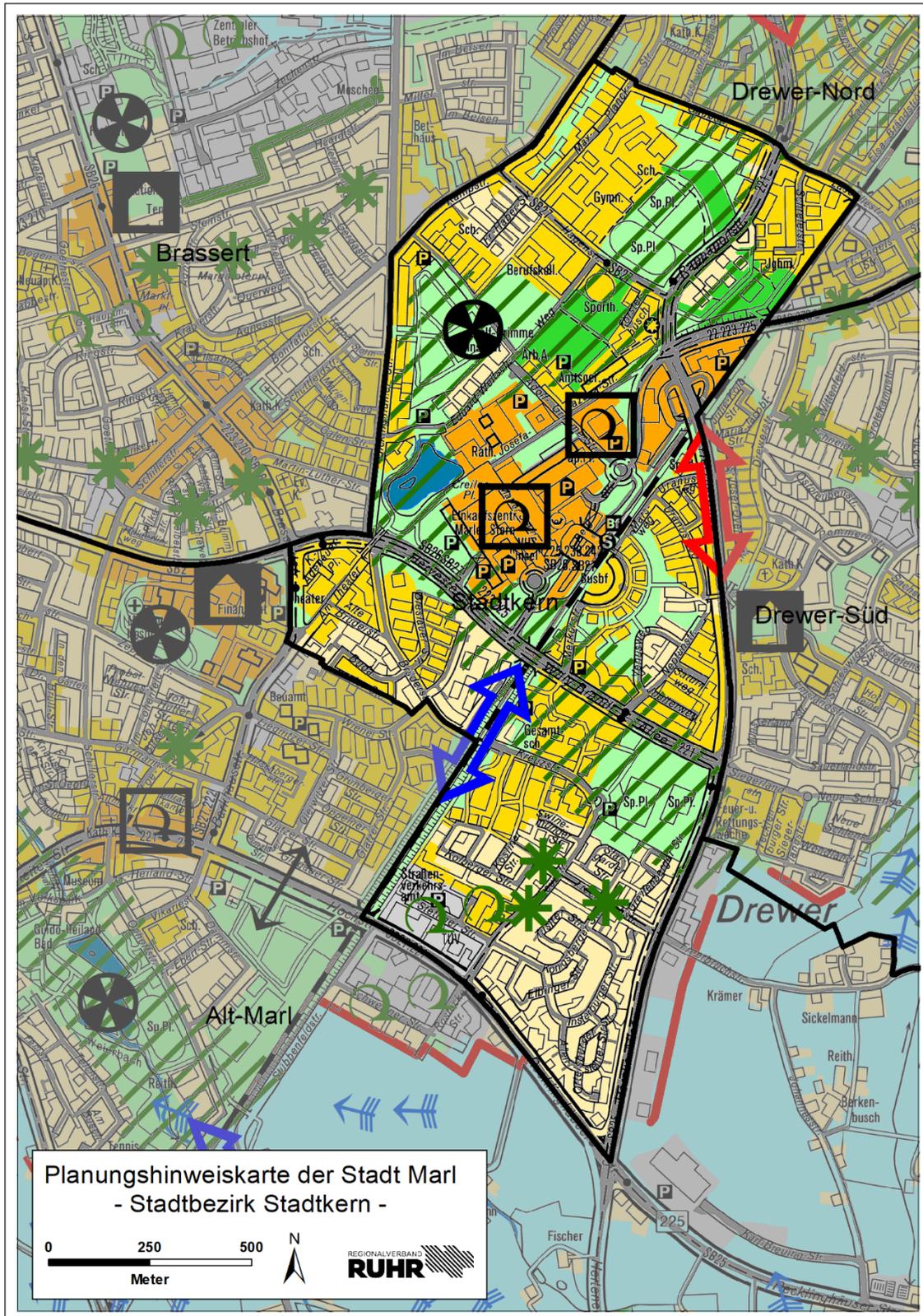
<b>Lastraum der hochverdichteten Innenstadt</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marler Stern und nordöstlich angrenzende Bebauung</li> <li>- Einkaufszentrum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher Versiegelungsgrad</li> <li>- mäßiger Baumbestand und Grünflächenanteil</li> <li>- Gebäudehöhe und -ausrichtung</li> <li>- umliegende Nutzung</li> <li>- Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch unmittelbare Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>☀ erhöhter Wärmeinseleffekt erstreckt sich lediglich über eine verhältnismäßig kleine Fläche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich</li> <li>☔ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit, Barrierewirkung für Kaltluft durch den Gebäudekomplex des Marler Sterns</li> <li>☔ teilweise erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch den Verkehr entlang der Herzlia-Allee möglich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grün- und Parkflächen im Umfeld des Marler Sterns mit City-See</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Versiegelte Flächen des Marler Sterns</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, wie der Anpflanzungen schattenspendender Bäumen auf den Parkplätzen des Marler Sterns sowie der umliegenden Bereiche</li> <li>➤ Einsatz von Fassaden- und Dachbegrünungen</li> </ul>	

<b>Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gewerbegebiet im südwestlichen Abschnitt des Stadtbezirks im Übergangsbereich zu Alt-Marl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher Versiegelungsgrad</li> <li>- kaum Vegetation auf den Flächen vorhanden</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>- Größe und Art der Nutzung</li> <li>- Emissionen von Luftschadstoffen, Abwärme und Lärm möglich</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch die unmittelbare Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>☀ teilweise relativ günstige Belüftungssituation aufgrund der Nähe zu Ausgleichsräumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ tagsüber Belastung durch Hitzestress und Schwüle möglich</li> <li>☔ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Freilandbereich südlich des Gewerbegebietes (Stadtbezirk Alt-Marl)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parkplätze und Dachflächen</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entsiegelung, Begrünung und Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen</li> <li>➤ Begrünung von Fassaden und Dächern (u.a. Kombination mit Photovoltaik)</li> <li>➤ Festsetzen klimatischer Baugrenzen im Übergangsbereich zum Freiland (im Stadtbezirk Alt-Marl)</li> </ul>	

<b>Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- kleinere Waldflächen nördlich des Amtsgerichts sowie entlang der Rappaportstr.</li> <li>- Filterfunktion für Luftschadstoffe</li> <li>- Frischluftproduzenten</li> <li>- teils Naherholungsfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Lage des Waldgebietes</li> <li>- angrenzende Nutzungen</li> <li>- Relief</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglichenen Stammraumklima</li> <li>☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen</li> <li>☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddis-Komfort entgegen</li> <li>☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ teils Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ positiven klimatischen Eigenschaften der kleineren Waldbestände im Wesentlichen auf die Fläche selbst beschränkt</li> <li>☂ aufgrund der geringen Reliefenergie erfolgt kaum nächtliches Abfließen von Kaltluftmassen</li> <li>☂ Aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle Waldflächen als Bestandteil des Grünverbundsystems</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Frischluftproduzenten sowie aufgrund ihrer z.T. hohen Bedeutung als Naherholungs- und Regenerationsräume zu erhalten</li> </ul>	

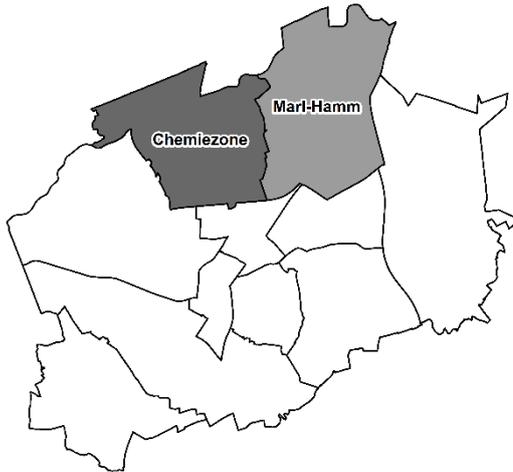
<b>Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parks, Sportanlagen, Friedhöfe und Grünanlagen, z.T. große, zusammenhängende Gärten im Wohnbereich</li> <li>- Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion</li> <li>- Abwechslungsreiche Strukturen mit offenen Grünflächen und dichter Bepflanzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Ausstattung der Grün- und Parkanlage</li> <li>- Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an umliegende Flächennutzungen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte</li> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit</li> <li>☀ Abmilderung des Wärmeinseleffektes in den Siedlungsbereichen</li> <li>☀ günstige bioklimatische Verhältnisse auch bei kleineren Grün- und Parkanlagen</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ lokale Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ positive Effekte bei kleineren Grünflächen zumeist lokal begrenzt</li> <li>☂ teilweise Nähe zu stark befahrenen Straßen kann zu erhöhten Luftschadstoff- und Lärmimmissionen führen</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flächen im Grünverbundsystem</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhalt und Sicherung der vorhandenen Grünflächen, Erhalt und Ausbau eines Grünverbundsystems</li> <li>➤ die Übergangsbereiche zwischen großen Grün- sowie Parkanlagen und der angrenzenden Bebauung sind offen zu halten (Vernetzung schaffen); bei kleineren Grün- und Parkanlagen sind die Ränder zu schließen (Klimaoasen schaffen)</li> <li>➤ keine Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen</li> </ul>	

<b>Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- City-See am Marler Stern</li> <li>- z.T. Erholungs- und Freizeitfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Rauigkeit</li> <li>- spezifische Eigenschaften von Wasser</li> <li>- Größe</li> <li>- angrenzende Nutzungen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ stark gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur mit geringer Erwärmung am Tage aufgrund der Verdunstungskühlung</li> <li>☀ sehr geringe thermische und bioklimatische Belastungen</li> <li>☀ durch die geringe Rauigkeit der Wasserflächen günstige Belüftungssituation</li> <li>☀ keine Emissionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ durch die hohe Wärmekapazität von Wasser geringere Abkühlung in der Nacht</li> <li>☂ positive klimatische Eigenschaften sind zumeist auf den Ufersaum begrenzt</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- City-See</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Das Gewässer ist als wertvoller Erholungs- und Freizeitraum sowie als Bestandteil des Grünverbundes zu erhalten</li> </ul>	



Karte 8.4: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für den Stadtbezirk Stadtkern.

### 8.3.4 Stadtbezirk Chemiezone und Marl-Hamm



Die Stadtbezirke Chemiezone und Marl-Hamm unterscheiden sich zwar hinsichtlich ihrer Nutzungsstrukturen und damit ihrer klimatischen Ausprägung erheblich, werden aber aufgrund der nahezu einheitlichen klimatischen Situation der Chemiezone und der damit verbundenen geringen Handlungsmöglichkeiten in

diesem Stadtbezirk zusammengefasst.

Der Stadtteil Chemiezone umfasst auf über sechs Quadratkilometern das Gelände des Chemieparks Marl. Etwa 30 Unternehmen bieten insgesamt rund 10.000 Mitarbeitern auf dem Gelände einen Arbeitsplatz. Die Fläche ist hoch versiegelt und stark verdichtet und bietet nur wenige, kleine Grünflächen und nur wenige Bäume. Bei den unbebauten Flächen handelt es sich meist um Lagerflächen. Somit ist die bioklimatische Belastungssituation insbesondere bei sommerlichen Wetterlagen durch starke Hitze- und Schwülebelastungen gekennzeichnet (s. hierzu Kapitel 3 „Flächenhafte Ausprägung ausgewählter Klimatelemente“). Sowohl die höchsten nächtlichen Temperaturen, als auch die höchste Belastungssituation während der Tagstunden im Stadtgebiet können daher auf dem Gelände des Chemieparks nachgewiesen werden. Die Intensität des Wärmeinseleffektes auf dem Gelände ist dabei nicht nur vom Versiegelungsgrad, der Gebäudehöhe und dem Grünflächenanteil abhängig, sondern ebenfalls von der Größe der zusammenhängenden Fläche. Daneben spielen die emittierten Luftschadstoffe sowie industrielle Wärmequellen eine nicht unerhebliche Rolle. Ein Teil des Industriegebietes liegt zudem im Niederungsbereich der Lippe bzw. des Wesel-Datteln-Kanals und ist häufigen Bodeninversionen ausgesetzt. Dies bedeutet, dass in Bodennähe eine starke Abkühlung stattfindet und sich somit dort kältere Luft als in den darüberliegenden Schichten befindet. Ein Austausch zwischen den Schichten kann daher erst in höheren Luftschichten oberhalb der Bodeninversion erfolgen. Dadurch wird das Immissionspotential im Niederungsbereich erhöht. Eine weitere Ausdehnung des Chemieparks in den Niederungsbereich sollte daher möglichst vermieden werden, genauso wie die Emissionen weiterer bodennaher Luftschadstoffe in diesem Bereich.

Eine Zufuhr kühlerer Luftmassen aus den umliegenden ländlichen Bereichen in das Gelände hinein ist reliefbedingt kaum möglich. Nur von der benachbarten Halde Brassert III können

abfließende Luftmassen bis in die Randbereiche des Chemieparks gelangen. Der große Gebäudekomplex im äußersten Nordwesten des Geländes fungiert dabei jedoch als Strömungshindernis, so dass die kühleren Luftmassen nur randlich um das Gebäude herumfließen, aber keine weitreichende Wirkung entfalten können. Auch bei übergeordnetem Wind ist die Zufuhr kühlender Luftmassen aufgrund der Gebäudedichte vielfach eingeschränkt. Jedoch können entlang der geradlinigen Straßenzüge Luftmassen aus dem Umland in das Gelände gelangen. Südlich des Chemieparks befindet sich die A 52, die eine Funktion als Luftleitbahn hat, jedoch das Gelände nicht beeinflusst. Aufgrund des erhöhten Verkehrsaufkommens ist die A 52 darüber hinaus als belastete Luftleitbahn einzustufen.

Um die bioklimatische Situation auf dem Gelände des Chemieparks zu verbessern, sollten vorhandene Lager- und Parkplätze entsiegelt und begrünt werden. Somit kann eine starke Aufheizung der Flächen durch Verdunstungskühlung und Verschattung abgemildert werden. Ferner bietet es sich an, auf Flachdächern Dachbegrünungen anzulegen, um lokale Abkühlungseffekte zu erwirken. Auch die Begrünung von Fassaden lässt sich relativ einfach nachträglich realisieren und kann ebenfalls wie die Dachbegrünung lokale Abkühlungseffekte – auch für den Innenbereich der Gebäude – bewirken. Sowohl Dach- als auch Fassadenbegrünung zählen zu den lokal wirkenden Maßnahmen. Bei einer Vielzahl an realisierten Begrünungsmaßnahmen verstärkt sich jedoch deren Wirkung. Daher ist es ratsam, möglichst viele – auch kleine Maßnahmen - umzusetzen.

Die an die Chemiezone anschließenden Grünflächen sowie das Freibad sind als klimatische Entlastungs- und Erholungsräume zu erhalten.

Der Stadtbezirk Marl-Hamm liegt östlich des Chemieparks Marl und wird von diesem durch eine überwiegend bewaldete Zone entlang der Stadtgrenze getrennt. Diese Waldflächen sind als Puffer- und Abstandsflächen zum Chemiepark, aber auch als Immissionsschutzpflanzung zu erhalten und ggf. weiter auszubauen.

Im nördlichen Abschnitt des Stadtbezirks Marl-Hamm befindet sich der Niederungsbereich der Lippe und des Wesel-Datteln-Kanals. Bei windschwachen Wetterlagen fließen Kaltluftmassen aus den östlich angrenzenden Hangbereichen in den Niederungsbereich ab, sind aber hier aufgrund der insgesamt günstigen bioklimatischen Verhältnisse der sehr locker bebauten Umgebung von untergeordneter Bedeutung. Ihre Wirksamkeit ist dennoch bis weit in die Bebauung von Sickingmühle wirksam.

Die Siedlungsstruktur von Sickingmühle zeichnet sich durch eine Wohnbebauung mit einer überwiegend lockeren und offenen Gestalt mit geringer Geschosshöhe (i.d.R. max. 2 Geschosse) und teils größeren Gartenarealen sowie die Nähe zum unbebauten Freiland aus. Durch die aufgelockerte Bauweise und die vielfältigen Grünstrukturen innerhalb der Bebauung

sowie der weitestgehend unmittelbaren Nähe zu großflächigen klimatischen Ausgleichsräumen sind lediglich geringe Änderungen der Klimatelemente gegenüber dem Freiland zu verzeichnen und es herrschen insgesamt günstige Belüftungssituationen sowie positive bioklimatische Verhältnisse vor. Die zusätzlich reliefbedingt auftretenden Kaltluftzuflüsse der angrenzenden Freilandbereiche während sommerlicher Strahlungsnächte wirken sich zusätzlich positiv aus. Aus diesem Grund ist eine maßvolle Nachverdichtung bei Berücksichtigung der umliegenden Bebauungsstrukturen aus stadtklimatischer Sicht zulässig. Hierbei sind vor allem vorhandene Baulücken zu schließen, während einer weiteren Zersiedelung des Freilandes hingegen entgegengewirkt werden sollte.

Südlich an die Siedlung Sickingmühle schließt der Stadtteil Hamm an, der sich ebenso durch eine insgesamt lockere Bebauungsstruktur, überwiegend bestehend aus zahlreichen Einzel- und Reihenhäusern, zusammensetzt. Vereinzelt sind dichtere Bebauungsstrukturen festzustellen, insbesondere dort, wo zwei- bis dreigeschossige Wohnblocks entlang von Straßenzügen stehen. Dichter bebaut sind darüber hinaus einzelne Wohnsiedlungen, wie z.B. zwischen Specht-, Bussard- und Kranichstraße. Durch die Nähe zu angrenzenden Wald- und Freilandflächen sowie durch abfließende Kaltluftmassen aus dem Haldenbereich bei sommerlichen Strahlungsnächten ist die bioklimatische Belastungssituation hier jedoch vergleichsweise günstig. Um die günstigen Bedingungen zu erhalten und weiter auszubauen, bietet es sich an, die vorhandenen Grünflächen und Waldgebiete entlang der Bachläufe des Silvertbachs und des Sickingmühlenbachs zu erhalten und miteinander zu vernetzen. Dabei lassen sich angrenzende Siedlungsbereiche durch Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen in den Grünverbund mit einbeziehen.

Die hohen Luftschadstoffemissionen der A 52 wirken sich im Umfeld der Autobahn aus lufthygienischer Sicht negativ aus. Aus diesem Grund sind die großen, nahe gelegenen Waldgebiete mit ihrer Filterfunktion für Luftschadstoffe zu schützen und weiter auszubauen. Auch sind die kalt- und frischluftproduzierenden Grün- und Freilandflächen, deren positiven klimatischen Funktionen sowie die bestehenden Vernetzungsstrukturen grundsätzlich zu erhalten und in deren Umfeld auf die Ansiedlung bodennaher Emittenten zu verzichten.

<b>Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- hauptsächlich aufgelockerte Bebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. max. 3 Geschosse)</li> <li>- vereinzelt Einzelhausbebauung, kleinere Streu- bzw. Splittersiedlungen im ländlichen Raum</li> <li>- zumeist große Gärten bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich sowie direkt angrenzend an landwirtschaftliche Freiflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad</li> <li>- hoher Grünflächenanteil</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>- relativ geringe Rauigkeit durch geringe Geschosszahlen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ durch die aufgelockerte Bauweise und die klimatische Ausgleichswirkung der umliegenden landwirtschaftlichen Freiflächen nur geringe Änderungen der Klimatelemente</li> <li>☀ relevante Kaltluftzuflüsse insbesondere im östlichen Sickingmühle und östlichen Hamm</li> <li>☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein</li> <li>☂ lufthygienische Belastung im Umfeld der A52 durch erhöhte Luftschadstoffemissionen</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einbezug der Wohnbebauung in das Grünverbundsystem entlang der Fließgewässer</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten</li> <li>➤ kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben</li> <li>- Erweiterung bzw. Aufwertung der Immissionsschutzpflanzung (Wald) zwischen der Chemiezone und der östlich angrenzenden Wohnbebauung</li> <li>➤ weitere Baumpflanzungen in privaten Gärten zur Schaffung von Schattenzonen anregen bzw. fördern</li> </ul>	

<b>Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wohn- und Mischbebauung mit überwiegend 2-3 geschossiger Bebauung sowie öffentliche Einrichtungen (z.B. Schule, Kirchen, Einzelhandel)</li> <li>- teilweise hochversiegelte Parkplätze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- punktuell relativ hoher Versiegelungsgrad mit entsprechend geringem Grünflächenanteil</li> <li>- Gebäudehöhe und -ausrichtung</li> <li>- umliegende Nutzung</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ leicht erhöhte Wärmeinseleffekte erstrecken sich lediglich über verhältnismäßig kleine Flächen</li> <li>☀ teilweise lokale Verbesserung des Mikroklimas durch Gärten, Grünflächen im hausnahen Bereich und/oder die Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ im Sommer Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich</li> <li>☔ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit durch zeilenartige Bebauung</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- große Grünflächen innerhalb der Bebauung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einbezug der Gebiete in das Grünverbundsystem</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Entsiegelung und Begrünung von Parkplätzen, Dachbegrünungen bei größeren Flachdächern und Garagenanlagen (z.B. Gebäude und Plätze am Bachackerweg nahe der A52)</li> </ul>	

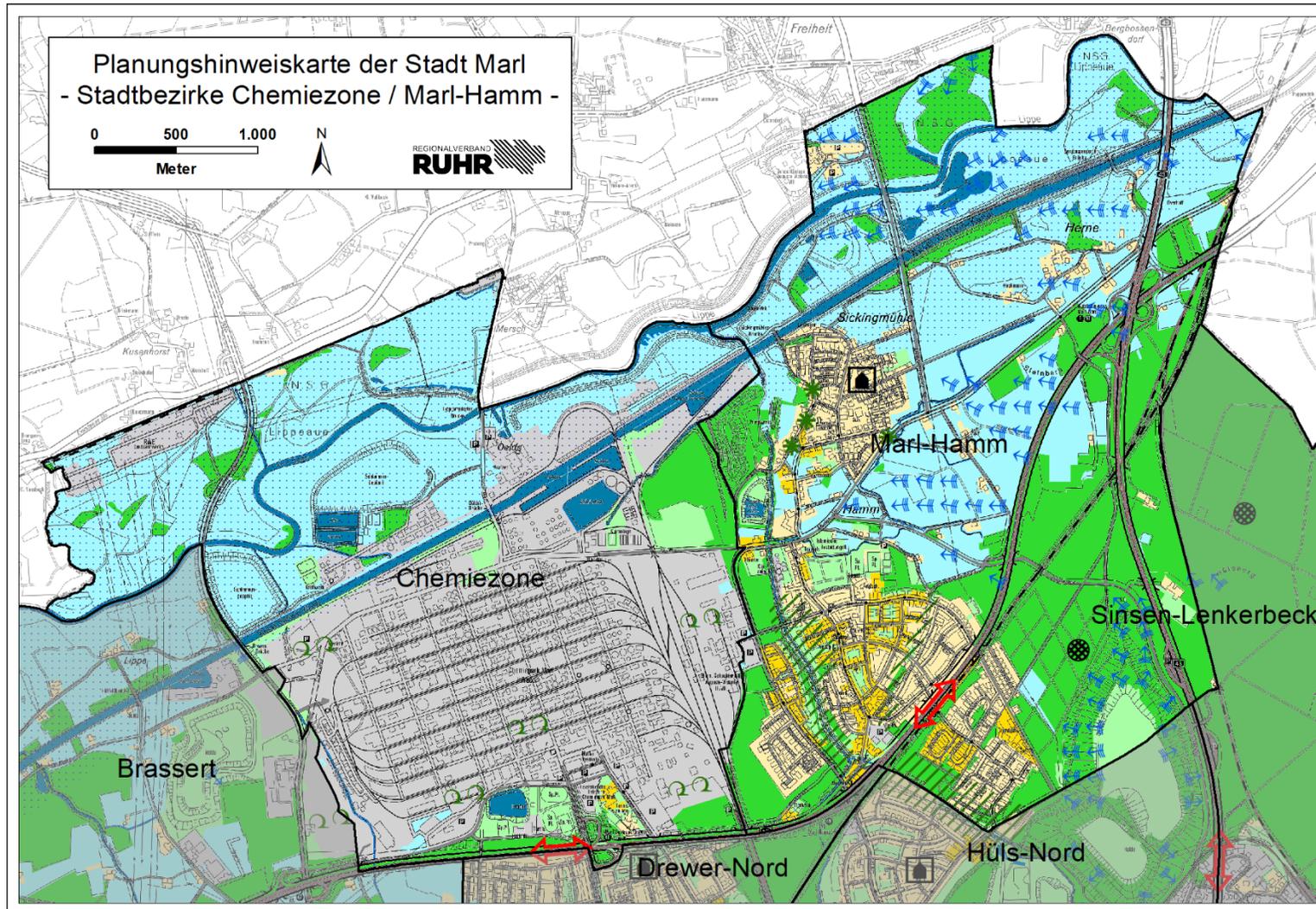
<b>Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chemiepark Marl</li> <li>- Großflächiges Chemiewerksgelände auf über 6km<sup>2</sup></li> <li>- zusätzlich vereinzelte, kleinere Gewerbeflächen unterschiedlicher Nutzungsarten in Marl-Hamm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (sehr) hoher Versiegelungsgrad</li> <li>- kaum Vegetation auf den Flächen vorhanden</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen (Lage zumeist im ländlichen Raum)</li> <li>- Größe und Art der Nutzung</li> <li>- Emissionen von Luftschadstoffen, Abwärme und Lärm</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch die unmittelbare Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen (betrifft die Randbereiche des Chemieparks und die kleineren Gewerbeflächen in Marl-Hamm)</li> <li>☀ teilweise relativ günstige Belüftungssituation aufgrund der Nähe zu Ausgleichsräumen (zumindest im Randbereich)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ tagsüber Belastung durch Hitzestress und Schwüle möglich</li> <li>☔ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schaffung von Grünstrukturen zur Entlastung bei Hitzeperioden im Bereich des Chemieparks</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entsiegelung, Begrünung und Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen</li> <li>➤ Begrünung von Dächern und Fassaden</li> <li>➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten; insbesondere in den Kaltluftsammlbereichen</li> <li>➤ Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen</li> <li>➤ Erhalt und Ausbau von Immissionsschutzpflanzungen (östlich des Chemieparks)</li> </ul>	

<b>Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acker- und Grünlandflächen</li> <li>- Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete</li> <li>- Erholungsfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Rauigkeit</li> <li>- Nutzung</li> <li>- Relief</li> <li>- Größe</li> <li>- Umgebung</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und relativ hoher nächtlicher Abkühlung</li> <li>☀ höhere Windgeschwindigkeiten können geringere bioklimatische Belastungen durch Hitze und Schwüle begünstigen</li> <li>☀ gute Kaltluftproduktion</li> <li>☀ günstige Durchlüftungs- bzw. Austauschverhältnisse</li> <li>☀ kaum Emissionen</li> <li>☀ Kaltluftabflüsse in Richtung des östlichen Sickingmühle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ aufgrund eher geringen Reliefenergie finden Kaltluftmassenbewegungen westlich des Chemieparkes nur eingeschränkt statt</li> <li>☂ die lokal produzierten Kaltluftmassen der Halde Brassert III können nur bedingt in den westlichen Bereich des Chemieparkes eindringen (Hindernis durch große Gebäudekomplexe)</li> <li>☂ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen im Umfeld der Autobahnen A52 möglich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine weitere Bebauung im Niederungsbereich der Lippe und des Wesel-Datteln-Kanals</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die großflächigen zusammenhängenden Acker- und Grünlandareale sollten aufgrund der Kalt- und Frischluftbildungspotenziale als klimatische Ausgleichsräume erhalten werden; eine weitere Zersiedelung der Landschaft ist aus klimaökologischer Sicht zu vermeiden</li> <li>➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten (vor allem im Bereich der Kaltluftammelgebiete)</li> <li>➤ Reduzierung des Verkehrs entlang der Autobahnen</li> </ul>	

<b>Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waldgebiete zwischen der Chemiezone und Marl-Hamm bzw. Waldbestände im Umfeld der Halde Brinkfortsheide</li> <li>- Filterfunktion für Luftschadstoffe</li> <li>- Frischluftproduzenten</li> <li>- teils Naherholungsfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Lage des Waldgebietes</li> <li>- angrenzende Nutzungen</li> <li>- Relief</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglichenen Stammraumklima</li> <li>☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen</li> <li>☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiscomfort entgegen</li> <li>☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ teils Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ positiven klimatischen Eigenschaften der kleineren Baumbestände im Wesentlichen auf die Fläche selbst beschränkt</li> <li>☂ aufgrund der geringen Reliefenergie eingeschränktes nächtliches Abfließen von Kaltluftmassen</li> <li>☂ Aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waldgebiete zwischen Chemiezone und Marl-Hamm als Pufferraum und Immissionsschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wichtige Bereiche mit Handlungsbedarf benennen</li> <li>- ...</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Frischluftproduzenten sowie aufgrund ihrer z.T. hohen Bedeutung als Naherholungs- und Regenerationsräume sowie als Pufferraum zum Chemiepark zu erhalten</li> </ul>	

<b>Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parks, Sportanlagen, Friedhöfe und Grünanlagen</li> <li>- Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion</li> <li>- Abwechslungsreiche Strukturen mit offenen Grünflächen und dichter Bepflanzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Ausstattung der Grün- und Parkanlage</li> <li>- Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an umliegende Flächennutzungen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte</li> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit</li> <li>☀ Abmilderung des Wärmeinseleffektes in den Siedlungsbereichen</li> <li>☀ günstige bioklimatische Verhältnisse auch bei kleineren Grün- und Parkanlagen</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ lokale Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ positive Effekte bei kleineren Grünflächen zumeist lokal begrenzt</li> <li>☂ teilweise Nähe zu großen Gewerbegebieten kann zu erhöhten Luftschadstoff und Lärmimmissionen führen</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- z.T. große Grünflächen im Bereich der dichteren Bebauung in Marl-Hamm</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhalt und Sicherung der vorhandenen Grünflächen</li> <li>➤ die Übergangsbereiche zwischen großen Grün- sowie Parkanlagen und der angrenzenden Bebauung sind offen zu halten (Vernetzung schaffen); bei kleineren Grün- und Parkanlagen sind die Ränder zu schließen (Klimaoasen schaffen)</li> <li>➤ keine Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen</li> <li>➤ die Grünflächen entlang des Sickingmühlenbachs sollten unter Einbeziehung privater Flächen weiter vernetzt werden</li> </ul>	

<b>Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Badeweiher südlich des Chemieparks, kleinere Gewässer im Niederungsbereich, Fließgewässer (u.a. Lippe, Wesel-Datteln-Kanal)</li> <li>- z.T. Erholungs- und Freizeitfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Rauigkeit</li> <li>- spezifische Eigenschaften von Wasser</li> <li>- Größe</li> <li>- angrenzende Nutzungen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ stark gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur mit geringer Erwärmung am Tage aufgrund der Verdunstungskühlung</li> <li>☀ sehr geringe thermische und bioklimatische Belastungen</li> <li>☀ durch die geringe Rauigkeit der Wasserflächen günstige Belüftungssituation</li> <li>☀ keine Emissionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ durch die hohe Wärmekapazität von Wasser geringere Abkühlung in der Nacht</li> <li>☂ positive klimatische Eigenschaften sind zumeist auf den Ufersaum begrenzt</li> <li>☂ erhöhte Nebelhäufigkeit</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die Gewässer einschließlich der Ufervegetation sind als wertvolle Erholungs- und Freizeiträume zu erhalten</li> </ul>	



Karte 8.5: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für die Stadtbezirke Chemiezone und Marl-Hamm.

### 8.3.5 Stadtbezirke Drewer-Nord und Drewer-Süd

Der Stadtbezirk Drewer-Nord grenzt an die Stadtbezirke Chemiezone im Norden, Marl-Hamm, Hüls-Nord und –Süd im Osten sowie Brassert und Stadtkern im Westen. Nach Süden schließt der Stadtbezirk Drewer-Süd an. Die Bebauungsstruktur von Drewer-Nord besteht in weiten Bereichen im nördlichen Abschnitt des Stadtbezirks aus überwiegend locker



und offen bebauten Wohngebieten, wobei die Bebauung westlich der Rappaportstraße (Blumensiedlung) überwiegend aus Einfamilienhäusern mit großen Gartenanteilen besteht, während östlich der Rappaportstraße (Bereitschaftssiedlung) Mehrfamilienhäuser mit in der Regel maximal drei Geschossen vorkommen. Im äußersten Norden der Bereitschaftssiedlung – angrenzend an die A52 – befinden sich einige Hochhäuser. Unter Beibehaltung einer insgesamt aufgelockerten Bebauungsstruktur ist eine weitere Bautätigkeit auf vorhandenen Freiflächen hier aus klimatischer Sicht vertretbar. Aufgrund der insgesamt sehr hohen Grünflächenanteile sowie der Nähe zu teilweise größeren klimatischen Ausgleichsräumen und/oder innerstädtischen Grünvernetzungsstrukturen nehmen die Wärmeinseleffekte innerhalb der zuvor beschriebenen Bereiche nur geringe bis mittlere Werte ein und die bioklimatischen Verhältnisse sind insgesamt als positiv zu bewerten. Auch die südlich anschließende Wohnbebauung (Alte Bunasiedlung) ist – trotz des Vorhandenseins von zum Teil größeren Mehrfamilienhäusern – durch eine Vielzahl an Garten-, Grün- und Waldflächen gekennzeichnet. Bedingt durch die Dichte der Wohnblocks insbesondere entlang von Straßenzügen und der damit einhergehenden erschwerten Belüftungsfunktion, wurde der Bezirk zwar dem Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete zugeordnet, jedoch ist der hohe Anteil an großkronigen Bäumen, die zu lokalen Abkühlungseffekten beitragen, hier als sehr positiv einzustufen. Um die Wirksamkeit des insgesamt großen Grün- und Waldflächenanteils im Stadtteil Drewer-Nord weiter zu erhöhen und die Anbindung an die Grünflächen im angrenzenden Stadtbezirk Stadtkern zu verbessern, sollten weitere Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen im südwestlichen Abschnitt des Stadtbezirks Drewer-Nord angestrebt werden.

Zwischen Kampstraße und Lipper Weg (Bereitschaftssiedlung) wurde zudem ein weiterer Bereich dem Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete zugeordnet. Hier handelt es sich um einen Schulkomplex mit einem hoch versiegelten Schulhof, wodurch

erhöhte Wärmeinseleffekte auftreten können, die sich allerdings lediglich über eine verhältnismäßig kleine Fläche erstrecken. Auch nördlich der Bergstraße und östlich an den Stadtbezirk Hüls-Nord angrenzend sind Wohngebiete dem Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete zugewiesen, während überwiegend südlich der Bergstraße (v.a. im Stadtbezirk Drewer-Süd, Zentrum) einige Bereiche dem Lastraum der hochverdichteten Innenstadt angehören. Die Bebauung weist in diesem Bereich überwiegend hochversiegelte Innen- bzw. Hinterhöfe mit Anbauten oder Garagen sowie vollversiegelte Parkplätze auf. Aus diesem Grund können erhöhte Wärmeinseleffekte auftreten. Zudem sind im Sommer im Bereich der hochversiegelten und unverschatteten Flächen Belastungen durch Hitzestress und Schwüle möglich. Sowohl Entsiegelungsmaßnahmen und die Begrünung von Dächern und Fassaden sowie die Anpflanzung von schattenspendenden Bäumen kann die Belastungssituation während sommerlicher Hitzephase lokal abmildern.

Unabhängig von der Einordnung in einen bestimmten klimatischen Lastraum können in den Wohn- und Mischgebieten im Nahbereich der Autobahn A52 sowie entlang der Rappaportstraße und der Herzlia-Allee zudem erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm auftreten.

Aufgrund der Kuppenlagen im Süden von Alt-Marl- und Hüls-Süd treten bei windschwachen Strahlungswetterlagen Kaltluftabflüsse auf, die entlang der Bachtäler des Loekampbachs und des Freerbruchbachs bis in die Bebauung hineingelangen können. Die Reichweite der Kaltluftmassen ist dabei neben dem Gefälle von der Rauigkeit der Abflussflächen abhängig. Im Falle der landwirtschaftlichen Frei- und Grünflächen entlang des Loekampbachs, die eine geringe Oberflächenrauigkeit aufweisen, kann die Kaltluft bis an das nordöstliche Ende des Stadtbezirks abfließen und wird erst im Stadtbezirk Hüls-Süd aufgrund der als Kaltluftbarriere wirkenden Bebauung der Paracelsus-Klinik am Weiterfließen gehindert. Auch bei Wetterlagen mit übergeordnetem Wind aus südlichen bis südwestlichen Richtungen können Frischluftmassen entlang des Tales zu einer lufthygienischen und bioklimatischen Entlastung der unmittelbar angrenzenden Bebauung beitragen.

Im Falle des Freerbruchbachtals sind die Kaltluftabflüsse schwächer und reichen nicht sehr weit in die Bebauung hinein, zumal der Schulgebäudekomplex der Aloysiuschule ein Weiterfließen der Kaltluftmassen weitgehend verhindert. Um die bioklimatischen Verhältnisse entlang beider Bachtäler zu erhalten bzw. zu verbessern, ist ein Grünverbundsystem zu schaffen bzw. zu erhalten. Hierbei bietet es sich u.a. an, angrenzende Flächen mit einzubeziehen und kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen vorzunehmen. So ist beispielsweise zu prüfen, ob sich eine Begrünung der Dächer und Schulhöfe der Aloysiuschule realisieren lässt.

Die Grünvernetzungsstrukturen, welche sich von Alt-Marl und Hüls-Süd entlang der Talbereiche des Freerbruchtals und des Loekampbachs bis in die benachbarten Stadtbezirke Hüls-Nord und Hüls-Süd erstrecken, begünstigen zwar nur die unmittelbar angrenzende Bebauung durch eine Zufuhr kühler Luftmassen aus dem Freilandbereich, besitzen aber weitere wichtige Funktionen als Belüftungsbahn bzw. Luftleitbahn, da Kaltluftmassentransporte in Richtung Paracelus-Klinik und darüber hinaus erfolgen können. Des Weiteren stellt die Grünvernetzung eine thermische Pufferzone zwischen den Siedlungsbereichen dar und die Grün- und Freiflächen innerhalb des Grünverbundes dienen teilweise als Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion.

Die Bebauungsstruktur in den Wohngebieten von Drewer-Süd ist überwiegend als aufgelockert und gut durchgrünt bei geringen Gebäudehöhen zu bezeichnen. Lediglich kleinere Bereiche, wie etwa entlang der Straßen „In den Kämpen“, „Am Wetterschacht“ oder entlang der Herzlia-Allee, weisen eine höhere Versiegelung auf und wurden dem Lastraum der dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete zugeordnet. Des Weiteren prägen die bereits beschriebenen Grünvernetzungen sowie weitere Grün-, Park- und landwirtschaftliche Freiflächen die klimatischen Verhältnisse im Ortsteil Drewer-Süd.

Die genannten Grünvernetzungen, die weiteren Grün-, Park- und Freiflächen sowie vorhandene größere Gartenareale bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich stellen lokale Klimaoasen dar, die unter anderem für eine Abmilderung der Wärmeinseleffekte in den Siedlungsbereichen sorgen. Die kleineren Waldflächen weisen durch ein mildes, ausgeglichenes Stammraumklima positive bioklimatische Verhältnisse auf und dienen daher insbesondere an heißen Tagen als wichtige Naherholungs- und Regenerationsräume für die Bevölkerung. Zudem kommt ihnen eine Filterfunktion für Luftschadstoffe bei und sie stellen lokale Kalt- und Frischluftproduzenten dar. Aus diesen Gründen sind die Park- und Grünanlagen sowie die landwirtschaftlichen Freilandflächen zu erhalten und zu sichern. Die Übergangsbereiche zwischen großen Grünanlagen und der angrenzenden Bebauung sind dabei offen zu gestalten (Vernetzung schaffen), während die Ränder kleinerer Grünanlagen durch dichte Pflanzstreifen zu schließen sind (Klimaoasen schaffen). Zudem ist im Umfeld der Park- und Grünanlagen sowie der kaltluftproduzierenden Freilandflächen eine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten zu vermeiden und Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen zu ergreifen. Zum Schutz der kaltluftproduzierenden Freilandflächen und der Kaltluftzufuhr an den südlichen Rändern der Bebauung von Drewer-Süd wird die Festsetzung bzw. das Anstreben von klimatischen Baugrenzen an den Siedlungsrändern in diesem Bereich empfohlen. Dabei sollte auch der Luftaustausch zwischen diesen Freilandflächen und der angrenzenden Bebauung erhalten bzw. gefördert werden. Die Übergangsbereiche sollten raugkeitsarm gestaltet und insbesondere eine weitere Riegelbebauung oder –bepflanzung vermieden werden.

Zur Wahrung der positiven klimatischen Verhältnisse ist die aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur in Drewer-Süd weitestgehend zu erhalten. Eine maßvolle bauliche Nachverdichtung im Sinne des Schließens vereinzelter Baulücken ist aus rein stadtklimatischer Sicht teilweise jedoch möglich. In den bereits stärker verdichteten Bereichen der Wohn- und Mischbebauung ist hingegen auf eine weitere Bebauung bzw. Versiegelung zu verzichten. Vielmehr sind Entsiegelungs-, Begrünungs- und Verschattungsmaßnahmen anzustreben. Hierzu zählen beispielsweise die Entsiegelung, Begrünung und Anpflanzung großkroniger Bäume auf hochversiegelten gewerblichen Frei-, Lager- und Parkplatzflächen. Kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen in stärker verdichteten Wohn- und Mischgebieten können beispielsweise in Form von Fassaden- und Dachbegrünungen forciert werden.

Des Weiteren stellen Baumpflanzungen auf hochversiegelten Parkplätzen, Schulhöfen und entlang von Straßenzügen infolge von Verschattungs- und Verdunstungseffekten geeignete kleinräumige Maßnahmen zur Verbesserung des Mikroklimas dar.

Die kleineren Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Kalt- und Frischluftproduzenten sowie aufgrund ihrer Bedeutung als Naherholungs- und Regenerationsräume zu erhalten.

Der Erhalt und die Neupflanzung von Bäumen können zudem entlang der Bergstraße, der Paul-Schneider-Straße und in Teilen der Breddenkampstraße für Abkühlungseffekte im Straßenraum sorgen.

<b>Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- hauptsächlich aufgelockerte Bebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. max. 3 Geschosse)</li> <li>- vereinzelt Einzelhausbebauung, kleinere Streu- bzw. Splittersiedlungen im ländlichen Raum</li> <li>- zumeist große Gärten bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich sowie direkt angrenzend an landwirtschaftliche Freiflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad</li> <li>- hoher Grünflächenanteil</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>- relativ geringe Rauigkeit durch geringe Geschosszahlen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ durch die aufgelockerte Bauweise und die klimatische Ausgleichswirkung der umliegenden landwirtschaftlichen Freiflächen nur geringe Änderungen der Klimaelemente</li> <li>☀ relevante Kaltluftzuflüsse insbesondere entlang des Freerbruchbachs und des Loekampbachs</li> <li>☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein</li> <li>☂ die Kaltluftzufuhr beschränkt sich auf die Randbereiche der Bebauung</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhalt des Grünflächenanteils innerhalb der Bebauung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhalt und Ausbau der Grünvernetzungsstrukturen</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten</li> <li>➤ kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben</li> <li>➤ Festschreiben von klimatischen Baugrenzen an den Siedlungsrändern in Drewer-Süd</li> <li>➤ weitere Baumpflanzungen in privaten Gärten zur Schaffung von Schattenzonen anregen bzw. fördern</li> </ul>	

<b>Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wohn- und Mischbebauung mit überwiegend 3-4 geschossiger Bebauung sowie öffentliche Einrichtungen (z.B. Kita, Kirchen, Einzelhandel)</li> <li>- teilweise hochversiegelte Innen- bzw. Hinterhöfe mit Anbauten und/oder Garagen und Parkplätze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- punktuell relativ hoher Versiegelungsgrad mit entsprechend geringem Grünflächenanteil</li> <li>- Gebäudehöhe und -ausrichtung</li> <li>- umliegende Nutzung</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ leicht erhöhte Wärmeineffekte erstrecken sich lediglich über verhältnismäßig kleine Flächen</li> <li>☀ teilweise lokale Verbesserung des Mikroklimas durch Gärten, Grünflächen im hausnahen Bereich und/oder die Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☁ im Sommer Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich</li> <li>☁ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- alter Baumbestand südlich der Robert-Bunsen-Str.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aloysiusschule im Bereich des Grünverbundsystems</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Entsiegelung und Begrünung von Hinterhöfen, Dachbegrünungen bei größeren Flachdächern und Garagenanlagen</li> <li>➤ Baumpflanzungen auf Parkplätzen im Bereich Rigwin- / Siegburgstraße</li> <li>➤ Entsiegelung und Begrünung des Schulhofs der Aloysiusschule und Einbezug in den Grünverbund durch die Anlage von Dachbegrünung</li> </ul>	

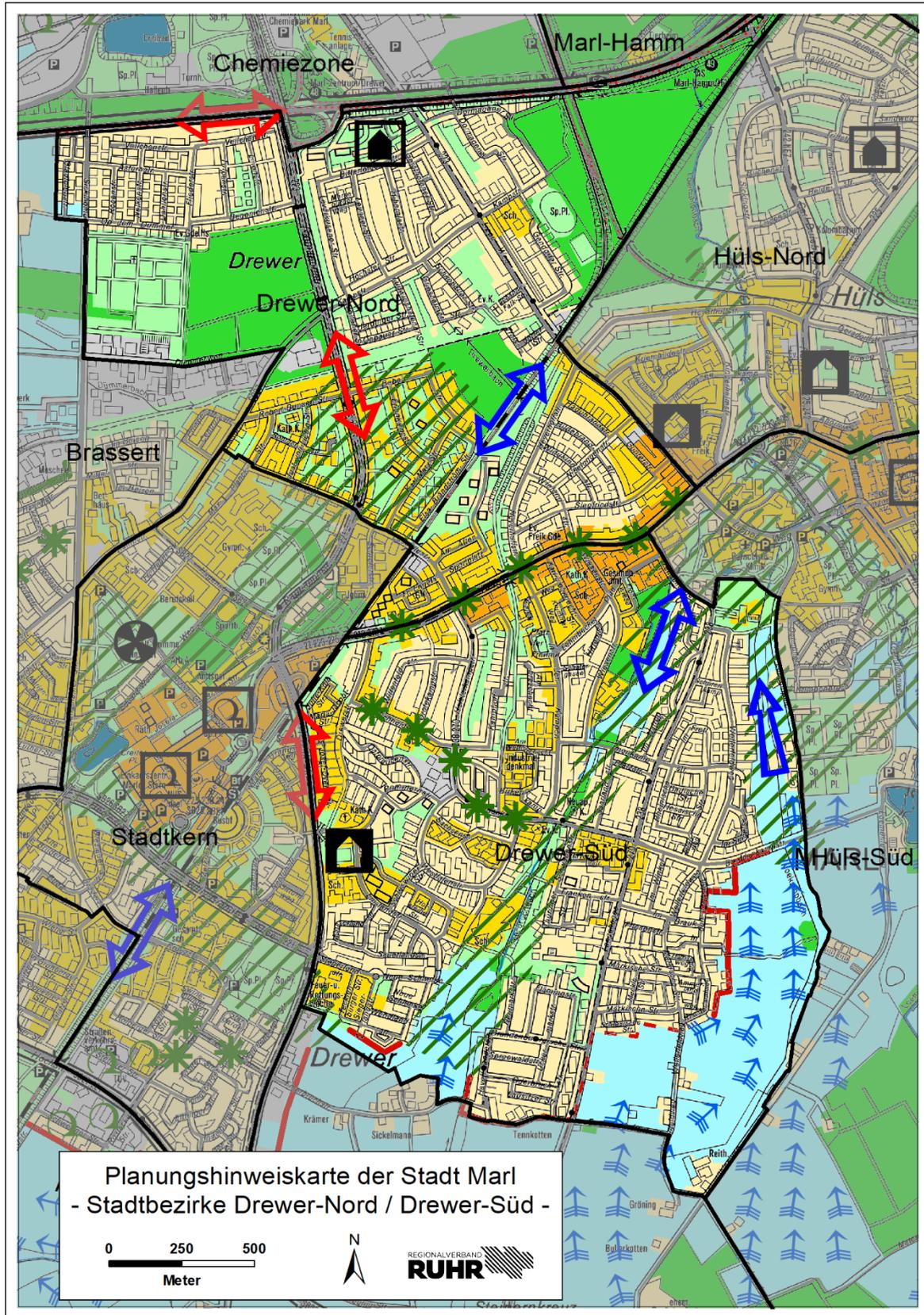
<b>Lastraum der hochverdichteten Innenstadt</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bebauung z.T. entlang der Bergstraße</li> <li>- z.B. Kirchen, Schulen, Verwaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher Versiegelungsgrad</li> <li>- mäßiger Baumbestand und Grünflächenanteil</li> <li>- Gebäudehöhe und -ausrichtung</li> <li>- umliegende Nutzung</li> <li>- Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch unmittelbare Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>☀ erhöhter Wärmeinseleffekt erstreckt sich lediglich über eine verhältnismäßig kleine Fläche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich</li> <li>☔ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit</li> <li>☔ teilweise erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch den Verkehr entlang der Bergstraße möglich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
	-
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben</li> <li>➤ Einsatz von Fassaden- und Dachbegrünungen</li> <li>➤ Anpflanzen weiterer Straßenbäume an der Bergstraße</li> </ul>	

<b>Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kleine Gewerbefläche zwischen Paul-Schneider-Str. und Pommernstraße</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr hoher Versiegelungsgrad</li> <li>- kaum Vegetation auf den Flächen vorhanden</li> <li>- Größe und Art der Nutzung</li> <li>- Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Geringe Größe</li> <li>☀ Im Umfeld höher Grünflächenanteil durch aufgelockerte Bauweise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ tagsüber Belastung durch Hitzestress und Schwüle möglich</li> <li>☔ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entsiegelung, Begrünung und Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume auf den Parkplatzflächen</li> <li>➤ Begrünung von Dächern und Fassaden</li> </ul>	

<b>Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acker- und Grünlandflächen in Drewer-Süd</li> <li>- Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete</li> <li>- Kaltluftabflussgebiete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Rauigkeit</li> <li>- Nutzung</li> <li>- Relief</li> <li>- Größe</li> <li>- Umgebung (Flächen grenzen teilweise direkt an Siedlungsbereiche an)</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und relativ hoher nächtlicher Abkühlung</li> <li>☀ höhere Windgeschwindigkeiten können geringere bioklimatische Belastungen durch Hitze und Schwüle begünstigen</li> <li>☀ gute Kaltluftproduktion</li> <li>☀ günstige Durchlüftungs- bzw. Austauschverhältnisse (Frischluftzufuhr und Luftleitbahn)</li> <li>☀ kaum Emissionen</li> <li>☀ Frisch- und Kaltlufttransport entlang der Bachtäler (Freerbruchbach und Loekampbach)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☁ die lokal produzierten Kaltluftmassen der Freiflächen können nur randlich in die angrenzenden Siedlungsbereiche eindringen</li> <li>☁ z.T. verhindern große Gebäudekomplexe das Weiterfließen von Kaltluftmassen (z.B. Aloysiusschule)</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schutz der Freilandbereiche als Frisch- und Kaltluftlieferanten</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die großflächigen zusammenhängenden Acker- und Grünlandareale sollten aufgrund der Kalt- und Frischluftbildungspotenziale als klimatische Ausgleichsräume erhalten werden; eine weitere Zersiedelung der Landschaft ist aus klimaökologischer Sicht zu vermeiden (Baugrenzen beachten!)</li> </ul>	

<b>Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waldgebiete in Drewer-Nord und mehrere kleine Waldparzellen in Drewer-Süd</li> <li>- Filterfunktion für Luftschadstoffe</li> <li>- Frischluftproduzenten</li> <li>- teils Naherholungsfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Lage des Waldgebietes</li> <li>- angrenzende Nutzungen</li> <li>- Relief</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglichenen Stammraumklima</li> <li>☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen</li> <li>☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiscomfort entgegen</li> <li>☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ teils Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ die positiven klimatischen Eigenschaften der kleineren Baumbestände sind im Wesentlichen auf die Fläche selbst beschränkt</li> <li>☂ aufgrund der geringen Reliefenergie erfolgt kaum nächtliches Abfließen von Kaltluftmassen</li> <li>☂ Aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Frischluftproduzenten sowie aufgrund ihrer z.T. hohen Bedeutung als Naherholungs- und Regenerationsräume zu erhalten</li> </ul>	

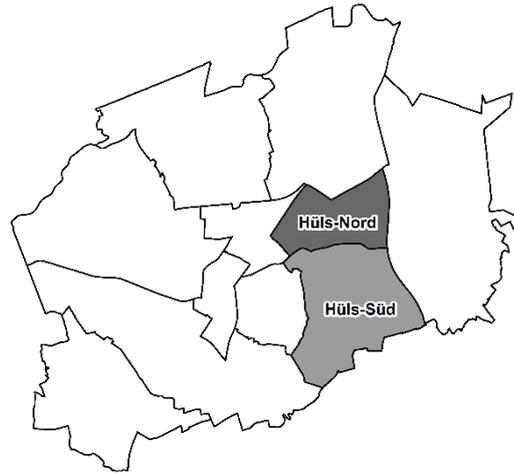
<b>Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parks, Sportanlagen, Friedhöfe, private Gärten und Grünanlagen</li> <li>- Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion</li> <li>- Abwechslungsreiche Strukturen mit offenen Grünflächen und dichter Bepflanzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Ausstattung der Grün- und Parkanlage</li> <li>- Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an umliegende Flächennutzungen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte</li> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit</li> <li>☀ Abmilderung des Wärmeinseleffektes in den Siedlungsbereichen</li> <li>☀ günstige bioklimatische Verhältnisse auch bei kleineren Grün- und Parkanlagen</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ lokale Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ positive Effekte bei kleineren Grünflächen zumeist lokal begrenzt</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grünflächen und Baumbestand südl. Robert-Bunzen-Str. und Bebelstraße</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhalt und Sicherung der vorhandenen Grünflächen</li> <li>➤ die Übergangsbereiche zwischen großen Grün- sowie Parkanlagen und der angrenzenden Bebauung sind offen zu halten (Vernetzung schaffen); bei kleineren Grün- und Parkanlagen sind die Ränder zu schließen (Klimaoasen schaffen)</li> <li>➤ keine Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen</li> <li>➤ Vernetzung der Grünflächen (westliches Drewer-Nord und Freerbruchbach sowie Loekampbach)</li> </ul>	



Karte 8.6: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für die Stadtbezirke Drewer-Nord und Drewer-Süd.

### 8.3.6 Stadtbezirke Hüls-Nord und Hüls-Süd

Die Stadtbezirke Hüls-Nord und Hüls-Süd grenzen östlich an die beiden Stadtbezirke Drewer-Nord und –Süd und werden im Norden vom Stadtbezirk Marl-Hamm und im Osten vom Stadtbezirk Sinsen-Lenkerbeck umschlossen. Im Süden erfolgt der Übergang in die Nachbarstadt Recklinghausen.



Insgesamt sind die klimatischen

Verhältnisse in den beiden Stadtbezirken als sehr heterogen zu bezeichnen. So prägen vielfältige Bebauungsstrukturen – von sehr dichter Innenstadtbebauung bis hin zu Einzelgehöften im ländlichen Raum – den Stadtbezirk Hüls-Süd, während in Hüls-Nord vielfältige Grünstrukturen und Waldflächen neben großen Gewerbegebieten im Osten und lockerer bis sehr dichter Bebauung im Westen den Stadtbezirk charakterisieren.

Der Großteil des Stadtbezirks Hüls-Süd wird durch große, zusammenhängende Freiflächen mit nur wenigen kleinen Streusiedlungen, einem Flugplatz und Einzelhöfen geprägt. Neben den Freiflächen, die überwiegend landwirtschaftlich genutzt werden und nach Süden in die großen Freiflächen von Recklinghausen übergehen, befinden sich einige kleine bis mittelgroße Waldareale im Süden von Hüls-Süd. Die Freilandbereiche weisen in weiten Teilen eine hohe Kaltluftproduktion und günstige Austauschverhältnisse auf. Zudem fällt das Relief in Richtung Norden ab, was zur Folge hat, dass die auf den umliegenden Freiflächen gebildete Kaltluft u.a. entlang der Parkanlage Gänsebrink bis in das Zentrum von Hüls-Süd abfließt. Zusätzlich sind Kaltluftzuflüsse entlang der Bachtäler in Drewer-Süd bis an den Randbereich von Hüls-Süd-Zentrum möglich, werden hier jedoch aufgrund des Gebäudekomplexes der Paracelsus-Klinik an einem Weiterfließen weitgehend gehindert. Aufgrund der z.T. dichten und höheren Bepflanzung entlang des Loemühlenbachs, die auf Höhe der Bebauung zunimmt, dringt die Kaltluft nur in die Randbereiche der bebauten Flächen vor. Bei übergelagertem Windfeld können Frischluftmassen ebenfalls über die genannten Flächen von den umliegenden Freilandbereichen in Richtung Hüls-Süd-Zentrum transportiert werden. So können die bebauten Bereiche bei unterschiedlichsten Windrichtungen mit Frischluft versorgt werden. Auch in Richtung Kompönstensiedlung fließen bei windschwachen Strahlungswetterlagen Kaltluftmassen in Richtung der Bebauung ab, sind jedoch im Vergleich zu dem zuvor genannten Bereich weniger stark ausgeprägt. Da die Kaltluftabflüsse dennoch die Randbereiche der Bebauung positiv beeinflussen, ist dieser Funktion auch in diesen Bereichen unter dem Aspekt des Klimawandels

eine wichtige Bedeutung zuzusprechen. Um die Kaltluftzufuhr auch zukünftig zu gewährleisten, sind einige klimatische Baugrenzen entlang der Siedlungsbereiche zu beachten. Über diese Grenzen hinaus sollten daher möglichst keine weiteren Bautätigkeiten mehr erfolgen. Die Baugrenzen am Siedlungsrand nahe der A43 dienen darüber hinaus dazu, die (belastete) Luftleitbahn zwischen Hüls-Süd und Sinsen-Lenkerbeck zu schützen und ein Zusammenwachsen der Siedlungsbereiche und damit die Vergrößerung von Wärmeinseln zu vermeiden. Dennoch sind innerhalb des östlichen Siedlungsbereichs von Hüls-Süd, der durch das Vorhandensein von überwiegend locker und offen bebauten Wohngebieten charakterisiert ist, aus klimaökologischer Sicht weitere, maßvolle Baumaßnahmen vertretbar, sofern die umliegenden Bebauungsstrukturen aufgenommen und ausreichend Grünflächen sowie unversiegelte Flächen erhalten werden. Hierbei ist zu beachten, dass überwiegend Baulücken geschlossen werden sollten. Im Falle der Freifläche zwischen Hülsbergstraße und Ringerottstraße ist hingegen eine Bebauung auch außerhalb des zusammenhängenden Siedlungsraums aus klimaökologischer Sicht vertretbar.

Neben den überwiegend landwirtschaftlich genutzten Freiflächen verfügt der Bezirk Hüls-Süd auch über kleinere bis mittelgroße Wald- und Gehölzflächen, die neben ihrer Filterfunktion eine wichtige Rolle als klimatische Ausgleichsräume einnehmen. Allerdings stellen die Waldbereiche Kaltluftbarrieren dar, so dass die bei autochthonen Wetterlagen abfließenden Kaltluftmassen die Waldbereiche umfließen.

Um die positiven klimatischen Wirkungen zu erhalten, sollten die Ausgleichsräume geschützt und weitestgehend von Bebauung freigehalten werden.

Weite Bereiche der Bebauung sind überwiegend durch eine aufgelockerte Bauweise mit einem hohen Grünanteil geprägt. Dies trifft insbesondere auf die Bebauungsstrukturen in der Komponistensiedlung in Hüls-Süd sowie die Silvertsiedlung in Hüls-Nord zu. Obwohl in der Komponistensiedlung zum Teil große Gebäudekomplexe mit bis zu viergeschossiger Bauweise vorhanden sind, ist dennoch ein eher kleinerer Flächenanteil versiegelt, sondern stattdessen mit großen Grünflächen und zum Teil einem hohen Anteil an großkronigen Laubbäumen charakterisiert. Dadurch ergeben sich vielfältige Kleinklimate mit zahlreichen Schattenzonen, die sich bei sommerlichen Hitzeperioden günstig auswirken.

Siedlungsbereiche mit einem höheren Anteil an versiegelten Flächen und weniger Grünanteil befinden sich hingegen vereinzelt eingestreut in die Komponistensiedlung und hier vor allem im westlichen Abschnitt sowie in einem Großteil von Alt-Hüls, wo größere Gebäudekomplexe – wie z.B. Schulgebäude und kleine Gewerbegebiete - vorhanden sind. In Alt-Hüls werden die dicht bebauten Siedlungsbereiche durch eine aufgelockerte Bebauung mit sehr großen Grünflächen unterbrochen. Hier bietet es sich an, die vorhandenen Strukturen aufzugreifen und die

Grünvernetzung zwischen den landwirtschaftlich genutzten Flächen in Hüls-Süd und der ehemaligen Schachanlage Auguste Victoria zu erhalten und durch die Einbeziehung privater Hausgärten und die Begrünung von Dächern, Fassaden und Straßenzügen zu verbessern. Weitere Grünvernetzungsstrukturen lassen sich entlang des Loemühlenbachs unter Einbezug der Siedlungsflächen in Hüls-Süd-Zentrum bis in die Grünflächen in der Silvertsiedlung realisieren. Auf diese Weise kann das Zusammenschmelzen dicht bebauter Siedlungsflächen im Bereich des Zentrums und damit der Entstehung eines größeren klimatischen Lastraums weitgehend entgegengewirkt werden. Auf eine weitere Verdichtung im Zentrum sollte daher möglichst verzichtet werden. Hingegen ist aus klimaökologischer Sicht eine maßvolle, weitere Bebauung im Bereich der Silvertsiedlung vertretbar.

Um die bioklimatischen Verhältnisse im Zentrum zu verbessern, sind Maßnahme der Begrünung zu prüfen. Hierzu zählen die Pflanzung von Straßenbäumen (z.B. entlang der Victoriast.) sowie die Begrünung von Plätzen (z.B. Marktplatz) und die Förderung des Luftaustauschs zwischen größeren Grünflächen und der angrenzenden Bebauung (z.B. zwischen den Waldflächen am Jahn-Stadion und der nördlich angrenzenden Bebauung).

Während vielfältige Grünstrukturen und Grünvernetzungen weite Teile des Stadtbezirks Hüls-Nord prägen, befinden sich im östlichen Abschnitt des Stadtbezirks die beiden Halden Brinkfortsheide und Brinkfortsheide-Erweiterung sowie das Gelände der ehemaligen Schachanlage Auguste Victoria. Die Halden sind insbesondere in den Hangbereichen bewaldet und haben neben einem hohen Freizeit- und Erholungswert für die Bevölkerung auch eine wichtige Funktion als klimatische Ausgleichsflächen. So konnten im Rahmen der FITNAH-Modellierung bei Strahlungswetterlagen nachts Kaltluftabflüsse von den Hangzonen nachgewiesen werden. Diese fließen u.a. über das Gelände der ehemaligen Schachanlage Auguste Victoria bis in die Randbereiche der Silvertsiedlung und zum Teil in die südlich und östlich anschließenden Gewerbegebiete und können hier - zumindest stellenweise - zu einer Entlastung beitragen. Um die bioklimatischen Verhältnisse in den Sommermonaten auf den Haldenkörpern sowie auf dem Gelände der ehemaligen Schachanlage Auguste Victoria zu optimieren, bietet sich die Anlage vielfältiger Grünstrukturen mit Wiesenflächen und Einzelbaumpflanzungen sowie Baumgruppen an. Auf diese Weise können Schattenzonen geschaffen und eine starke Aufheizung in den Sommermonaten vermindert werden.

Südöstlich der Halde Brinkfortsheide-Erweiterung befindet sich ein Gewerbegebiet, das ebenfalls von den Kaltluftabflüssen der Halde profitiert. Dennoch ist die Fläche, genauso wie das Gewerbegebiet südlich der ehemaligen Schachanlage Auguste-Victoria, dem Lastrraum der Gewerbe- und Industriegebiete zugeordnet worden. Beide Gebiete zeichnen sich durch einen hohen Versiegelungsgrad bei entsprechend geringem Grünflächenanteil aus, was die Gefahr

von sommerlichen Hitzebelastungen deutlich erhöht. Auf den beiden großen Gewerbeflächen sollten daher Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen, die Pflanzung weiterer großkroniger Bäume auf großräumigen Lager- und Parkplatzflächen (z.B. auf den Parkplätzen an der Hülsbergstraße) sowie die Installation von Dach- und Fassadenbegrünungen angestrebt werden. Zudem wird die Durchführung von Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm empfohlen. Darüber hinaus sollte ein Zusammenwachsen der Lasträume zwischen dem Gewerbegebiet und der dichten Bebauung von Alt-Hüls vermieden werden, indem der Freiraum zwischen den beiden Gebieten möglichst nicht bebaut wird. Die anzustrebende klimatische Baugrenze ist hier zu beachten. Dies bedeutet, dass einzelne Gebäude über die Baugrenze hinaus zulässig sind, grundsätzlich jedoch der Freiraum zu erhalten ist.

In Hüls-Nord existieren weitere, kleinere Gewerbeflächen. Insbesondere die Lage des großen Komplexes des Kauflandgebäudes inklusive Parkhaus und Postfiliale am Loemühlenbach ist aus klimatischer Sicht sehr nachteilig, da die Grünvernetzung unterbrochen wird und der Gebäudekomplex die östlich und westlich anschließende Bebauung verbindet. Aus diesen Gründen sollte versucht werden, den Gebäudekomplex in das Grünverbundsystem einzubinden. Hierzu bietet sich in erster Linie die Begrünung auf dem Flachdach an, sofern die statischen Bedingungen erfüllt sind.

<b>Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- hauptsächlich aufgelockerte Bebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. max. 3-4 Geschosse)</li> <li>- vereinzelt Einzelhausbebauung, kleinere Streu- bzw. Splittersiedlungen im ländlichen Raum</li> <li>- zumeist große Gärten bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich sowie direkt angrenzend an landwirtschaftliche Freiflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad</li> <li>- hoher Grünflächenanteil</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>- meist geringe Rauigkeit durch geringe Geschosszahlen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ durch die aufgelockerte Bauweise und die klimatische Ausgleichswirkung der umliegenden landwirtschaftlichen Freiflächen nur geringe Änderungen der Klimaelemente</li> <li>☀ relevante Kaltluftzuflüsse insbesondere aus den südlich gelegenen Freilandbereichen</li> <li>☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein</li> <li>☂ z.T. erhöhte Rauigkeit mehrstöckiger Mehrfamilienhäuser führt zu Windfeldveränderungen</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Klimatische Baugrenzen beachten, um Kaltluftzuflüsse zu sichern</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten</li> <li>➤ kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben</li> <li>➤ Festschreiben von klimatischen Baugrenzen am südlichen und östlichen Siedlungsrand in Hüls-Süd</li> <li>➤ Grünvernetzung zwischen ehemaliger Schachtanlage Auguste Victoria und Loemühlenbach</li> <li>➤ weitere Baumpflanzungen in privaten Gärten zur Schaffung von Schattenzonen anregen bzw. fördern</li> </ul>	

<b>Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wohn- und Mischbebauung mit überwiegend 3-4 geschossiger Bebauung sowie öffentliche Einrichtungen (z.B. Kita, Kirchen, Einzelhandel)</li> <li>- teilweise hochversiegelte Innen- bzw. Hinterhöfe mit Anbauten und/oder Garagen und Parkplätze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- punktuell relativ hoher Versiegelungsgrad mit entsprechend geringem Grünflächenanteil</li> <li>- Gebäudehöhe und -ausrichtung</li> <li>- umliegende Nutzung</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ leicht erhöhte Wärmeinseleffekte erstrecken sich lediglich über verhältnismäßig kleine Flächen</li> <li>☀ teilweise lokale Verbesserung des Mikroklimas durch Gärten, Grünflächen im hausnahen Bereich und/oder die Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☁ im Sommer Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich</li> <li>☁ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grünflächen des Loemühlenbachs zwischen Enkesiedlung und Hüls-Nord-Zentrum sowie südlich anschließende Freiflächen</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Entsiegelung und Begrünung von Hinterhöfen, Dachbegrünungen bei größeren Flachdächern und Garagenanlagen</li> <li>➤ Einbindung der Paracelsus-Klinik in den Grünverbund durch Begrünung und Entsiegelung von Plätzen sowie Dachbegrünung</li> <li>➤ Einbindung von Wohnsiedlungen in den Grünverbund zwischen ehemaliger Schachanlage Auguste Victoria und Freiflächen in Hüls-Süd</li> <li>➤ Anstreben einer klimatischen Baugrenze im Bereich der Kniestraße, um das Zusammenwachsen von Lasträumen zu vermeiden</li> </ul>	

<b>Lastraum der hochverdichteten Innenstadt</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zentrum von Hüls-Nord-Zentrum und Alt-Hüls</li> <li>- z.B. Einzelhandel, Verwaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher Versiegelungsgrad</li> <li>- teilweise geringer Baumbestand und Grünflächenanteil</li> <li>- Gebäudehöhe und -ausrichtung</li> <li>- umliegende Nutzung</li> <li>- Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch unmittelbare Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>☀ erhöhter Wärmeinseleffekt erstreckt sich lediglich über eine verhältnismäßig kleine Fläche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich</li> <li>☔ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrünung des Marktplatzes</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, wie der Anpflanzungen schattenspendender Bäumen auf dem Marktplatz</li> <li>➤ Einsatz von Fassaden- und Dachbegrünungen</li> <li>➤ Anpflanzen von Straßenbäume an der Victoriastraße</li> </ul>	

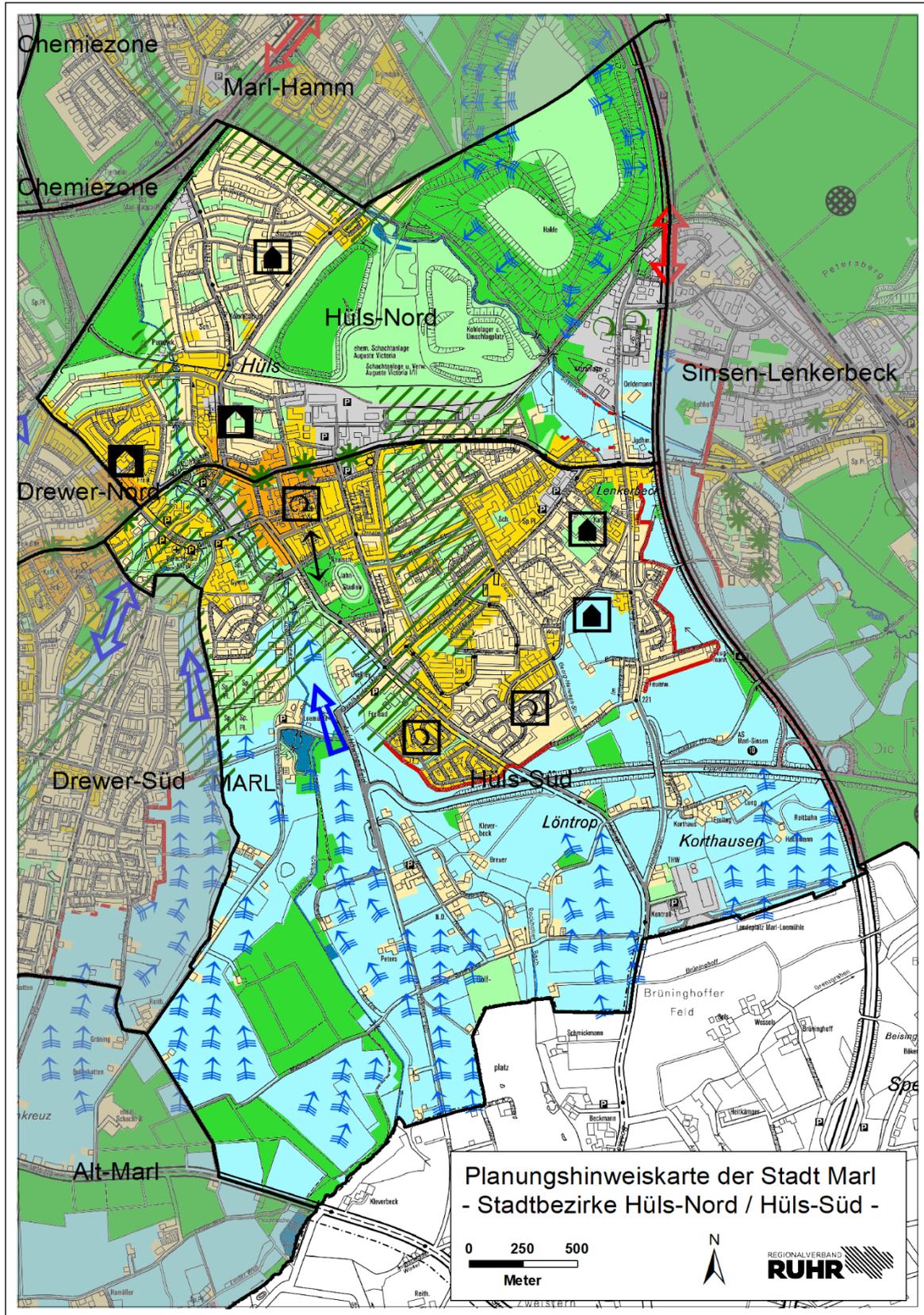
<b>Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- größere Gewerbeansiedlungen südlich und östlich der ehemaligen Schachtanlage Auguste Victoria</li> <li>- zusätzlich vereinzelte, kleinere Gewerbeflächen unterschiedlicher Nutzungsarten über die beiden Stadtbezirke verteilt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (sehr) hoher Versiegelungsgrad</li> <li>- kaum Vegetation auf den Flächen vorhanden</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen (Halden, ehemalige Schachtanlage Auguste Victoria)</li> <li>- Größe und Art der Nutzung</li> <li>- Emissionen von Luftschadstoffen, Abwärme und Lärm möglich</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch die unmittelbare Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>☀ teilweise relativ günstige Belüftungssituation aufgrund der Nähe zu Ausgleichsräumen; Kaltluftzufuhr von den Halden Brinkfortsheide / -Erweiterung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ tagsüber Belastung durch Hitzestress und Schwüle möglich</li> <li>☂ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Freiflächen im Gewerbegebiet südlich der ehemaligen Schachtanlage Auguste Victoria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kauflandgebäude am Loemühlenbach</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entsiegelung, Begrünung und Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen</li> <li>➤ Begrünung von Dächern und Fassaden</li> <li>➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten; insbesondere in den Kaltluftabflussbereichen</li> <li>➤ Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen</li> <li>➤ Anstreben klimatischer Baugrenzen an südlich des Gewerbegebietes am Silvertbach (östlich Halde Brinkfortsheide-Erweiterung)</li> <li>➤ Einbindung des Kauflandgebäudes in das Grünverbundsystem am Loemühlenbach</li> </ul>	

<b>Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acker- und Grünlandflächen</li> <li>- Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete</li> <li>- Erholungsfunktion</li> <li>- Bereiche mit Kaltluftabflüssen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Rauigkeit</li> <li>- Nutzung</li> <li>- Relief</li> <li>- Größe</li> <li>- Umgebung (Flächen grenzen teilweise direkt an Siedlungsbereiche an)</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und relativ hoher nächtlicher Abkühlung</li> <li>☀ höhere Windgeschwindigkeiten können geringere bioklimatische Belastungen durch Hitze und Schwüle begünstigen</li> <li>☀ gute Kaltluftproduktion</li> <li>☀ günstige Durchlüftungs- bzw. Austauschverhältnisse</li> <li>☀ kaum Emissionen</li> <li>☀ Kaltluftabflüsse und Frischlufttransport entlang des Loemühlenbachs in Richtung Zentrum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ die lokal produzierten Kaltluftmassen der Freiflächen können nur bedingt in die angrenzenden Siedlungsbereiche eindringen (z.T. Kaltfluthindernisse, wie das Kauflandgebäude)</li> <li>☂ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen im Umfeld der Autobahnen A43</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Freilandflächen im Süden von Hüls-Süd</li> <li>- Freilandflächen im Übergangsbereich zu Sinslenkerbeck</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	

- die großflächigen zusammenhängenden Acker- und Grünlandareale sollten aufgrund der Kalt- und Frischluftbildungspotenziale als klimatische Ausgleichsräume erhalten werden; eine weitere Zersiedelung der Landschaft ist aus klimaökologischer Sicht zu vermeiden (klimatische Baugrenzen beachten)
- keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten
- Reduzierung der Emissionen aus angrenzenden Gewerbeansiedlungen (Flugplatz) sowie des Verkehrs entlang der Autobahn A43

<b>Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bewaldete Haldenhänge sowie mehrere kleinere Waldflächen bzw. Baumbestände innerhalb des Siedlungsbereichs sowie im Freiland</li> <li>- Filterfunktion für Luftschadstoffe</li> <li>- Frischluftproduzenten</li> <li>- teils Naherholungsfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Lage des Waldgebietes</li> <li>- angrenzende Nutzungen</li> <li>- Relief</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglichenen Stammraumklima</li> <li>☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen</li> <li>☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiscomfort entgegen</li> <li>☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ teils Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ positiven klimatischen Eigenschaften der kleineren Baumbestände im Wesentlichen auf die Fläche selbst beschränkt</li> <li>☂ aufgrund der geringen Reliefenergie erfolgt kaum nächtliches Abfließen von Kaltluftmassen</li> <li>☂ Aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Frischluftproduzenten sowie aufgrund ihrer z.T. hohen Bedeutung als Naherholungs- und Regenerationsräume zu erhalten</li> </ul>	

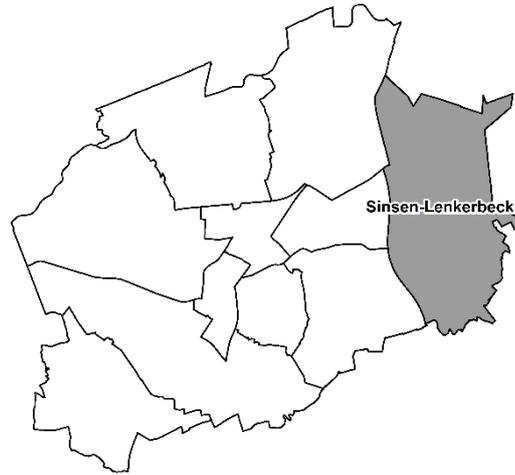
<b>Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parks, Sportanlagen, Friedhöfe und Grünanlagen, Haldenflächen</li> <li>- Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion</li> <li>- Abwechslungsreiche Strukturen mit offenen Grünflächen und dichter Bepflanzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Ausstattung der Grün- und Parkanlage</li> <li>- Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an umliegende Flächennutzungen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte</li> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit</li> <li>☀ Abmilderung des Wärmeinseleffektes in den Siedlungsbereichen</li> <li>☀ günstige bioklimatische Verhältnisse auch bei kleineren Grün- und Parkanlagen</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ lokale Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ positive Effekte bei kleineren Grünflächen zumeist lokal begrenzt</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grünflächen entlang des Loemühlenbachs</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhalt und Sicherung der vorhandenen Grünflächen</li> <li>➤ die Übergangsbereiche zwischen großen Grün- sowie Parkanlagen und der angrenzenden Bebauung sind offen zu halten (Vernetzung schaffen); bei kleineren Grün- und Parkanlagen sind die Ränder zu schließen (Klimaoasen schaffen)</li> <li>➤ keine Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen</li> <li>➤ die Grünflächen entlang des Loemühlenbachs und zwischen ehemaliger Schachanlage Auguste Victoria und Freiflächen in Hüls-Süd sollten unter Einbeziehung privater Flächen weiter vernetzt werden</li> </ul>	



Karte 8.7: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für die Stadtbezirke Hüls-Nord und Hüls-Süd.

### 8.3.7 Stadtbezirk Sinsen-Lenkerbeck

Der Stadtbezirk Sinsen-Lenkerbeck befindet sich im östlichen Randbereich der Stadt Marl und grenzt im Norden an Haltern, im Osten an Oer-Erkenschwick und im Süden an Recklinghausen.



Mehr als die Hälfte der Stadtbezirksfläche von Sinsen-Lenkerbeck wird von Waldflächen eingenommen. Die größte Waldfläche

befindet sich dabei im nördlichen Abschnitt des Stadtbezirks und ist Bestandteil des ca. 55 km<sup>2</sup> großen Waldgebietes der Haard. Die Haard ist neben der benachbarten Hohen Mark das größte zusammenhängende Waldgebiet am Nordrand des Ruhrgebiets und ist nahezu unbesiedelt. Auf Marler Stadtgebiet befindet sich lediglich die LWL-Klinik Marl-Sinsen inmitten des Waldes.

Die Haardt hat eine wichtige Freizeit- und Erholungsfunktion mit (über)regionaler Bedeutung. Bei gedämpften Tagesgängen der Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit mit insgesamt relativ geringen Werten verfügen die Wälder über ein ausgeglichenes Klima im Stammraum und weisen daher nur sehr geringe bioklimatische Belastungen auf. Zudem sind die Wälder auch Kaltluftproduzenten, allerdings können die kühleren Luftmassen aufgrund der hohen Rauigkeit nur bei einer höheren Reliefneigung abfließen. Aus den Waldgebieten der Haard sind daher trotz des in westliche Richtung abfallenden Geländes keine nennenswerten Kaltluftabflüsse zu verzeichnen, weshalb sich die kühlende Wirkung auf die Waldflächen selbst und ihre unmittelbar angrenzende Umgebung beschränkt.

Die Waldgebiete der Haard sowie die Waldflächen südlich und westlich des Siedlungsbereichs von Sinsen (u.a. NSG Die Burg) stellen durch ihre Filterfunktion bezüglich gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe wichtige (über)regionale Frischluftproduzenten dar. Insgesamt sind die Waldflächen daher aufgrund ihrer positiven klimatischen Eigenschaften grundsätzlich zu erhalten.

Im Gegensatz zu den Waldflächen der Haard sind die nächtlichen Kaltluftmassentransporte von den Freiflächen im östlichen Abschnitt des Stadtteils Sinsen-Schulstrasse in südwestliche Richtungen anhand der Modellrechnung mit Hilfe des Programms FITNAH-3D nachweisbar.

Dabei fließt die Kaltluft jedoch überwiegend entlang der Siedlungsgrenze in Richtung der bewaldeten Flächen ab und tangiert die Siedlung nur randlich. Um eine weitere Zersiedelung zu vermeiden, sollte dennoch die angegebene klimatische Baugrenze beachtet werden. Dabei sind einzelne, über die angegebene Grenze hinaus geplante Vorhaben aus klimatischer Sicht unkritisch, eine großflächige Bebauung sollte jedoch weitgehend vermieden werden.

Die unmittelbar südlich an die Haard anschließenden Freilandflächen sind ebenfalls bei Strahlungswetterlagen nachts als Kaltluftabflussbereiche wirksam. Dabei fließen die Kaltluftmassen in Richtung Schulstraße bzw. Halterner Straße ab und tragen im nahen Umfeld zur Kühlung bei. Unterstützt wird dieser Effekt in Bereichen, in denen ein hoher Grünflächenanteil vorliegt (z.B. im Umfeld der Katholischen Kirche an der Schulstraße). Die kalt- und frischluftproduzierenden Ausgleichsräume der landwirtschaftlichen Freiflächen sollten daher insgesamt erhalten und weitestgehend von Bebauung freigehalten werden. Insbesondere im Bereich der Kaltluftabflussbahnen sollten zudem keine bodennahen Emittenten angesiedelt werden.

Die Bereiche der Wohnbebauung in Sinsen sind weitestgehend durch eine offene, lockere und durchgrünte Bebauungsstruktur mit meist geringer Geschossanzahl charakterisiert. Dies und die Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen äußert sich in zum Teil nur geringen Änderungen der Klimatelemente gegenüber dem Umland und sorgt für eine insgesamt nur geringe Ausprägung des Wärmeinseleffektes. Lediglich einzelne Bereiche sind aufgrund eines erhöhten Versiegelungsgrades oder höheren Geschosshöhen (Mehrfamilienhäuser mit bis zu sieben Stockwerken) dem Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete zuzuordnen. Insgesamt können die bio- und immissionsklimatischen Verhältnisse in den Siedlungsbereichen als positiv bewertet werden, jedoch können punktuell im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen Hitzestress und Schwülebelastungen sowie im Umfeld der Gewerbeansiedlungen erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm auftreten.

Die aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur sollte erhalten bleiben und insbesondere im Bereiche der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete auf eine weitere Versiegelung verzichtet werden. Hingegen sollten kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen angestrebt werden. Auch der Einsatz von Dachbegrünungen auf Flachdächern und Garagenanlagen, wie z.B. im Alpenrosenweg, sollte gefördert werden. Zudem sollten teilweise weitere Baumpflanzung auf privaten Grundstücken zur Schaffung von Schattenzonen angeregt werden. Grundsätzlich sind maßvolle bauliche Nachverdichtungen im Bereich des geschlossenen Siedlungskörpers im Sinne der Schließung vereinzelt bestehender Baulücken aus stadtklimatischer Sicht möglich. Dabei sollte jedoch die aufgelockerte Bebauungsstruktur erhalten bleiben und eine weitere Zersiedelung der Landschaft vermieden werden. Des Weiteren sollte keine weitere riegelförmige, dichte Bepflanzung oder Bebauung an den

Siedlungsrändern erfolgen, um die Kalt- und Frischluftzufuhr der umliegenden Freilandflächen nicht weiter zu unterbinden.

Nordwestlich des Zentrums von Sinsen schließt das Gewerbegebiet Lenkerbeck an, das eine Fläche von 100 ha mit ca. 120 Unternehmen umfasst und somit zu dem zweitgrößten Gewerbe-/Industriegebiet auf Marler Stadtgebiet zählt. Das Gewerbegebiet geht bis in den benachbarten Stadtbezirk Hüls-Nord über und ist hinsichtlich seiner Nutzungsstruktur als heterogen zu bezeichnen. Neben zahlreichen Kfz-Dienstleistungen befinden sich u.a. Supermärkte auf dem Gelände, das sich in weiten Teilen durch einen sehr hohen Versiegelungsgrad sowie einen geringen Vegetationsbestand auszeichnet. Stellenweise jedoch wurden alte Baumbestände erhalten, so dass zumindest in einigen Bereichen kleine klimatische Ausgleichsräume vorhanden sind, die sich positiv auf die klimatischen Verhältnisse auswirken. Insbesondere entlang der A 43, im Bereich der Benzstraße und im Umfeld der Straße „Im Gleisbogen“ befinden sich Restbestände der Münsterländer Kulturlandschaft mit altem Eichenbestand.

Teilweise werden die mikroklimatischen Verhältnisse lokal durch die Nähe zu größeren Ausgleichsräumen (u.a. Waldgebiete der Haard und Halden Brinkfortsheide und Brinkfortsheide-Erweiterung) begünstigt. Durch Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen (z.B. Dach- und Fassadenbegrünung auf und an den Gebäuden in der Porschestraße) sowie die Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen können die lokalklimatischen Verhältnisse innerhalb des Gewerbegebietes weiterhin verbessert werden. Auch die Begrünung im Straßenraum durch die Anpflanzung großkroniger Bäume kann in den Sommermonaten zu einer Reduzierung der Hitzebelastung beitragen (z.B. entlang der Straße „Vor den Büschen“). Im Umfeld der im Süden angrenzenden Wohnbebauung sollten zudem Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm umgesetzt werden. Um ein Zusammenwachsen der Siedlungen Nonnenbusch und der Komponistensiedlung (in Hüls-Süd) zu vermeiden, wird empfohlen, die angegebene klimatische Baugrenze entlang der westlichen Bebauung der Siedlung Nonnenbusch zu beachten. Hingegen sind dort Maßnahmen des Lärm- und Immissionsschutzes in Form von dichten Bepflanzungen anzustreben.

<b>Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- hauptsächlich aufgelockerte Bebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. max. 3 Geschosse)</li> <li>- vereinzelt Einzelhausbebauung, kleinere Streu- bzw. Splittersiedlungen im ländlichen Raum</li> <li>- zumeist große Gärten bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich sowie direkt angrenzend an landwirtschaftliche Freiflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad</li> <li>- hoher Grünflächenanteil</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>- relativ geringe Rauigkeit durch geringe Geschosshöhen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ durch die aufgelockerte Bauweise und die klimatische Ausgleichswirkung der umliegenden landwirtschaftlichen Freiflächen nur geringe Änderungen der Klimaelemente</li> <li>☀ relevante Kaltluftzuflüsse insbesondere nördlich der Schulstraße</li> <li>☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine weitere Ausdehnung der Siedlung Nonnenbusch in Richtung A43</li> </ul>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten</li> <li>➤ kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben</li> <li>➤ Festschreiben einer klimatischen Baugrenze entlang der Siedlung Nonnenbusch, hier Immissions- und Lärmschutzmaßnahmen (Nähe zur A43) anstreben</li> <li>➤ Anstreben einer klimatischen Baugrenze entlang der südlichen Grenze der Siedlung in Sinsen (Schulstraße)</li> <li>➤ weitere Baumpflanzungen in privaten Gärten zur Schaffung von Schattenzonen anregen bzw. fördern</li> </ul>	

<b>Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wohn- und Mischbebauung mit überwiegend 3-4 geschossiger Bebauung sowie öffentliche Einrichtungen (z.B. Kirchen, Einzelhandel, Schule)</li> <li>- teilweise bis zu siebenstöckige Hochhäuser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- punktuell relativ hoher Versiegelungsgrad mit entsprechend geringem Grünflächenanteil</li> <li>- Gebäudehöhe und -ausrichtung</li> <li>- umliegende Nutzung</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ leicht erhöhte Wärmeinseleffekte erstrecken sich lediglich über verhältnismäßig kleine Flächen</li> <li>☀ vielfach lokale Verbesserung des Mikroklimas durch Gärten, Grünflächen im hausnahen Bereich und/oder die Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ im Sommer Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich</li> <li>☔ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit, insbesondere im Umfeld von Hochhäusern</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Entsiegelung und Begrünung von Parkplätzen, Dachbegrünungen bei größeren Flachdächern und Garagenanlagen</li> </ul>	

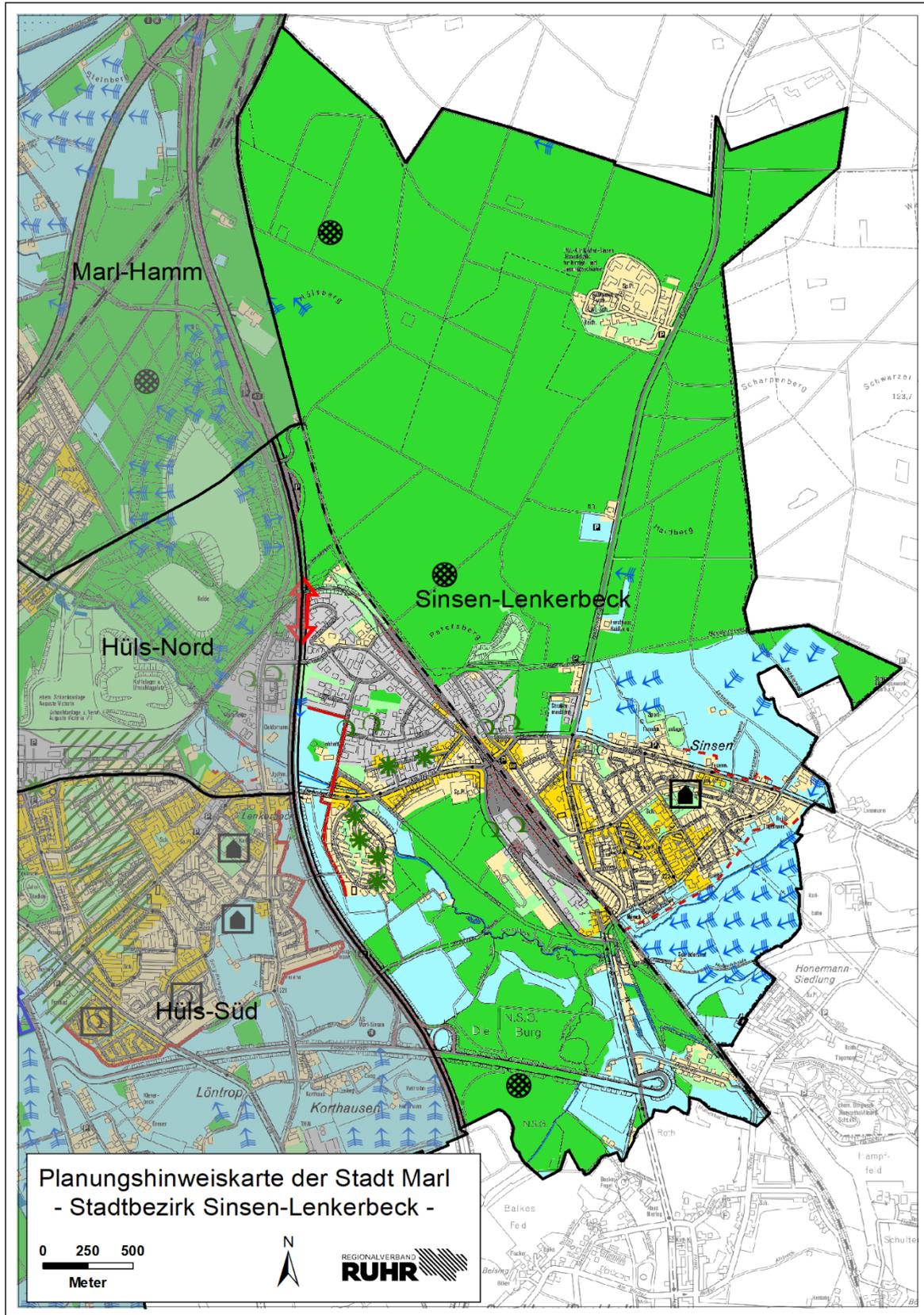
<b>Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gewerbegebiet entlang der Gräwenkolkstraße an der Bahntrasse (gegenüber des Bahnhofs in Sinsen)</li> <li>- Gewerbegebiet Lenkerbeck</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (sehr) hoher Versiegelungsgrad</li> <li>- Meist wenig Vegetation auf den Flächen vorhanden</li> <li>- Z.T. Erhalt des alten Baumbestands (Gewerbegebiet Lenkerbeck)</li> <li>- Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen (Haard und Halden Brinkfortsheide)</li> <li>- Größe und Art der Nutzung</li> <li>- Emissionen von Luftschadstoffen, Abwärme und Lärm möglich</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch die unmittelbare Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen</li> <li>☀ Im Gewerbegebiet Lenkerbeck z.T. Erhalt von alten Baumbeständen (bioklimatische Aufwertung durch Schattenzonen und Verdunstungskühlung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☔ tagsüber Belastung durch Hitzestress und Schwüle möglich</li> <li>☔ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- alter Baumbestand im Gewerbegebiet Lenkerbeck</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entsiegelung, Begrünung und Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen</li> <li>➤ Begrünung von Dächern und Fassaden</li> <li>➤ Begrünung im Straßenraum (z.B. in der Straße „Vor den Büschen“)</li> <li>➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten; insbesondere im Bereich der (belasteten) Luftleitbahn</li> <li>➤ Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen</li> </ul>	

<b>Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acker- und Grünlandflächen</li> <li>- Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete</li> <li>- Erholungsfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Rauigkeit</li> <li>- Nutzung</li> <li>- Relief</li> <li>- Größe</li> <li>- Umgebung (Flächen grenzen teilweise direkt an Siedlungsbereiche an)</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und relativ hoher nächtlicher Abkühlung</li> <li>☀ höhere Windgeschwindigkeiten können geringere bioklimatische Belastungen durch Hitze und Schwüle begünstigen</li> <li>☀ gute Kaltluftproduktion</li> <li>☀ günstige Durchlüftungs- bzw. Austauschverhältnisse</li> <li>☀ kaum Emissionen</li> <li>☀ Kaltluftabflüsse in Richtung des zentralen Siedlungskörpers von Sinsen (Schulstraße) bei Strahlungswetterlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☁ Kaltluftmassen südlich der Siedlung von Sinsen fließen überwiegend am Siedlungsrand entlang in Richtung Waldflächen</li> <li>☁ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen im Umfeld der Autobahn A43 möglich</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Freiflächen als Pufferraum zwischen Sinsen-Lenkerbeck und Hüls-Nord/-Süd</li> <li>- Freiflächen im östlichen Sinsen</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	

- die großflächigen zusammenhängenden Acker- und Grünlandareale sollten aufgrund der Kalt- und Frischluftbildungspotenziale als klimatische Ausgleichsräume erhalten werden; eine weitere Zersiedelung der Landschaft ist aus klimaökologischer Sicht zu vermeiden; Erhalt der Puffer- und Abstandsflächen zwischen Marl und Oer-Erkenschwick bzw. Recklinghausen
- keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten
- Reduzierung der Emissionen aus angrenzenden Gewerbeansiedlungen sowie des Verkehrs entlang der Autobahnen

<b>Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald</b>	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
<b>Funktionen/Nutzungstyp</b>	<b>Klimarelevante Faktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waldgebiet der Haard sowie mehrere größere Waldflächen in Sinsen-Nonnenbusch und westlich des Bahnhofs Sinsen</li> <li>- Filterfunktion für Luftschadstoffe</li> <li>- Frischluftproduzenten</li> <li>- teils Naherholungsfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Lage des Waldgebietes</li> <li>- angrenzende Nutzungen</li> <li>- Relief</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
<b>Gunstfaktoren</b>	<b>Ungunstfaktoren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglichenen Stammraumklima</li> <li>☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen</li> <li>☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiscomfort entgegen</li> <li>☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ teils Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ aufgrund der geringen Reliefenergie erfolgt kaum nächtliches Abfließen von Kaltluftmassen aus dem Waldgebiet der Haard</li> <li>☂ Aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
<b>Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz</b>	<b>Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waldgebiet der Haard</li> <li>- Waldparzelle im Gewerbegebiet Lenkerbeck</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Frischluftproduzenten sowie aufgrund ihrer z.T. hohen Bedeutung als Naherholungs- und Regenerationsräume zu erhalten</li> </ul>	

Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen	
<b>Allg. Beschreibung</b>	
Funktionen/Nutzungstyp	Klimarelevante Faktoren
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sportanlagen, Friedhof und Grünanlagen</li> <li>- Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion</li> <li>- Abwechslungsreiche Strukturen mit offenen Grünflächen und dichter Bepflanzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe und Ausstattung der Grün- und Parkanlage</li> <li>- Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an umliegende Flächennutzungen</li> </ul>
<b>Bioklima/Immissionsklima</b>	
Gunstfaktoren	Ungunstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte</li> <li>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit</li> <li>☀ Abmilderung des Wärmeinseleffektes in den Siedlungsbereichen</li> <li>☀ günstige bioklimatische Verhältnisse auch bei kleineren Grün- und Parkanlagen</li> <li>☀ keine Emissionen</li> <li>☀ lokale Frischluftproduzenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☂ positive Effekte bei kleineren Grünflächen zumeist lokal begrenzt</li> </ul>
<b>Klimaökologische Relevanz</b>	
Klimaschutzzone / Flächen mit klimaökol. Relevanz	Sanierungszone / Flächen mit Handlungsbedarf
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grünflächen südlich der Schulstraße (Kath. Kirche)</li> </ul>	
<b>Planungshinweise</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhalt und Sicherung der vorhandenen Grünflächen</li> <li>➤ die Übergangsbereiche zwischen Grün- sowie Parkanlagen und der angrenzenden Bebauung sind offen zu halten (Vernetzung schaffen);</li> <li>➤ keine Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen</li> <li>➤ Vernetzung der Grünflächen südlich der Schulstraße, um die Kaltluftzufuhr aus dem nördlich angrenzenden Freiland zu begünstigen</li> </ul>	



Karte 8.8: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Marl für den Stadtbezirk Sinsn-Lenkerbeck.

## Literatur

**BAUMÜLLER, J.; HELBIG, A.; KERSCHGENS, M.J. (HRSG.) (1999):** Stadtklima und Luftreinhaltung. 2. Aufl., Springer-Verlag, Berlin & Heidelberg, 467 S.

**BauGB (2015):** Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1722) geändert worden ist

**BauNVO (2013):** Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 132), die zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 11. Juni 2013 (BGBl. 1548) geändert worden ist

**BauO NRW (2000):** Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen – Landesbauordnung – (BauO NRW) in der Fassung der Bekanntmachung vom 1. März 2000

**DWD (2016A):** RCP-Szenarien. Deutscher Wetterdienst, Offenbach. Homepage. ([http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/rcp-szenarien\\_node.html](http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/rcp-szenarien_node.html) [Zugriff: 20.06.2016])

**DWD (2016B):** SRES-Szenarien. Deutscher Wetterdienst, Offenbach. Homepage. ([http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/sres-szenarien\\_node.html](http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/sres-szenarien_node.html) [Zugriff: 20.06.2016]).

**GEO-NET (2010):** Untersuchungen zum Klimawandel in Berlin. Dokumentation der im Rahmen des Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima durchgeführten Modellrechnungen.

**GEO-NET (2017):** Konzept zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels der Stadt Osnabrück. Teil B: Klimaanpassungsstrategie.

**GROBMANN, K.; FRANK, U.; KRÜGER, M.; SCHLICK, U.; SCHWARZ, N. U. STARK, K. (2012):** Soziale Dimension von Hitzebelastung in Großstädten. *disP – The Planning Review*, 48:4, S. 56-68.

**GRUDZIELANEK, M.; BÜRGER, M.; EGGENSTEIN, J.; HOLMGREN, D.; AHLEMANN, D.; ZIMMERMANN, B. (2011):** Das Klima in Bochum. Über 100 Jahre stadtklimatologische Messungen. In: *GeoLoge* 1-2011:34-42.

**HELD, F.; KRÜGER, T. (2011):** Stadtstrukturabhängige Ausweisung sensibler Siedlungsräume bei thermischen Belastungen als Grundlage für die künftige Stadtentwicklung – Darstellung sensibler Gebiete bei thermischen Belastungen – Anpassungsempfehlungen, REGKLAM-Ergebnisbericht.

**HÖPPE, P. (1999):** The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. In: *International Journal of Biometeorology* volume 43, S. 71–75

**HUPFER, P. U. KUTTLER W. (HRSG.) (2006):** Witterung und Klima – Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. 12. überarbeitete Auflage, B.G. Teubner Verlag, Wiesbaden, 554 S.

**HÜCKELHEIM, D. (2014):** Changes in temperature extremes in Bochum – Analysis of a 100-year time series. In: *GeoLoge* 1-2014:4-18.

- IPCC (2007):** Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen [Salomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor und H.L. Miller (Hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Großbritannien und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch ProClim, Österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn/Wien/Bern 2007.
- IPCC (2013A):** Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2013: Naturwissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex und P.M. Midgley (Hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Großbritannien und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim, Bonn/Wien/Bern 2014.
- IPCC (2013B):** Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex und P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC (2014):** Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn 2015.
- IT.NRW (2019):** Kommunalprofil Marl, Stadt. - Landesbetrieb für Information und Technik Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf. 27 S.
- IT.NRW (HRSG.) (2020):** Kommunalprofil Marl, Stadt. Düsseldorf. 25 S.
- JENDRITZKY, G. (2007):** Folgen des Klimawandels auf die Gesundheit. In: Endlicher, W.; Gers-tengarbe, F.W. (Hrsg.): Der Klimawandel. Einblicke, Rückblicke und Ausblicke, S. 108-118. Potsdam: PIK 2007.
- Kreis Recklinghausen (2020):** Zahlen, Daten, Fakten: [https://www.kreis-re.de/Inhalte/Buer-gerservice/Unser\\_Kreis/2018-12-31\\_Bev-lkerung.pdf](https://www.kreis-re.de/Inhalte/Buer-gerservice/Unser_Kreis/2018-12-31_Bev-lkerung.pdf) (Zugriff: 24.07.2020)
- KUTTLER, W. (2009):** Klimatologie. Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn, 260 S.
- KUTTLER, W. (2010):** Das Ruhrgebiet im Klimawandel - Bestandsaufnahme und Prognose. = Essener Unikate - Berichte aus der Forschung und Lehre, 38, Beiträge zur „Ruhr 2010“, S. 40-51
- KUTTLER, W. et al. (2012):** Prognose- und Diagnoseverfahren zur Verbesserung des Stadtkli-mas – Stadtklimatische Untersuchungen in Oberhausen und Simulation verschiede-ner Minderungsstrategien zur Reduktion der thermischen Belastung im Hinblick auf den Klimawandel. Dynaklim-Publikation, No.25
- KUTTLER, W.; DÜTEMEYER, D; BARLAG, A.-B. (2013):** Handlungsleitfaden – Steuerungswerk-zeuge zur städtebaulichen Anpassung an thermische Belastungen im Klimawandel. *dynaklim*-Publikation Nr. 34, 50 S.

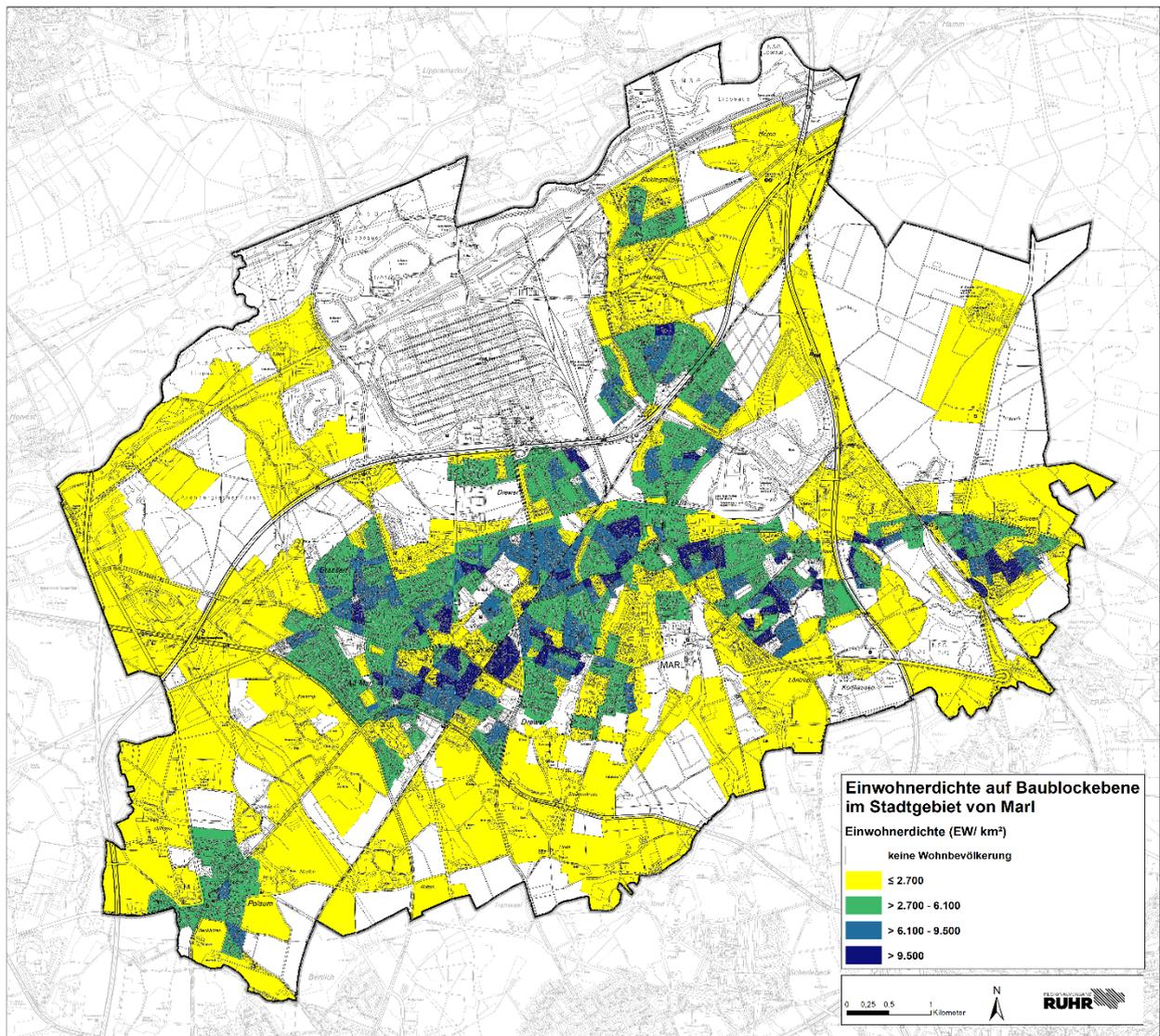
- LANUV NRW (2019):** Klimaatlas Nordrhein-Westfalen. Webdatenbank. – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen. (<http://www.klimaatlas.nrw.de/karte-klimaatlas> [Zugriff: 27.09.2019])
- LÜFTNER, H. (1996):** Das Regionalklima im Ruhrgebiet – Entwicklung, Analyse und Darstellungsmöglichkeiten des Klimas in einem urban-industriellen Verdichtungsraum. Europäische Hochschulschriften 42, Ökologie, Umwelt und Landespflege; Bd. 19. Peter Lang. Frankfurt am Main. 276 S.
- STADT MARL (2020):** Einwohnerzahlen nach Stadtteilen und Statistikbezirken (31.03.2020): [https://www.marl.de/fileadmin/user\\_upload/Dokumente/Amt\\_10/Statistiken/EWO\\_Stadtteile\\_Statistikbezirke\\_20200331.pdf](https://www.marl.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Amt_10/Statistiken/EWO_Stadtteile_Statistikbezirke_20200331.pdf) (Zugriff: 24.07.2020)
- MATZARAKIS A, MAYER H (1996):** Another kind of environmental stress: thermal stress. WHO Newsletter 18, S. 7–10
- MATZARAKIS, A. (2013):** Stadtklima vor dem Hintergrund des Klimawandels. In: Gefahrstoffe, Reinhaltung der Luft, S. 115-118.
- MEINSHAUSEN, M.; SMITH, S. J.; CALVIN, K.; DANIEL, J.S.; KAINUMA, M. L. T.; LAMARQUR, J.-F.; MATSUMOTO, K.; MONTZKA, S. A.; RAPER, S. C. B.; RIAHI, K.; THOMSON, A.; VELDERS G. J. M.; VAN VUUREN, D.P. P. (2011):** The RCP greenhouse gas concentrations and their extension from 1765 to 2300. In: Climatic Change (2011) 109:213-241.
- MKULNV (Hrsg.) (2012):** Wald im Klimawandel – Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder und Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 52 S.
- MOSIMANN, TH.; TRUTE, P.; FREY, TH. (1999):** Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 4/99, S. 202-275.
- MUNLV (HRSG.) (2010):** Handbuch Stadtklima – Maßnahmen und Handlungsempfehlungen für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel (Langfassung). Düsseldorf, 268 S.
- RVR (2013):** Fachbeitrag zum Regionalplan der Metropole Ruhr – „Klimaanpassung“. - Regionalverband Ruhr. unveröffentlichter Bericht. Essen. 129 S.
- SCHÖNWIESE, CH.-D. (2003):** Klimatologie. 2. neu bearbeitete und aktualisierte Auflage, Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co. KG, Stuttgart,
- SPEKAT, A. ; ENKE, W.; KREIENKAMP, F. (2007):** Neuentwicklung von regional hoch auflösenden Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. – Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 204 41 138.
- UBA (2008):** Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Forschungsbericht 204 41 138 UBA-FB 000969. Umweltbundesamt Dessau.
- VDI (1997/2003):** VDI-Richtlinie 3787 Bl. 1: Umweltmeteorologie. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Düsseldorf. 73 S.
- VDI (1989):** Richtlinie VDI 3787, Blatt 2: Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt und Regionalplanung. Teil I: Klima.

- VDI (2003):** Richtlinie VDI 3787 Blatt 5 Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2008):** VDI-Richtlinie 3785 Blatt 1. Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2015):** VDI-Richtlinie 3787 Bl. 1: Umweltmeteorologie. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen, Düsseldorf, 54 S.
- WEMER, G.; KRESS, R.; MAI, H.; ROTH, D.; SCHULZ, V. (1979):** Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. In: Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.) (1979): Raumordnung. Bonn, Heft 32, 116 S.
- WERNER, P.C. & GERSTENGARBE, F.W. (2007):** Welche Klimaänderungen sind in Deutschland zu erwarten) – In: Endlicher, W. & Gerstengarbe, F.W: (Hrsg.) (2007): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam, S. 56-59

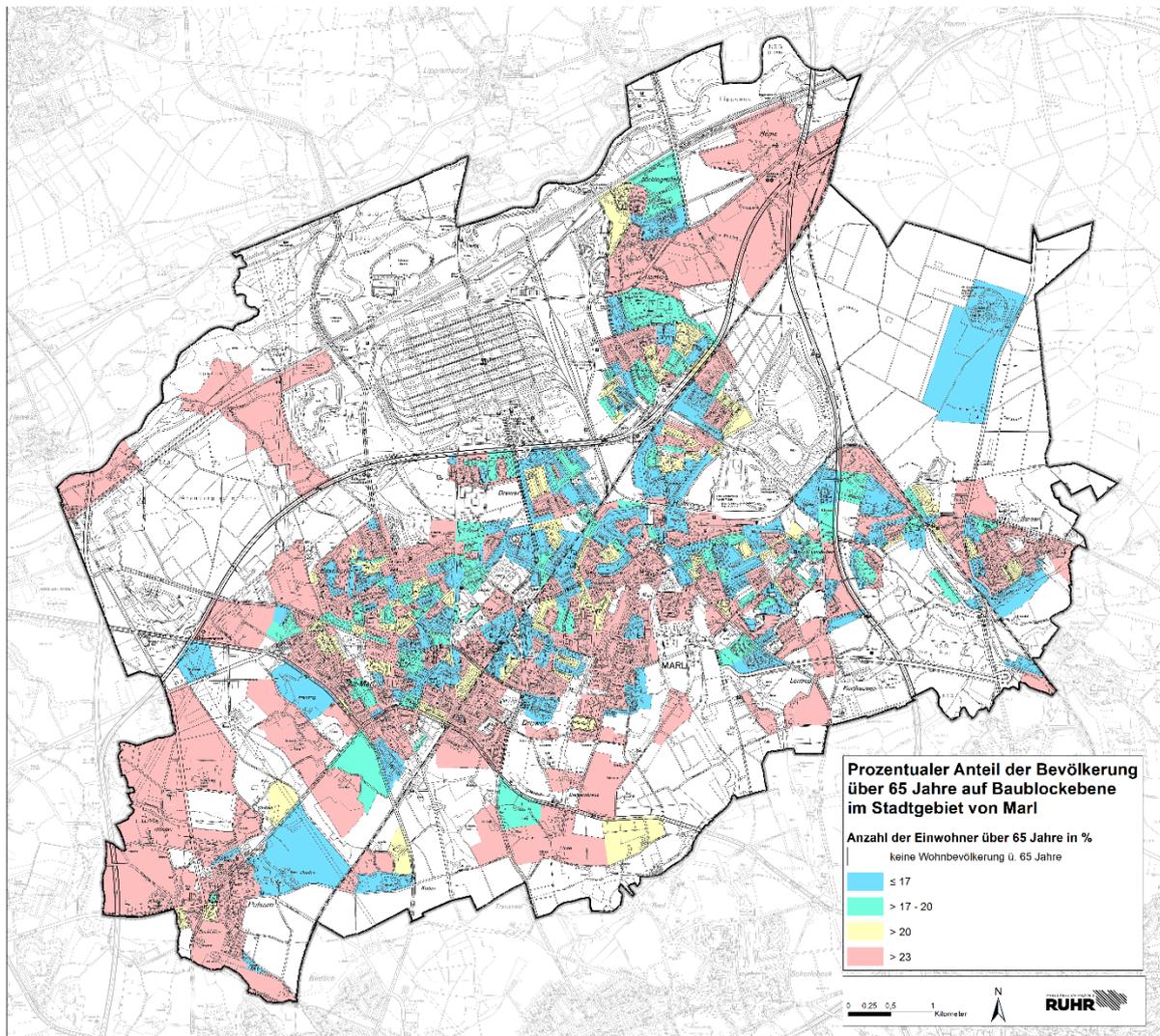
**Anhang**

Tabelle A 1: Fläche, Einwohnerzahl und Bevölkerungsdichte in den Stadtbezirken (Stadt Marl 2020)

<b>Stadtbezirk</b>	<b>Fläche in km<sup>2</sup></b>	<b>Einwohner</b>	<b>Einwohner/km<sup>2</sup></b>
Stadtkern	1,94	7769	4008,8
Alt-Marl	12,45	9614	772,1
Brassert	13,30	11157	838,6
Drewer-Nord	2,69	8770	3255,4
Drewer-Süd	3,01	9288	3088,8
Hüls-Nord	3,68	6613	1796,5
Hüls-Süd	7,46	12365	1658,4
Marl-Hamm	11,87	9386	790,7
Chemiezone	9,03	0	0,0
Polsum	7,80	4569	585,5
Sinsen-Lenkerbeck	14,39	7761	539,3
<b>Marl</b>	<b>87,62</b>	<b>87292</b>	<b>996,2</b>



Karte A 1: Einwohnerdichte auf Baublockebene im Stadtgebiet von Marl



Karte A 2: Prozentualer Anteil der Bevölkerung über 65 Jahre auf Baublockebene im Stadtgebiet von Marl.