

Klimaanalyse

Stadt Schwelm

Essen, Juli 2019

Klimaanalyse

Stadt Schwelm

Schwelm
Kreisstadt des Ennepe-Ruhr-Kreises



Im Auftrag von:

Stadt Schwelm
Planen und Bauen
Hauptstraße 14
58332 Schwelm

REGIONALVERBAND
RUHR 

Erstellt durch:

Regionalverband Ruhr
Referat Geoinformation und Raubeobachtung
Team Klimaschutz und Klimaanpassung
Kronprinzenstraße 4
45128 Essen

Verfasst von:

Dipl.-Geogr. Astrid Snowdon-Mahnke

M.Sc. Geogr. Marco Mersmann

M.Sc. Geogr. Marcel Possoch

Unter Mitarbeit von:

Edmund Gabrian

Elke Trenk

Marion von Gersum

Inhalt

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	III
TABELLENVERZEICHNIS.....	V
KARTENVERZEICHNIS.....	VI
0 ZUSAMMENFASSUNG.....	1
1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG.....	7
2 CHARAKTERISIERUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES.....	10
2.1 NATURRÄUMLICHE UND GROßKLIMATISCHE EINORDNUNG.....	12
2.2 RELIEF UND OBERFLÄCHENRAUIGKEIT.....	13
2.3 FLÄCHENNUTZUNG.....	17
2.4 REGIONALE KLIMATOPKARTE.....	19
2.4.1 <i>Beschreibung der Klimatope.....</i>	<i>19</i>
2.4.2 <i>Gliederung der Stadt Schwelm anhand der Regionalen Klimatopkarte.....</i>	<i>20</i>
3 FLÄCHENHAFT AUSPRÄGUNG AUSGEWÄHLTER KLIMAELEMENTE.....	22
3.1 BODENNAHE LUFTTEMPERATUR UND NÄCHTLICHE ABKÜHLUNGSRATE.....	23
3.2 AUTOCHTHONES WINDFELD.....	28
3.3 KALTLUFTVOLUMENSTROM.....	31
3.4 KALTLUFTPRODUKTIONSRATE.....	34
3.5 LUFTAUSTAUSCHRATE.....	36
3.6 DURCHLÜFTUNG.....	38
4 KLIMAANALYSEKARTE.....	40
4.1 DARSTELLUNGSEBENEN DER KLIMAANALYSEKARTE.....	41
4.1.1 <i>Klimatope.....</i>	<i>41</i>
4.1.2 <i>Spezifische Klimaeigenschaften.....</i>	<i>52</i>
4.1.3 <i>Luftaustausch.....</i>	<i>54</i>
4.1.4 <i>Lufthygiene.....</i>	<i>55</i>
4.2 GLIEDERUNG DER STADT SCHWELM ANHAND DER KLIMAANALYSEKARTE.....	57
5 KARTE DER KLIMAÖKOLOGISCHEN FUNKTIONEN.....	63
5.1 DARSTELLUNGSEBENEN DER KARTE DER KLIMAÖKOLOGISCHEN FUNKTIONEN.....	63
5.1.1 <i>Bioklimatische Verhältnisse (Klimatope).....</i>	<i>63</i>
5.1.2 <i>Kaltluft.....</i>	<i>64</i>
5.1.3 <i>Belüftung.....</i>	<i>65</i>
5.2 GLIEDERUNG DER STADT SCHWELM ANHAND DER „KARTE DER KLIMAÖKOLOGISCHEN FUNKTIONEN“.....	65

6	DIE STADT SCHWELM IM ZEICHEN DES GLOBALEN KLIMAWANDELS	70
6.1	GLOBALER KLIMAWANDEL	70
6.2	AUSWIRKUNGEN DES GLOBALEN KLIMAWANDELS AUF DIE REGION RUHR	76
6.3	ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG KLIMATISCHER KENNTAGE IN SCHWELM	79
6.4	DARSTELLUNG DERZEITIGER UND ZUKÜNFTIGER WÄRMEINSELN.....	87
7	GRÜN- UND FREIFLÄCHENBEWERTUNG AUS KLIMAÖKOLOGISCHER SICHT	89
7.1	METHODIK DER FLÄCHENBEWERTUNG.....	89
7.2	ERGEBNISSE DER FLÄCHENBEWERTUNG	90
8	PLANUNGSHINWEISE	94
8.1	PLANUNGSHINWEISKARTE	94
8.1.1	<i>Darstellungsebenen der Planungshinweiskarte.....</i>	<i>94</i>
8.1.1.1	Ausgleichs- und Lasträume.....	95
8.1.1.2	Raumspezifische Hinweise	101
8.1.1.3	Lokale Hinweise.....	103
8.1.1.4	Luftaustausch	107
8.1.2	<i>Gliederung der Stadt Schwelm anhand der Planungshinweiskarte</i>	<i>109</i>
8.2	PLANUNGSHINWEISE AUF EBENE DER STADTTEILE	112
8.2.1	<i>Stadtteil Linderhausen.....</i>	<i>112</i>
8.2.2	<i>Stadtteile Vörfken, Loh und Brunnen.....</i>	<i>121</i>
8.2.3	<i>Stadtteile West, Mitte und Möllenkotten.....</i>	<i>131</i>
8.2.4	<i>Stadtteil Süd.....</i>	<i>144</i>
9	LITERATUR	152
10	ANHANG	154

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1:	Stadtteile der Stadt Schwelm.....	11
Abb. 2-2:	Naturräumliche Gliederung des Ruhrgebietes (Lüftner 1996).....	12
Abb. 2-3:	Klimabezirke im Ruhrgebiet (Lüftner 1996).....	12
Abb. 2-4:	Regionale Klimatopkarte der Metropole Ruhr (2013).....	21
Abb. 3-1:	Prinzip des Flurwindes	28
Abb. 4-1:	Kleiner Stauteich der Schwelme	42
Abb. 4-2:	Landwirtschaftliche Flächen in Linderhausen	43
Abb. 4-3:	Wald in Möllenkotten	44
Abb. 4-4:	Park am Haus Martfeld.....	45
Abb. 4-5:	Bebauung mit ländlichem Umfeld am Höhenweg	46
Abb. 4-6:	Lockere, durchgrünte Bebauung in Loh.....	47
Abb. 4-7:	Dichte Bebauung entlang der Bahnhofstraße	48
Abb. 4-8:	Hochverdichteter und -versiegelter Bereich der Innenstadt	49
Abb. 4-9:	Gewerbeflächen an der Berliner Straße	50
Abb. 4-10:	Gelände des Mischwerks	51
Abb. 4-11:	Flächenanteile der Klimatope und Verkehrstrassen im Stadtgebiet von Schwelm.....	57
Abb. 6-1:	Beobachtete globale mittlere kombinierte Land-Ozean-Oberflächentemperaturanomalie von 1850-2012 (verändert nach IPCC 2013a).....	70
Abb. 6-2:	Räumliche Verteilung der beobachteten Veränderung der Erdoberflächentemperatur von 1901-2012 (IPCC 2013a).....	71
Abb. 6-3:	Atmosphärische Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO ₂), Methan (CH ₄) und Distickstoffmonoxid (N ₂ O) (verändert nach IPCC 2014)	72
Abb. 6-4:	Multimodell-simulierte Änderung der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur von 1950 bis 2100 (verändert nach IPCC 2013a).....	74
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)	75
Abb. 6-6:	Jährliche Niederschlagssummen und Jahresmitteltemperaturen (1912-2017) der Ludger-Mintrop-Stadtklima-Station (verändert nach Grudzielanek et al. 2011)	77

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))	78
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))	78
Abb. 6-9:	Entwicklung und Verteilung der Jahresmitteltemperaturen im Stadtgebiet von Schwelm	83
Abb. 6-10:	Entwicklung und Verteilung der Anzahl an Sommertagen im Stadtgebiet von Schwelm	84
Abb. 6-11:	Entwicklung und Verteilung der Anzahl an heißen Tagen im Stadtgebiet von Schwelm	85
Abb. 6-12:	Entwicklung und Verteilung der Anzahl an Tropennächten im Stadtgebiet von Schwelm	86
Abb. 6-13:	Darstellung gegenwärtiger (2018) und zukünftiger (2100) Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Schwelm	88

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1:	Ausgewählte Klimaindikatoren für Schwelm im Zeitraum 1981-2010 (LANUV NRW 2018)	13
Tab. 2-2:	Anteile der Nutzungsarten an der Gesamtfläche des Stadtgebietes von Schwelm sowie deren Flächengröße (Stand: 31.12.2015; IT.NRW 2018).....	17

Kartenverzeichnis

Karte 2-1:	Geländehöhen im Stadtgebiet von Schwelm (Daten: DGM 2015)	15
Karte 2-2:	Darstellung der Oberflächenrauigkeit im Stadtgebiet von Schwelm	16
Karte 3-1:	Bodennahe Lufttemperatur (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Schwelm um 4 Uhr	26
Karte 3-2:	Nächtliche Abkühlung (20 - 4 Uhr) der Lufttemperatur in 2 m über Grund im Stadtgebiet von Schwelm.....	27
Karte 3-3:	Autochthones Windfeld (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Schwelm um 4 Uhr	30
Karte 3-4:	Kaltluftvolumenstrom im Stadtgebiet von Schwelm um 4 Uhr	33
Karte 3-5:	Kaltluftproduktionsrate im Stadtgebiet von Schwelm um 4 Uhr	35
Karte 3-6:	Luftaustauschrate im Stadtgebiet von Schwelm um 4 Uhr	37
Karte 3-7:	Durchlüftungssituation (12 m ü. Grund) um 4 Uhr im Stadtgebiet von Schwelm bei allochthoner Wetterlage.....	39
Karte 4-1:	Klimaanalysekarte der Stadt Schwelm	62
Karte 5-1:	Karte der klimaökologischen Funktionen der Stadt Schwelm	69
Karte 7-1:	Flächenbewertung aus klimaökologischer Sicht für das Stadtgebiet von Schwelm	93
Karte 8-1:	Planungshinweiskarte der Stadt der Schwelm.....	111
Karte 8-2:	Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Schwelm für den Stadtteil Linderhausen.....	120
Karte 8-3:	Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Schwelm für die Stadtteile Vörfken, Loh und Brunnen.....	130
Karte 8-4:	Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Schwelm für die Stadtteile Schwelm-West, Schwelm-Mitte und Möllenkotten.....	143
Karte 8-5:	Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Schwelm für den Stadtteil Süd.....	151

0 Zusammenfassung

Die vorliegende Klimaanalyse stellt eine Aktualisierung und Ergänzung des aus dem Jahre 1998 stammenden Gutachtens dar. Ziel der Untersuchung war die Analyse und Bewertung der klimatischen Situation innerhalb des Stadtgebietes von Schwelm 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 1998 basierte auf einem aufwändigen Messprogramm, wobei aus stationären Messungen (punktuell) und Messfahrten (linienhaft) anhand von Analogieschlüssen nur grobe flächendeckende Aussagen getroffen werden konnten. Die vorliegende Untersuchung hingegen bezieht sich u.a. auf die Ergebnisse der im Rahmen des Fachbeitrags „Klimaanpassung“ zum Regionalplan Ruhr für die gesamte Metropolregion durchgeführten Modellierung mit Hilfe des Simulationsmodells FITNAH-3D. Dieses Verfahren liefert, im Gegensatz zu lokalbegrenzten Messungen, räumlich hochauflösende und flächendeckende Ergebnisse zu einer Vielzahl klimatischer Parameter.

Bedingt durch die Lage im Übergangsbereich der beiden naturräumlichen Haupteinheiten Bergisch-Sauerländisches Unterland (NR-337) und dem Naturraum Bergische Hochflächen (NR-338) ist das Relief in Schwelm stark ausgeprägt. Neben dem Relief wird die mesoklimatische Situation des Stadtgebietes durch unterschiedliche Flächennutzungsstrukturen bestimmt. Die Bedeutung dieser beiden Einflussgrößen spiegelt sich in dem von FITNAH-3D für eine sommerliche autochthone Strahlungswetterlage simulierten nächtlichen bodennahen Temperaturfeld wider, welches eine maximale Stadt-Umland-Differenz von 7,9 K (Wärmeinseleffekt) aufweist. Dabei treten die höchsten Temperaturen im Stadtzentrum sowie innerhalb des nördlich der Bahnstrecke angrenzenden Gewerbegebietes im Bereich um die Loher Straße und im Gewerbegebiet In der Graslake auf. Die niedrigsten Temperaturen sind hingegen über den ausgedehnten landwirtschaftlich genutzten Arealen im nördlichen und südöstlichen Stadtgebiet von Schwelm zu verzeichnen.

Das für eine sommerliche Strahlungswetterlage zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens simulierte bodennahe Windfeld weist Strömungsgeschwindigkeiten bis zu Maximalwerten von 2,0 m/s auf. Dabei konnten Windgeschwindigkeiten von mehr als 1 m/s lediglich in mehreren kleineren Bereichen über (landwirtschaftlichen) Freiflächen simuliert werden, wie etwa im Bereich Auf dem Hagen, in Möllenkotten, Winterberg, südlich von Lindenberg und nördlich von Vörfken. Es wird deutlich, dass diese Bereiche zumeist in Hanglagen angrenzend an den weitestgehend geschlossenen Siedlungskörper im Schwelmetal gelegen und die Strömungsvektoren reliefbedingt zumeist in Richtung der Siedlungsbereiche ausgerichtet sind. Innerhalb der Siedlungsbereiche stellen sich die simulierten Windgeschwindigkeiten aufgrund der brem-

senden Wirkung der Bebauung jedoch stark reduziert dar. Die Eindringtiefe der nächtlichen Kaltluftmassentransporte 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. Aufgelockerte Siedlungen mit landwirtschaftlich geprägtem Umfeld, wie die Siedlungsbereiche von Möllenkotten und Oehde, können dabei vollständig von Kaltluftmassen durchströmt werden, was dazu führt, dass diese eine weniger starke nächtliche Überwärmung aufweisen. Hingegen weisen das Stadtzentrum, die angrenzenden Gewerbegebiete sowie große Bereiche der Bebauung von Loh und Linderhausen während austauscharmer Strahlungsächte vergleichsweise geringe Volumenströme auf und werden daher nicht ausreichend mit Kaltluft versorgt. Während in Loh und Linderhausen eine weitestgehend aufgelockerte und gut durchgrünte Bebauungsstruktur vorherrscht, resultiert die fehlende Kaltluftversorgung insbesondere im hochversiegelten Stadtzentrum und den angrenzenden Gewerbegebieten in einer stärkeren nächtlichen Überwärmung und ist somit aus klimaökologischer Sicht als problematischer zu beurteilen. In diesem großflächigen und weitestgehend zusammenhängenden Bereich des Stadtgebietes herrschen während autochthoner Wetterlagen daher ungünstige Belüftungsverhältnisse vor, was neben der eingeschränkten nächtlichen Abkühlung auch negative Auswirkungen auf die Luftqualität zur Folge haben kann. Die Relevanz innerstädtischer Grünflächenvernetzungen und deren Anbindung an Freiflächen des Umlandes zur Versorgung überwärmter Siedlungsbereiche mit Kaltluft wird anhand des Friedhofes in Verbindung mit dem angrenzenden Sportplatz und der Kleingartenanlage in Schwelm-West sowie des Grünverbundsystems im Bereich der Sophien- und Wilhelmshöhe im Schwelm-Mitte deutlich.

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 Schwelm verteilt. Die Freilandklimatope nehmen mit einem Flächenanteil von 33,7 % an der gesamten Stadtfläche den höchsten Wert aller Klimatoptypen ein. Sie sind aus stadtklimatischer Sicht von besonderer Relevanz, da sie während sommerlicher, austauscharmer Strahlungsächte wertvolle Produzenten von Kaltluftmassen sind und somit wichtige klimatische Ausgleichsflächen für überwärmte Siedlungsbereiche darstellen. Insbesondere dort, wo das Relief in Richtung der Siedlungskörper geneigt ist und dementsprechend während sommerlicher Strahlungswetterlagen reliefbedingt nächtliche Kaltluftabflüsse in die angrenzende Bebauung möglich sind. Dies trifft insbesondere auf die Freilandklimatope in den zentralen Stadtteilen Vörfken, Loh,

Brunnen, Schwelm-West, Schwelm-Mitte und Möllenkotten zu. Diesen Freilandklimatopen ist eine besonders hohe klimatische Ausgleichsfunktion beizumessen. Im Süden des Stadtgebietes erfolgt der Kaltluftabfluss von den Freilandklimatopen reliefbedingt über die Täler der Wolfsbecke, Fastenbecke und Brambecke in Richtung der Wupper. Somit ist keine Anbindung an die Siedlungskörper von Schwelm gegeben. Auch die Freilandklimatope in Linderhausen weisen größtenteils reliefbedingt keine direkte Anbindung an die stärker bebauten Bereiche von Schwelm auf, allerdings können die dort gebildeten Kaltluftmassen eine wichtige klimatische Ausgleichsfunktion für die angrenzende Bebauung der Nachbarstädte Wuppertal und Gevelsberg haben.

Den zweitgrößten Flächenanteil nehmen mit 26,9 % die Waldklimatope ein. Insbesondere Waldbereichen im direkten Umfeld größerer Emittenten von Luftschadstoffen und 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 Schwelm sind diesbezüglich insbesondere die Täler der Wolfsbecke, der Fastenbecke und der Brambecke sowie im Bereich der Schwelmequelle und einige kleinere Waldgebiete im Norden hervorzuheben. Aufgrund des ausgeprägten Reliefs können die Wälder zudem teilweise auch als wichtige Kaltluftlieferanten dienen.

Neben Parkanlagen, Friedhöfen, Kleingarten- und Sportanlagen wurden in der vorliegenden Analyse auch größere zusammenhängende Grünstrukturen (i.d.R. Flächen > 500 m²) innerhalb der Bebauung als Parkklimatop ausgewiesen. Daher zeigt insbesondere die Verteilung der Parkklimatope, die insgesamt einen Flächenanteil von 7,2 % einnehmen, eine starke Heterogenität. Im Vergleich zu anderen Stadtteilen wird jedoch ein Mangel an Parkklimatopen besonders in Schwelm-Mitte sowie in den nördlich angrenzenden Gewerbegebieten deutlich. Nach den Freiland- und Waldklimatopen nimmt das Stadtrandklima mit etwa 10,5 % den drittgrößten Flächenanteil aller Klimatope im Stadtgebiet von Schwelm ein. Insbesondere in den Stadtteilen Loh und Linderhausen überwiegt dieser Klimatoptyp. Weite Teile der Siedlungsgebiete im südlichen Schwelm-West und -Mitte sowie in Brunnen und Möllenkotten sind ebenfalls dem Stadtrandklima, welches grundsätzlich mit noch verhältnismäßig günstigen bio- und immissionsklimatischen Bedingungen charakterisiert werden kann, zuzuordnen.

Aus bioklimatischer Sicht stärker belastete Räume stellen die Bereiche der Stadt- und Innenstadtklimatope dar, welche u.a. eine hohe Versiegelung und einen geringen Grünflächenanteil aufweisen. Zwar nehmen sie mit 4,1 % (Stadtklima) bzw. 0,7 % (Innenstadtklima) einen relativ geringen Anteil an der gesamtstädtischen Fläche ein, allerdings umfassen sie insbesondere im Stadtteil Schwelm-Mitte ein größeres, zusammenhängendes Areal, an welches nördlich zudem noch eine große zusammenhängende Fläche des bioklimatisch ebenfalls als

ungünstig zu bewertenden Gewerbeklimatops anschließt, wodurch sich ein zusammenhängender klimatischer Belastungsraum ergibt. Die starke Überbauung und die dadurch erhöhte Oberflächenrauigkeit können zudem starke Modifikationen des Windfeldes mit eingeschränkter Durchlüftungssituation bedeuten, was zu einer Schadstoffakkumulation führen kann. In Schwelm herrscht diesbezüglich aufgrund der Tallage eine erhöhte Anfälligkeit. Insbesondere da die Gewerbe- und Industrieklimatope, die zusammen einen Flächenanteil von 8,1 % am Stadtgebiet einnehmen, als potenzielle Emittenten von Luftschadstoffen nahezu ausschließlich entlang der Talachse der Schwelme angesiedelt sind. Darüber hinaus können der hohe Versiegelungsgrad und der Mangel an verdunstungsaktiven Grün- und Wasserflächen während austauscharmer Wetterlagen im Sommer zu Schwüle- und Hitzebelastungen der Bevölkerung im Innenstadtbereich sowie den großflächigen Gewerbegebieten führen.

Insgesamt wird anhand der Klimaanalysekarte eine deutliche Gliederung des Stadtgebietes hinsichtlich der bioklimatischen und immissionsklimatischen Verhältnisse in Schwelm deutlich. Während der Norden und der Süden grundsätzlich als Bereiche mit gutem Luftaustausch und positivem Bioklima bezeichnet werden können, weist der Siedlungskörper entlang der Talachse der Schwelme stärker bioklimatisch und immissionsklimatisch belastete Bereiche auf.

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

Abschließend wurden auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse für das Stadtgebiet von Schwelm Planungsempfehlungen aus rein stadtklimatologischer Sicht abgeleitet (siehe Kapitel 8). Demnach ist der überwiegende Teil der Siedlungsbereiche mit vornehmlicher Wohnnutzung im Stadtgebiet von Schwelm dem „Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete“ zuzuordnen. Lediglich in Schwelm-West und vor allem im Stadtteil Mitte sind die Wohn- und Mischgebiete vermehrt den klimatisch stärker belasteten Planräumen „Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete“ sowie „Lastraum der hochverdichteten Innenstadt“ zugehörig. Insbesondere in den Stadtteilen Vörfken und Loh sind erhebliche Anteile der bebauten Fläche klimatisch dem „Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen“ zugeordnet.

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

In Linderhausen, Brunnen, Schwelm-West sowie ganz im Süden des Stadtgebietes konnten dennoch Bereiche ausgewiesen werden, bei denen aus rein stadtklimatologischer Sicht eine maßvolle Nachverdichtung, die punktuelle Schließung von Baulücken oder die Ausweisung kleiner Neubaugebiete unter Beachtung der vorherrschenden lockeren Bebauungsstruktur und entsprechend hohem Grünflächenanteil vertretbar ist. 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. Zum Erhalt dieser Austauschfunktionen und zum Schutz relevanter klimatischer Ausgleichsflächen ist zudem an mehreren Siedlungsrändern in Vörfken, Loh, Schwelm-West und –Mitte sowie in Möllenkotten das Festschreiben bzw. Anstreben von klimatischen Baugrenzen zu empfehlen.

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.

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 den stark urban geprägten Innenstadtbereich ist die Förderung des Luftaustausches mit angrenzenden klimatischen Ausgleichsräumen wie dem Freilandbereich „Auf dem Hagen“ und dem Grünverbundsystem im Bereich der Sophien- und Wilhelmshöhe 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 verdunstungsaktiver Flächen und Strukturen kann für 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 zwingend darauf zu achten, dass sich in Straßenschluchten und bei hohem Verkehrsaufkommen keine geschlossenen Kronendächer entwickeln, die zu eingeschränkten Austauschverhältnissen und einer Schadstoffanreicherung führen können.

Aufgrund des stark ausgeprägten Reliefs existiert eine Vielzahl relevanter Kaltluftmassentransporte im Stadtgebiet von Schwelm. Kühle Luftmassen können während sommerlicher Strahlungsnächte von nahezu sämtlichen Grün-, Frei- und Waldflächen der Hanglagen des Haupttals in Siedlungskörper von Schwelm vordringen und dort eine Abmilderung des Wärmeineffektes bedingen, weshalb die Bereiche der Kaltluftabflussbahnen von weiterer Bebauung und dichter, riegelförmiger Bepflanzung freizuhalten sind. Dies gilt zudem für die Bereiche der Kaltluftabflüsse von den Freiflächen in Linderhausen, denen eine wichtige klimatische Bedeutung für die angrenzenden Siedlungsbereiche in den benachbarten Städten Gevelsberg und Wuppertal zukommt.

Durch die Tallage kann es in weiten Teilen von Schwelm bei fehlendem Strömungsantrieb während autochthoner Wetterlagen vermehrt zu einer Inversionsbildung kommen. Hier besteht die Gefahr der Schadstoffakkumulation unterhalb der Inversionsschicht, weshalb in diesen Bereichen die weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten vermieden werden sollte. Hingegen sollten Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen der bereits angesiedelten Gewerbe- und Industriebetriebe sowie des Verkehrs angestrebt werden.

1 Einleitung und Aufgabenstellung

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

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

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

Die vorliegende Klimaanalyse für die Stadt Schwelm stellt eine Aktualisierung und Ergänzung des stadtklimatologischen Gutachtens aus dem Jahr 1998 dar. Die Analyse von 1998 basierte auf einem aufwändigen Messprogramm, wobei aus stationären Messungen (punktuell) und Messfahrten (linienhaft) anhand von Analogieschlüssen nur grobe flächendeckende Aussagen getroffen werden konnten. Die vorliegende Untersuchung hingegen bezieht sich u.a. auf die Ergebnisse der im Rahmen des Fachbeitrags „Klimaanpassung“ zum Regionalplan Ruhr für die gesamte Metropolregion durchgeführten Modellierung mit Hilfe des Simulationsmodells FITNAH-3D. Dieses Verfahren liefert, im Gegensatz zu den lokalbegrenzten Messungen, umfassende, räumlich hochauflösende und vor allem flächendeckende Ergebnisse zu einer Vielzahl relevanter klimatischer Parameter. Die FITNAH-Modellierung ist zwar vorrangig auf die Ebene der Regionalplanung ausgerichtet, ermöglicht aber auch Hinweise für die Flächennutzungs- und Bebauungsplanung auf kommunaler Ebene. Bei einer kleinräumigen Betrachtung auf Baublockebene können in Abhängigkeit von der Fragestellung jedoch weitergehende Untersuchungen (z.B. Messungen oder mikroskalige Simulationen) erforderlich sein, um die klimatischen Auswirkungen baulicher Flächennutzungsänderungen von Einzelflächen detailliert bewerten zu können.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist eine aktuelle Analyse und Bewertung der klimatischen Situation des Stadtgebietes von Schwelm sowie die aktualisierte Ausweisung von Planungshinweisen. Die Ergebnisse der Modellierungen ermöglichen eine Aussage darüber, wo sich beispielsweise im Stadtgebiet Wärmeinseln befinden, wo im Stadtgebiet nächtliche Kaltluft entsteht oder wo die für den Luftaustausch wichtigen Belüftungsbahnen verlaufen. Zusätzlich enthält diese Klimaanalyse auch eine Prognose darüber, wie sich die wohnklimatischen Verhältnisse in Schwelm vor dem Hintergrund des zu erwartenden Anstiegs der Jahresdurchschnittstemperatur um etwa 2 °C voraussichtlich entwickeln werden.

Zu diesem Zweck wird im ersten Schritt zur Charakterisierung der klimatischen Situation im Untersuchungsgebiet eine Analyse der wichtigsten Klimafaktoren und Klimaelemente (Ergebnisse der FITNAH-Modellierung) vorgenommen. Die Ergebnisse münden in einer „Karte der klimaökologischen Funktionen“ zur Darstellung der bioklimatischen Verhältnisse auf Basis der Klimatope sowie der städtischen Belüftungssituation und der Kaltluftliefervermögen un bebauter Flächen. Des Weiteren werden die zu erwartenden Auswirkungen des globalen Klimawandels auf das Stadtgebiet von Schwelm beschrieben, die derzeitigen und zukünftigen Wärmeinselbereiche dargestellt sowie eine Bewertung der Grün- und Freiflächen aus klimaökologischer Sicht 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 spezifischen Klimaeigenschaften dargestellt und beschrieben. Die Klimaanalysekarte wird zur

Ableitung des Planungs- und Handlungsbedarfs mit dem Ziel, bestehende Belastungspotenziale zu senken bzw. abzubauen sowie die Lebens- und Wohnqualität zu sichern und zu schützen, genutzt. Neben der Darstellung großräumiger Planungshinweise für die gesamtstädtische Siedlungsstruktur werden für die einzelnen Stadtbezirke auf der Ebene der Klimatope lokale Planungshinweise in tabellarischer Form aufgeführt. Die Erstellung der Klimaanalyse- sowie Planungshinweiskarte im Maßstab von ca. 1:10.000 erfolgte nach den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 (VDI 1997/2003; VDI 2015).

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

2 Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

Die zum Ennepe-Ruhr-Kreis gehörige Stadt Schwelm liegt im südöstlichen Ruhrgebiet an der Grenze zum Bergischen Land. Im Südwesten grenzt die kreisfreie Stadt Wuppertal an das Stadtgebiet von Schwelm, während im Nordosten die Nachbarstädte Ennepetal, Gevelsberg und Sprockhövel, ebenfalls zugehörig zum Ennepe-Ruhr-Kreis, liegen.

Bei einer Einwohnerzahl von 29.496 auf einer Fläche von 20,49 km² beträgt die Bevölkerungsdichte von Schwelm 1.440 Einwohner pro km² (Stand: September 2018, Stadt Schwelm 2018). Damit weist Schwelm eine relativ hohe Bevölkerungsdichte im Vergleich zu den übrigen Städten im Ennepe-Ruhr-Kreis auf.

Die Bevölkerungsdichte in Schwelm zeigt, bedingt durch unterschiedliche Bebauungsstrukturen, eine heterogene Verteilung über die acht Stadtteile mit einer Konzentration der Bevölkerung in und um das Stadtzentrum (siehe Abb. 2-1).

Während die Stadtbezirke im Stadtzentrum eine Bevölkerungsdichte von über 2.400 Einw./km² (Loh: 2.490; Schwelm-West: 3.168; Schwelm-Mitte: 5.147) aufweisen, liegen die Werte der nördlich und südlich im Stadtgebiet liegenden Stadtbezirke bei unter 500 Einw./km² (Linderhausen: 412; Vörfken: 214; Schwelm-Süd: 99). Dazwischen liegend beträgt die Einwohnerdichte der Stadtbezirke Brunnen 1.471 Einw./km² und von Möllenkotten 1.459 Einw./km² (siehe auch Tab. A1 im Anhang; Stand: September 2018, Datenquelle: Stadt Schwelm). Anhand der Zahlen werden insbesondere die großen stadtstrukturellen Unterschiede zwischen den Stadtbezirken im Stadtkern und den umliegenden Stadtbezirken deutlich.

Die unterschiedliche Bebauungsdichte und die Flächennutzung haben 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 der Klimafaktoren im Stadtgebiet von Schwelm beschrieben. Zudem erfolgt eine Einordnung der klimatischen Verhältnisse anhand der regionalen Klimatopkarte des Regionalverbandes Ruhr (RVR). Dies ermöglicht eine erste Abgrenzung von Räumen mit ähnlichen mikroklimatischen Eigenschaften (Klimatope). Zu Beginn steht jedoch eine naturräumliche und großklimatische Einordnung des Untersuchungsgebietes.

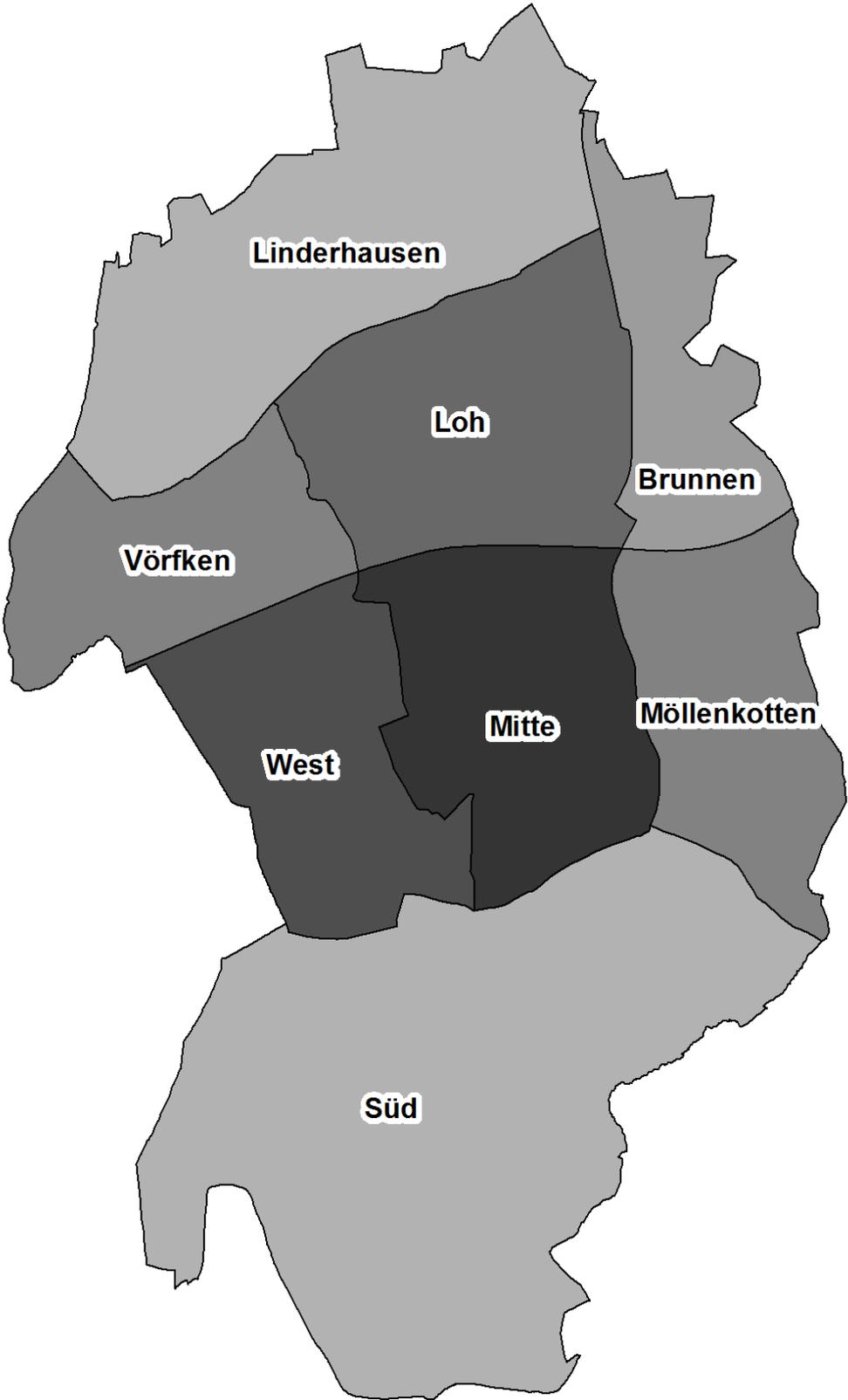


Abb. 2-1: Stadtteile der Stadt Schwelm

Tab. 2-1: Ausgewählte Klimaindikatoren für Schwelm im Zeitraum 1981-2010 (LANUV NRW 2018)

Klimaindikator	Wert
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Jahr	8,8 - 9,8
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Frühling	8,3 - 9,4
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Sommer	16,2 - 17,2
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Herbst	9,1 - 10,1
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Winter	1,4 - 2,6
Mittlere Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) pro Jahr	28 - 34
Mittlere Anzahl der heißen Tage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) pro Jahr	6 - 7
Mittlere Anzahl der Frosttage ($T_{\min} < 0 \text{ °C}$) pro Jahr	60 - 77
Mittlere Anzahl der Eistage ($T_{\max} < 0 \text{ °C}$) pro Jahr	12 - 20
Mittlere Niederschlagshöhe im Jahr (mm)	1.087 - 1.319

2.2 Relief und Oberflächenrauigkeit

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

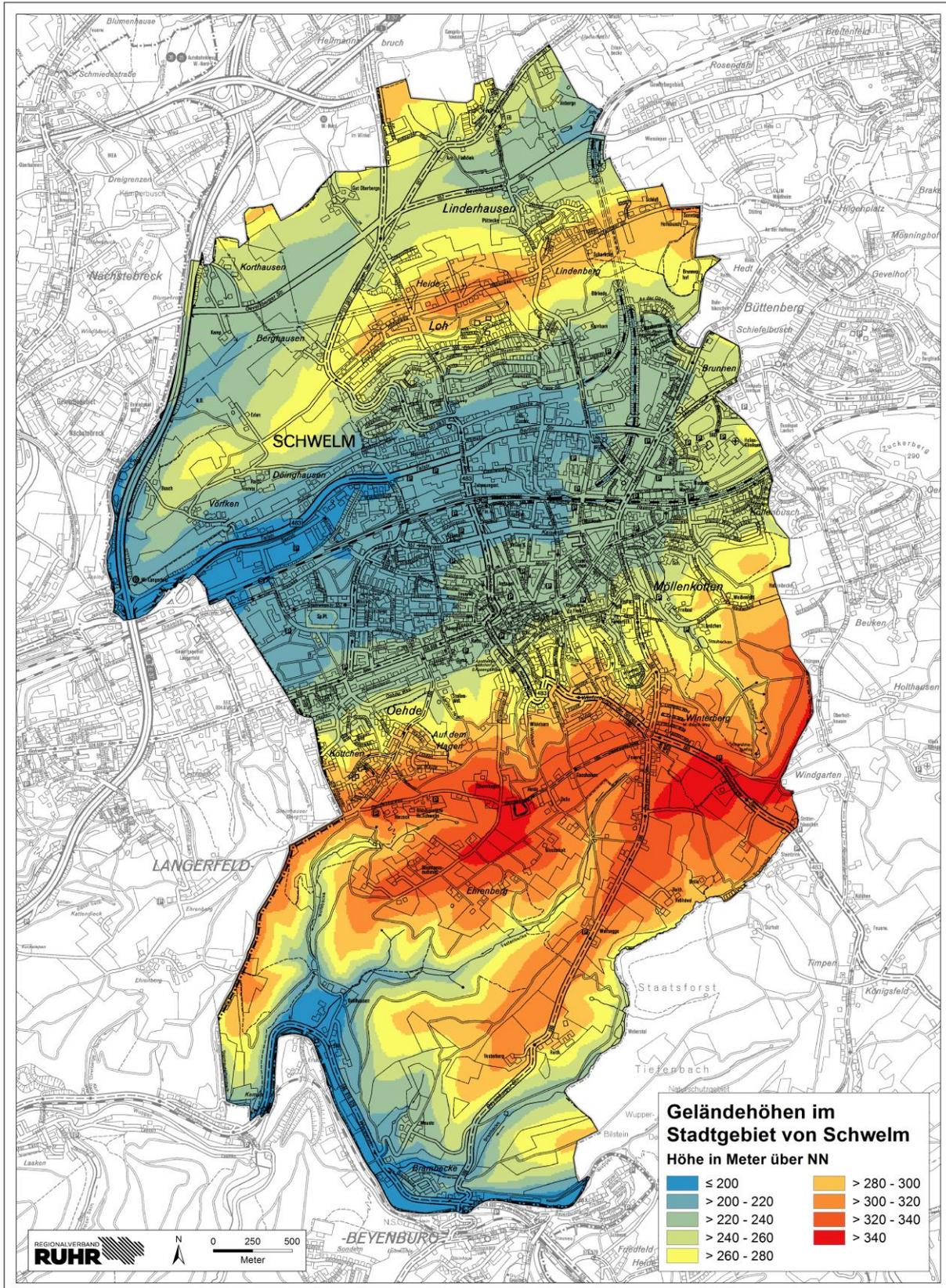
Maßgebend für die **Reliefausprägung** im Stadtgebiet ist die Tallage der Stadt Schwelm in Südwest-Nordost-Ausdehnung zwischen Wuppertal und Ennepetal am nördlichen Rand der Mittelgebirgsschwelle des rheinischen Schiefergebirges mit den Erhebungen des Bergisch-Sauerländischen Unterlandes im Norden und den bergischen Hochflächen im Südosten. Dementsprechend liegt ein Großteil des bebauten Stadtgebietes im Zentrum entlang der Talachse.

Die höchste natürliche Erhebung liegt im südöstlichen Stadtgebiet (Möllenkotten/Winterberg) mit etwa 352 m über NHN an der Winterberger Straße. Bis zum nordwestlichen Stadtzentrum fällt das Relief bis auf 181 m über NHN (Vörfken/Jesinghausen an der Grenze zu Langerfeld-Beyenburg) ab und steigt im Norden wiederum bis auf etwa 312 m über NHN (Grenze zwischen Linderhausen und Loh) an (vgl. Karte 2-1). Die niedrigsten Werte inner-

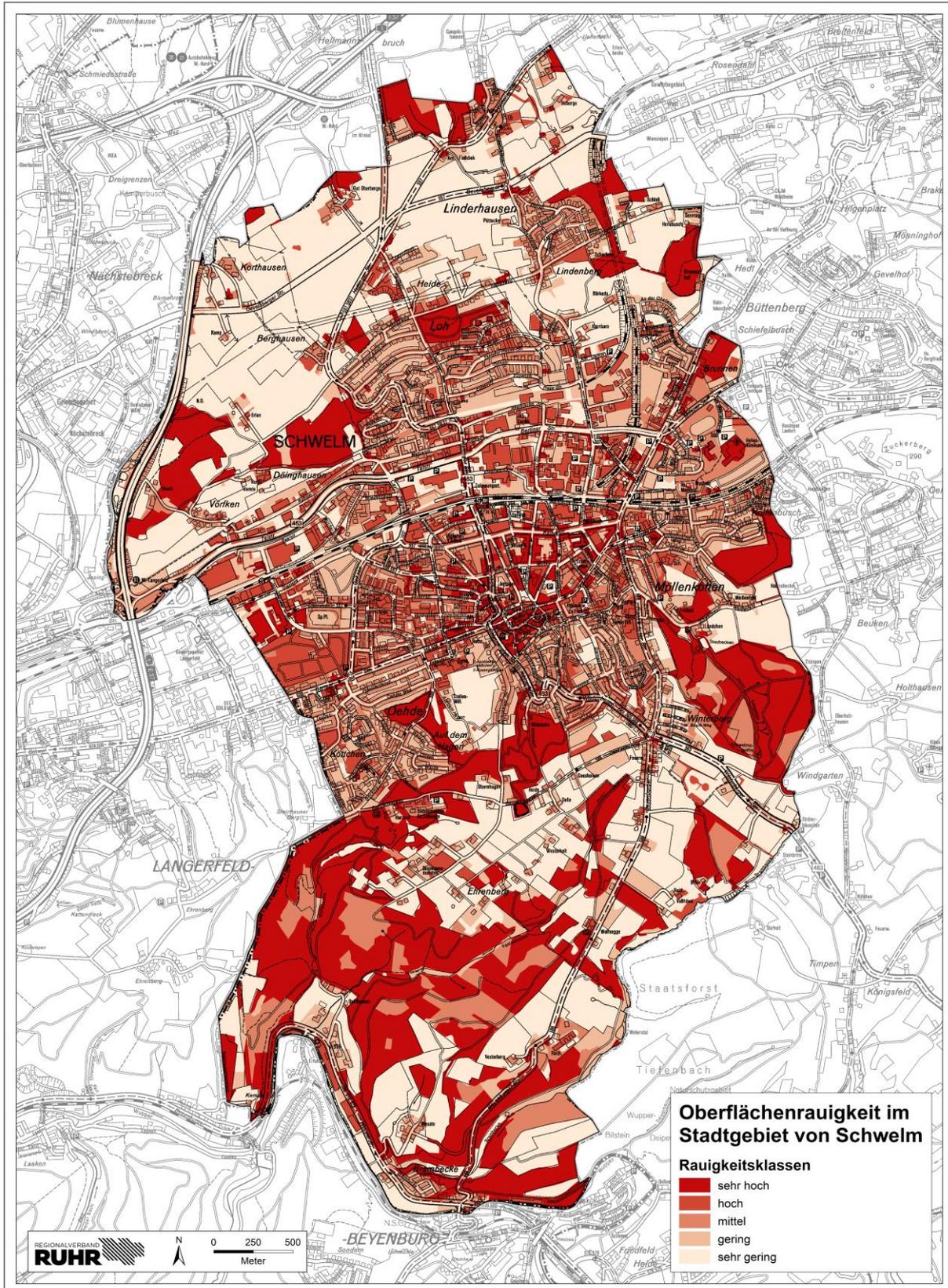
halb des Stadtgebietes von Schwelm treten im äußersten Südwesten entlang der Wupper mit etwa 179 m über NHN auf.

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 für das Stadtgebiet von Schwelm zeigen geringe Oberflächenrauigkeiten im Bereich der landwirtschaftlich geprägten Flächen im Norden und Südosten. Höhere Rauigkeitswerte ergeben sich infolge der Bebauung in den Siedlungs- und Gewerbe- bzw. Industriegebieten in zentraler Lage entlang der Talachse. Zudem zeichnen sich auch Wälder (z.B. die Wälder im Tal der Wolfsbecke und im Tal der Fastenbecke in Schwelm-Süd) durch eine erhöhte Oberflächenrauigkeit aus. Erhöhte Rauigkeitswerte bedingen in der Regel eine Verringerung der Windgeschwindigkeit gegenüber dem unbebauten Umland und können somit negative Auswirkungen auf die Durchlüftung zur Folge haben.

Insgesamt zeichnet sich das Stadtgebiet von Schwelm durch eine relativ hohe Reliefenergie und stark ausgeprägte geomorphologische Strukturen aus. Die Oberflächenrauigkeit zeigt eine stark heterogene Ausprägung im Stadtgebiet mit geringen Werten im Norden und Südosten sowie erhöhten Werten im Zentrum und in den Waldgebieten.



Karte 2-1: Geländehöhen im Stadtgebiet von Schwelm (Daten: DGM 2015)



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

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 Schwelm sowie deren Flächengrößen (Stand 31.12.2015). Dabei wird deutlich, dass 39,3 % des Stadtgebietes durch bebaute Flächen oder Verkehrsflächen überprägt sind. Während landwirtschaftliche Flächen ebenfalls einen relativ hohen Anteil mit 33,3 % und Waldflächen mit 23,8 % an der Gesamtfläche besitzen, weisen Erholungsflächen (2,3 %) und Wasserflächen (0,4 %) sehr geringe Flächenanteile auf (IT.NRW 2018).

Bei einer näheren Betrachtung der zeitlichen Entwicklung der Flächennutzungsstrukturen fällt auf, dass in den Jahren 2004 bis 2015 die bebauten Flächen nur leicht zugenommen haben und die Freiflächen dementsprechend nur leicht abgenommen haben. Die Unterschiede liegen bei weniger als 30 Hektar (ha), wobei die größte Zunahme mit +28 ha bei den Gebäudeflächen entstanden ist und die größte Abnahme mit -9 ha die Erholungsflächen erfahren haben (IT.NRW 2018).

Tab. 2-2: Anteile der Nutzungsarten an der Gesamtfläche des Stadtgebietes von Schwelm sowie deren Flächengröße (Stand: 31.12.2015; IT.NRW 2018)

Nutzungsart	Fläche in ha	Anteil in %
Gebäude- und Freifläche, Betriebsfläche	604	29,5
Erholungsfläche, Friedhofsfläche	46	2,3
Verkehrsfläche	201	9,8
Landwirtschaftsfläche	682	33,3
Waldfläche	488	23,8
Wasserfläche	8	0,4
Moor, Heide, Unland	18	0,9
Flächen anderer Nutzung	1	0,1
insgesamt	2.049	100,0

Die räumliche Verteilung der unterschiedlichen Flächennutzungsarten im Stadtgebiet weist entsprechend der Tallage ein dreigeteiltes Blockmuster der Frei- und Siedlungsflächen auf. Im nördlichen Teil des Stadtgebietes überwiegen Freiflächen mit einzelnen zusammenhängenden Baublöcken. Das Zentrum spiegelt das Tal wider, mit einem großen zusammenhängenden Gewerbegebiet im nördlichen Zentrum und überwiegend Wohnbebauung im südli-

chen Teil des Stadtkerns. Südlich schließt sich daran ein Mischbereich aus Frei- und Waldflächen an. Die Naturschutzgebiete „Tal der Wolfsbecke“ und „Tal der Fastenbecke“ bilden das größte zusammenhängende Waldstück in Schwelm.

Das Stadtzentrum besitzt einen nahezu nahtlosen Übergang der bebauten Flächen zu den benachbarten Siedlungsbereichen von Langerfeld-Beyenburg in Wuppertal sowie Oelkinghausen und Büttenberg in Ennepetal. Im Bereich der nördlichen und südlichen Freiland- und Waldflächen schließen sich überwiegend auch weitere Freiland- und Waldbereiche der benachbarten Städte an.

Die zahlreichen Gewerbegebiete, die sich zu einer großen zusammenhängenden Gewerbefläche zusammenschließen, befinden sich im nördlichen zentralen Stadtbereich. Viele der Unternehmen können der Einzelhandel-, Logistik- oder Baubranche zugeordnet werden. Einen großen Teil der zentralen Gewerbefläche nehmen die Hallen der Gomolzig Flugzeug- und Maschinenbau GmbH und im Nordosten der Gewerbefläche der Schrotthandel Fritz Eckardt K.G. ein. Darüber hinaus sind weitere kleinere Gewerbeansiedlungen in den Stadtteilen Linderhausen (Wilkes GmbH Kunststoffe, Abfallentsorgung Schmidt & Geitz GmbH & Co. KG) und Schwelm-Süd entlang der Wupper (Baugewerbe) vorzufinden.

Die beiden einzigen Industrieflächen befinden sich in Schwelm-West mit unterschiedlichen Firmen, die vorwiegend im Metallgewerbe tätig sind (z.B. Klophaus Carl Schwelm GmbH & Co. KG, Hartchrom Beuthel GmbH, etc.).

Das Stadtgebiet von Schwelm wird nur von wenigen wichtigen Verkehrsverbindungen mit überregionaler Funktion durchzogen, die einen Einfluss auf die lufthygienische Situation im Stadtgebiet haben. Im äußersten Nordwesten des Stadtgebietes verläuft die Autobahn 1 in Nord-Süd-Richtung mit der an das Stadtgebiet angrenzenden Anschlussstelle Wuppertal-Langerfeld. Zusätzlich durchzieht die Bundesstraße 483 in Nordwest-Südost-Ausrichtung das Stadtgebiet. Die Hauptbahntrasse mit dem Bahnhof Schwelm-West und dem Hauptbahnhof Schwelm erstreckt sich entlang der Talsohle in West-Ost-Richtung.

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 Schwelm erfolgt anhand der Klimaanalysekarte in Kapitel 4.

Im Folgenden werden die einzelnen Klimatope kurz beschrieben und eine regionale Einordnung der Stadt Schwelm 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 Flächen 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 klimameliorierenden Wirkung auf die angrenzenden Siedlungsflächen ist dabei von der Flächengröße der Grünfläche sowie der Beschaffenheit der Randbebauung abhängig.

Gewässer-/Seeklima

Das Gewässer- bzw. Seeklima 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 Schwelm anhand der Regionalen Klimatopkarte

In den Darstellungen der räumlichen Verteilung der Klimatope werden diese vereinfacht scharf voneinander abgegrenzt. In Wirklichkeit sind die Übergänge zwischen den Klimatopen fließend und nicht kategorisch festgelegt. Die Klimatope stellen erste Hinweise auf die klimatischen Eigenschaften der einzelnen Flächen dar. Dabei bezieht sich die Ausweisung auf die Bedingungen, die sich bei austauscharmen Strahlungswetterlagen einstellen, da hier die mikroklimatischen Ausprägungen zwischen unterschiedlichen Flächennutzungen am stärksten hervortreten. Abbildung 2-4 zeigt die räumliche Verteilung der unterschiedlichen Klimatope in der Metropole Ruhr auf.

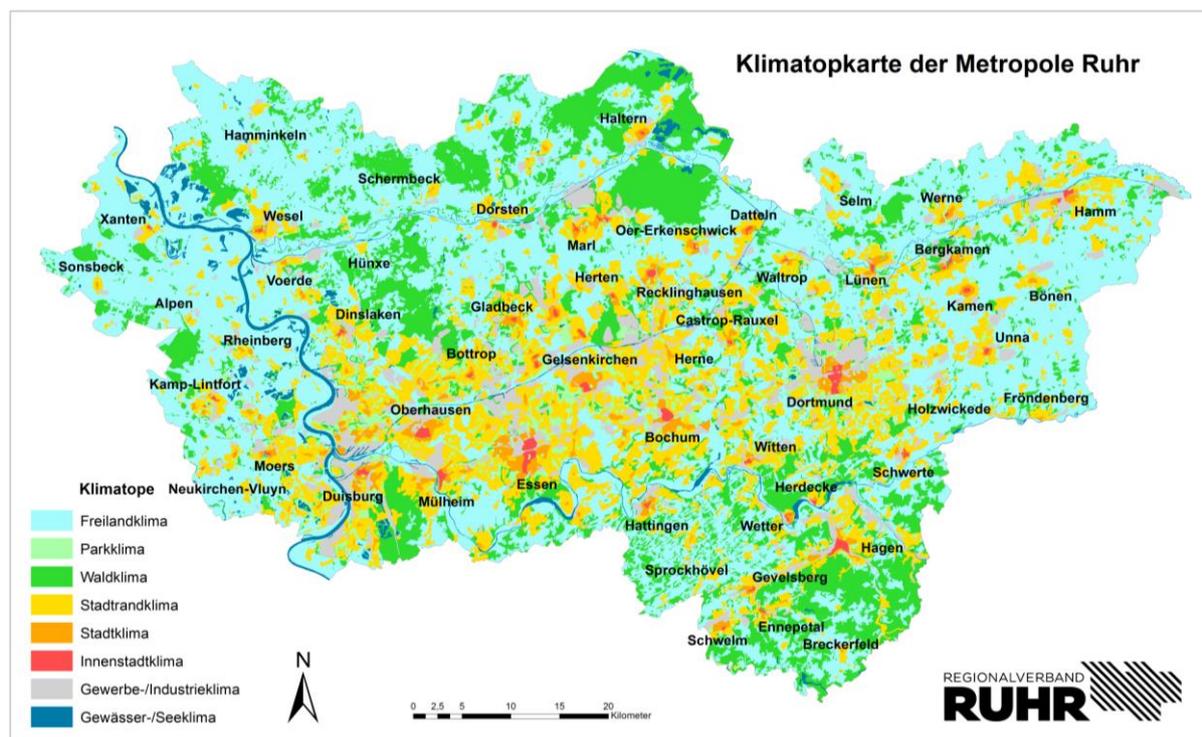


Abb. 2-4: Regionale Klimatopkarte der Metropole Ruhr (2013)

Es wird deutlich, dass die Außenbereiche der Metropolregion Ruhr (Kreis Wesel, Kreis Unna, Ennepe-Ruhr-Kreis und die nördlichen Bereiche des Kreises Recklinghausen) durch weitläufige und zusammenhängende Freiland- bzw. Waldklimatope geprägt sind, während der Kernbereich des Ruhrgebietes, bedingt durch die starke Überbauung, die städtischen Klimatope (Stadtrand-, 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. Bochum, Dortmund, Essen, Oberhausen) wesentlich ausgeprägter. Insbesondere aufgrund der fließenden 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 Schwelm ist regional dem südöstlichen Rand des Ruhrgebietes zugehörig. Große Bereiche nördlich und südlich des Stadtzentrums sind dem Freiland- oder Waldklimatop und somit klimatischen Ausgleichsflächen zuzuordnen. Die klimatischen Lasträume beschränken sich nahezu ausschließlich auf den Kernbereich des Stadtgebietes (Gewerbeflächen und bebaute Flächen). Die Ausprägung eines Innenstadtklimas ist lediglich auf einen kleinen Bereich des Stadtbezirks Schwelm-Mitte beschränkt, während weite Teile der Siedlungsgebiete von Schwelm dem Stadt- und Stadtrandklimatop zugeordnet werden können.

3 Flächenhafte Ausprägung ausgewählter Klimatelemente

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

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

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

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

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

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

3.1 Bodennahe Lufttemperatur und nächtliche Abkühlungsrate

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

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

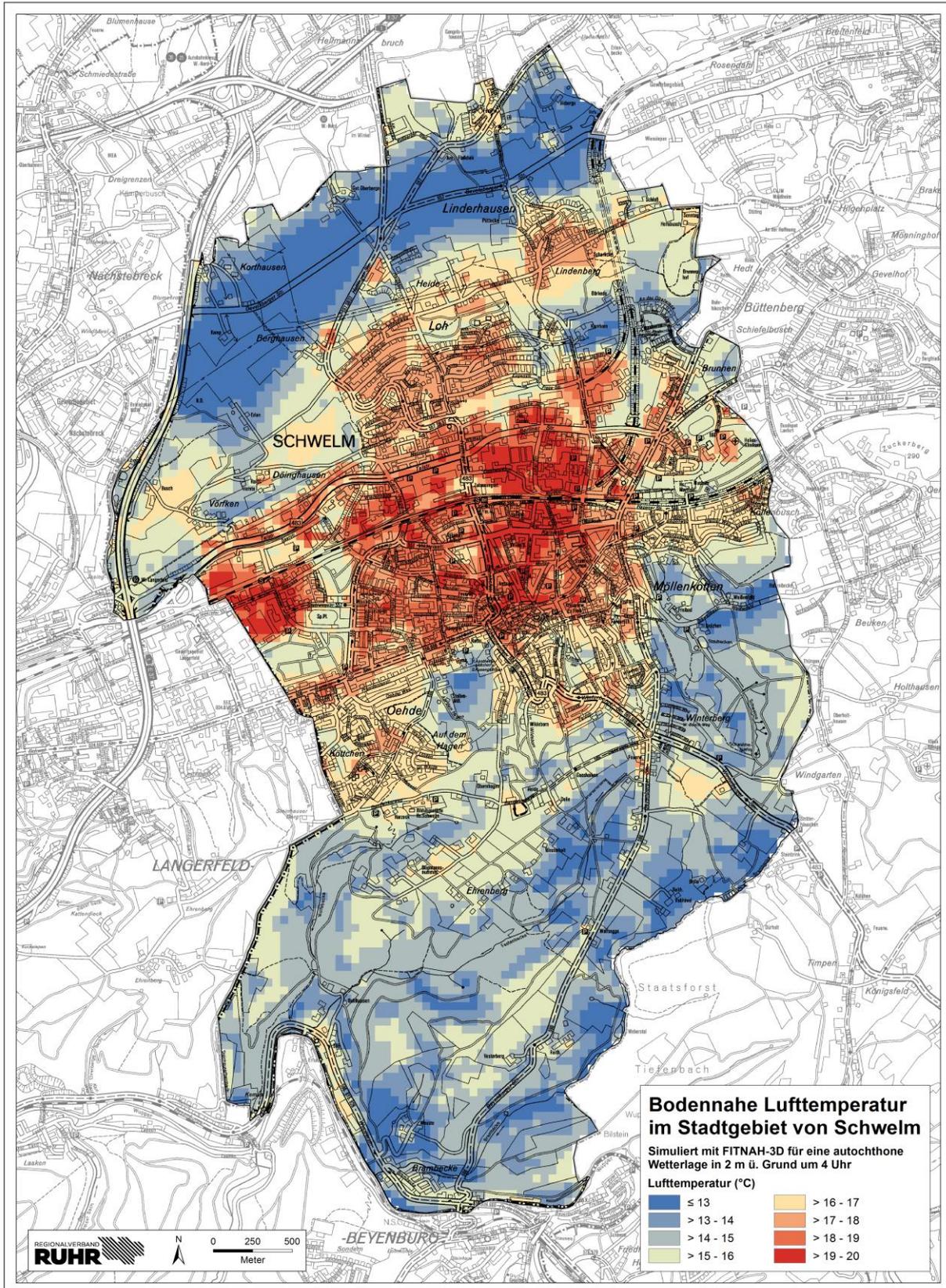
Eine Sonderstellung nehmen Wald- und Gewässerflächen ein. Der gedämpfte Tagesgang der Lufttemperatur im Wald beruht auf dem zweischichtigen Strahlungsumsatz zwischen Atmosphäre und Kronendach sowie zwischen Kronendach und Stammraum. Größere Wald-

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

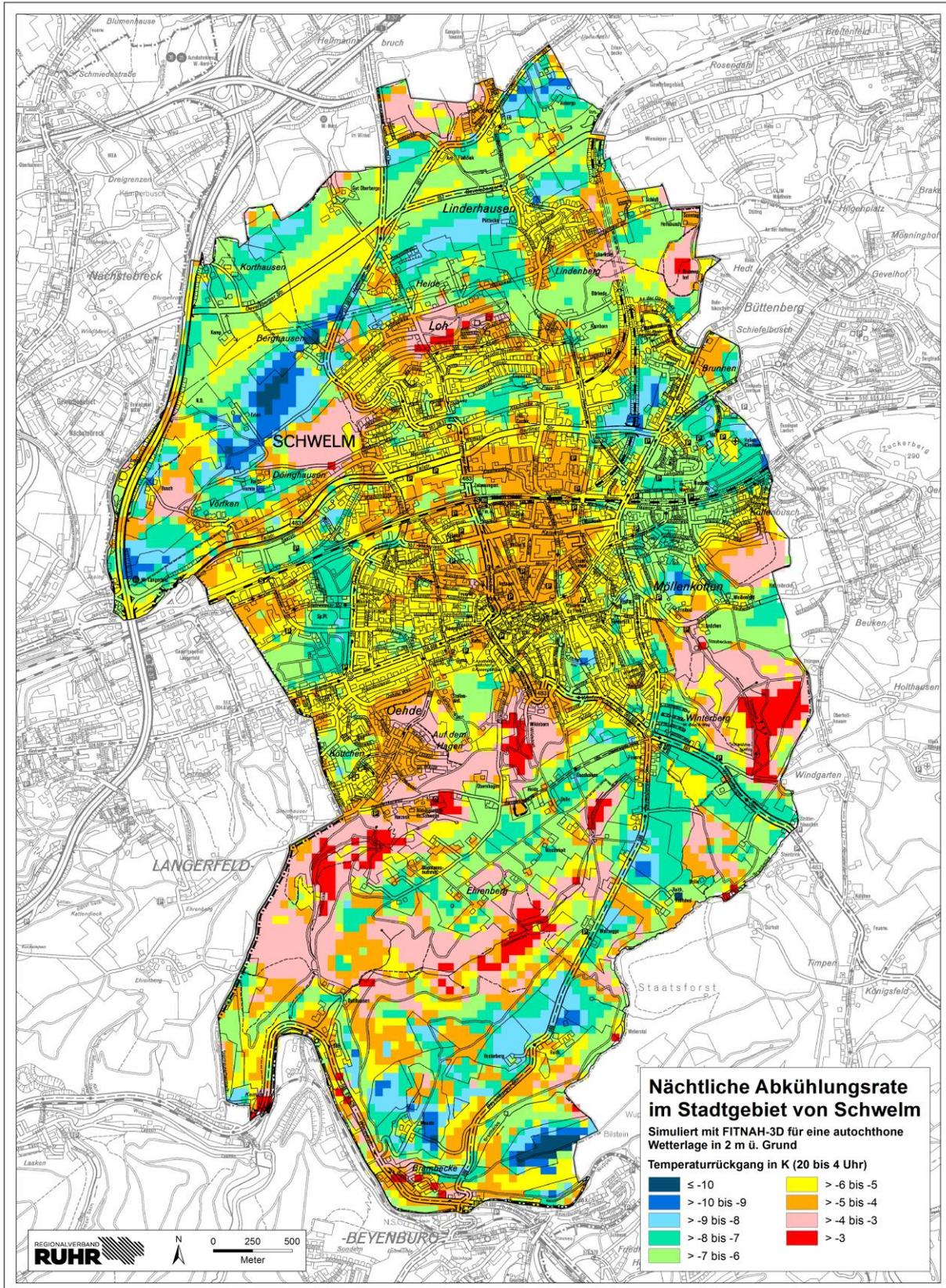
Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, Bereiche mit potenziellen bioklimatischen Belastungen abzugrenzen, Aussagen zum Auftreten thermisch und/oder orographisch induzierter Ausgleichsströmungen zu treffen und die räumliche Ausprägung und Wirksamkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen abzuschätzen. Karte 3-1 zeigt die mit FITNAH-3D simulierte flächenhafte Verteilung der bodennahen Lufttemperatur in 2 Meter über Grund für eine sommerliche austauscharme Strahlungswetterlage zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens. Die mittlere Temperatur im Stadtgebiet von Schwelm liegt bei 15,4 °C. Dabei umfasst das sich nächtlich einstellende Temperaturfeld Werte zwischen 12,0 °C und 19,9 °C und weist somit eine maximale Stadt-Umland-Differenz von 7,9 K auf. Die höchsten Temperaturen im Stadtgebiet treten im Stadtzentrum von Schwelm sowie innerhalb des nördlich der Bahnstrecke angrenzenden Gewerbegebietes im Bereich um die Loher Straße und im Gewerbegebiet Graslake auf. In den weiteren Gewerbebereichen sowie in weiten Teilen der Schwelmer Wohngebiete werden überwiegend Werte von 17 °C bis 19 °C erreicht. Die zu meist aufgelockerte Bebauung der Siedlungsränder beispielsweise von Lindenberg und Loh sowie Großteile der Siedlungsbereiche von Möllenkotten, Oehde und südlich des Westfalendamm im Stadtteil Mitte weisen mit 16 °C bis 18 °C ein geringeres Temperaturniveau auf, was auf den vergleichsweise geringen Überbauungsgrad, einen höheren Grünflächenanteil sowie der räumlichen Nähe zum unbebauten Umland zurückzuführen ist. Die niedrigsten Temperaturen sind mit etwa 12 °C bis 15 °C über den ausgedehnten landwirtschaftlich genutzten Arealen im nördlichen und südöstlichen Stadtgebiet von Schwelm zu verzeichnen, was in ihrer starken langwelligen Ausstrahlung nach Sonnenuntergang begründet liegt. Dabei werden die vergleichsweise höheren Temperaturen über landwirtschaftlichen Flächen in den höheren Lagen erreicht, während landwirtschaftliche Flächen in Tallagen geringe Lufttemperaturen aufweisen. Dies ist auf ein nächtliches Abfließen lokalgebildeter Kaltluftmassen von den landwirtschaftlichen Flächen in den höheren Lagen begründet, wodurch in diesen Bereichen sogenannte warme Kuppelzonen entstehen können (z.B. im Bereich Ehrenberg und Winterberg), während Zufluss kühler Luftmassen über landwirtschaftlichen Freiflächen in Tallagen zu Kaltluftansammlungen führen kann (z.B. im Norden von Lindehausen entlang der Gevelsberger Straße). Waldgebiete besitzen grundsätzlich ein etwas höheres Temperaturniveau von 15 °C bis 17 °C, da das Kronendach eine nächtliche Ausstrahlung und damit auch ein stärkeres Absinken der bodennahen Lufttemperatur im Stammraum einschränkt. Insbesondere im Schwelmer Süden sind jedoch auch Waldgebiete mit Temperaturwerten zwischen etwa 13 °C bis 15 °C zu verzeichnen. Hierbei handelt vor allem um Waldgebiete,

die ebenfalls reliefbedingte Kaltluftzuflüsse erfahren, wie etwa in den Tälern der Wolfsbecke, Fastenbecke und Brambecke. Verglichen mit den weitläufigeren Freiräumen des Umlandes weisen die innerstädtischen Grünflächen, abhängig von ihrer Größe und Form, höhere Werte auf, welche zumeist ebenfalls zwischen 15 °C und 17 °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. In Innenstadtnähe weisen nur die Gebiete des Kleingartenvereins der Gartenfreunde e.V., des südlich angrenzenden Sportplatzes und des Friedhofes Oehde in Schwelm-West einen größeren Temperaturunterschied innerhalb des Stadtzentrums auf. In diesem Bereich werden bei einem Temperaturniveau von etwa 15 bis 16 °C bis zu 5 K geringere Temperaturen als in der näheren Umgebung berechnet. Auffällig sind auch einzelne Talmulden in Vörfken, Loh, Möllenkotten und im südwestlichen Schwelm-Mitte, wo Temperaturunterschiede von bis zu über 6 K innerhalb weniger hundert Meter zu verzeichnen sind.

Die oben beschriebenen Zusammenhänge werden zudem in der nächtlichen Abkühlungsrate deutlich. Den Rückgang der bodennahen Lufttemperatur (in Kelvin) von 20 Uhr abends bis 4 Uhr morgens zeigt die Karte 3-2. Durchschnittlich beträgt die nächtliche Abkühlungsrate bei sommerlichen Strahlungswetterlagen etwa 5,8 K innerhalb des Stadtgebietes von Schwelm. Dabei geht die Lufttemperatur insbesondere in der Stadtmitte sowie in den stark versiegelten Gewerbebereichen nur um 4 bis 5 K zurück, während über landwirtschaftlichen Flächen hingegen bis zu mehr als 10 K Abkühlung erreicht werden können. Diese sich besonders stark abkühlenden Bereiche liegen insbesondere westlich von Loh und östlich von Brambecke, wobei beide Bereiche landwirtschaftliche Freiflächen in Hanglage darstellen. Die Abkühlung der Waldflächen kann dagegen weniger als 2 K betragen, was auf den gedämpften Tagesgang der Lufttemperatur im Stammraum zurückzuführen ist. Über Wasserflächen kann es sogar zu einer Stagnation der Temperatur kommen. Diese Gebiete sind in der Karte 3-2 anhand der roten Farbe (Rückgang um weniger als 3 K) besonders gut zu erkennen (z.B. Tal der Wolfsbecke, Tal der Fastenbecke, das Waldgebiet an der Schwelme sowie die Waldgebiete in Vörfken und Loh, Teile der Wupper im Süden).



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



Karte 3-2: Nächtliche Abkühlung (20 - 4 Uhr) der Lufttemperatur in 2 m über Grund im Stadtgebiet von Schwelm

3.2 Autochthones Windfeld

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

Bei sommerlicher autochthoner Strahlungswetterlage und somit nur sehr schwachem übergeordneten Windfeld können 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 abwärtsgerichtete Strömungen ein. Da hangnahe Luftmassen durch die nächtliche Ausstrahlung der Oberflächen stärker abkühlen als die freie Luft in gleicher Höhe und somit eine höhere Dichte aufweisen, fließt die kühlere bodennahe Luft hangabwärts. Die Ausprägung dieses kleinräumigen Phänomens wird in erster Linie durch das Temperaturdefizit zur umgebenden Luft und durch die Neigung des Geländes bestimmt (Moser et al. 1999).

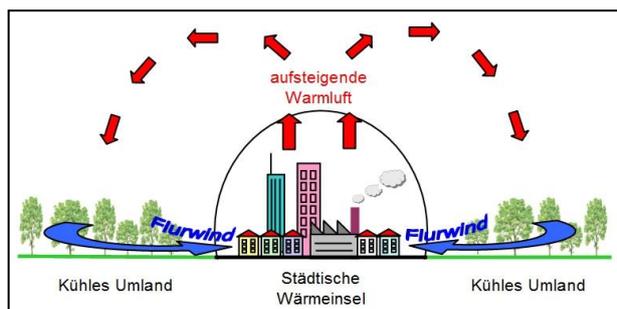


Abb. 3-1: Prinzip des Flurwindes

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 -

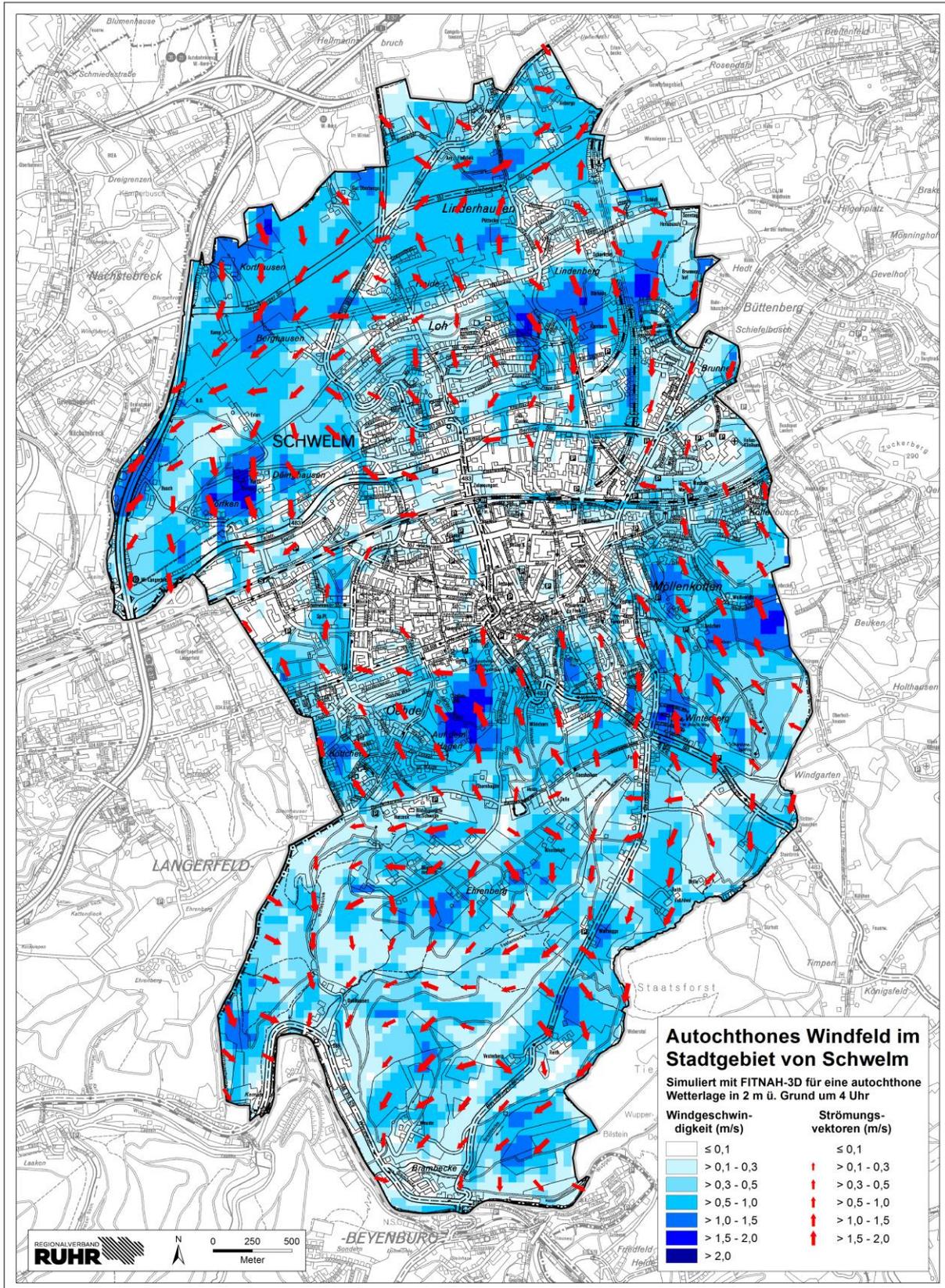
gegenüber dem Umland ein lokales thermisches Tief im städtischen Bereich entwickelt. Der resultierende Druckgradient kann daraufhin durch einströmende kühlere Luftmassen aus dem Umland ausgeglichen werden (vgl. Abb. 3-1). Flurwinde sind oftmals nur schwach ausgeprägt, lediglich wenige Meter mächtig und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

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

Karte 3-3 zeigt das bodennahe autochthone Windfeld in 2 Meter über Grund im Stadtgebiet von Schwelm für eine sommerliche Strahlungswetterlage zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens mit der Windgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde. Die Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb des Stadtgebietes reichen von vollkommener Windstille bis zu Maximalwerten von 2,0 m/s. Dabei konnten Windgeschwindigkeiten von mehr als 1 m/s lediglich in mehreren kleineren Bereichen über (landwirtschaftlichen) Freiflächen simuliert werden, wie etwa im Bereich auf dem Hagen, in Möllenkotten, Winterberg, südlich von Lindenberg und nördlich von Vörfken. Es wird deutlich, dass diese Bereiche zumeist in Hanglagen angrenzend an den weitestgehend geschlossenen Siedlungskörper im Schwelmetal gelegen und die Strömungsvektoren reliefbedingt zumeist in Richtung der Siedlungsbereiche ausgerichtet sind. Innerhalb der Siedlungsbereiche stellen sich die simulierten Windgeschwindigkeiten aufgrund der bremsenden Wirkung der Bebauung jedoch stark reduziert dar. Insbesondere die Bebauung zwischen der Talstraße bzw. der Berliner Straße im Norden und der Hauptstraße im Süden weist sehr geringe Werte der Windgeschwindigkeit von unter 0,3 m/s auf. Hieran wird bereits deutlich, dass die Versorgung des Schwelmer Zentrums und der angrenzenden Gewerbegebiete mit kühlen und frischen Luftmassen aus dem Umland während austauscharmer Strahlungswetterlagen vielerorts lediglich stark eingeschränkt erfolgt.

Daher kommt den Luftaustauschbereichen an den Siedlungsrändern eine besondere stadtplanerische Bedeutung zu, da sie Kaltluftentstehungsgebiete und Belastungsbereiche miteinander verbinden. Als geeignete Oberflächenstrukturen, die ein Eindringen von Frisch- und Kaltluft in die Bebauung erleichtern, dienen sowohl vegetationsgeprägte Freiflächen, Kleingärten und Friedhöfe als auch Gleisareale und breite Straßenräume.



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

3.3 Kaltluftvolumenstrom

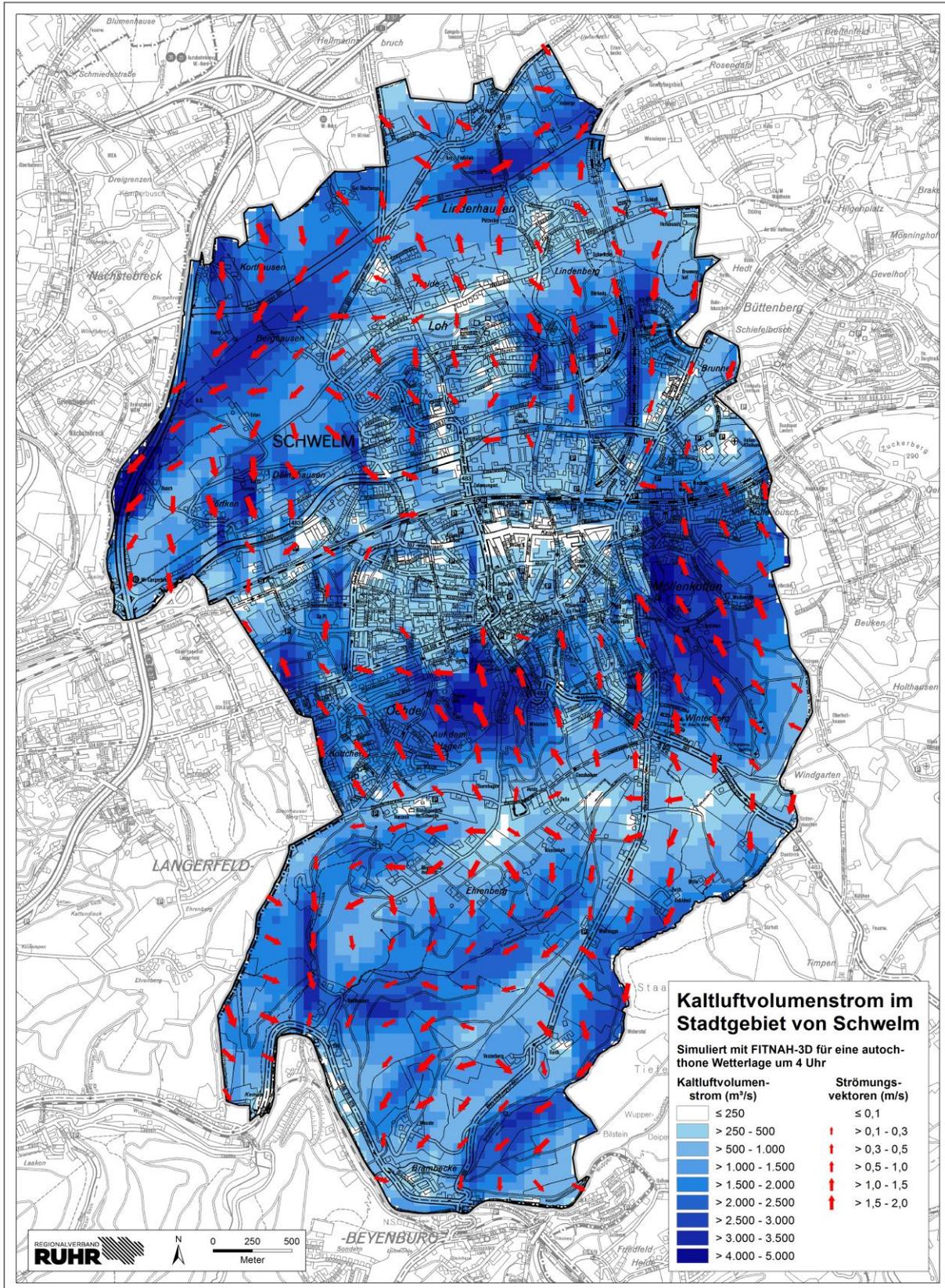
Die potenzielle Ausgleichsleistung einer Grün- bzw. Freifläche bezüglich der Wärme- und Schadstoffbelastung in Siedlungsbereichen ist nicht allein von der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung (autochthones Windfeld) abhängig, sondern wird zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit (d.h. durch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

Karte 3-4 zeigt die flächenhafte Verteilung des Kaltluftvolumenstroms in Kubikmeter pro Sekunde (m^3/s) und die Strömungsvektoren in Meter pro Sekunde (m/s) im Stadtgebiet von Schwelm um 4 Uhr morgens. Die Klassifizierung des Volumenstroms orientiert sich dabei am auftretenden Wertespektrum innerhalb des Untersuchungsgebietes von Schwelm, welches ein Maximum von $4.662 \text{ m}^3/\text{s}$ aufweist. Die Werte des Kaltluftvolumenstroms stehen in Abhängigkeit vom Relief und der Flächennutzung, insbesondere dem Bebauungsgrad. Bezüglich des Reliefs fällt auf, dass die Höhenlagen selbst bei landwirtschaftlicher Freilandnutzung relativ geringe Werte für den Kaltluftvolumenstrom aufweisen. Aufgrund der Kuppensituation erfolgt in diesen Bereichen zumeist ein dem Relief folgendes radiales Abfließen der lokal gebildeten kühlen Luftmassen. Dies bedeutet, dass der Kaltluftmassentransport ausgehend von diesen Flächen in Gang gesetzt wird und daher auf den Kuppen selbst noch geringe Volumenströme herrschen, die Werte aber dann im Bereich der angrenzenden Hanglagen und in den Tälern ansteigen. Dies ist insbesondere im Süden von Schwelm zu beobachten, wo im Bereich der landwirtschaftlichen Flächen in den Höhenlagen rund um den Ehrenberg, Vesterberg und Winterberg vergleichsweise geringe Kaltluftvolumenströme unter $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ auftreten, während die Werte in den Tälern von Wolfsbecke, Fastenbecke und Brambecke teilweise über $3.000 \text{ m}^3/\text{s}$ betragen. Noch höhere Werte und auch eine größere flächenhafte Ausprägung nehmen die Kaltluftvolumenströme ausgehend von den vorgenannten Höhenlagen in Richtung des Stadtzentrums, insbesondere im Bereich Auf dem Hagen und in Möllenkotten, ein. Hier weisen die Kaltluftvolumenströme auch innerhalb der angrenzenden Bebauung in Möllenkotten, Oehde und südlich der Altstadt noch hohe Kaltluftvolumenströme auf. Die Relevanz innerstädtischer Grünflächenvernetzungen und deren Anbindung an Freiflächen des Umlandes zur Versorgung überwärmter Siedlungsbereiche mit Kaltluft wird anhand

des Friedhofes in Verbindung mit dem angrenzenden Sportplatz und der Kleingartenanlage in Schwelm-West sowie des Grünverbundsystems im Bereich der Sophien- und Wilhelmshöhe im Schwelm-Mitte deutlich.

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. Aufgelockerte Siedlungen mit landwirtschaftlich geprägtem Umfeld, wie die Siedlungsbereiche von Möllenkotten und Oehde, können dabei vollständig von Kaltluftmassen durchströmt werden, was dazu führt, dass diese eine weniger starke nächtliche Überwärmung aufweisen. Hingegen weisen das Stadtzentrum, die angrenzenden Gewerbegebiete sowie große Bereiche der Bebauung von Loh und Linderhausen während austauscharmer Strahlungsnächte vergleichsweise geringe Volumenströme auf und sind daher nicht ausreichend mit Kaltluft versorgt. Während in Loh und Linderhausen eine weitestgehend aufgelockerte und gut durchgrünte Bebauungsstruktur vorherrscht, resultiert die fehlende Kaltluftversorgung insbesondere im hochversiegelten Stadtzentrum und den angrenzenden Gewerbegebieten in einer stärkeren nächtlichen Überwärmung (vgl. auch Karte 3-1) und ist somit aus klimaökologischer Sicht als problematischer zu beurteilen.

In den Talbereichen im Norden von Linderhausen entlang der Gevelsberger Straße werden wiederum hohe Werte für den Kaltluftvolumenstrom erreicht.



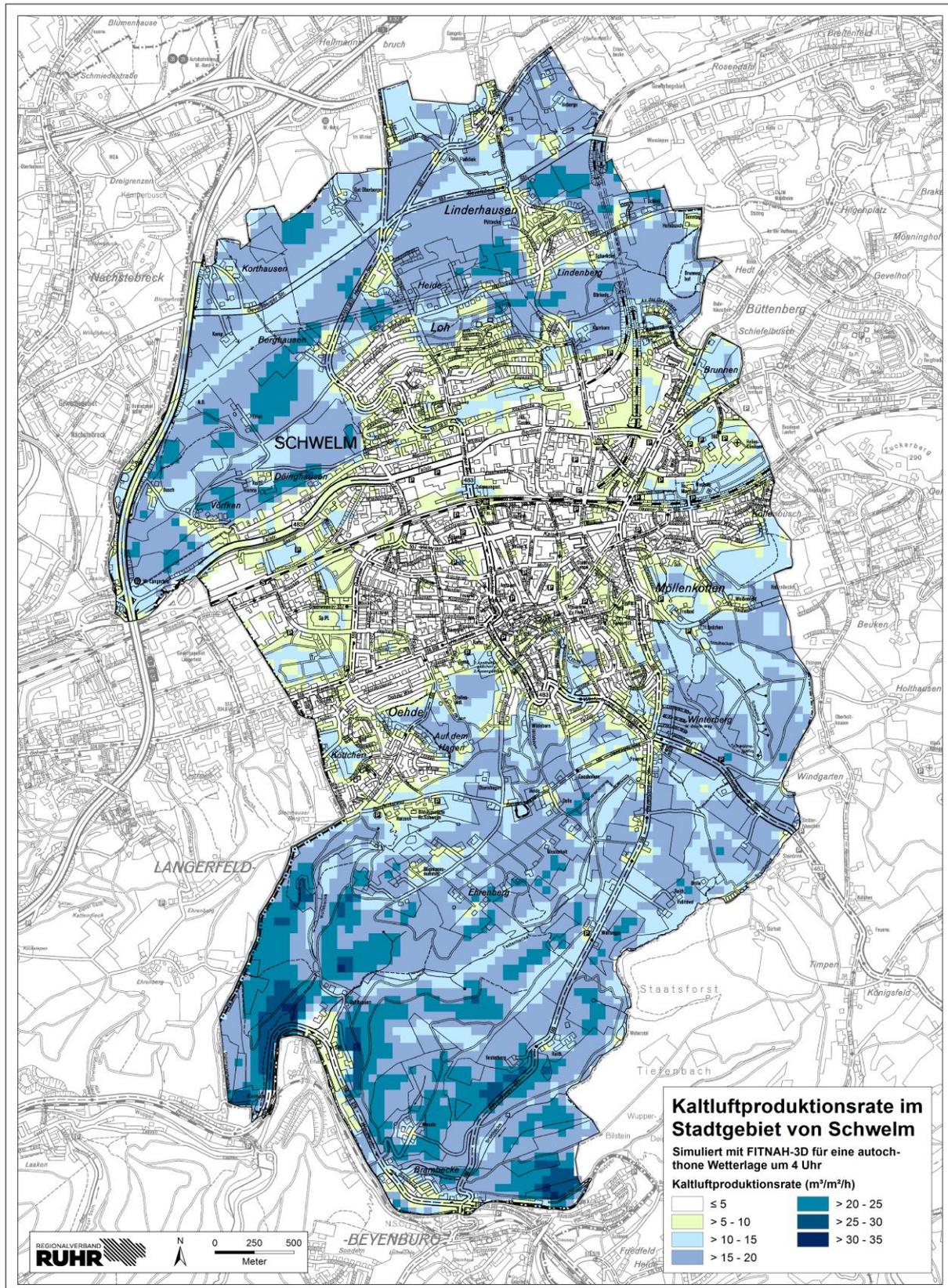
Karte 3-4: Kaltluftvolumenstrom im Stadtgebiet von Schwelm um 4 Uhr

3.4 Kaltluftproduktionsrate

Neben der Geschwindigkeit und der Mächtigkeit von Kaltluftmassen stellt die Kaltluftproduktivität einer Fläche eine wichtige Größe dar. Die Kaltluftproduktionsrate beschreibt die Menge der sich innerhalb einer Stunde pro Quadratmeter relativ zu ihrer Umgebung abkühlenden Luft über einer Fläche. Einige landnutzungstypische Charakteristika der Kaltluftentstehung wurden bereits in den vorangestellten Kapiteln erläutert. Im Allgemeinen hängt die Rate der Kaltluftentstehung über einer Freifläche von meteorologischen Größen (v.a. der Einstrahlung), dem Relief (Exposition, Geländeneigung) sowie von der Lage des betreffenden Kaltluftentstehungsgebietes im thermisch differenzierten Mosaik angrenzender Flächen ab. Entscheidend sind allerdings auch 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 in Karte 3-5 dargestellte Kaltluftproduktivität in Kubikmeter pro Quadratmeter und Stunde ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$) spiegelt die Verteilung der Grünflächen einerseits und der Siedlungsbereiche andererseits wider. Die resultierenden Ergebnisse der FITNAH-Analyse umfassen für das Stadtgebiet von Schwelm ein Wertespektrum von 2,8 bis 33,3 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$. Dabei sind über den landwirtschaftlichen Flächen und den Waldflächen sowohl im Norden als auch im Süden des Stadtgebietes verbreitet Kaltluftproduktionsraten von über 15 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ zu beobachten. Die höchsten Werte der Kaltluftproduktion mit mehr als 25 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ werden vornehmlich im Bereich einzelner Hanglagen im Süden des Stadtgebietes erreicht. Während größere innerstädtische Grünflächen (z.B. Friedhof Oehde) oder auch Brachflächen noch Werte von 10 bis 15 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ aufweisen, können die bebauten Bereiche lediglich bei stark aufgelockerter Bauungsstruktur und hohem Grünflächenanteil vereinzelt noch geringe Werte von 5 bis 10 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ aufweisen. Weite Teile der Siedlungsbereiche tragen jedoch aufgrund der Überbauung in keinem nennenswerten Maße zur Kaltluftproduktion bei. 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 & Kuttler 2006).

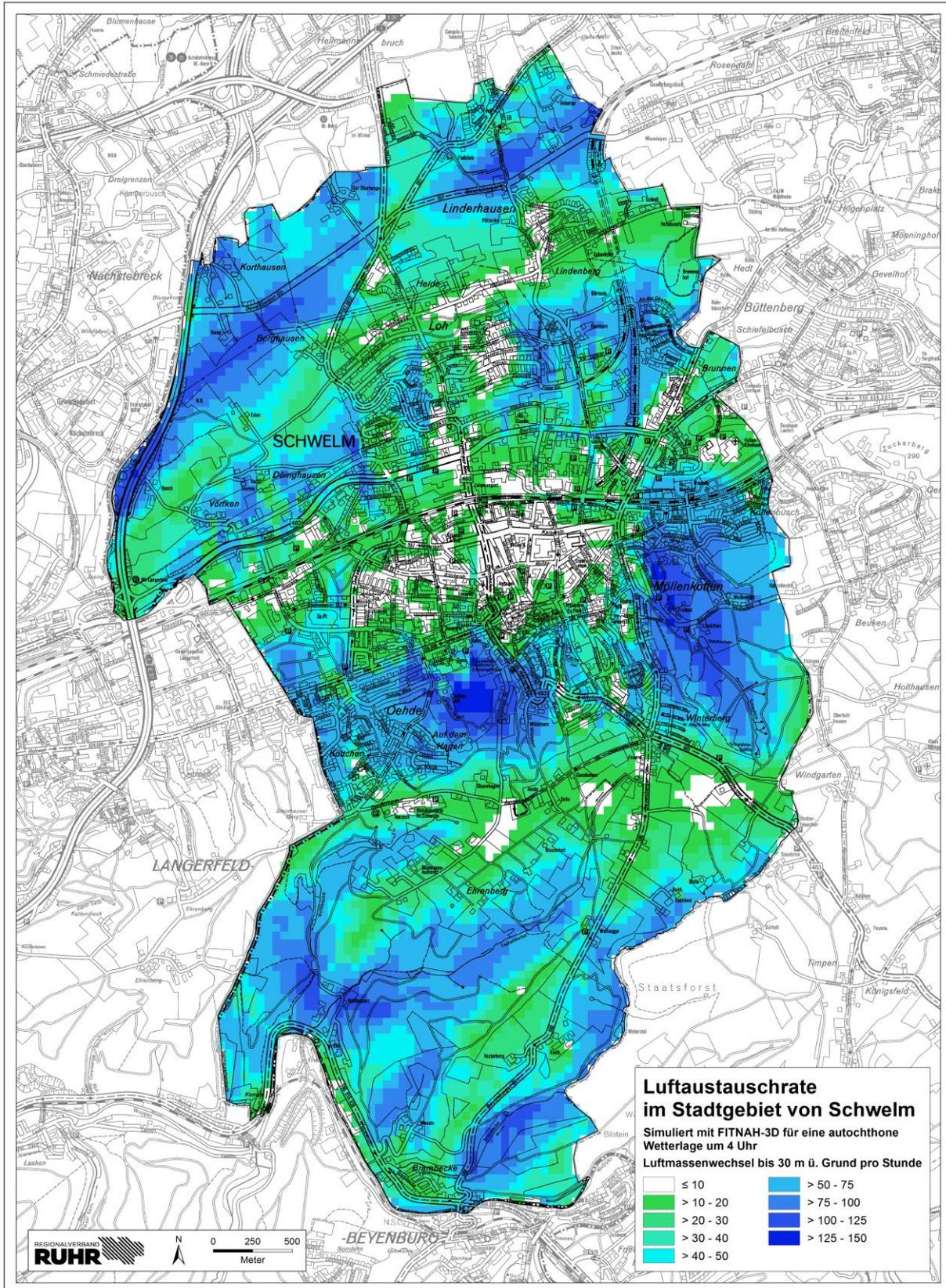


Karte 3-5: Kaltluftproduktionsrate im Stadtgebiet von Schwelm um 4 Uhr

3.5 Luftaustauschrate

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

Die räumliche Ausprägung der Luftaustauschrate korrespondiert weitestgehend mit der des Kaltluftvolumenstroms. Demnach sind die höchsten Werte der Luftaustauschrate mit teilweise über 75-mal pro Stunde im Bereich der Kaltluftabflüsse über den Landwirtschaftsflächen im Norden und den Freiflächen südlich des Stadtzentrums sowie entlang der Taleinschnitte im Süden (vgl. Karte 3-6) zu verzeichnen. Die Bereiche des unbebauten Umlandes (Grün-, Frei- und Waldflächen) in den Höhenlagen (Kuppenzonen) nehmen Werte zwischen 10 und 40 für den Luftmassenwechsel an. In den Siedlungsflächen geht die Luftaustauschrate aufgrund der abbremsenden Wirkung der Oberflächenstrukturen überwiegend auf weniger als 20-mal pro Stunde zurück. Insbesondere in Möllenkotten, Oehde, Teilen von Loh und an einigen Siedlungsrändern sind aber auch vergleichsweise hohe Werte von über 50-mal pro Stunde innerhalb der Bebauung zu verzeichnen. Da die Luftmassen in diesen Bereichen in der Regel aus dem unbebauten Umland in die Bebauung transportiert werden, ist davon auszugehen, dass es sich um kühle und weitestgehend unbelastete Luftmassen handelt, die daher einerseits zu einer Abkühlung der überwärmten Siedlungsbereiche beitragen und andererseits einen positiven Einfluss auf die Luftqualität ausüben können.



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

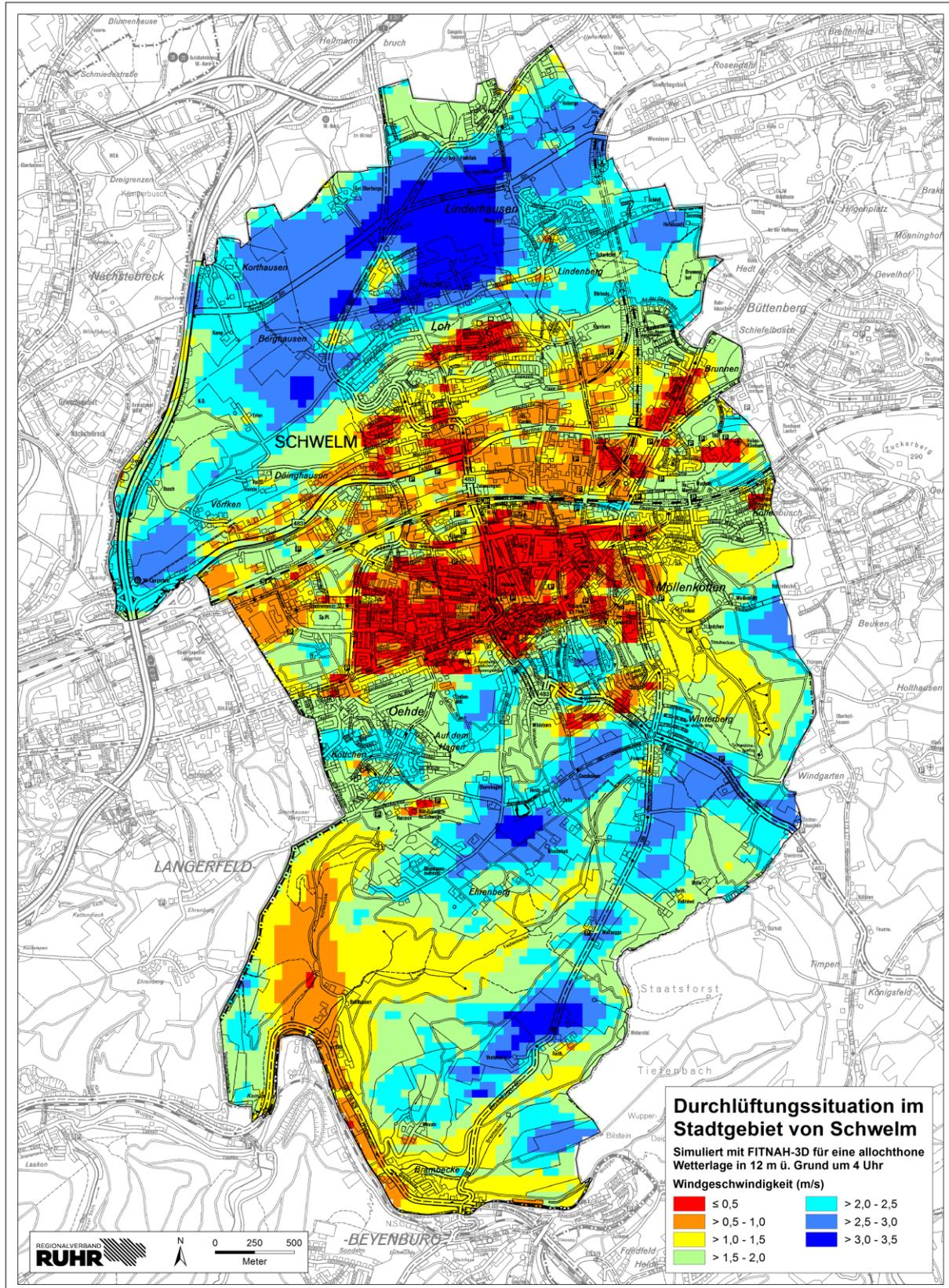
3.6 Durchlüftung

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

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

Die Karte 3-7 zeigt die Durchlüftungssituation in 12 Metern über Grund für das Stadtgebiet von Schwelm. Dabei werden der Zusammenhang zwischen baulicher Dichte und Windgeschwindigkeit innerhalb der Stadtstrukturen sowie der Einfluss des Reliefs auf das übergeordnete Windfeld deutlich. Es wird deutlich, dass im südlichen Stadtgebiet die höheren Windgeschwindigkeiten von über 2 m/s im Bereich der Höhen- und Hanglagen von Ehrenberg, Winterberg und Vesterberg auftreten. Die vergleichsweise engen Täler der Brambecke, Fastenbecke und Wolfsbecke weisen deutlich geringere Windgeschwindigkeiten auf. Insbesondere im Tal der Wolfsbecke wird das übergeordnete Windfeld stark reduziert, was in der Nord-Süd-Ausrichtung des Tals begründet liegt, welches somit quer zur simulierten Anströmung aus der Hauptwindrichtung West-Südwest verläuft. Im Norden des Stadtgebietes wird hingegen deutlich, dass eine breite Talsohle, welche in Hauptwindrichtung verläuft und vorwiegend aus raugkeitsarmen landwirtschaftlichen Flächen besteht, eine Luftleitfunktion ausüben kann. Im Tal von Linderhausen werden fast ausschließlich Windgeschwindigkeiten zwischen 2,0 und 3,5 m/s simuliert. Sehr geringe Windgeschwindigkeiten von weniger als 0,5 m/s treten hingegen in weiten Teilen des mit dichten Siedlungsbereichen stark baulich überprägten Tal der Schwelme auf, obwohl dieses ebenfalls in Hauptwindrichtung verläuft.

In Verbindung mit den Simulationsergebnissen für das bodennahe Windfeld (Karte 3-3), dem Kaltluftvolumenstrom (Karte 3-4) und der Luftaustauschrate (Karte 3-6) ergeben sich Bereiche im Stadtgebiet, die einerseits eine Unterversorgung mit kühlen und unbelasteten Luftmassen während sommerlicher, austauscharmer Strahlungswetterlagen und andererseits zusätzlich allgemein eine ungünstige Durchlüftungssituation während allochthoner Wetterlagen aufweisen.



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

4 Klimaanalysekarte

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

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

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

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

Im Gegensatz zu lufthygienischen Parametern existieren für klimatische Kenngrößen keine rechtsverbindlichen Grenz- oder Richtwerte. Daher soll anhand der Klimaanalysekarte eine stadtklimatologische Bewertung formuliert werden, die als Grundlage für die Ausweisung von Planungshinweisen (siehe Kapitel 8) zur Erhaltung und Förderung günstiger klimatischer Verhältnisse auf der Ebene des gesamten Stadtgebietes sowie für einzelne Stadtteile 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 Schwelm anhand von Klimatopen. Klimatope bezeichnen räumliche Einheiten, die aufgrund vergleichbarer Eigenschaften bezüglich der Flächennutzung, der Bebauungsdichte, des Versiegelungsgrades, der Rauigkeit und des Vegetationsbestandes 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 Grenzziehungen aufgefasst werden.

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

Die **dritte Darstellungsebene** liefert Informationen zu den Luftaustauschverhältnissen im Stadtgebiet und zeigt das Auftreten von Luftleitbahnen sowie Bereiche 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:

Gewässer-/Seeklima

Wasserkörper zeichnen sich aufgrund ihrer hohen Wärmekapazität und der damit verbundenen thermischen Trägheit durch ausgeglichene klimatische Verhältnisse mit gedämpften 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



Abb. 4-1: Kleiner Stauteich der Schwelme

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.

Gewässer-/Seeklima	
klimatische Gunstfaktoren	klimatische Ungunstfaktoren
☺ geringe Oberflächenrauigkeit begünstigt die Belüftungsfunktion	☹ hohe Wärmekapazität der Wasserkörper bedingt eine nur geringe nächtliche Abkühlung
☺ reduzierte Erwärmung am Tage bei gleichzeitig erhöhter Verdunstung	☹ nächtliche Kaltluftmassen können beim Überströmen von Wasserflächen erwärmt werden
☺ geringe thermische und bioklimatische Belastung im Uferbereich	☹ bioklimatisch günstige Situation ist auf den Ufersaum beschränkt

Freilandklima

Dieser Klimatotyp stellt sich über landwirtschaftlichen Nutzflächen, Wiesen sowie Weiden und Brachflächen, bei denen der Versiegelungsgrad bei unter 10 % liegt, 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 raugkeitsarme 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 bzw. der Vegetation ab.



Abb. 4-2: Landwirtschaftliche Flächen in Linderhausen

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

Waldklima

Typische Ausprägungen des Waldklimas sind stark gedämpfte Tagesgänge der Lufttemperatur und -feuchte. Man spricht hier von einem Bestandsklima, welches sich infolge der verminderten Ein- und Ausstrahlung im Stammraum einstellt. Die Hauptumsatzfläche für energetische Prozesse ist in Waldbeständen im oberen Kronenraum anzutreffen, wo sich bei windschwachen Strahlungswetterlagen auch Kaltluftmassen bilden können, die bei ausreichender Reliefneigung eine



Abb. 4-3: Wald in Möllenkotten

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

Parkklima

Größere innerstädtische Parks, Friedhöfe und Kleingartenanlagen sind aufgrund der aufgelockerten Vegetationsstrukturen mit Rasenflächen (Versiegelungsgrad < 20 %) durch stärker ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur und -feuchte gegenüber der umliegenden Bebauung gekennzeichnet. Sowohl tagsüber als auch in der Nacht treten die Park- und Grünanlagen als Kälteinseln hervor und können somit als Kaltluftproduktionsflächen fungieren. Die klimameliorierende



Abb. 4-4: Park am Haus Martfeld

Wirkung ist zwar zumeist auf die Flächen selbst begrenzt („Oaseneffekt“), kann in Abhängigkeit von der Größe, der Struktur, der Reliefsituation sowie von der Vernetzung mit der angrenzenden Bebauung aber auch eine Fernwirkung ausüben. Die Kaltluftproduktion innerstädtischer Grünflächen kann daher der Entstehung großflächiger Wärmeinseln entgegenwirken. Diese Wirkung ist bereits bei kleineren Grünflächen nachzuweisen, insbesondere wenn diese innerhalb des Stadtgebietes vernetzt sind.

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

Vorstadtklima

Das Vorstadtklima bildet den Übergangsbereich zwischen den Klimaten der bebauten Flächen und den Klimaten des Freilandes. Charakteristisch für Flächen, die dem Vorstadtklima zugeordnet werden, sind in erster Linie eine Bebauungsstruktur mit Einzel- und Doppelhäusern von geringer Bauhöhe (ein- bis dreigeschossig) sowie ein geringer Versiegelungsgrad (i.d.R. 20-30 %) bzw. eine hohe Durchgrünung mit Wiesen, Baum- und Strauchvegetation. Dieser Klimatotyp ist



Abb. 4-5: *Bebauung mit ländlichem Umfeld am Höhenweg*

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 Klimatelemente Temperatur, Feuchte, Wind und Strahlung aus. Die Windgeschwindigkeit ist dabei niedriger als im Freiland, aber höher als in der Innenstadt.

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

Stadtrandklima

Das Stadtrandklima unterscheidet sich vom Vorstadtklima durch eine etwas dichtere Bebauung und einen geringeren Grünflächenanteil. Dennoch ist die Bebauungsstruktur, die von Einzelhäusern über Wohnblocks bis hin zu Blockbebauung reicht, dabei aber durch niedrige Bauhöhen (im Allgemeinen dreigeschossig, vereinzelt jedoch bis zu fünfgeschossig möglich) und noch relativ geringe Versiegelungsgrade (30-50 %) gekennzeichnet ist, als aufgelockert und durch-



Abb. 4-6: Lockere, durchgrünte Bebauung in Loh

grünt 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 Straßen mit Häuserschluchten vorhanden sein, durch die bei erhöhtem Verkehrsaufkommen (z.B. entlang von Ein- und Ausfallstraßen) und gleichzeitig geschlossenem Kronendach der Straßenbäume erhöhte Immissionen auftreten können.

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

Stadtklima

Kennzeichnend für das Stadtklima ist eine überwiegend dichte, geschlossene Zeilen- und Blockbebauung mit meist hohen Baukörpern (i.d.R. bis fünfgeschossig, vereinzelt auch höher) und engen Straßen mit vermehrt häuserschluchtartigem Charakter. Während austauscharmen Strahlungs Nächten kommt es bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad (50-70 %), die hohen Oberflächenrauigkeiten und die geringen Grünflächenanteile zu einer Zunahme der Überwärmung. Die



Abb. 4-7: Dichte Bebauung entlang der Bahnhofstraße

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.

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

Innenstadtklima

Kennzeichnend für das Innenstadtklimatop sind ein sehr hoher Versiegelungsgrad (> 70 %) sowie ein geringer Grünflächenanteil, der lediglich durch Einzelbäume im Straßenraum sowie kleine Rasenflächen, z.T. mit Strauchvegetation als Straßenbegleitgrün, charakterisiert ist. Die Bebauungsstruktur weist vorwiegend mehrgeschossige Baublöcke mit Verwaltungs-, Geschäfts- und Wohngebäuden auf, die sich zumeist als geschlossene Blockbebauung mit vereinzelt auftretenden Hochhäusern darstellt. Das Innenstadtklima weist dadurch die stärksten mikroklimatischen Veränderungen im Stadtgebiet auf. Hierzu zählt ein sehr stark ausgeprägter Wärmeinseleffekt, bedingt durch die Wärmespeicherfähigkeit der städtischen Oberflächen, und starke Windfeldveränderungen, die sich in straßenparallelen Be- und Entlüftungssituationen widerspiegeln. Am Tage kann in Bereichen der Innenstadt ein erhöhtes Belastungspotenzial durch Hitzestress und Schwüle entstehen, das durch eingeschränkte Austauschverhältnisse und geringe Verdunstungskühlung aufgrund fehlender Vegetation hervorgerufen wird. Hitze und Schwülebelastungen im Sommer, erhöhte Luftschadstoff- und Lärmbelastungen durch den KFZ-Verkehr sowie Winddiskomfort durch Böigkeit und Windturbulenzen im Bereich von Straßenschluchten und offenen Plätzen führen zu einer hohen bioklimatischen Belastung.



Abb. 4-8: Hochverdichteter und -versiegelter Bereich der Innenstadt

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

Gewerbeklima

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



Abb. 4-9: Gewerbeflächen an der Berliner Straße

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

Industrieklima

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



Abb. 4-10: Gelände des Mischwerks

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

4.1.2 Spezifische Klimaeigenschaften

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

Kaltluftsammlgebiet und Niederungsbereich

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

Warme Kuppennonen

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

Bahnanlagen

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

che 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.

Park- und Grünflächen

Die als Parkklimatope bezeichneten Flächen haben aufgrund ihrer besonderen bioklimatischen Funktion einen hohen Stellenwert als wohnumfeldnahe Klimaoasen. Größere Parkflächen mit vielfältigen Vegetationsstrukturen weisen sowohl ähnliche bioklimatische Gunstbedingungen wie der Wald als auch Freilandeigenschaften auf. Durch das Vorhandensein großkroniger Bäume als natürliche Schattenspenden werden Belastungen durch Hitzestress und Schwüle abgemildert. Auch die nächtliche Kaltluftbildungsrate in den Grünflächen wirkt sich in thermischer Hinsicht positiv aus, hiervon profitieren insbesondere die durch erhöhte thermische Belastungen charakterisierten umliegenden Bebauungsstrukturen im Nahbereich (< 200 m). Die Reichweite der Kaltluftströmungen ist hierbei u.a. abhängig vom Mikrorelief, wobei größeren, zusammenhängenden Park- und Grünflächen die Funktion von Frischluftleitbahnen zugesprochen werden kann. Damit können diese Flächen als sehr wertvolle Regenerationsräume für die Bevölkerung, aber auch für die Tier- und Pflanzenwelt, angesehen werden.

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 Luft direkt am Blattwerk abkühlt, in den Stammraum absinkt und durch wärmere Luft aus größerer Höhe ersetzt wird, wodurch ein kontinuierlicher Luftdurchsatz entsteht.

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 häuserschluchtartigen Charakter haben und somit eingeschränkte Belüftungsverhältnisse vorherrschen.

Windfeldveränderung

Das Windfeld in der Stadt wird durch Kanalisierung im Straßenraum oder durch Düsen- und Kanteneffekte stark modifiziert. Beim Auftreten unterschiedlicher Bauformen sowie stark unterschiedlicher Höhen der Gebäude in Verbindung mit einem Nebeneinander von bebauten und unbebauten Flächen tritt eine starke Turbulenz des Windfeldes auf. Dadurch erhöht sich die Zugigkeit und Böigkeit im Straßenraum, was eine stark reduzierte Aufenthaltsqualität im Freien zur Folge haben kann (Winddiskomfort). Starke Windfeldveränderungen sind daher häufig in Stadtzentren vorzufinden, können jedoch auch im Bereich großflächiger Hochhausbebauung an Stadträndern oder im Umfeld von großen Industriebauten und Halden auftreten.

Vertikalaustausch

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

4.1.3 Luftaustausch

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

Luftleitbahnen (belastet und unbelastet)

Insbesondere bei austauscharmen Wetterlagen sind Luftleitbahnen klimarelevant, da sie in der Lage sind, weniger belastete und kühlere bodennahe Luftmassen in die Lasträume der Stadt zu transportieren. Luftleitbahnen sind durch eine geringe Rauigkeit (keine hohe Bebauung, nur einzeln stehende Bäume) und einen möglichst geradlinigen, breiten Verlauf gekennzeichnet, wobei die Randbegrenzung in der Regel durch Bebauung, einen geschlosse-

nen Vegetationsbestand oder das Relief vorgegeben sind. Dabei können Luftleitbahnen eine unterschiedliche Qualität aufweisen. Es sind Leitbahnen mit nur gering belasteten Luftmassen, von solchen, die sich im Einflussbereich von Emittenten (z.B. Hauptverkehrsstraßen) befinden und mit Schadstoffen angereicherte Luft transportieren, zu unterscheiden. Neben Bahntrassen, deren Funktion als Luftleitbahn durch Bahndämme eingeschränkt oder unterbunden werden kann, stellen Flussauen und Kanäle geeignete Flächennutzungen für Luftleitbahnen dar.

Frischluftzufuhr

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

Kaltluft- und Flurwinddynamik

Der Kaltluftabfluss ist ein thermisches und reliefbedingtes, während der Nacht einsetzendes Windsystem (Hangabwind). Bereits ab einer Geländeneigung von ein bis zwei Grad setzen nach Sonnenuntergang über natürlichen, rauigkeitsarmen Oberflächen bodennahe, abwärts gerichtete Strömungen lokaler Kaltluftmassen ein. Die Ausprägung dieses kleinräumigen Phänomens wird in erster Linie durch einen schwachen Gradientwind oder die 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 als 20.000 KFZ ausgewiesen. Bei geradlinigem, breitem Verlauf und geringer Rauigkeit können Straßen eine Funktion als belastete Luftleitbahn einnehmen.

Abwärmeemissionen

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

Emittent mit lokaler und regionaler Bedeutung

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

4.2 Gliederung der Stadt Schwelm anhand der Klimaanalysekarte

Karte 4-1 zeigt die Klimaanalysekarte für das Stadtgebiet von Schwelm (Hinweis: Ein großformatiger Ausdruck ist diesem Gutachten zusätzlich beigelegt.) und Abb.4-11 die unterschiedlichen Flächenanteile der Klimatope sowie der Verkehrsstrassen. Die Klimatope weisen eine gewichtete Verteilung im Stadtgebiet von Schwelm auf.

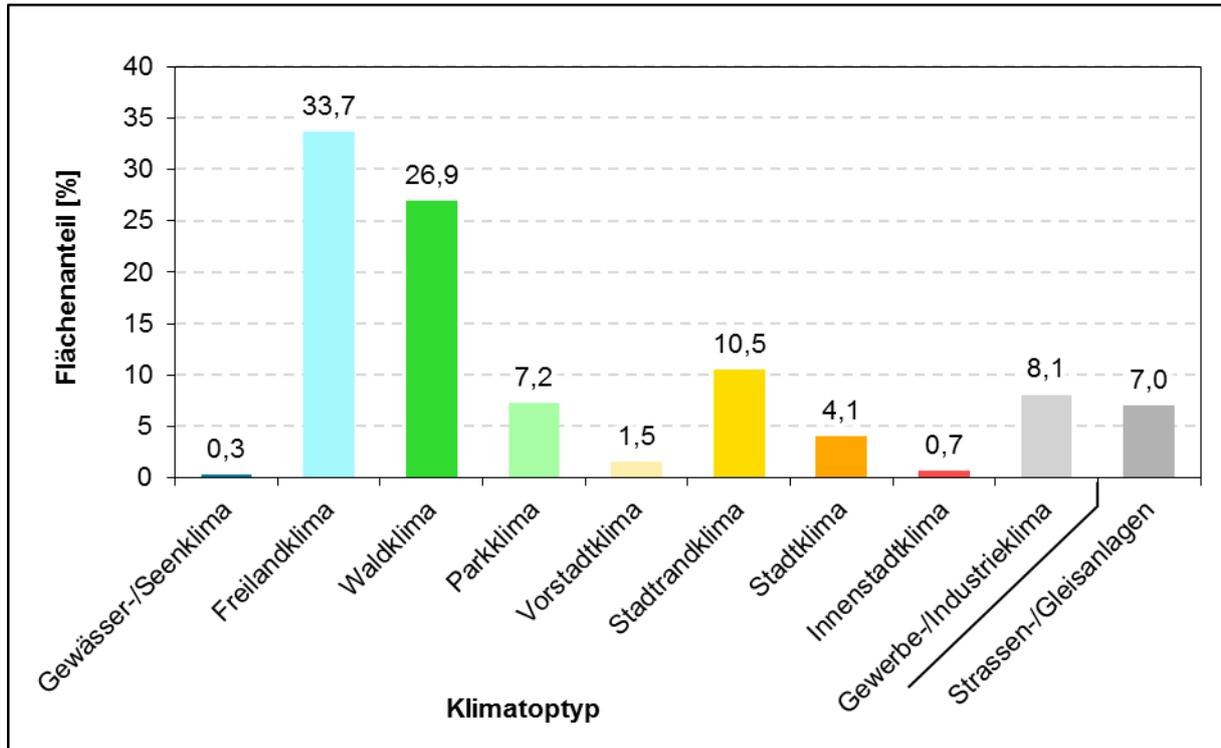


Abb. 4-11: Flächenanteile der Klimatope und Verkehrsstrassen im Stadtgebiet von Schwelm

Dabei wird deutlich, dass die Freilandklimatope mit einem Flächenanteil von 33,7 % 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 Schwelm sind die Freilandklimatope im Wesentlichen auf die großflächigen und weitestgehend zusammenhängenden landwirtschaftlich genutzten Bereiche im Norden und Süden des Stadtgebietes konzentriert. Die dort befindlichen Freilandklimatope weisen in weiten Teilen hohe Kaltluftproduktionsraten und -volumenströme auf und stellen somit potenziell wichtige klimatische Ausgleichsräume dar.

Insbesondere in den Bereichen, wo das Relief in Richtung der Siedlungskörper geneigt ist und dementsprechend während sommerlicher Strahlungswetterlagen nächtliche Kaltluftabflüsse in die angrenzende Bebauung möglich sind. Im Süden des Stadtgebietes erfolgt der Kaltluftabfluss von den Freilandklimatopen reliefbedingt über die Täler der Wolfsbecke, Fastenbecke und Brambecke in Richtung der Wupper. Somit ist keine Anbindung an die klimatisch stärker belasteten Siedlungskörper von Schwelm gegeben und die klimaökologische Bedeutung dieser Flächen trotz hohen Kaltluftpotenzials etwas geringer einzustufen. Die zusammenhängenden Freilandklimatope in Linderhausen, also im Norden des Stadtgebietes, weisen zwar größtenteils ebenfalls reliefbedingt keine direkte Anbindung an die stärker bebauten Bereiche von Schwelm auf, allerdings können die dort gebildeten Kaltluftmassen eine wichtige klimatische Ausgleichsfunktion für die angrenzende Bebauung der Nachbarstädte Wuppertal und Gevelsberg haben. Bei entsprechendem übergeordnetem Windfeld können zudem Frischluftmassen von den Freilandklimatopen sowohl im Süden als auch im Norden in die stärker bebauten und dadurch belasteten Klimatope transportiert werden und dort für eine Verbesserung der Luftqualität sorgen. Allerdings weisen sowohl nördlich als auch südlich der Talachse der Schwelme mehrere Bereiche mit Freilandklimatopen eine reliefbedingte Anbindung für nächtliche Kaltluftabflüssen in Richtung des Siedlungskörpers von Schwelm auf. Diesen Freilandklimatopen ist eine besonders hohe klimatische Ausgleichsfunktion beizumessen.

Den zweitgrößten Flächenanteil der Klimatope im Stadtgebiet von Schwelm nehmen mit 26,9 % die Waldklimatope ein. Insbesondere Waldbereichen im direkten Umfeld größerer Emittenten von Luftschadstoffen (z.B. Gewerbe-/Industriegebiete, Hauptverkehrsstraßen) und 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 Schwelm sind diesbezüglich insbesondere die Täler der Wolfsbecke, der Fastenbecke und der Brambecke sowie im Bereich der Schwelmequelle und einige kleinere Waldgebiete im Norden hervorzuheben. Aufgrund des ausgeprägten Reliefs können die Wälder zudem teilweise auch als wichtige Kaltluftlieferanten dienen.

Insgesamt können die reliefbedingten nächtlichen Kaltluftabflüsse (Hangabwinde) von den Freiland- und Waldflächen nördlich und südlich des weitestgehend geschlossenen Siedlungskörpers von Schwelm bis in die äußere Stadtmitte vordringen. Die Kaltluftmassen aus diesen Gebieten können in die locker bebauten Gebiete von Schwelm-West und -Mitte, Loh, Möllenkotten sowie Brunnen abfließen. Des Weiteren sind reliefbedingte Kaltluftabflüsse in

die Tallagen der Wolfsbecke, Fastenbecke und Brambecke möglich, die dann ins Tal der Wupper abfließen.

Neben Parkanlagen, Friedhöfen, Kleingarten- und Sportanlagen wurden in der vorliegenden Analyse auch größere zusammenhängende Grünstrukturen (i.d.R. Flächen > 500 m²) innerhalb der Bebauung als Parkklimatop ausgewiesen. Daher zeigt insbesondere die Verteilung der Parkklimatop, die insgesamt einen Flächenanteil von 7,2 % einnehmen, eine starke Heterogenität. Im Vergleich zu anderen Stadtteilen wird jedoch ein Mangel an Parkklimatop besonders in Schwelm-Mitte sowie in den nördlich angrenzenden Gewerbegebieten deutlich. Zwar grenzt dieser zentrale Stadtteil im Süden an Freiflächen, allerdings fehlt es innerhalb des Gebietes überwiegend an Grünflächenvernetzungen von Parkanlagen in den Innenstadtbereich hinein (vgl. Kapitel 5.2), sodass die klimatischen Ausgleichsfunktionen im Wesentlichen auf die vergleichsweise kleinen Parkflächen selbst beschränkt bleiben. Die Bauungsstrukturen um den Stadtkern weisen aber zumindest eine Auflockerung und Durchmischung von bebauten Klimatop und Parkklimatop auf. Dies äußert sich u.a. in der nächtlichen Überwärmung, welche in diesen Bereichen teilweise geringer ausfällt als in dem mit Grünflächen unterversorgten Stadtteil Schwelm-Mitte (vgl. Karte 3-1 in Kapitel 3.1).

Die Gewässer-/Seeklimatop nehmen mit 0,3 % einen sehr geringen Flächenanteil im Stadtgebiet ein und beschränken sich im Wesentlichen auf den Verlauf der Wupper und der Schwelme. Die positiven klimatischen Auswirkungen dieser Wasserflächen wirken sich aufgrund der geringen Größe der Wasserkörper lediglich auf die unmittelbare Umgebung im Uferbereich aus.

Zusammen nehmen die Klimatop der klimatischen Ausgleichsräume (Freiland-, Wald-, Park- und Gewässer-/Seeklima) 68,1 % des Stadtgebietes ein. Während weitere 7,0 % der Gesamtfläche Schwelms durch Straßen- und Gleisanlagen nahezu vollversiegelt sind, entfallen etwa 24,8 % auf die bebauten Klimatop (Vorstadt-, Stadtrand-, Stadt-, Innenstadt-, Gewerbe- und Industrieklima).

Das Vorstadtklima ist zumeist auf Einzelhöfe oder kleinere Streu- und Splittersiedlungen im ländlichen Raum sowie vereinzelt auf Siedlungsränder beschränkt und nimmt lediglich 1,5 % der gesamten Stadtfläche ein.

Nach den Freiland- und Waldklimatop nimmt das Stadtrandklima mit etwa 10,5 % den drittgrößten Flächenanteil aller Klimatop im Stadtgebiet von Schwelm ein. Insbesondere in den Stadtteilen Loh und Linderhausen überwiegt dieser Klimatoptyp. Weite Teile der Siedlungsgebiete im südlichen Schwelm-West und -Mitte sowie in Brunnen und Möllenkotten sind ebenfalls dem Stadtrandklima, welches grundsätzlich mit noch verhältnismäßig günstigen bio- und immissionsklimatischen Bedingungen charakterisiert werden kann, zuzuordnen.

Aus bioklimatischer Sicht stärker belastete Räume stellen die Bereiche der Stadt- und Innenstadtklimatop dar, welche u.a. eine hohe Versiegelung und einen geringen Grünflächenan-

teil aufweisen. Zwar nehmen Sie mit 4,1 % (Stadtklima) bzw. 0,7 % (Innenstadtklima) einen relativ geringen Anteil an der gesamtstädtischen Fläche ein, allerdings umfassen sie insbesondere im Stadtteil Schwelm-Mitte ein größeres, zusammenhängendes Areal, an welches nördlich zudem noch eine große zusammenhängende Fläche des bioklimatisch ebenfalls als ungünstig zu bewertenden Gewerbe- und Industriegebietes anschließt, wodurch sich ein zusammenhängender klimatischer Belastungsraum ergibt. Die starke Überbauung und die dadurch erhöhte Oberflächenrauigkeit können zudem starke Modifikationen des Windfeldes im Innenstadtbereich bedeuten. Dies kann einerseits durch eine erhöhte Turbulenz und Böigkeit sowie Kanalisierungseffekte im Straßenraum zu Winddiskomfort führen, andererseits kann durch eine insgesamt eingeschränkte Durchlüftungssituation (vgl. Karte 3-7 in Kapitel 3.6) eine Schadstoffakkumulation erfolgen. In Schwelm herrscht diesbezüglich aufgrund der Tallage eine erhöhte Anfälligkeit. Insbesondere da die Gewerbe- und Industrieklimatoppe, die zusammen einen Flächenanteil von 8,1 % am Stadtgebiet einnehmen, als potenzielle Emittenten von Luftschadstoffen nahezu ausschließlich entlang der Talachse der Schwelme angesiedelt sind. Ein großer Teil dieses Bereichs ist in der Klimaanalysekarte als Niederungsbereich bzw. Kaltluftstammelbereich hervorgehoben, welcher sich durch eine erhöhte Inversionshäufigkeit auszeichnet. Während Inversionswetterlagen kann es in diesen Bereichen zu einer Akkumulation von Luftschadstoffen kommen, was aufgrund der starken Gewerbe- und Industrieansiedlungen sowie des Verlaufes der Talstraße (B483), die eine Hauptverkehrsachse in Schwelm darstellt, aus immissionsklimatischer Sicht als ungünstig zu bewerten ist. Darüber hinaus können der hohe Versiegelungsgrad und der Mangel an verdunstungsaktiven Grün- und Wasserflächen während austauscharmer Wetterlagen im Sommer zu Schwüle- und Hitzebelastungen der Bevölkerung im Innenstadtbereich sowie den großflächigen Gewerbegebieten führen. Die sehr hohe Versiegelung, das nahezu vollständige Fehlen von Grünflächen, die Tallage sowie die Ansiedlung von Lärm- und Schadstoffemittenten resultiert in einer Ausweisung als bioklimatischer Belastungsraum des Gewerbe- und Industriebereichs nördlich und südlich des Bahnhofes Schwelm-West sowie des Gewerbebereichs um die Eisenwerkstraße.

Die Bahntrasse entlang der Talachse kann als lokale bodennahe Luftleitbahn dienen, die potenziell zur Belüftung des Siedlungskerns von Schwelm beitragen kann. Allerdings können die hierüber transportierten Luftmassen durch Luftschadstoffe der angrenzenden Gewerbe- und Industriebereiche belastet sein. Dies trifft insbesondere für die Abschnitte der Bahntrasse im westlichen und zentralen Bereich des Stadtgebietes zu, während im östlichen Stadtgebiet hauptsächlich Parkklimatoppe nördlich der Bahntrasse anschließen, was einen positiven Effekt auf die Luftqualität der über die Luftleitbahn transportierten Luftmassen haben kann. Des Weiteren kann dem Tal der Wupper im Süden von Schwelm sowie der Autobahn 1 im Westen des Stadtgebietes eine bodennahe Luftleitfunktion zugesprochen werden, wobei bei

Letzterer ebenfalls von einer durch Verkehrsemissionen belasteten Luftleitbahn auszugehen ist. Darüber hinaus kann bei dem breiten, rauigkeitsarmen Tal im Norden des Stadtgebietes (Linderhausen) von einer Luftleitfunktion für das übergeordnete Windfeld ausgegangen werden, welches in Abhängigkeit von der übergeordneten Windrichtung zur Belüftung der angrenzenden Siedlungsbereiche von Wuppertal und Gevelsberg beitragen kann.

Die sogenannten warmen Kuppenzonen 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 von diesen Kuppenzonen ein zumeist radialer nächtlicher Kaltluftabfluss erfolgen, wodurch die Kuppenzonen vergleichsweise relativ 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 Schwelm die Höhenlage entlang der Stadtteilgrenze von Loh, Brunnen und Linderhausen im Norden sowie die Bereiche um den Ehrenberg und Winterberg im Süden ausgewiesen werden. Kuppenlagen, die eine bauliche Überprägung aufweisen, wurden in der Klimaanalysekarte nicht als „warme Kuppenzonen“ gekennzeichnet, da von ihnen nicht die Eigenschaft als Kaltluftlieferant ausgeht, allerdings können diese Bereiche aufgrund der exponierten Reliefsituation von einer vergleichsweise guten Durchlüftungssituation profitieren.

Insgesamt wird anhand der Klimaanalysekarte eine Gliederung des Stadtgebietes hinsichtlich der bioklimatischen und immissionsklimatischen Verhältnisse in Schwelm deutlich. Während der Norden und der Süden grundsätzlich als Bereiche mit gutem Luftaustausch und positivem Bioklima bezeichnet werden können, weist der Siedlungskörper entlang der Talsachse der Schwelme stärker bioklimatisch und immissionsklimatisch belastete Bereiche auf.

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 Stadtgebietes von Schwelm 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 Schwelm, differenziert in Frischluftzufuhrbereiche sowie reliefbedingte Kaltluftabflüsse und nutzungsbedingte Ausgleichsströmungen (Flurwinde).

5.1.1 Bioklimatische Verhältnisse (Klimatope)

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

5.1.2 Kaltluft

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

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

Anhand des Kaltluftvolumenstroms lässt sich zudem der Einfluss von Kaltluftmassen, die in Siedlungsräume vordringen, darstellen. In diesen Bereichen, welche durch die Punktsignatur „Kaltlufteinwirkungsbereich“ gesondert hervorgehoben sind, ergibt sich durch die Zufuhr von kühleren Luftmassen, und die damit einhergehende klimaökologische Ausgleichsleistung, eine Aufwertung der bioklimatischen Belastungssituation für diese Lasträume. Als Kaltlufteinwirkungsbereich wurden dabei Siedlungsbereiche definiert, in denen der nächtliche Kaltluftvolumenstrom während einer sommerlichen Strahlungswetterlage nicht weniger als $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt und somit eine hohe Bedeutung hat.

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

5.1.3 Belüftung

Die Luftaustauschbeziehungen im Stadtgebiet von Schwelm, 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 bis 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 Schwelm 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 nördlich des Stadtzentrums in Ost-West-Ausdehnung sowie fast im gesamten Stadtbezirk Mitte und in Teilen des Stadtbezirks West ungünstige bis sehr ungünstige bioklimatische Verhältnisse, während in den Stadtbezirken Süd und Linderhausen sowie in einem Großteil von Möllenkotten vorwiegend günstige bis sehr günstige Bedingungen in den Siedlungsbereichen herrschen.

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

- Die relativ großen Freiflächen im Stadtbezirk Süd, in Linderhausen sowie in Teilen von Möllenkotten weisen überwiegend hohe Kaltluftproduktionsraten auf. Aufgrund der Reliefenergie und der Größe der Freiflächen können sich Kaltluftvolumenströme mit hoher Bedeutung bilden und auch dementsprechend teilweise mittlere bis hohe Strömungsgeschwindigkeiten entstehen.
- Die Kaltluftdynamik der Freiflächen in Vörfken, Loh und Brunnen weist eine den südlich angrenzenden Siedlungs- und Gewerbebereichen zugewandte, d.h. eine südliche Strömungsrichtung auf. Daher beinhalten diese klimatischen Gunsträume auch

gleichzeitig eine klimaökologische Ausgleichsfunktion für die Wohn- und Gewerbegebiete von Loh, Vörfken und Brunnen.

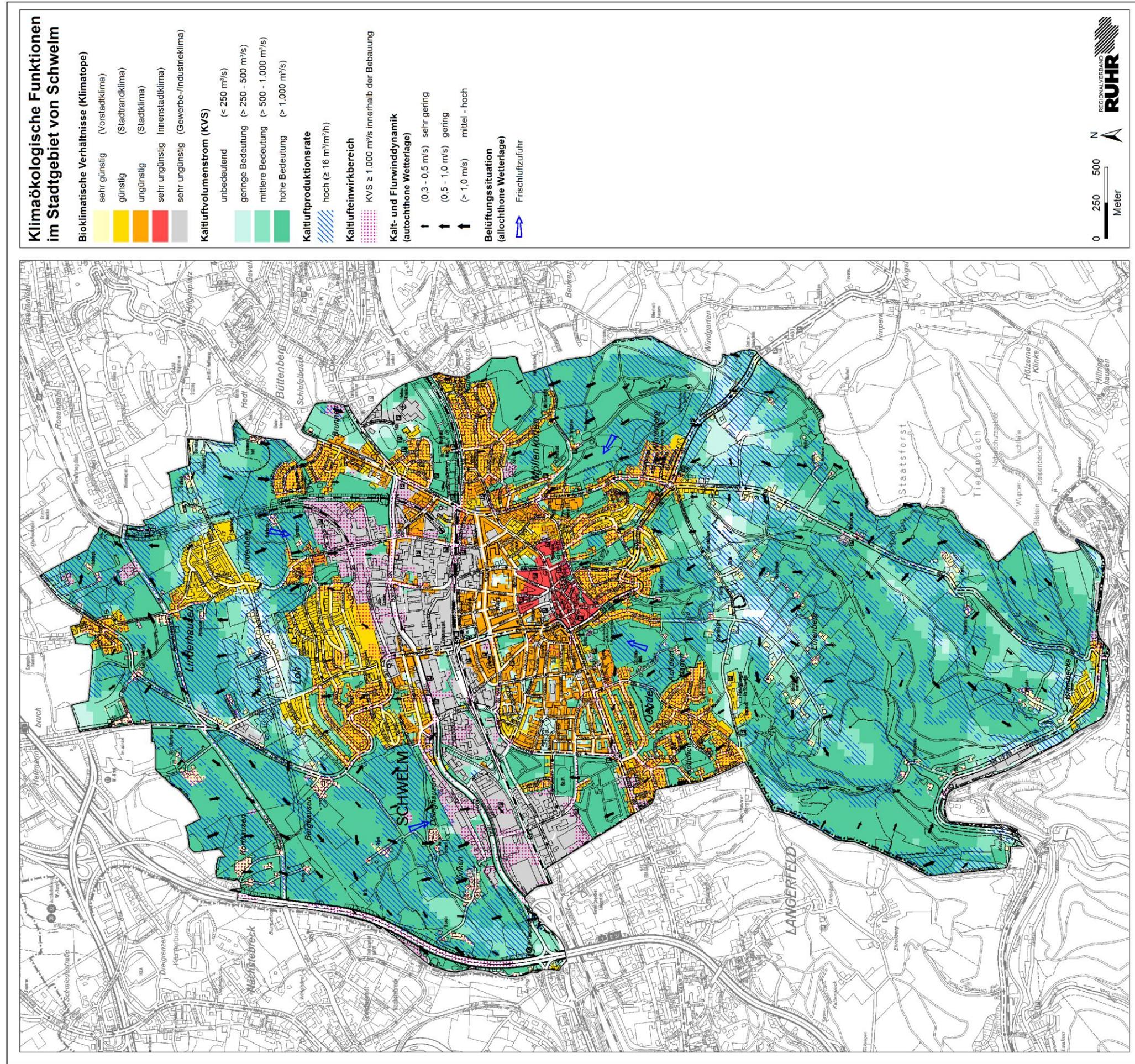
- Die Reichweite der Kaltluftströmungen in die Bebauung hinein ist vom Ausmaß der Kaltluftdynamik sowie von der Struktur und Dichte der angrenzenden Bebauung abhängig. Bei günstigen Bedingungen - wie sie in vielen locker bebauten Bereichen von Schwelm (z.B. südlich der Barmer Straße im Stadtteil West, in den Siedlungen von Möllenkotten, in Teilen von Loh (Westen) und in den locker bebauten Siedlungen von Brunnen) vorliegen - kann die Eindringtiefe der Kaltluft in die Bebauung einige hundert Meter betragen. Sehr kleine Siedlungen oder Teilgebiete von Siedlungen, wie z.B. in Linderhausen, können vollständig durchströmt werden, sodass hier auch während sommerlicher Hochdruckwetterlagen eine ausreichend kühlende Belüftung während der Nacht gewährleistet ist.
- Über den landwirtschaftlichen Freiflächen in Linderhausen konnten die Modellrechnungen eine hohe Kaltluftproduktionsrate sowie einen überwiegend hohen Kaltluftvolumenstrom nachweisen. Der Kaltluftabfluss aus diesem Bereich erfolgt bei autochthonen Wetterlagen aufgrund der Reliefsituation im westlichen Abschnitt von Linderhausen in Richtung Berghausen, wo sich die Kaltluftmassen in einer Senke sammeln, um von dort aus in Richtung Südwesten abzufließen. Von hier gelangen die Kaltluftmassen über die Stadtgrenze hinaus in die Siedlungsbereiche von Wuppertal. Erst im Bereich der Kuppenlage von Vörfken fließen Kaltluftmassen in Richtung der südlich angrenzenden Gewerbegebiete ab, wo eine stellenweise Durchdringung der Kaltluftmassen bis zu den Bahngleisen möglich ist und eine extrem hohe klimatische Belastung während sommerlicher Witterung teilweise abgemildert werden kann. Auch im östlichen Linderhausen existiert reliefbedingt ein Kaltluftsammlbereich, in dem sich die aus den nördlich und südlich angrenzenden Hangbereichen abfließenden Kaltluftmassen ansammeln, um von dort aus in Richtung Gevelsberg abzufließen. Der Siedlungsraum von Linderhausen profitiert mit Ausnahme des nördlichen Bereichs aufgrund der Kuppenlage kaum von den im Umfeld gebildeten Kaltluftmassen.
- Die großen landwirtschaftlichen Freiflächen in Linderhausen haben aufgrund der reliefbedingten Kaltluftabflussrichtungen nur teilweise eine Entlastungsfunktion für die nördlichen Siedlungsbereiche von Loh. Die Kuppenlage entlang des Höhenwegs bedingt, dass die Werte für den Kaltluftvolumenstrom in diesem Bereich relativ gering sind, da die Kaltluftdynamik ausgehend von diesen Flächen erst in Gang gesetzt wird. Für die Eindringtiefe der Kaltluftmassen im nördlichen Loh sind daher die großen Grün- und Gartenflächen, die vor allem den westlichen Siedlungsbereich von Loh durchziehen, von großer Bedeutung. Die Kaltluftdynamik zeichnet sich hier jedoch

durch sehr geringe bis geringe Fließgeschwindigkeiten aus. Im östlichen Loh wiederum sind die über den landwirtschaftlichen Flächen gebildeten Kaltluftmassen mit einer zum Teil mittleren bis hohen Kaltluftabflussgeschwindigkeit für eine effektive Durchdringung der südlich anschließenden Gewerbe- und Siedlungsräume von großer Bedeutung. So ist der Einfluss der Kaltluftmassen in Loh über die Prinzenstraße bis an die Nordstraße anhand der Modellrechnungen nachweisbar. Die Kaltluftzufuhr wird hierbei durch den Verlauf der Haßlinghauser Straße bzw. Prinzenstraße parallel zur Kaltluft-Abflussrichtung begünstigt. Eine effektive nächtliche Kaltluftversorgung der gewerblichen Flächen entlang der Prinzenstraße ist jedoch nur etwa bis zur Berliner Straße gegeben.

- Die zum Teil hohe Kaltluftproduktionsrate in Verbindung mit einem hohen Kaltluftvolumenstrom und einer zu den Siedlungsräumen orientierten Kaltluftabflussrichtung führt im Stadtteil Möllenkotten dazu, dass nahezu der gesamte Siedlungsraum während sommerlicher Hochdruckwetterlagen von Kaltluft durchströmt wird und somit eine ausreichende Frisch- und Kaltluftzufuhr und damit eine klimatische Entlastung gewährleistet wird. Die Kaltluftproduktionsgebiete umfassen neben den dortigen landwirtschaftlichen Freiflächen auch die Wälder in Möllenkotten.
- Die höchsten Geländeerhebungen des Stadtgebietes erstrecken sich in etwa entlang der südlichen Stadtteilgrenzen von Möllenkotten, Mitte und West. Von den höchsten Lagen aus erfolgen Kaltluftabflüsse sowohl in südliche als auch nördliche Richtungen. Der Stadtteil Süd ist durch eine Vielzahl an Wäldern, Wiesen- und Ackerflächen sowie überwiegend durch Einzelgehöfte gekennzeichnet. Aufgrund der überwiegend fehlenden Siedlungszusammenhänge (mit Ausnahme von Brambecke im äußersten Süden des Stadtgebietes) ist dieser Stadtteil durch sehr günstige klimatische Bedingungen gekennzeichnet, so dass die in Richtung Süden abfließenden Kaltluftmassen keine Anbindung an klimatisch belastete Räume im Stadtgebiet von Schwelm aufweisen.
- Die von den Kuppen- und Hangbereichen im Stadtteil Süd in Richtung Norden abfließenden Kaltluftmassen begünstigen dagegen die klimatischen Verhältnisse des Stadtteils Mitte bis an den Rand der Innenstadt und zum Teil darüber hinaus. In erster Linie profitieren jedoch die locker bebauten Siedlungsbereiche bis zum Westfalendamm bzw. bis zur Hauptstraße von der Kaltluftzufuhr. Durch dichte bis sehr dichte Bereiche wie im Innenstadtbereich wird allerdings ein Vordringen der Kaltluft bis in die eigentlichen Lasträume weitgehend verhindert. Lediglich durch das Vorhandensein unbebauter Flächen oder Straßenzüge mit geringer Oberflächenrauigkeit kann z.T. eine Versorgung kleinerer Bereiche mit Kaltluft gewährleistet sein. Hierzu gehört

u.a. der an die Grünfläche zwischen Max-Klein-Straße und Drosselstraße nach Norden anschließende Bereich des Schulhaus Hotels. Hier jedoch stellen die großen Gebäudekomplexe eine Barriere für den weiteren Kaltluftabfluss in Richtung Norden dar. Bei einer Hauptwindrichtung aus Südwest kann im Stadtteil Mitte eine Zufuhr von kühleren und frischeren Luftmassen bis zur Obermauerstraße erfolgen. Ein weiteres Eindringen der Luftmassen wird jedoch aufgrund der dichten Innenstadtbebauung weitgehend unterbunden.

- Der Einwirkungsbereich der Kaltluftabflüssen von den nördlichen Hangbereichen des Ehrenbergs umfasst nahezu den gesamten südlichen Teilbereich des Stadtteils West (Köttchen, Oehde und Auf dem Hagen) bis zur Barmer Straße. Die Grünflächenvernetzung aus Friedhof, Sportplatz und Kleingartenanlage kann zudem eine Leitfunktion der Kaltluftmassen einnehmen, die somit teilweise bis ins das Gewerbegebiet Graslake und die Wohnbebauung westlich der Kleingartenanlage vordringen können. Die nördlich der Barmer Straße bzw. der Hauptstraße anschließenden dichteren Siedlungsbereiche östlich von „Am Ochsenkamp“ profitieren kaum mehr vom Einfluss der Kaltluftabflüsse. Diese sowie die östlich anschließenden Siedlungsräume im nahezu gesamten nördlichen Stadtteil Mitte bis in die Gewerbegebiete von Loh hinein profitieren ebenfalls nicht mehr von der Ausgleichsfunktion der Freiflächen und stellen den größten zusammenhängenden Siedlungsbereich von Schwelm dar, der während sommerlicher Strahlungsnächte eine starke Unterversorgung mit kühlen Luftmassen aufweist. Gleichzeitig handelt es sich hierbei um den am stärksten klimatisch belasteten Raum mit der dichtesten Bebauung und dem geringsten Grünflächenanteil im Stadtgebiet von Schwelm. Nur stellenweise existieren kleinere und größere Grünflächen (wie z.B. zwischen Döinghauser Straße, Bahnhofstraße, Blücherstraße und Viktoriastraße), die zumindest in den Randbereichen eine leichte Abmilderung der klimatischen Belastungssituation bewirken können.
- Der größte klimatische Lastraum von Schwelm erstreckt sich im Süden vom Stadtkern aus über die Siedlungsräume zwischen der Straße „Am Ochsenkamp“ und der Möllenkotter Straße bis weit in die Gewerbeflächen in Vörfken und Loh hinein. Hierbei wirkt sich als ungünstiger Faktor die Senkenlage in diesen Bereichen aus, die zu einer Häufung von Inversionen mit der Gefahr der Schadstoffanreicherung führt. Bei Wetterlagen mit westlichen Windrichtungen können dagegen kühlere Luftmassen in den Randbereichen der Bahntrasse, die eine Funktion als Luftleitbahn einnimmt, zu einer Entlastung der klimatischen Situation beitragen.



Karte 5-1: Karte der klimaökologischen Funktionen der Stadt Schwelm

6 Die Stadt Schwelm im Zeichen des globalen Klimawandels

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf das Stadtgebiet von Schwelm 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 Schwelm, welche lokalen Auswirkungen der globale Klimawandel im Stadtgebiet voraussichtlich haben wird.

6.1 Globaler Klimawandel

In der Erdgeschichte hat es bereits mehrfach erhebliche Klimaschwankungen gegeben, die auf natürliche Ursachen zurückzuführen sind. Hierzu zählen sowohl extraterrestrische Ursachen, wie Variationen der Sonnenaktivität und der Gezeitenkräfte sowie Meteoriteneinschläge, 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, d.h. anthropogenen Ursprungs sind (IPCC 2013a).

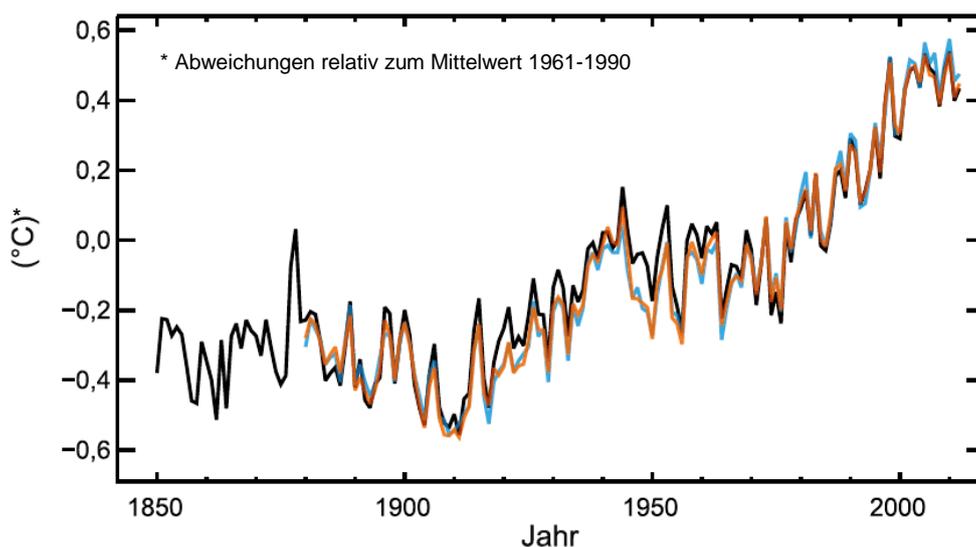


Abb. 6-1: Beobachtete globale mittlere kombinierte Land-Ozean-Oberflächentemperaturanomalie von 1850-2012 (verändert nach IPCC 2013a)

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

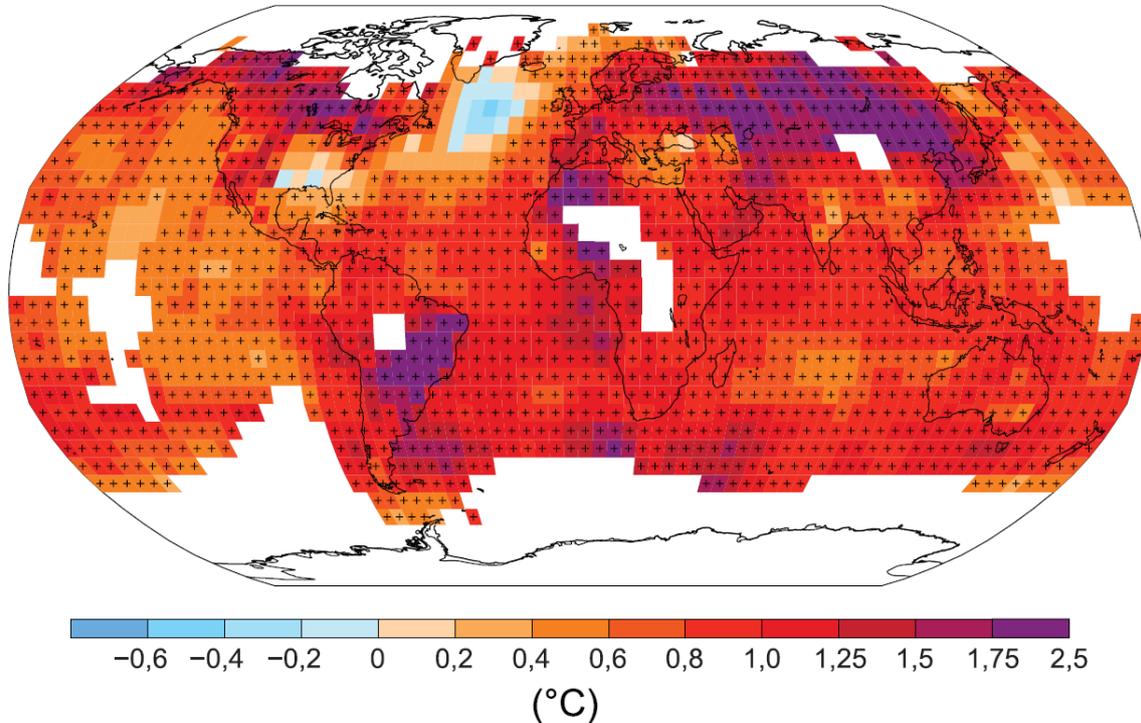


Abb. 6-2: Räumliche Verteilung der beobachteten Veränderung der Erdoberflächentemperatur von 1901-2012 (IPCC 2013a)

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

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

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

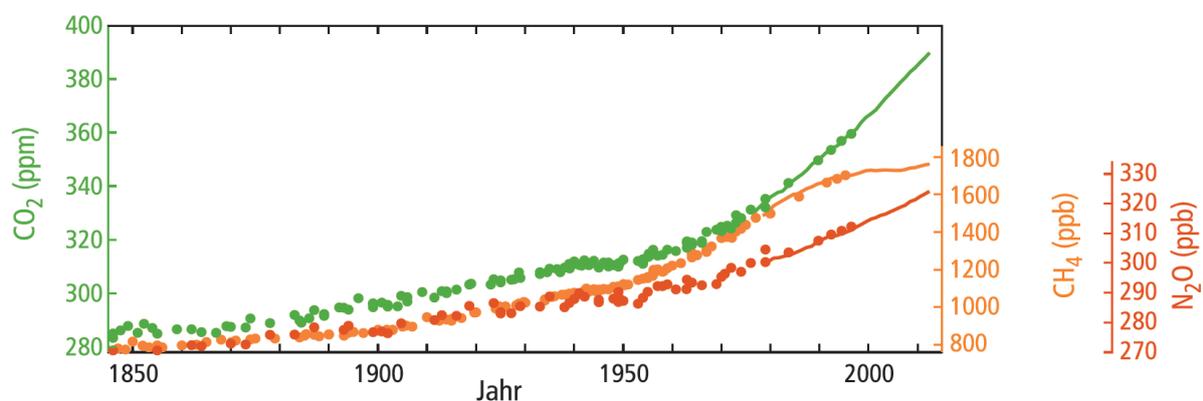


Abb. 6-3: Atmosphärische Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Distickstoffmonoxid (N_2O) (verändert nach IPCC 2014)

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

Um das zukünftige Ausmaß des globalen Klimawandels abschätzen und gezielte Mitigations- und Adaptationsmaßnahmen entwickeln zu können, lässt der 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. um $2,6\text{ °C}$ bis $4,8\text{ °C}$ ansteigen wird (IPCC 2013a; IPCC 2013b).

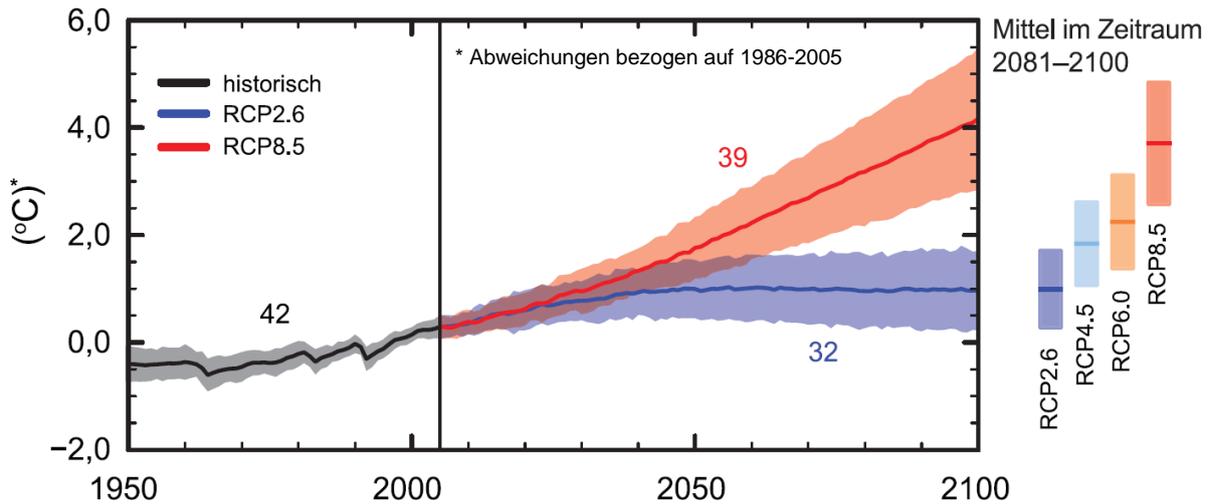


Abb. 6-4: Multimodell-simulierte Änderung der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur von 1950 bis 2100 (verändert nach IPCC 2013a)

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

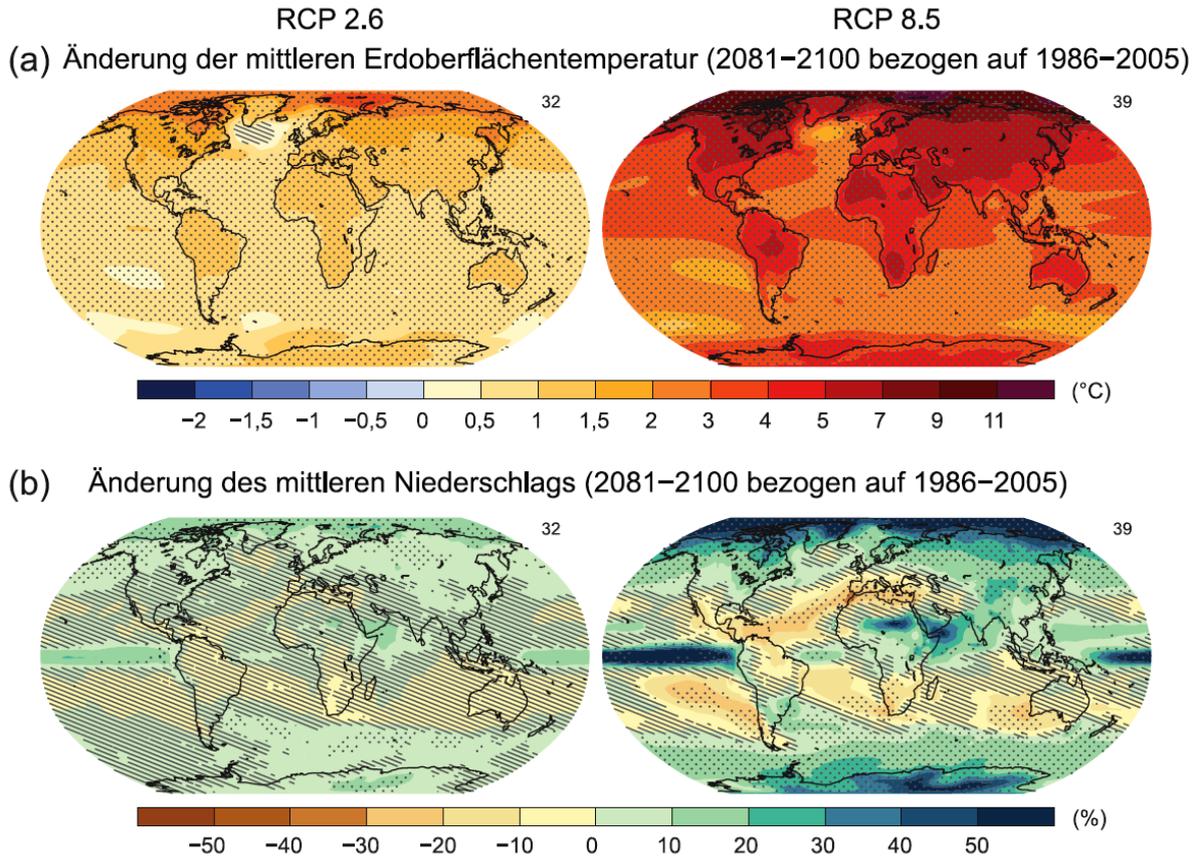


Abb. 6-5: Globale Verteilung der Veränderung der mittleren Erdoberflächentemperatur (a) und des mittleren Niederschlags (b), basierend auf Multimodell-Mittel-Projektionen für 2081-2100 gegenüber 1986-2005 für die Szenarien RCP2.6 und RCP8.5 (IPCC 2013a)

Die beschriebenen projizierten Klimaveränderungen im Laufe des 21. Jahrhunderts und deren Auswirkungen auf die verschiedenen Subsysteme unseres Planeten werden die bereits geschilderten Folgen auf Mensch und Natur weiter verschärfen. So werden durch den Klimawandel immer mehr biologische Arten vom Aussterben bedroht sein. Viele Pflanzenarten können ihre geographischen Verbreitungsgebiete nicht schnell genug verlagern. Meeresbewohner sind einer fortschreitenden Ozeanversauerung, geringeren Sauerstoffgehalten und höheren Wassertemperaturen ausgesetzt, was u.a. zu Veränderungen des Fischfangpotenzials führt. Auch auf Ernteerträge von Kulturpflanzen (z.B. Weizen, Mais, Reis) wirkt sich der Klimawandel in vielen Regionen negativ aus. Zudem führt eine Verringerung der Wasserressourcen in immer mehr Bereichen zu einem verstärkten Wettbewerb um dieses Gut. Insgesamt werden die Folgen des Klimawandels vor dem Hintergrund eines steigenden Nahrungsmittelbedarfs infolge des weiteren Wachstums der Weltbevölkerung die globale Ernährungssituation verschärfen. Die Ressourcenknappheit und auch der Anstieg des Meeresspiegels, wodurch einige Küstenregionen, Inseln und tiefliegende 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 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. 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 1912 beträgt 822,4 mm, wobei die natürlichen Schwankungen einen Wertebereich von 513,7 mm (1959) und 1.118,0 mm (1961) einnehmen. Bei einer Amplitude von 8,7 °C (1919) bis 12,2 °C (2000) lag die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur für den Zeitraum 1912 bis 2017 in Bochum bei 10,5 °C. Bei genauer Betrachtung der Zeitreihe wird deutlich, dass die zwölf wärmsten Jahre – mit Ausnahme des Jahres 1959 – in den Jahren nach 1985 aufgetreten sind. Einen Anstieg der Jahresmitteltemperaturen zeigt zudem der lineare Trend, wonach die Temperaturen in Bochum im Zeitraum von 1912 bis 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 bis 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 von 1912 bis 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 (Grudzielanek et al. 2011; Hückelheim 2014).

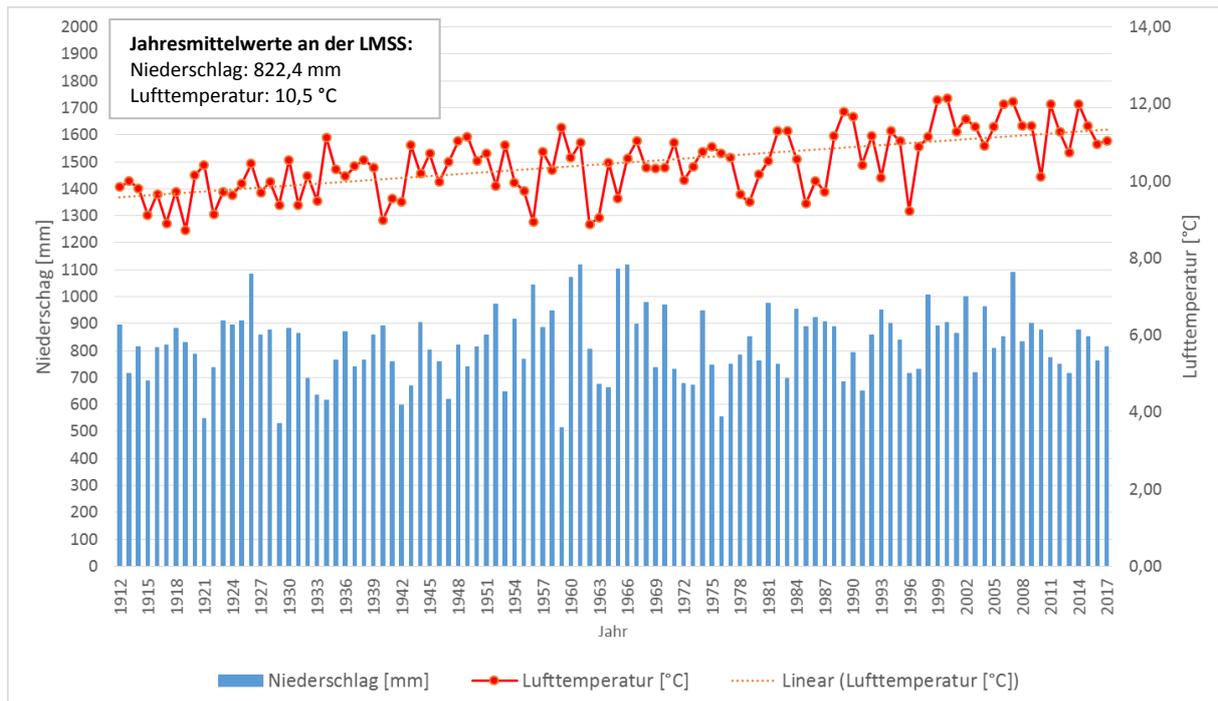


Abb. 6-6: Jährliche Niederschlagssummen und Jahresmitteltemperaturen (1912-2017) der Ludger-Mintrop-Stadtklima-Station (verändert nach Grudzielanek et al. 2011)

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 Abb. 6-7 und Abb. 6-8 werden die flächenhaften Ausprägungen des Klimawandels im Ruhrgebiet auf die Jahresmitteltemperaturen und -niederschlagssummen anhand eines Vergleichs der Bezugszeiträumen 1971-2000 und 2021-2050 für die Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 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.

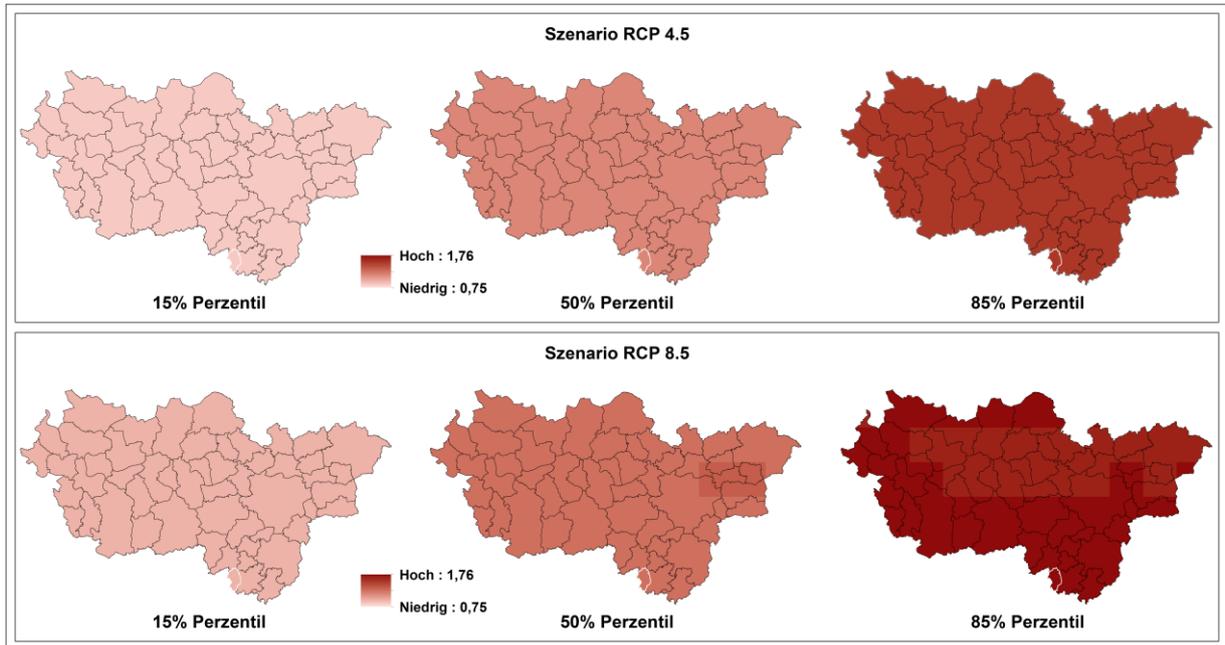


Abb. 6-7: Differenz der Jahresmitteltemperaturen (in K) in der Metropole Ruhr zwischen den Klimanormalperioden 1971-2000 und 2021-2050 basierend auf Ensemble-Rechnungen für die Szenarien RCP 4.5 und 8.5 (Eigene Darstellung auf Basis von EURO-Cordex-Projekt (Datengrundlage), DWD (Datenbearbeitung), LANUV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

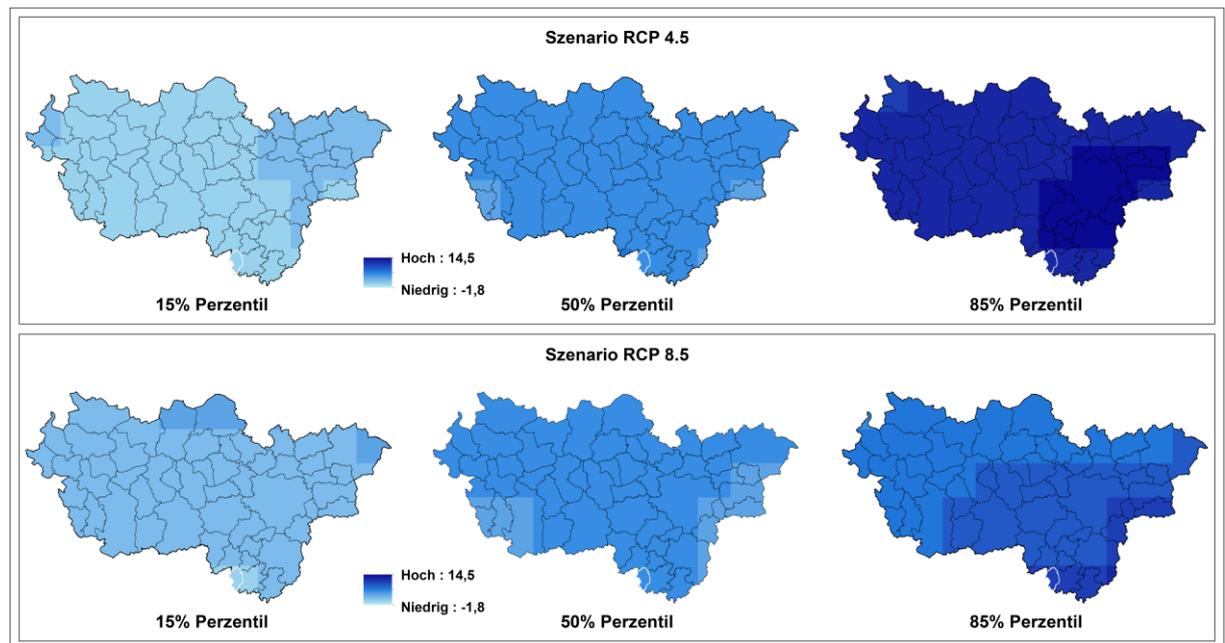


Abb. 6-8: Differenz der mittleren Niederschlagssummen (in %) in der Metropole Ruhr zwischen den Klimanormalperioden 1971-2000 und 2021-2050 basierend auf Ensemble-Rechnungen für die Szenarien RCP 4.5 und 8.5 (Eigene Darstellung auf Basis von EURO-Cordex-Projekt (Datengrundlage), DWD (Datenbearbeitung),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

Neben einem Anstieg des mittleren Verhältnisses 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. Die Ursache liegt darin, 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 zur zukünftigen Entwicklung klimatischer Kenntage sowie der Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Schwelm gegeben.

6.3 Zukünftige Entwicklung klimatischer Kenntage in Schwelm

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

Zur Ermittlung der zeitlichen Entwicklung und räumlichen Verteilung der klimatischen Kenntage im Stadtgebiet von Schwelm wurde ein im Rahmen des Projektes „Handbuch Stadtklima - Teil II“ entwickeltes Verfahren aufgegriffen und erweitert. Das vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) geförderte Projekt hatte u.a. die Zielsetzung, eine Herangehensweise zur Darstellung klimatologischer Kenntage am Beispiel der Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) für die gegenwärtige und zukünftige klimatische Situation auf Basis der Klimatope zu entwickeln. Dabei wurden die Sommertage für insgesamt acht Klimatotypen¹ differenziert nach den drei Großlandschaften (Niederrheinisches Tiefland, Westfälische Bucht und Süderbergland) der Metropole Ruhr abgeleitet. Die Methodik zur Berechnung der klimatischen Kenntage für die unterschiedlichen Klimatotypen basierte dabei auf einer Vielzahl von Messdaten, die durch den Regionalverband Ruhr zwischen 1999 und 2012 an zahlreichen temporären Klimamessstationen in unterschiedlichen Ruhrgebietskommunen erhoben wurden (MKULNV 2014).

¹ keine Unterscheidung zwischen Vorstadtklima und Stadtrandklima

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

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

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

Es wird deutlich, dass die mittleren Jahresmitteltemperaturen (s. Abb. 6-9) der 30-jährigen Bezugsperioden in den vergangenen Jahrzehnten bereits angestiegen sind und bis Mitte des 21. Jahrhunderts ein weiterer Anstieg zu erwarten ist. Dabei nehmen die Waldklimatope in allen drei betrachteten Zeiträumen die geringsten Werte ein, während in den Innenstadtklimatopen jeweils die höchsten mittleren Jahresmitteltemperaturen zu verzeichnen sind. Das 30-jährige Mittel der Jahresmitteltemperatur betrug für den Zeitraum 1961-1990 $9,0 \text{ °C}$ in den Waldklimatopen und $10,4 \text{ °C}$ in den Innenstadtbereichen. Voraussichtlich werden sich diese Werte in Zukunft (Zeitraum 2021-2050) auf $10,9 \text{ °C}$ in den Waldgebieten und $12,5 \text{ °C}$ in den Innenstadtklimatopen erhöhen. Das bedeutet, dass die Wälder als kühlste Bereiche des Stadtgebietes künftig (Zeitraum 2021-2050) eine mittlere Jahresmitteltemperatur aufweisen, die höher ist als dieser Wert im Zeitraum 1961-1990 in der Innenstadt war, also dem wärmsten Bereich der Stadt. Insgesamt fallen die Unterschiede im Anstieg der mittleren Jahresmitteltemperatur zwischen den einzelnen Klimatoptypen aufgrund der starken Aggregation dieses Klimaparameters (über 30 Jahre gemittelter Wert des Jahresmittels der Lufttemperatur) sehr gering aus und liegen für den Zeitraum 2021-2050 bezogen auf den Zeitraum 1961-1990 alle innerhalb einer Spanne von 1,9 bis 2,2 K.

Hinsichtlich der betrachteten klimatologischen Kenntage, welche die mittleren Häufigkeiten des Auftretens von besonders heißen Tagen bzw. Nächten beschreiben, lassen sich deutlichere Unterschiede zwischen den einzelnen Klimatoptypen erkennen. Bezüglich der Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) und der heißen Tage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$), also bei Betrachtung der Hitzebelastung während der Tagstunden, ist zudem ein interessantes Phänomen zu beobachten:

Die eigentlichen Lasträume der Innenstadtklimatope weisen sowohl in der Vergangenheit als auch in der Zukunft, aufgrund der insgesamt dichten Bebauung und dadurch bedingter Verschattungseffekte, tagsüber vielerorts eine geringere thermische Belastung auf als die teils weniger dicht bebauten Bereiche der Stadtklimatope (s. Abb. 6-10 und 6-11). So ist beispielsweise davon auszugehen, dass sich die mittlere Anzahl der Sommertage für die Innenstadtklimatope von 28,9 Tagen in der Bezugsperiode 1961-1990 auf 44,8 Sommertage im Zeitraum 2021-2050 erhöhen wird, während in den Stadtklimatopen eine Maximaltemperatur von mindestens 25 °C in der Vergangenheit (1961-1990) im Mittel an 31,5 Tagen erreicht wurde und in Zukunft voraussichtlich an 48,9 Tagen. Hierzu ist jedoch anzumerken, dass innerhalb eines Klimatoptyps kleinräumige Strukturen durchaus größere mikroklimatische Modifikationen hervorrufen können. So kann innerhalb eines Innenstadtklimatops die thermische Belastungssituation am Tage zwischen einer durch hohe Gebäude und Bäume verschatteten Straße mit einer Häuserschlucht (geringe Belastung) und einem unverschatteten, hochversiegelten Platz (hohe Belastung) sehr stark variieren. Auf der gewählten Betrachtungsebene der Klimatope ist allerdings zu konstatieren, dass die Innenstadtklimatope im Vergleich zu den Stadtklimatopen geringere Werte für die mittlere Anzahl der Sommertage und heißen Tage aufweisen. Die höchsten Werte und die stärksten absoluten Anstiege für beide Kenntage werden in den Gewerbe- und Industrieklimatopen erreicht. Während dort in der Bezugsperiode 1961-1990 im Mittel 35,4 Sommertage und 9,8 heiße Tage aufgetreten sind, werden in Zukunft (Zeitraum 2021-2050) voraussichtlich ca. 54,9 Sommertage und 35,8 heiße Tage in den Gewerbe- und Industrieklimatopen erreicht.

Das oben beschriebene Phänomen der Hitzebelastung am Tage bezüglich der Innenstadt- und Stadtklimatope lässt sich in der mittleren Häufigkeit des Auftretens der Tropennächte, also der nächtlichen Wärmebelastung, nicht beobachten (s. Abb. 6-12). Unter anderem aufgrund der sehr hohen Versiegelungsraten, der thermischen Eigenschaften der anthropogenen Oberflächen, der verminderten Belüftung und der fehlenden Anbindung an die kaltaufluff-produzierenden Flächen des unbebauten Umlandes weisen die Innenstadtbereiche an Tagen mit hoher solarer Einstrahlung eine verzögerte und verminderte nächtliche Abkühlung auf. Daher treten Tropennächte, also Nächte, in denen die Lufttemperatur zwischen 19:00 und 7:00 Uhr Mitteleuropäischer Zeit nicht unter 20 °C sinkt, in den Innenstadtklimatopen am häufigsten auf. Bezüglich der Anzahl an Tropennächten in den Innenstadtklimatopen ist zudem künftig von einem sehr starken Anstieg auszugehen. Während in der Bezugsperiode 1961-1990 im Mittel lediglich 1,4 Tage pro Jahr als Tropennacht bezeichnet werden konnten, werden die nächtlichen Lufttemperaturen in Zukunft (Zeitraum 2021-2050) im Mittel an 17,7 Tagen pro Jahr mindestens 20 °C betragen.

Zusammenfassend weisen die mittleren Jahresmitteltemperaturen in Schwelm vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels in Zukunft voraussichtlich in allen Klimatopen höhere

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

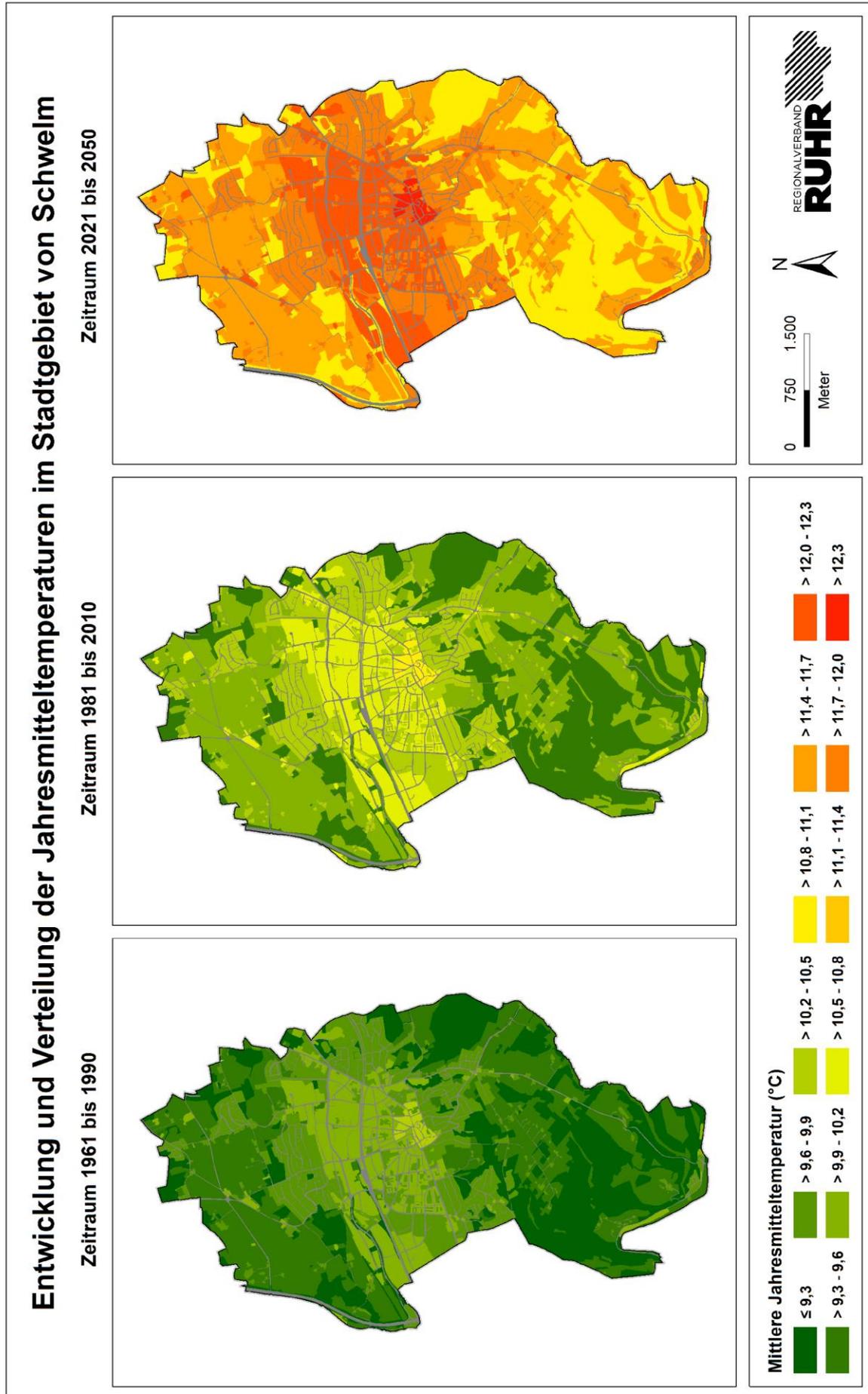


Abb. 6-9: Entwicklung und Verteilung der Jahresmitteltemperaturen im Stadtgebiet von Schwelm

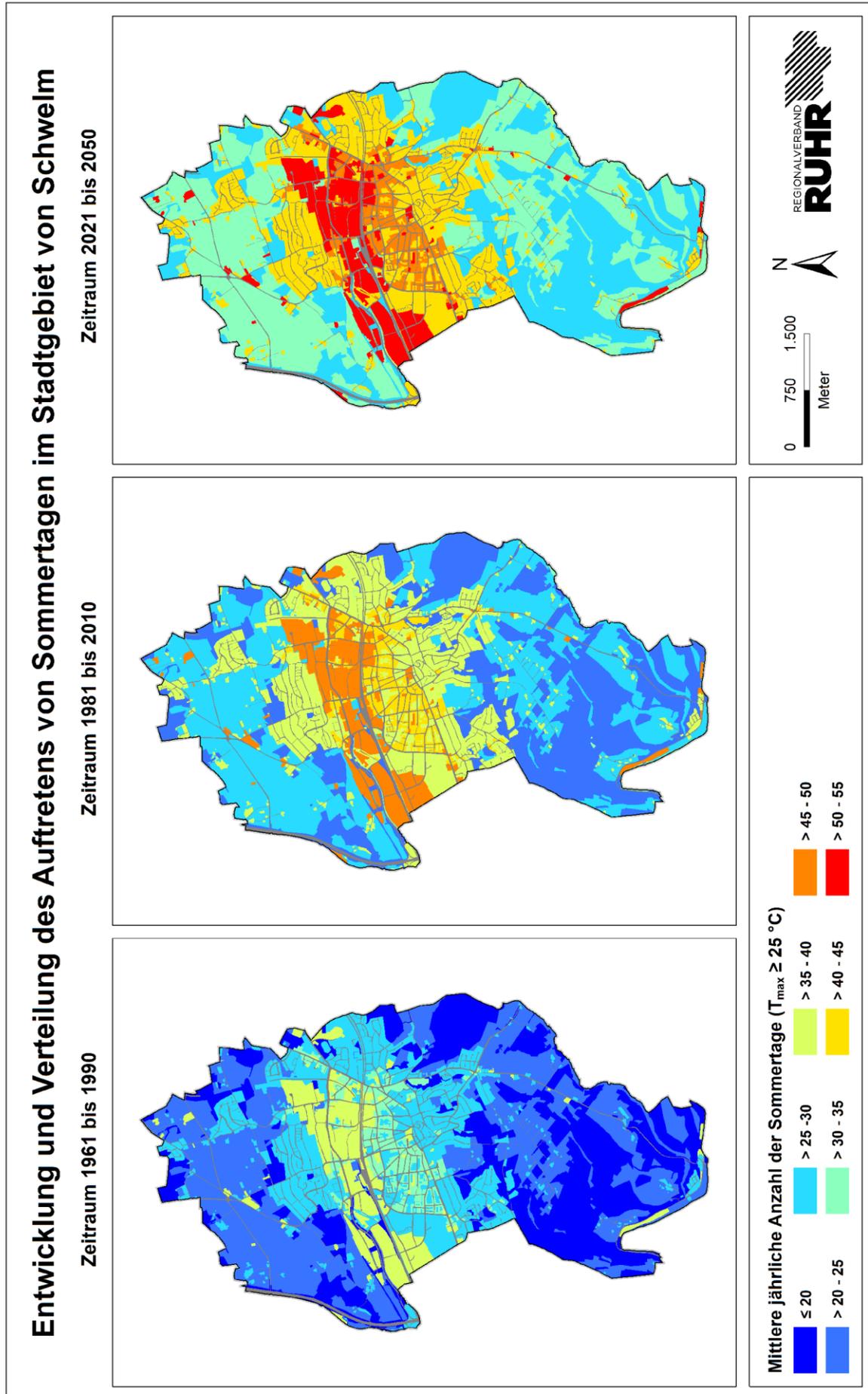


Abb. 6-10: Entwicklung und Verteilung der Anzahl an Sommertagen im Stadtgebiet von Schwelm

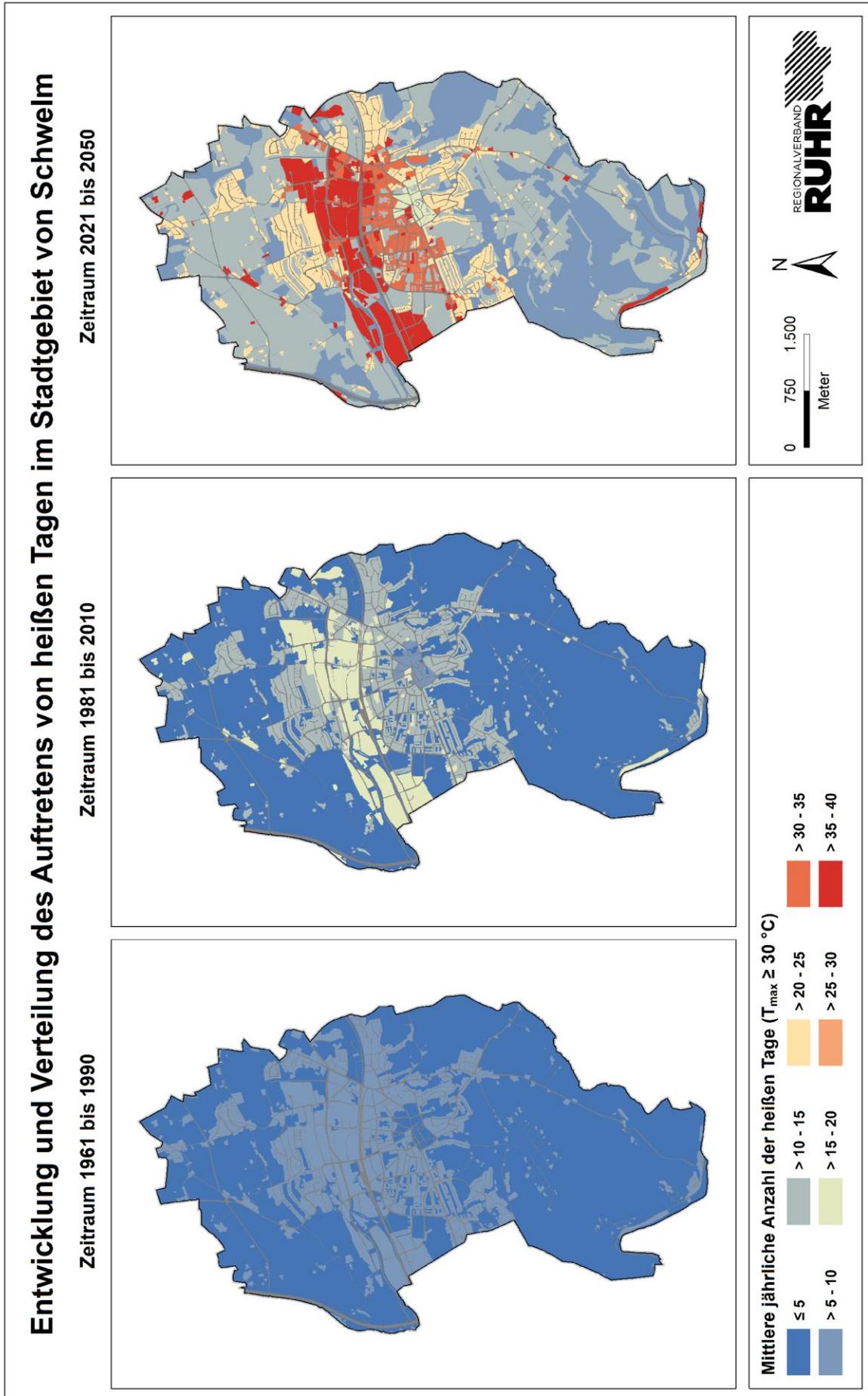


Abb. 6-11: Entwicklung und Verteilung der Anzahl an heißen Tagen im Stadtgebiet von Schwelm

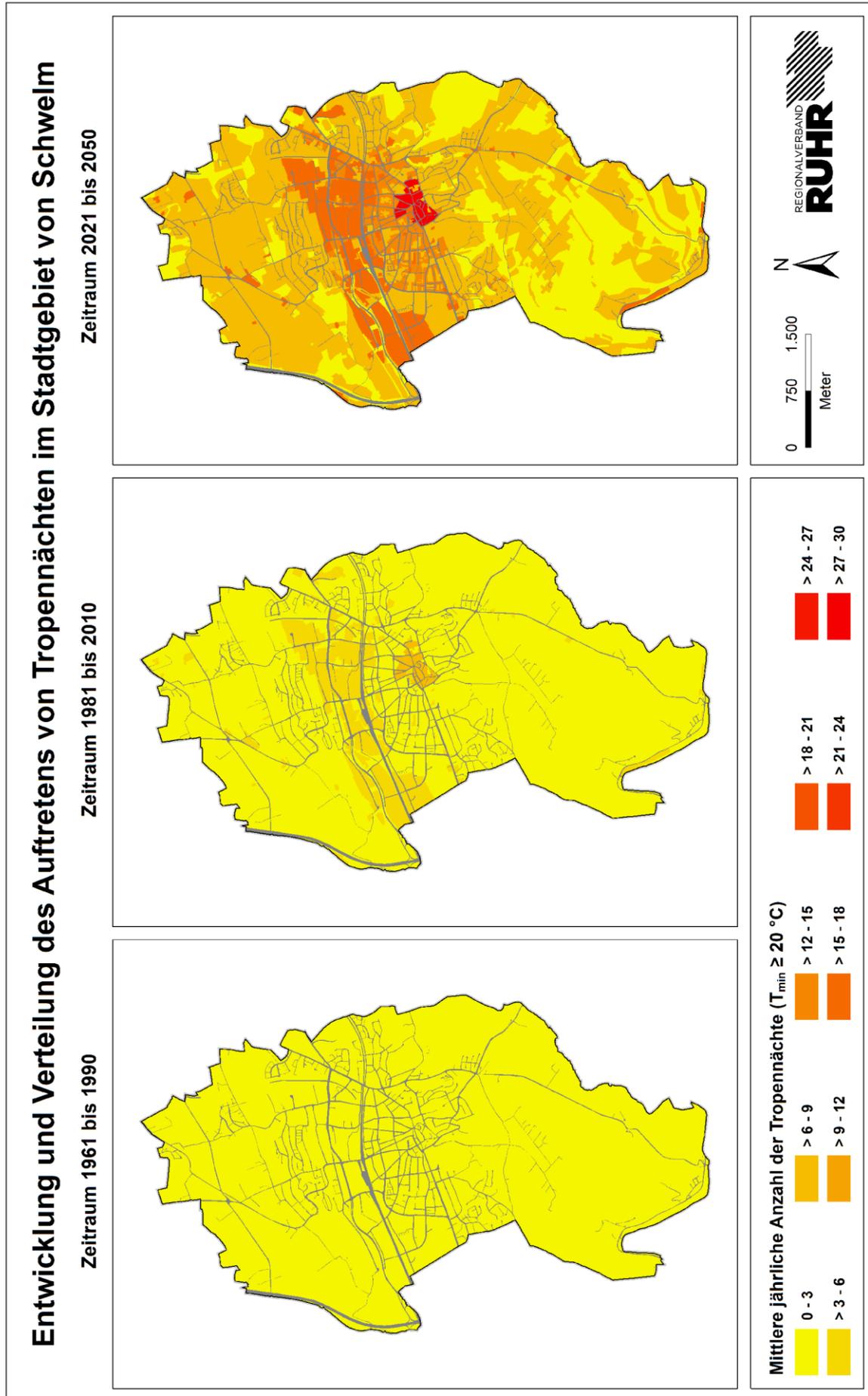


Abb. 6-12: Entwicklung und Verteilung der Anzahl an Tropennächten im Stadtgebiet von Schwelm

6.4 Darstellung derzeitiger und zukünftiger Wärmeinseln

Anhand der FITNAH-Modellierung (s. Kapitel 3), der Klimaanalysekarte (s. Kapitel 4) und der klimaökologischen Funktionen (s. Kapitel 5) wurde die Ist-Situation der klimatischen Verhältnisse in der Stadt Schwelm 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 (Stadtrandklimatope), häufiger Hitzebelastungen ausgesetzt sein werden. Neben den Innenstadtbereichen und den Stadtklimatopen treten daher in Zukunft während sommerlicher Strahlungsnächte auch die Stadtrandklimatope gegenüber dem Umland als stark überwärmte Bereiche auf. Diese Einschätzung basiert zudem auf der Tatsache, dass die mittleren Temperaturdifferenzen zwischen den heutigen Wärmeinselnbereichen (Innenstadt-/Stadtklimatopen) und den Stadtrandklimatopen sich auf maximal 2 K belaufen, der zukünftig zu 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. 6-13 zeigt die gegenwärtigen (2018) und zukünftigen (2100) Wärmeinselnbereiche im Stadtgebiet von Schwelm. Dabei wurden für die gegenwärtige Situation die Innenstadtklimatope mit einer sehr hohen Intensität und die Stadtklimatope mit einer hohen Intensität als Wärmeinseln ausgewiesen (mittlere Temperaturdifferenz von über 2 K). In Zukunft nehmen sowohl die Innenstadt- als auch die Stadtklimatope eine sehr hohe und die Stadtrandklimatope eine hohe Wärmeinselintensität ein. Demnach erweitern sich die Wärmeinselnbereiche von derzeit 0,97 km² bzw. 4,7 % des Stadtgebietes zukünftig auf eine Fläche von 3,18 km² und umfassen dann 15,5 % des Stadtgebietes.

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

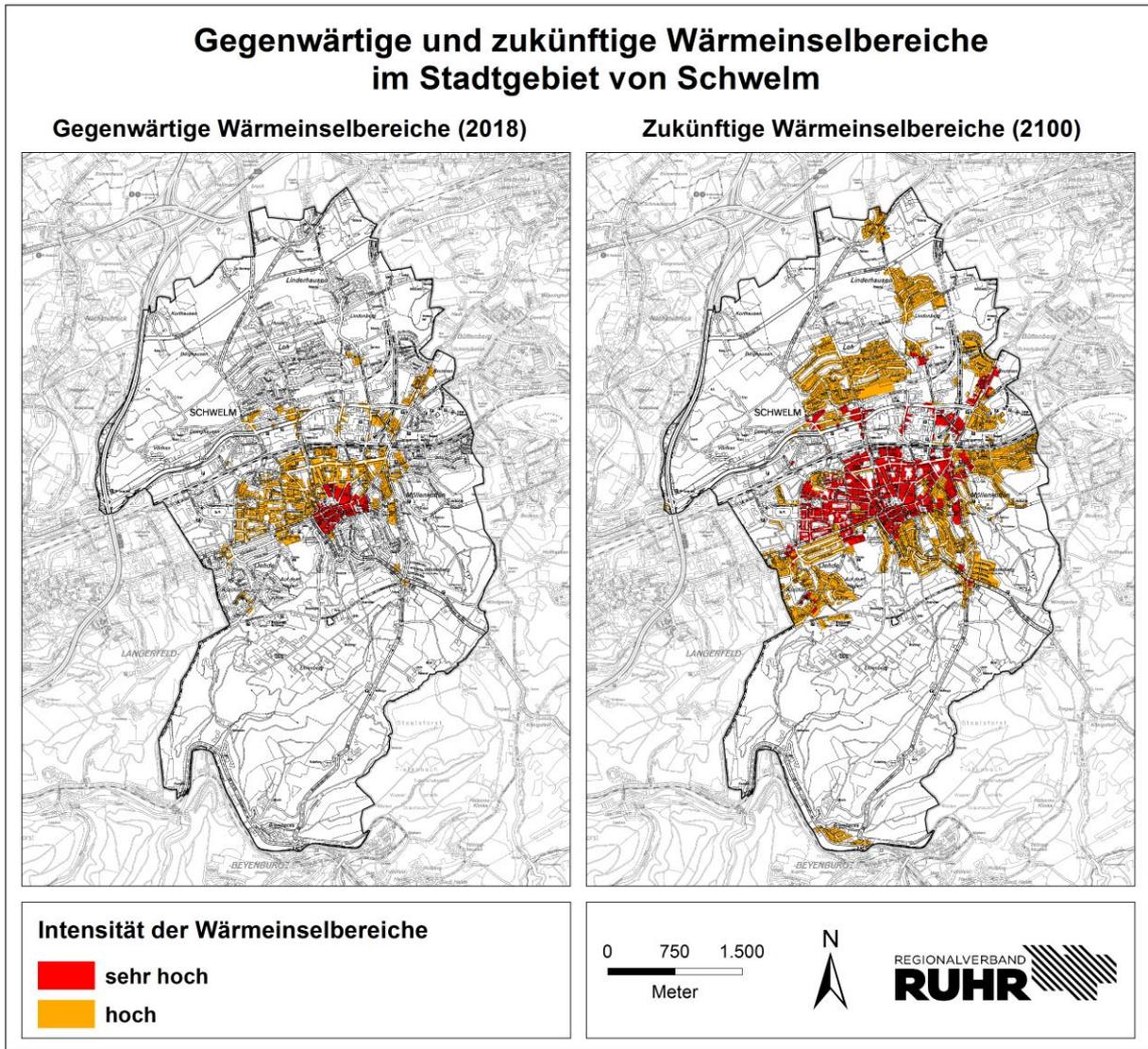


Abb. 6-13: Darstellung gegenwärtiger (2018) und zukünftiger (2100) Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Schwelm

7 Grün- und Freiflächenbewertung aus klimaökologischer Sicht

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

7.1 Methodik der Flächenbewertung

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

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

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

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

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

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

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

7.2 Ergebnisse der Flächenbewertung

Die Karte 7-1 zeigt die Ergebnisse der Flächenbewertung des Stadtgebietes von Schwelm aus klimaökologischer Sicht. Dabei sind die Siedlungsflächen, wie bereits in der „Karte der klimaökologischen Funktionen“ (vgl. Karte 5-1), hinsichtlich der vorherrschenden bioklimatischen Verhältnisse auf Basis der Klimatope bewertet. Demnach ergeben sich sehr ungünstige bioklimatische Verhältnisse für die Gewerbe-/Industrieklimatope sowie die Innenstadtklimatope, während die als Stadtklimatope ausgewiesenen Flächen ungünstig und die Stadtrandklimatope als günstig einzustufen sind. Die Siedlungsbereiche der Vorstadtklimatope werden als sehr günstig hinsichtlich der bioklimatischen Verhältnisse bewertet. Die räumliche Verteilung im Stadtgebiet entspricht der in Kapitel 4.2 beschriebenen Klimatopausbreitung.

Demnach ergeben sich in den Gewerbe- bzw. Industriebereichen, die sich nördlich der Innenstadt durch nahezu die gesamte Breite des Stadtgebietes erstrecken sowie im nördlichen Bereich des Stadtteils Mitte bis zum Westfalendamm und im nördlichen Bereich des Stadtteils West bis zur Barmer Straße aufgrund der erhöhten Versiegelung, der geringeren Grünflächenausstattung und erhöhten Emissionen von Luftschadstoffen eher ungünstige bis sehr ungünstige bioklimatische Verhältnisse.

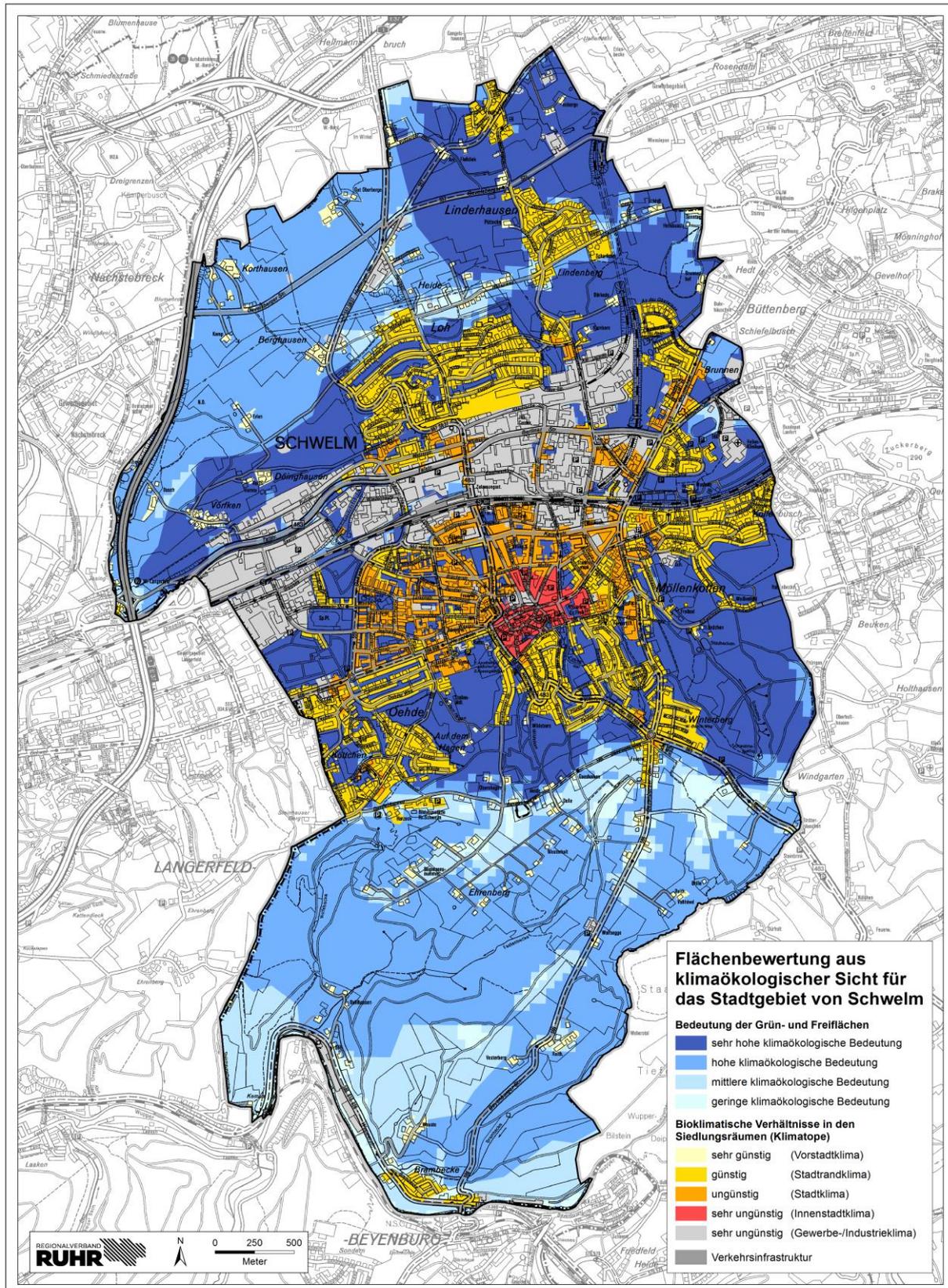
In den übrigen Siedlungsräumen sind aufgrund der insgesamt aufgelockerten Bebauungsstruktur, einem höheren Grünflächenanteil sowie der zumeist relativen Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen des Umlandes hauptsächlich günstige und teils sehr günstige bioklimatische Bedingungen vorherrschend.

Bei Betrachtung der Bewertung der Grün-, Wald- und Freiflächen im Stadtgebiet von Schwelm fällt zunächst ein sehr hoher Anteil an Flächen auf, denen eine hohe bis sehr hohe klimaökologische Bedeutung zugeordnet wird. Dies ist auf die relativ stark ausgeprägte Reliefsituation in Schwelm zurückzuführen, die dazu beiträgt, dass in weiten Teilen des Stadtgebietes hohe Werte für den Kaltluftvolumenstrom über den landwirtschaftlichen Freiflächen und teilweise auch für die Waldflächen erreicht werden. Zudem ist auch die Kaltluftproduktion der Frei-, Wald- und Grünflächen in Schwelm weitestgehend als hoch einzustufen (vgl. Karte 5-1). Mit einer sehr hohen klimaökologischen Bedeutung wurden dabei insbesondere die Frei- und Waldflächen bewertet, deren Kaltluftabflüsse hohe Werte und ein reliefbedingtes Abfließen in Richtung der klimatisch stärker belasteten Siedlungsbereiche von Schwelm aufweisen. Hierzu zählen Großteile der landwirtschaftlichen Freiflächen und Waldbereiche der Stadtteile Vörfken, Loh, Brunnen, Möllenkotten sowie von Schwelm-West und -Mitte. Zudem wurden in diesen Stadtteilen, wie bereits erläutert, alle innerstädtischen Grünflächen (Parkklimatope) mit einer sehr hohen klimaökologischen Bedeutung bewertet. Hierzu zählen neben den größeren öffentlichen Grünflächen, wie dem Friedhof in Schwelm-West oder den Grün- und Parkanlagen im Bereich des Helios-Klinikums und dem Haus Martfeld, auch größere zusammenhängende Gartenareale innerhalb der Bebauung. Daher kann konstatiert werden, dass nahezu sämtliche Grün-, Wald- und Freiflächen innerhalb der Bebauung bzw. angrenzend zur Bebauung innerhalb der Haupttalachse der Schwelme liegen, eine sehr hohe klimaökologische Bedeutung aufweisen.

Die landwirtschaftlichen Freiflächen und Waldbereiche im Stadtteil Süd weisen zwar teilweise in weiten Teilen ebenfalls hohe Werte für den Kaltluftvolumenstrom sowie die Kaltluftproduktion auf, allerdings erfolgt der Luftmassentransport entsprechend dem Relief in die Täler der Wolfsbecke, Fastenbecke sowie Brambecke und von dort aus weiter in Richtung der Wupper. Da diese Kaltluftabflüsse kaum klimatisch belastete Siedlungsbereiche als Wirkgebiete aufweisen, sind sie von geringerer Relevanz und deshalb nicht mit einer sehr hohen klimaökologischen Bedeutung bewertet worden. Allerdings kommt insbesondere den Waldflächen in diesem Bereich zusätzlich eine hohe Bedeutung als (über)regionaler Frischluftlieferant sowie auch als Naherholungs- und Regenerationsraum zu.

Im nördlichen Stadtteil Linderhausen weist die Flächenbewertung aus klimaökologischer Sicht eine Unterteilung in zwei Bereiche auf. Eine vorwiegend sehr hohe klimaökologische Bedeutung im östlichen Bereich und eine hauptsächlich hohe klimaökologische Bedeutung im Westen des Stadtteils. Die Unterteilung ergibt sich aus einer reliefbedingten Anhöhe in

etwa im Kreuzungsbereich der Hattinger, Gevelsberger und Wittener Straße. Diese Anhöhe führt dazu, dass die großen, zusammenhängenden landwirtschaftlichen Freiflächen im Norden von Schwelm, die weitestgehend hohe Werte für den Kaltluftvolumenstrom sowie die Kaltluftproduktion aufweisen, in zwei unterschiedliche Kaltlufteinzugsgebiete unterteilt sind. Während die lokal gebildeten Kaltluftmassen der Freiflächen östlich der Anhöhe im genannten Kreuzungsbereich reliefbedingt in Richtung Osten über die Stadtgrenze zu Gevelsberg abfließen, erfolgt in sommerlichen Strahlungsnächten ein kühler Luftmassentransport von den Freiflächen westlich dieser Anhöhe in Richtung der Stadtgrenze zu Wuppertal. Für den gesamten Freilandbereich in Linderhausen gilt, dass die dort gebildeten Kaltluftmassen kaum klimatisch belastete Wirkbereiche im Stadtgebiet von Schwelm aufweisen. Allerdings sind die beschriebenen Kaltluftabflüsse von großer Relevanz für Siedlungsbereiche der benachbarten Städte Gevelsberg und Wuppertal. Die unterschiedliche Bewertung der klimaökologischen Bedeutung resultiert daraus, dass dem östlichen Kaltlufteinzugsgebiet mit dem Gewerbegebiet-West in Gevelsberg ein direkter und klimatisch belasteter Wirkbereich zugeordnet werden kann, während die Kaltluftabflüsse aus dem östlichen Bereich zunächst eine weitere Entfernung bis in die angrenzenden Siedlungsbereiche von Wuppertal zurücklegen müssen, für diese jedoch durchaus eine hohe klimaökologische Bedeutung aufweisen.



Karte 7-1: Flächenbewertung aus klimaökologischer Sicht für das Stadtgebiet von Schwelm

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 Schwelm 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 Schwelm 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 Stadtteile 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 Schwelm 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 Schwelm 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 von Schwelm 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 Bebau-

ung 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 Ven-

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

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

Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete

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

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

Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete

Der Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete entspricht hinsichtlich seiner räumlichen Ausdehnung dem Klimatotyp Stadtklima in der Klimaanalysekarte.

Neben der bioklimatischen Belastung in diesem Bereich herrscht ebenfalls ein höheres luft-hygienisches Belastungspotenzial.

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

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

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

Lastraum der hochverdichteten Innenstadt

Der Lastraum der hochverdichteten Innenstadt ist durch eine dichte Bebauungsstruktur mit z.T. hohen Gebäuden, einen hohen Versiegelungsgrad und einen sehr geringen Grünflächenanteil geprägt. Ein weiteres charakteristisches Merkmal ist die Ausbildung von Straßenschluchten, d.h. die Gebäudehöhe übertrifft deutlich die Straßenbreite. Typisch ist auch ein

hohes Verkehrsaufkommen. Diese Eigenschaften zusammen bewirken die stärkste Ausprägung des Stadtklimas, was sich durch erhöhte Lufttemperaturen insbesondere in den Sommermonaten bemerkbar macht. Verschlechterte Belüftungsverhältnisse sowie hohe lufthygienische Belastungen sind ebenso die Folge der starken anthropogenen Überformung. Besonders nachteilig in klimatischer und lufthygienischer Hinsicht wirkt sich die geringe Anzahl an Grünanlagen aus. Daher ist es wichtig, dort kleinräumige Grünareale zu schaffen, um auf eine Milderung des Stadtklimas hinzuwirken.

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

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

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

Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen

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

thermische, bioklimatische und lufthygienische Belastung sowie eine eingeschränkte Belüftungssituation.

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

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

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

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

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 Straßengrün in umfangreiche Begrünungsmaßnahmen zu verstehen. Auch Dach- und Fassadenbegrünungen können in diesem Zusammenhang einen wichtigen Beitrag leisten. Bei allen Bebauungsmaßnahmen in diesen Bereichen sollte in Zukunft sorgfältig abgewogen werden, inwieweit sie erforderlich und klimatisch verträglich sind.

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

Hauptverkehrsstraßen

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

Dabei wurden alle Straßenabschnitte mit mindestens 20.000 Kfz/Tag (DTV-Werte) als Hauptverkehrsstraßen definiert. Wo Lärmschutzwände existieren, konzentrieren sich die Schadstoffe weitgehend auf den Straßenquerschnitt und nehmen im angrenzenden Raum rasch ab. Bei freier Lage allerdings können die Emissionen bis zu mehrere hundert Meter in die Umgebung eindringen. Zusätzlich führen hohe Lärmemissionen zu starken Umweltbelastungen in den angrenzenden Bereichen. Wesentliches Planungsziel sollte daher sein, Lärm- und Schadstoffbelastungen langfristig abzubauen. Neben Maßnahmen zur Verkehrsreduzierung sollten aktive und passive Lärmschutzmaßnahmen sowie Grünpuffer und Abstandszonen zu angrenzender Wohnbebauung eingerichtet werden.

Bahnanlagen

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

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

Kaltluftsammlgebiete

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

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.

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 einen 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 zumeist hochversiegelten Flächen vermindert werden.

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

In Straßen mit schluchtartigem Charakter und hohem Verkehrsaufkommen ist eine zu dichte Anpflanzung großkroniger Bäume, die ein geschlossenes Kronendach über dem Straßenraum ausprägen, zu vermeiden. Hierdurch können die vertikalen Austauschverhältnisse eingeschränkt werden, was eine Akkumulation von Luftschadstoffen zur Folge haben kann. In solchen Straßenzügen wird daher empfohlen, möglichst kleinkronige Bäume mit ausreichen-

dem Abstand anzupflanzen. Auf die Anlage von Alleen sollte insbesondere bei hohen bodennahen Emissionen verzichtet werden. Derartige Einschränkungen zur Begrünung mit Bäumen gelten natürlich nur dort, wo sich unterhalb der Baumkrone signifikante Emissionsquellen befinden. Wenig befahrene Straßenabschnitte, öffentliche Plätze und Fußgängerzonen können durch eine Begrünung mit großkronigen Bäumen lokalklimatisch aufgewertet werden.

Bei der Auswahl von geeigneten Baumarten für die Begrünung im innerstädtischen Raum - dies gilt für eine Begrünung von Straßenzügen ebenso wie bei Parkbäumen - sind aus stadtklimatischer Sicht zwei Dinge zu beachten: Zum einen emittieren verschiedene Baumarten unterschiedlich große Mengen an flüchtigen organischen Stoffen, die zur Bildung von Ozon 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 Gehölzanpflanzung angelegt werden. Besonders geeignet sind solche Anpflanzungen dort, wo Wohnbebauung unmittelbar an Gewerbe- oder Industriegebiete sowie an stark befahrene Straßen angrenzt.

Park- und Grünanlagen

Größere Park- und Grünanlagen sind in der Lage, das Bioklima positiv zu beeinflussen. Sie können ein eigenständiges Mikroklima ausbilden und sind – je nach ihrer Ausstattung und der Umgebungsstruktur – fähig, einen positiven Einfluss auf die Umgebung zu erzielen. Darüber hinaus sind sie aufgrund weitgehend fehlender Emittenten in der Regel Frisch- und Reinluftgebiete und können bei geeigneter Ausstattung eine Filterfunktion für Luftschadstoffe ausüben. Zudem werden sie zur Naherholung von der städtischen Bevölkerung genutzt. Um möglichst differenzierte Mikroklimata zu erhalten, sollte eine abwechslungsreiche Pflanzstruktur mit Bäumen, Sträuchern und Wiesen angestrebt werden.

Waldflächen

Die positive Wirkung von Waldflächen wurde bereits unter dem Stichwort „Ausgleichsräume“ (s. oben) angesprochen. Größere zusammenhängende 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 Bebauungsvorhaben sollten offene und aufgelockerte Strukturen angestrebt und hangparallele Riegelbebauungen unbedingt vermieden werden. Auf eine Ansiedlung von Emittenten im Bereich der Kaltluftabflussbahnen sollte ebenfalls verzichtet werden. Um die positiven klimatischen Effekte der kalten Luftmassen zu nutzen, sollten die Belüftungsbahnen mit den Siedlungsbereichen vernetzt werden.

Luftaustausch fördern und erhalten

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

Um einen Luftaustausch zwischen den Flächen wirksam zu fördern, sollten die Frei- und Grünflächen an ihren Rändern offen gestaltet werden. Weiterhin können die Wirkungen durch Grünverbände zwischen Parkanlagen und umliegender Bebauung in Form von Straßenbäumen, 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.

8.1.2 Gliederung der Stadt Schwelm anhand der Planungshinweiskarte

Der überwiegende Teil der Siedlungsbereiche mit Wohnnutzung im Stadtgebiet von Schwelm ist dem „Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete“ zuzuordnen. Lediglich in Schwelm-West und im Stadtteil Mitte sind die Wohn- und Mischgebiete vermehrt den klimatisch stärker belasteten Planräumen „Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete“ sowie „Lastraum der hochverdichteten Innenstadt“ zugehörig. Insbesondere in den Stadtteilen Vörfken und Loh sind erhebliche Anteile der bebauten Fläche klimatisch dem „Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen“ zugeordnet.

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

In Linderhausen, Brunnen, Schwelm-West sowie ganz im Süden des Stadtgebietes konnten dennoch Bereiche ausgewiesen werden, bei denen aus rein stadtklimatologischer Sicht eine maßvolle Nachverdichtung, die punktuelle Schließung von Baulücken oder die Ausweisung kleiner Neubaugebiete unter Beachtung der vorherrschenden lockeren Bebauungsstruktur und entsprechend hohem Grünflächenanteil vertretbar ist. 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. Zum Erhalt dieser Austauschfunktionen und zum Schutz relevanter klimatischer Ausgleichsflächen ist zudem an mehreren Siedlungsrändern in Vörfken, Loh, Schwelm-West und –Mitte sowie in Möllenkotten das Festschreiben bzw. Anstreben von klimatischen Baugrenzen zu empfehlen.

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.

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 den stark urban geprägten Innenstadtbereich ist die Förderung des Luftaustausches mit angrenzenden klimatischen Ausgleichsräumen wie dem Freilandbereich „Auf dem Hagen“ und dem Grünverbundsystem im Bereich der Sophien- und Wilhelmshöhe 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 verdunstungsaktiver Flächen und Strukturen kann für 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 zwingend darauf zu achten, dass sich in Straßenschluchten und bei hohem Verkehrsaufkommen keine geschlossenen Kronendächer entwickeln, die zu eingeschränkten Austauschverhältnissen und einer Schadstoffanreicherung führen können.

Aufgrund des stark ausgeprägten Reliefs existiert eine Vielzahl relevanter Kaltluftmassentransporte im Stadtgebiet von Schwelm. Kühle Luftmassen können während sommerlicher Strahlungsnächte von nahezu sämtlichen Grün-, Frei- und Waldflächen der Hanglagen des Haupttals in Siedlungskörper von Schwelm vordringen und dort eine Abmilderung des Wärmeinseleffektes bedingen, weshalb die Bereiche der Kaltluftabflussbahnen von weiterer Bebauung und dichter, riegelförmiger Bepflanzung freizuhalten sind. Dies gilt zudem für die Bereiche der Kaltluftabflüsse von den Freiflächen in Linderhausen, deren Bedeutung für angrenzende Siedlungsbereiche in den benachbarten Städten Gevelsberg und Wuppertal bereits in Kapitel 7 aufgezeigt wurde.

Durch die Tallage kann es weiten Teilen von Schwelm bei fehlendem Strömungsantrieb während autochthoner Wetterlagen vermehrt zu einer Inversionsbildung kommen. Hier besteht die Gefahr der Schadstoffakkumulation unterhalb der Inversionsschicht, weshalb in diesen Bereichen die weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten vermieden werden sollte. Hingegen sollten Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen der bereits angesiedelten Gewerbe- und Industriebetriebe sowie des Verkehrs angestrebt werden.

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

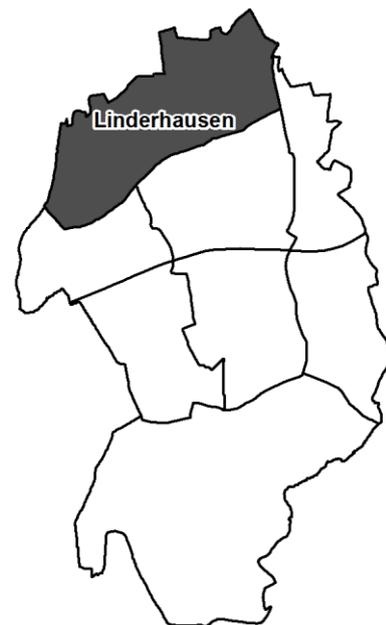
8.2 Planungshinweise auf Ebene der Stadtteile

Im Folgenden werden die raum- und nutzungsbezogenen Empfehlungen aus der Planungshinweiskarte auf der Ebene der Stadtteile von Schwelm konkretisiert. Basierend auf der Struktur des Stadtgebietes werden im Sinne der Lesbarkeit und Übersichtlichkeit des vorliegenden Gutachtens teilweise mehrere Stadtteile zusammen betrachtet. 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 Stadtteile bedeutsame Planungshinweise benannt.

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.

8.2.1 Stadtteil Linderhausen

Der Stadtteil Linderhausen im Norden des Stadtgebietes ist durch große zusammenhängende Acker- und Grünlandflächen sowie mehrere kleinere Waldflächen geprägt. Die weitläufigen Freilandbereiche sowie auch die Waldgebiete weisen in weiten Teilen hohe Werte für die Kaltluftproduktionsrate auf. Aufgrund eines stark ausgeprägten Reliefs und der geringen Rauigkeit der weitläufigen Freilandbereiche sind auch die Werte für den Kaltluftvolumenstrom nahezu vollständig als hoch einzustufen. Das Relief von Linderhausen weist sowohl im Norden als auch im Süden Höhenlagen und somit ein im Zentrum des Stadtteils in Ost-West-Richtung verlaufendes Tal entlang der Gevelsberger Straße auf. Im Kreuzungsbereich der Gevelsberger, Hattinger und



Wittener Straße besteht zudem eine Anhöhe innerhalb des Talverlaufes. Dies führt dazu, dass die Kaltluftmassentransporte zwei unterschiedliche Abflussrichtungen aufweisen. Während die lokalgebildeten Kaltluftmassen östlich der Anhöhe dem Talverlauf folgend in Rich-

tung Gevelsberg abfließen, erfolgt ein Transport der kühlen Luftmassen westlich der Anhöhe in Richtung Wuppertal. Grundsätzlich kann den Freilandbereichen in Linderhausen aufgrund des hohen Kaltluftpotenzials eine sehr wichtige klimatische Ausgleichsfunktion für die angrenzenden Siedlungsbereiche der benachbarten Städte Gevelsberg und Wuppertal zugesprochen werden. Eine Relevanz der Kaltluftmassen für die Siedlungsbereiche von Linderhausen ist eingeschränkt ebenfalls gegeben, was im weiteren Verlauf noch näher beschrieben wird. Neben der Funktion als Kaltluftabflussbahn nehmen die rauigkeitsarmen Freilandbereiche entlang des Tals in Linderhausen zudem eine wichtige Funktion als regionale Luftleitbahn ein, da bei übergelagertem Windfeld in Abhängigkeit von der Windrichtung Frischluftmassen von den Freilandflächen in Richtung Gevelsberg bzw. Wuppertal transportiert werden können. Im Bereich der Freilandflächen entlang der A1 sind jedoch auch erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch den Verkehr möglich. Durch die verkehrsbedingten Emissionen der A1 ist somit eine Anreicherung der Kalt- und Frischluftmassentransporte mit Luftschadstoffen möglich. Zudem können durch (Geruchs-)Emissionen des Entsorgungsbetriebes die (Kalt-)Luftmassentransporte in Richtung Gevelsberg belastet sein. Die zumeist kleineren Waldflächen in Linderhausen nehmen grundsätzlich eine Filterfunktion für Luftschadstoffe ein und können daher als Frischluftproduzenten angesehen werden. Darüber hinaus zeichnen sich die Waldflächen durch ein mildes, ausgeglichenes Stammraumklima und somit sehr geringe bioklimatische Belastungen aus. Aufgrund des ausgeprägten Reliefs können insbesondere von den Waldflächen der Hanglagen nennenswerte Kaltluftabflüsse ausgehen. Die Waldflächen im Südwesten von Linderhausen können aufgrund der erhöhten Rauigkeit und der Lage in der Kaltluftabflussbahn zu einem Abbremsen des Luftmassentransportes in Richtung der angrenzenden Siedlungsbereiche von Wuppertal führen (Barrierewirkung).

Neben mehreren Einzelhausbebauungen sowie einigen Streu- bzw. Splittersiedlungen im ländlichen Raum besteht die Bebauungsstruktur des Stadtteils Linderhausen aus zwei kleineren Siedlungskörpern nördlich und südlich der Gevelsberger Straße. Entsprechend ist die Bebauung durch eine überwiegend locker und offen bebaute Struktur mit zumeist geringen Gebäudehöhen und einen erhöhten Grünflächenanteil innerhalb der Bebauung charakterisiert und weitestgehend eine unmittelbare Anbindung zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen gegeben. Innerhalb der Wohnbebauungen sind daher lediglich geringe Änderungen der Klimatelemente gegenüber dem Freiland festzustellen, weshalb dort insgesamt positive klimatische Verhältnisse vorherrschen. Insbesondere die nördliche Siedlung von Linderhausen sowie die Einzelhausbebauungen und Streu- bzw. Splittersiedlungen im ländlichen Raum profitieren zudem von nächtlichen Kaltluftzuflüssen der umliegenden Freiland- und Waldflächen. Trotz der Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen findet während sommerlicher Strahlungswetterlagen (autochthon) aufgrund der Hang- und Kuppenlage hin-

gegen kaum Kaltlufttransport in den südlichen Siedlungskörper von Linderhausen statt. Während allochthoner Wetterlagen stellt sich die Belüftungssituation in beiden Siedlungskörpern von Linderhausen aufgrund der relativ geringen Rauigkeit der Bebauung, der Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen sowie der Lage in der Luftleitbahn (gesamtes Tal von Linderhausen) bzw. auf einer Kuppe als sehr günstig dar. Grundsätzlich kann allerdings die Wärmebelastung im Sommer tagsüber punktuell aufgrund fehlender Verschattungselemente erhöht sein.

In Linderhausen sind lediglich wenige Gewerbebetriebe angesiedelt. Hierzu zählen u.a. ein Entsorgungsbetrieb für tierische Abfälle, ein Kunststoffhandel, eine Tankstelle und eine Kfz-Werkstatt. Die Gewerbeflächen sind grundsätzlich durch einen hohen Versiegelungsgrad und entsprechend geringen Vegetationsbestand auf den Flächen selbst charakterisiert. Allerdings weisen sie aufgrund der unmittelbaren Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen und der Lage innerhalb der Luftleitbahn relativ günstige Belüftungssituationen auf und zudem können nächtliche Kaltluftzuflüsse zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas beitragen. 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.

In den Siedlungsbereichen von Linderhausen sollte die aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur grundsätzlich erhalten bleiben. Unter Beachtung der aufgelockerten und durchgrünten Bebauungsstruktur ist allerdings eine begrenzte Erweiterung der Siedlungskörper von Linderhausen an mehreren Stellen (z.B. nördlich des Friedhofs, entlang der Wittener Straße, an der Lindenbergsstraße südlich der Gevelsberger Straße sowie in Berghausen) aus rein stadtklimatischer Sicht möglich. Die Siedlungsgebiete würden in diesen Bereichen teilweise von nächtlichen Kaltluftzuflüssen profitieren. Zwischen der nördlichen und südlichen Siedlung ist eine weitere Bebauung entlang der Lindenbergsstraße hingegen zwingend zu vermeiden, um den Kaltluftabfluss in Richtung Gevelsberg sowie die Funktion der Luftleitbahn nicht einzuschränken oder gar zu unterbinden. Kleinräumige Begrünungsmaßnahmen könnten insbesondere durch Dachbegrünungen auf Flachdächern und Garagenanlagen (v.a. entlang der Akazien- und Kastanienstraße) realisiert werden. Zudem sollten weitere Baumpflanzungen in privaten Gärten zur Schaffung von Schattenzonen angeregt bzw. gefördert werden.

Im Bereich der bestehenden Gewerbeansiedlungen sollten Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen ergriffen sowie eine Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen forciert werden. Hierbei können auch Dach- und Fassadenbegrünungen ein Instrument zur Erhöhung des Grünanteils darstellen. Darüber hinaus sollten insbesondere im Bereich der Kaltluftabflussbahnen bzw. der Luftleitbahn keine weiteren Ansiedlungen von bodennahen Emittenten erfolgen sowie Maßnahmen zur Reduzierung der

Emissionen umgesetzt werden. Letzteres gilt zudem für die Verkehrsemissionen entlang der A1.

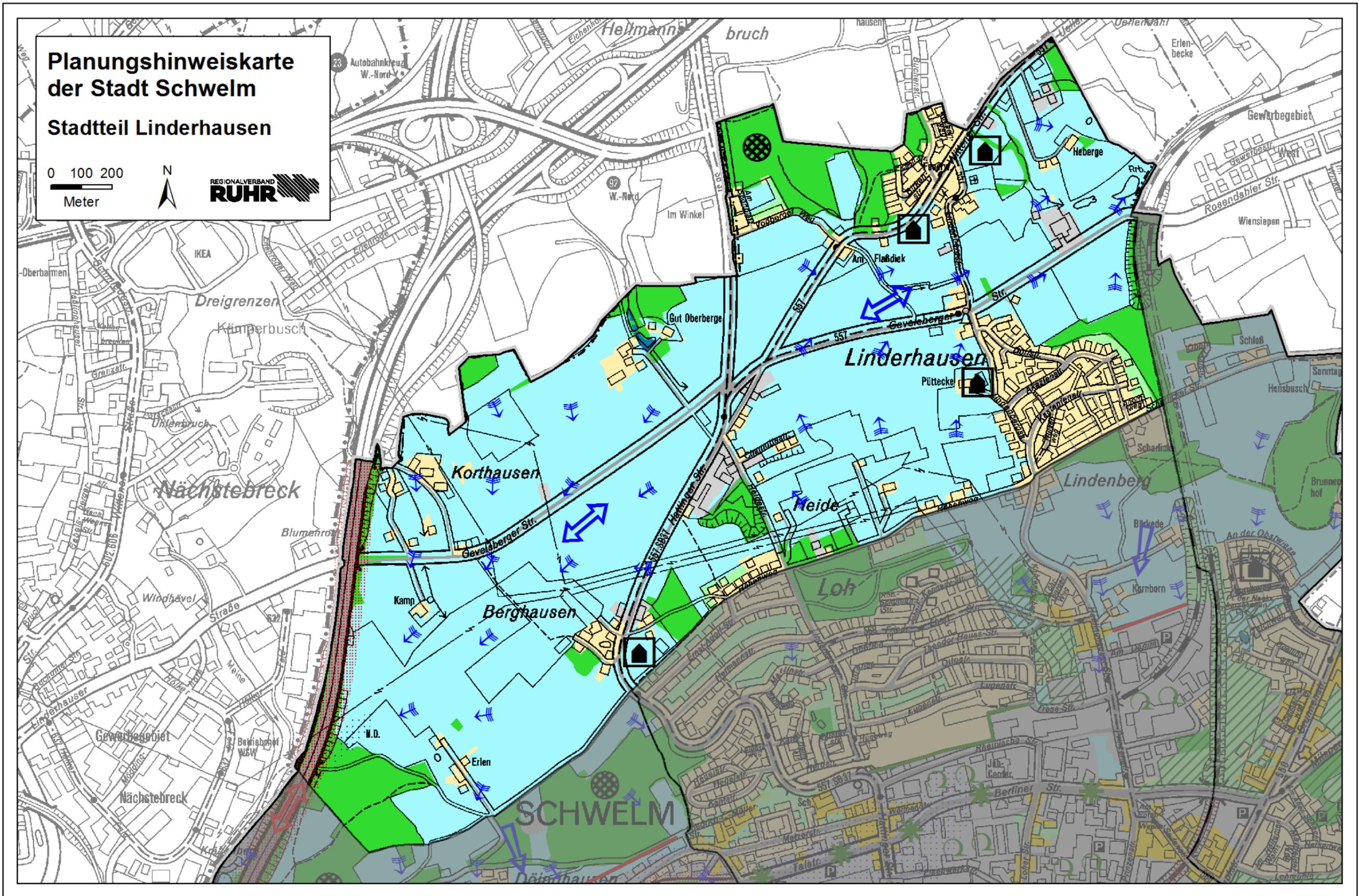
Die großflächigen zusammenhängenden Acker- und Grünlandareale in Linderhausen sollten aufgrund der hohen und wichtigen Kalt- und Frischluftbildungspotenziale als klimatische Ausgleichsräume erhalten bleiben. Dieses Erhaltungsgebot gilt zudem für die Waldflächen, die ebenfalls zum Kaltlufthaushalt und zur Frischluftproduktion beitragen.

Stadtteil Linderhausen			
Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete			
Funktion/Nutzungstyp:		Bioklima	
<ul style="list-style-type: none"> - hauptsächlich aufgelockerte Wohnbebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. 2-3 Geschosse) - neben den beiden Siedlungsbe-reichen von Linderhausen weite-re Einzelhausbebauung und kleinere Streu- bzw. Splittersied-lungen im ländlichen Raum - zumeist größere zusammen-hängende Garten- bzw. Grünflä-chen im hausnahen Bereich so-wie teils direkt angrenzend an landwirtschaftliche Freiflächen 	<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ durch die aufgelockerte Bauweise und die klimatische Ausgleichswirkung der umliegenden landwirtschaftlichen Frei-flächen nur geringe Änderungen der Klimatelemente ☀ insbesondere die nördliche Siedlung von Linderhausen sowie die Einzel-hausbebauungen im ländlichen Raum profitieren von nächtlichen Kaltluftzu-flüssen ☀ insgesamt positive bioklimatische Ver-hältnisse 	<p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☝ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein ☝ trotz der Nähe zu größeren klimati-schen Ausgleichsräumen findet wäh-rend sommerlicher Strahlungswetter-lagen aufgrund der Hang- und Kup-penlage kaum Kaltlufttransport in den südlichen Siedlungskörper von Lin-derhausen statt 	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten ➤ kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen (z.B. Dachbegrünung auf Flach-dächern und Garagenanlagen) anstreben ➤ unter Beachtung einer aufgelö-ckerten und durchgrünten Be-bauungsstruktur ist zudem eine begrenzte Erweiterung der Sied-lungskörper von Linderhausen an mehreren Stellen (z.B. nörd-lich des Friedhofs) aus rein stadtklimatischer Sicht möglich; Siedlungsgebiete in diesen Be-reichen würden von nächtlichen Kaltluftzuströmen profitieren; zwischen der nördlichen und südlichen Siedlung ist eine wei-tere Bebauung entlang der Lin-denbergstraße zu vermeiden, um den Kaltluftabfluss in Rich-tung Gevelsberg sowie die Funktion der Luftleitbahn nicht einzuschränken oder gar zu un-terbinden ➤ weitere Baumpflanzungen in privaten Gärten zur Schaffung von Schattenzonen anregen bzw. fördern
Immissionsklima		Immissionsklima	
<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ sehr günstige Belüftungssituation auf-grund relativ geringer Rauigkeit der Bebauung und der Nähe zu Aus-gleichsräumen sowie der Lage in einer Luftleitbahn (Tal) bzw. auf der einer Kuppe ☀ geringe Schadstoffemissionen 	<p>Günstfaktoren</p>	<p>Ungünstfaktoren</p>	
<p>Klimarelevante Faktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geringer bis mittlerer Versiege-lungsgrad - hoher bis mittlerer Grünflächen-anteil - Nähe zu großen klimatischen Ausgleichsräumen - relativ geringe Rauigkeit durch geringe Geschosshöhen 			

Stadtteil Linderhausen						
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen						
<p><u>Funktion/Nutzungstyp:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - lediglich vereinzelte Gewerbeflächen über den Ortsteil verteilt - unterschiedlicher Nutzungsarten (z.B. Entsorgungsbetrieb, Kunststoffhandel, Tankstelle, Kfz-Werkstatt) 	<p style="text-align: center;">Bioklima</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Günstfaktoren</td> <td style="width: 50%;">Ungünstfaktoren</td> </tr> <tr> <td>☀ lokale Verbesserung des Mikroklimas im Bereich der Gewerbeflächen durch die unmittelbare Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen (Kaltluftzufluss)</td> <td>☝ im Sommer tagsüber starke Überwärmungen der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen; daher Hitzestress und Schwüle möglich</td> </tr> </table>	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	☀ lokale Verbesserung des Mikroklimas im Bereich der Gewerbeflächen durch die unmittelbare Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen (Kaltluftzufluss)	☝ im Sommer tagsüber starke Überwärmungen der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen; daher Hitzestress und Schwüle möglich	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Entsiegelung, Begrünung und Pflanzung großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen ➤ Begrünung von Dächern und Fassaden ➤ Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen ➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten im Bereich der Kaltluftabflussbahnen bzw. der Luftleitbahn
Günstfaktoren	Ungünstfaktoren					
☀ lokale Verbesserung des Mikroklimas im Bereich der Gewerbeflächen durch die unmittelbare Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen (Kaltluftzufluss)	☝ im Sommer tagsüber starke Überwärmungen der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen; daher Hitzestress und Schwüle möglich					
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - (sehr) hoher Versiegelungsgrad - kaum Vegetation auf den Flächen selbst vorhanden - direkt angrenzend an klimatische Ausgleichsräume - Größe und Art der Nutzung - Emissionen von Luftschadstoffen, Abwärme und Lärm 	<p style="text-align: center;">Immissionsklima</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Günstfaktoren</td> <td style="width: 50%;">Ungünstfaktoren</td> </tr> <tr> <td>☀ grundsätzlich günstige Belüftungssituation aufgrund der Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen sowie der Lage in einer Luftleitbahn</td> <td>☝ teilweise erhöhte Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich ☝ (Kalt-)Luftmassentransporte in Richtung Gevelsberg können durch (Geruchs-)Emissionen des Entsorgungsbetriebes belastet sein</td> </tr> </table>	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	☀ grundsätzlich günstige Belüftungssituation aufgrund der Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen sowie der Lage in einer Luftleitbahn	☝ teilweise erhöhte Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich ☝ (Kalt-)Luftmassentransporte in Richtung Gevelsberg können durch (Geruchs-)Emissionen des Entsorgungsbetriebes belastet sein	
Günstfaktoren	Ungünstfaktoren					
☀ grundsätzlich günstige Belüftungssituation aufgrund der Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen sowie der Lage in einer Luftleitbahn	☝ teilweise erhöhte Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich ☝ (Kalt-)Luftmassentransporte in Richtung Gevelsberg können durch (Geruchs-)Emissionen des Entsorgungsbetriebes belastet sein					

Stadtteil Linderhausen		
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland		
Funktion/Nutzungstyp:	Bioklima	
	Günstigkeitsfaktoren	Ungünstigkeitsfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> - Acker- und Grünlandflächen - Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete - Funktion als Kaltluftabfluss- und Luftleitbahn 	<p>Günstigkeitsfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und hoher nächtlicher Abkühlung ☀ höhere Windgeschwindigkeiten können geringere bioklimatische Belastungen durch Hitze und Schwüle bewirken ☀ hohe Kaltluftproduktion ☀ Kaltluftabflüsse in Richtung angrenzender Siedlungsgebiete der benachbarten Städte Gevelsberg und Wuppertal 	<p>Ungünstigkeitsfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ die lokal produzierten Kaltluftmassen der Freiflächen können reliefbedingt kaum in den südlichen Siedlungsbecken von Linderhausen eindringen
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - geringe Rauigkeit - Nutzung - Relief - Größe - umliegende Nutzung 	<p>Immissionsklima</p> <p>Günstigkeitsfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ günstige Durchlüftungs- bzw. Austauschverhältnisse infolge geringer Rauigkeit ☀ kaum Emissionen ☀ die Freilandflächen entlang des Tals in Linderhausen nehmen eine Funktion als Luftleitbahn ein; Frischlufttransport in Richtung der angrenzenden Siedlungsgebiete der benachbarten Städte Gevelsberg und Wuppertal (in Abhängigkeit vom übergeordneten Windfeld) 	<p>Ungünstigkeitsfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ erhöhte Immissionen verkehrsbedingter Luftschadstoffen im Umfeld der Autobahn A1 möglich; hierdurch auch Anreicherung der Kalt- und Frischluftmassentransporte in Richtung Wuppertal mit Luftschadstoffen möglich ☀ (Kalt-)Luftmassentransporte in Richtung Gevelsberg können durch (Geruchs-)Emissionen des Entsorgungsbetriebes belastet sein
<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ 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 ☀ insbesondere keine weitere Ansiedlung bodennaher Emissionen im Bereich der Kaltluftabfluss- bzw. Luftleitbahn ☀ Reduzierung der Emissionen angrenzender Gewerbebetriebe sowie des Verkehrs entlang der A1 		

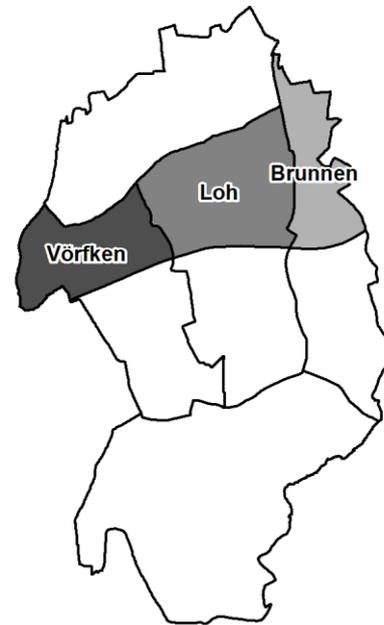
Stadtteil Linderhausen	
Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald	
<p><u>Funktion/Nutzungstyp:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - zumeist kleinere Waldflächen über den Stadtteil verteilt - Filterfunktion für Luftschadstoffe - Kalt- und Frischluftproduzenten 	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Kalt- und Frischluftproduzenten sowie aufgrund ihrer Filterfunktion für Luftschadstoffe zu erhalten
Bioklima	
<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglicheneren Stammraumklima ☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen ☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen ☀ reliefbedingte Kaltluftabflüsse der Waldflächen in Hanglage 	<p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ die Waldflächen im Südwesten von Linderhausen können aufgrund der erhöhten Rauigkeit und der Lage in der Kaltluftabflussbahn zu einem Abbremsen des Luftmassentransportes führen (Barrierewirkung)
Immissionsklima	
<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe ☀ keine Emissionen ☀ Frischluftproduzenten 	<p>Ungünstfaktoren</p>
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Größe und Lage des Waldgebietes - angrenzende Nutzungen - Relief 	



Karte 8-2: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Schwelm für den Stadtteil Linderhausen

8.2.2 Stadtteile Vörfken, Loh und Brunnen

Die Wohngebiete der drei Stadtteile Vörfken, Loh und Brunnen bestehen überwiegend aus einer maximal dreigeschossigen Bebauung, die vornehmlich durch eine lockere und durchgrünte Bebauungsstruktur charakterisiert ist. Vereinzelt treten Zeilenbebauungen (z.B. Friedrich-Ebert-Straße, Hegelstraße) sowie solitäre Hochhäuser (v.a. John-F.-Kennedy-Straße) auf. Zudem sind vereinzelte Einzelhausbebauung und kleinere Streu- bzw. Splittersiedlungen in den ländlichen Bereichen dieser Stadtteile zu verzeichnen. Große zusammenhängende Gartenareale und Grünflächen im hausnahen Bereich dienen insbesondere in Loh als kleinräumige Klimaoasen innerhalb der Bebauung. Insgesamt sind weite Teile der Wohngebiete durch einen



geringen Versiegelungsgrad mit entsprechend hohem Grünflächenanteil, eine größtenteils geringe Rauigkeit durch niedrige Gebäudehöhen sowie eine zumeist gute Anbindung an größere klimatische Ausgleichsräume oder innerstädtische Grünflächenvernetzungen charakterisiert. Dies bedingt lediglich geringe bis mittlere Wärmeinseleffekte sowie teils günstige Belüftungssituationen, sodass die bioklimatischen Verhältnisse in diesen Bereichen insgesamt als positiv zu bewerten sind. Punktuell kann es tagsüber im Sommer allerdings zu Wärmebelastungen durch fehlende Schattenzonen kommen und angrenzend zu den Gewerbeflächen und Hauptverkehrsstraßen können teils erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm auftreten.

Hauptsächlich in Loh und Brunnen wurden entlang der Brunnenstraße sowie innerhalb der bzw. angrenzend zu den großflächigen Gewerbegebieten allerdings auch einige vereinzelt auftretende kleinere Flächen dem Lastraum „der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete“ zugeordnet. Diese Bereiche weisen durch teils stark überbaute Hinterhöfe mit Anbauten, weiteren Gebäuden oder Garagen sowie hochversiegelten Parkplatzflächen einen sehr geringen Grünflächenanteil auf. Sommerlicher Hitzestress und Schwülebelastungen, teils hohe Wärmeinseleffekte, insgesamt schlechtere Durchlüftungsverhältnisse, punktuell auch eine unzureichende Versorgung mit nächtlichen Kaltluftzuflüssen sowie ebenfalls erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm entlang der Hauptverkehrsstraßen und im Umfeld von Gewerbeansiedlungen können die klimatischen Verhältnisse bestimmen. Entsprechend ungünstige klimatische Verhältnisse können vor allem aber in den hochversiegelten großflächigen Gewerbebereichen, welche die Siedlungsstruktur insbesondere im Süden

der beiden Stadtteile Vörfken und Loh prägen, auftreten. Teilweise sind jedoch auch lokale Verbesserungen des Mikroklimas durch nächtliche Kaltluftzuflüsse sowie Frischluftmassentransporte der angrenzenden klimatischen Ausgleichsräume möglich. Die Kaltluftzuflüsse während windschwacher Strahlungswetterlagen können aufgrund der Tallage in einigen Bereichen jedoch zur Bildung eines Kaltluftammelgebietes führen, was einen stark eingeschränkten Luftaustausch bedingt und somit zur Anreicherung von Luftschadstoffen führen kann.

Neben den vorgenannten und charakterisierten bebauten Bereichen verfügen die Stadtteile Vörfken, Loh und Brunnen über mehrere klimatische Ausgleichsräume, die vielfältige und wichtige klimatische Funktionen erfüllen. Die landwirtschaftlich genutzten Freilandflächen und Waldgebiete der Hanglagen in Vörfken sowie im Nordosten von Loh und im Norden von Brunnen stellen relevante Kaltluftentstehungsgebiete mit teils hoher Kaltluftproduktion dar. Die lokal produzierten Kaltluftmassen können während sommerlicher Strahlungsnächte reliefbedingt in die südlich angrenzenden Gewerbebereiche in Vörfken und Loh sowie teilweise in die Wohnsiedlungen von Loh und Brunnen vordringen. Zudem können bei übergeordnetem Windfeld aus nördlichen Richtungen Frischluftmassen aus diesen Bereichen in die klimatisch belasteten Siedlungsbereiche im Tal transportiert werden. Insbesondere die Freilandflächen nehmen aufgrund der geringen Rauigkeit und der dadurch begünstigten Austauschverhältnisse in diesen Bereichen eine Funktion als Belüftungsbahn ein. Entlang der A1 können die verkehrsbedingten Emissionen über den angrenzenden Freilandflächen zu erhöhten Immissionen führen, während den Waldflächen in Vörfken durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe eine Filterfunktion zugesprochen werden kann. Die Waldflächen im Westen von Vörfken können allerdings aufgrund der erhöhten Rauigkeit und der Lage in der Kaltluftabflussbahn zu einem Abbremsen des Luftmassentransportes von den großflächigen Freilandflächen in Linderhausen in Richtung der Siedlungsbereiche von Wuppertal führen und somit eine Barrierewirkung haben. Insbesondere in Brunnen sind umfangreiche Vernetzungsstrukturen der vorhandenen Grünanlagen zu erkennen, die unter anderem die Parkflächen um das Haus Martfeld und das Helios Klinikum sowie die angrenzenden Kleingarten- und Sportanlagen umfassen. Zudem sind insbesondere innerhalb der Wohnbebauung von Loh teils große Gartenareale bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich vorzufinden. Diese Grün(vernetzungs)strukturen dienen vielerorts als Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion für die Bevölkerung, nehmen teilweise eine Funktion als Belüftungs- bzw. Luftleitbahn ein und können in eingeschränktem Maße lokale Kalt- und Frischluftproduzenten darstellen. Durch lokale Abkühlungseffekte und einen Kaltlufttransport aus dem Umland in Siedlungsbereiche tragen sie zu einer Abmilderung der nächtlichen Wärmeinseleffekte bei.

Zur Wahrung der insgesamt positiven klimatischen Verhältnisse in den überwiegend locker und offen bebauten Wohngebieten sollten die durchgrünteren Bebauungsstrukturen erhalten bleiben und kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen, wie die weitere Anpflanzung von Bäumen zur Schaffung von Schattenzonen in privaten Gärten oder die Begrünung von (niedrigen) Flachdächern (z.B. zwischen Ottostraße und Theodor-Heuß-Straße) und Garagenanlagen, forciert werden. Unter Einhaltung einer aufgelockerten und durchgrünteren Bebauungsstruktur ist eine maßvolle Nachverdichtung in der Siedlung „Am Brunnenhof“ aus rein stadtklimatischer Sicht möglich. Zwischen dem Neubaugebiet an der Gustav-Heinemann-Straße und den südlich angrenzenden Gewerbeflächen sollten Immissionschutzpflanzungen errichtet bzw. aufgewertet werden. In den Bereichen der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete sowie in den großflächigen Gewerbegebieten sollte keine weitere Bebauung und Versiegelung erfolgen. Hingegen ist die Erhöhung des Grünflächenanteils durch Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anzustreben. Hierzu zählen die (weitere) Anpflanzung schattenspendender Bäume auf Parkplätzen von Firmen, Super- und Baumärkten, die Begrünung von Dächern und Fassaden sowie die Entkernung und Begrünung von versiegelten Innen- bzw. Hinterhöfen. Durch den Erhalt bzw. die Neupflanzung schattenspendender und verdunstungsaktiver Straßenbäume u.a. entlang der Talstraße und Berliner Straße können die klimatischen Verhältnisse im Straßenraum verbessert werden. Insbesondere im Bereich des ausgewiesenen Kaltluftsammlgebietes sowie im Umfeld der Luftleibahnen, entlang der Hauptverkehrsstraßen und der A1 sollten Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen realisiert werden.

Darüber hinaus sollten die Kalt- und Frischluftproduzierenden Freiland- und Waldflächen grundsätzlich erhalten bleiben und zu dessen Schutz am nördlichen Rand des Gewerbegebietes Ruhrstraße sowie nördlich der gewerblichen Bebauung „Am Damm“ eine klimatische Baugrenze festgelegt werden. Insbesondere auf eine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten sollte im Bereich der Kaltluftabflussbahnen verzichtet werden. Des Weiteren sollten auch weitere Riegelbebauungen sowie dichte Riegelbepflanzungen an den Siedlungsändern vermieden werden, um die Kalt- und Frischluftzufuhr nicht zu unterbinden. Diesbezüglich sollten auch die bestehenden Grünvernetzungsstrukturen vom Umland in die Siedlungsbereiche hinein erhalten und ausgebaut werden. Dabei sind die Übergangsbereiche zwischen großen Grün- sowie Parkanlagen und der angrenzenden Bebauung offen zu gestalten (Vernetzung herstellen), während die Ränder kleinerer Grünflächen durch dichte Vegetationsbestände zu schließen sind, um lokale Klimaoasen zu schaffen.

Stadtteile Vörfken, Loh und Brunnen						
Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete						
<p><u>Funktion/Nutzungstyp:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - hauptsächlich aufgelockerte Wohnbebauung mit geringer Geschossanzahl; teils in Zeilenbebauung (z.B. Friedrich-Ebert-Straße, Hegelstraße); vereinzelt solitäre Hochhäuser (John-F.-Kennedy-Straße); zudem vereinzelt Einzelhausbebauung sowie kleinere Streu- und Splittersiedlungen im ländlichen Raum - teils große zusammenhängende Gartenareale bzw. größere Grünflächen im hausnahen Bereich innerhalb der Bebauung 	<p style="text-align: center;">Bioklima</p> <table border="1"> <tr> <th>Günstfaktoren</th> <th>Ungünstfaktoren</th> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ☀ Grünflächen und Gärten innerhalb der Bebauung dienen als kleinräumige Klimaoasen ☀ hohe Variabilität der Mikrokimate durch das Nebeneinander versiegelter bzw. bebauter und begrünter Flächen ☀ Kaltluftzufüsse angrenzender Freiland- und Waldflächen in weiten Teilen der Bebauung ☀ geringe bis mittlere Wärmeinseleffekte ☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ☀ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein </td> </tr> </table>	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> ☀ Grünflächen und Gärten innerhalb der Bebauung dienen als kleinräumige Klimaoasen ☀ hohe Variabilität der Mikrokimate durch das Nebeneinander versiegelter bzw. bebauter und begrünter Flächen ☀ Kaltluftzufüsse angrenzender Freiland- und Waldflächen in weiten Teilen der Bebauung ☀ geringe bis mittlere Wärmeinseleffekte ☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse 	<ul style="list-style-type: none"> ☀ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein 	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ aufgelockerte und durchgrünte Bauweisestruktur erhalten ➤ kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben; hierzu zählt u.a. die Begrünung von (niedrigen) Flachdächern (z.B. zwischen Ottostraße und Theodor-Heuss-Straße) und Garagenanlagen ➤ unter Beachtung einer aufgelockerten und durchgrünten Bauweisestruktur ist eine maßvolle Nachverdichtung in der Siedlung „Am Brunnenhof“ aus rein stadtklimatischer Sicht möglich ➤ weitere dichte Riegelbepflanzungen an den Siedlungsrändern vermeiden, um das Eindringen der Kaltluftmassen nicht zu unterbinden ➤ weitere Anpflanzung von Bäumen in privaten Gärten zur Schaffung von Schattenzonen anregen und fördern ➤ Errichtung bzw. Aufwertung von Immissionsschutzpflanzungen südlich des Neubaugebietes an der Gustav-Heinemann-Straße ➤ Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen angrenzender Gewerbeflächen und Hauptverkehrsstraßen
Günstfaktoren	Ungünstfaktoren					
<ul style="list-style-type: none"> ☀ Grünflächen und Gärten innerhalb der Bebauung dienen als kleinräumige Klimaoasen ☀ hohe Variabilität der Mikrokimate durch das Nebeneinander versiegelter bzw. bebauter und begrünter Flächen ☀ Kaltluftzufüsse angrenzender Freiland- und Waldflächen in weiten Teilen der Bebauung ☀ geringe bis mittlere Wärmeinseleffekte ☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse 	<ul style="list-style-type: none"> ☀ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein 					
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - geringer Versiegelungsgrad - hoher Grünflächenanteil - Entfernung zu bzw. Anbindung an größere klimatische Ausgleichsräume und/oder innerstädtische Grünflächen - größtenteils relativ geringe Raueigigkeit durch geringe Geschosshöhen - umliegende Nutzung (teils angrenzend zu Ausgleichsräumen, teils direkt neben Gewerbeflächen) 	<p style="text-align: center;">Immissionsklima</p> <table border="1"> <tr> <th>Günstfaktoren</th> <th>Ungünstfaktoren</th> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ☀ teilweise günstige Belüftungssituation aufgrund relativ geringer Rauigkeit der Bebauung und der Nähe zu Ausgleichsräumen ☀ geringe Schadstoffemissionen innerhalb der Wohngebiete </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ☀ teils erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch angrenzenden Gewerbeflächen oder Hauptverkehrsstraßen </td> </tr> </table>	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> ☀ teilweise günstige Belüftungssituation aufgrund relativ geringer Rauigkeit der Bebauung und der Nähe zu Ausgleichsräumen ☀ geringe Schadstoffemissionen innerhalb der Wohngebiete 	<ul style="list-style-type: none"> ☀ teils erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch angrenzenden Gewerbeflächen oder Hauptverkehrsstraßen 	
Günstfaktoren	Ungünstfaktoren					
<ul style="list-style-type: none"> ☀ teilweise günstige Belüftungssituation aufgrund relativ geringer Rauigkeit der Bebauung und der Nähe zu Ausgleichsräumen ☀ geringe Schadstoffemissionen innerhalb der Wohngebiete 	<ul style="list-style-type: none"> ☀ teils erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch angrenzenden Gewerbeflächen oder Hauptverkehrsstraßen 					

Stadtteile Vörfken, Loh und Brunnen		
Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete		
Funktion/Nutzungstyp:		
<ul style="list-style-type: none"> - vereinzelt auftretenden kleinere Flächen der Wohn- und Mischbebauung mit überwiegend 3-4 geschossiger Bebauung; vereinzelt höhere Gebäude (v.a. Hochhaus an der Milsper Straße) sowie öffentliche Einrichtungen (z.B. Städtische Grundschule Nordstadt) - teils versiegelte bzw. überbaute Hinter-/Innenhöfe mit Parkplatzflächen oder Garagen 	<p>Bioklima</p> <p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ teilweise Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch unmittelbare Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen bzw. innerstädtische Grünflächen ☀ teils erstrecken sich die nur leicht erhöhten Wärmeinseleffekte über verhältnismäßig kleine Flächen <p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☝ im Sommer tagsüber starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich ☝ teils hohe Wärmeinseleffekte, die auch durch umliegende Gewerbeflächen hervorgerufen werden ☝ teils ungenügende Versorgung mit natürlichen Kaltluftzufüssen 	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ keine weitere Bebauung und Versiegelung in diesen Bereichen zulassen ➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Entkernung und Begrünung von versiegelten Innen- bzw. Hinterhöfen; Einsatz von Fassaden- und Dachbegrünungen, letzteres insb. auf niedrigen Flachdächern wie Anbauten und Garagen ➤ Erhalt bzw. Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Talstraße und Berliner Straße ➤ Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm entlang angrenzender Hauptverkehrsstraßen und umliegender Gewerbeansiedlungen
<p>Klimarelevante Faktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> - teilweise hoher Versiegelungsgrad mit entsprechend geringem Grünflächenanteil - Gebäudehöhe und -ausrichtung - Ausdehnung (beschränkt sich auf mehrere kleinere Bereiche) - umliegende Nutzung (teils angrenzend zu größeren Gewerbeflächen) - Entfernung zu bzw. Anbindung an größere klimatische Ausgleichsräume des Umlandes sowie innerstädtische Grünflächen(vernetzungen) 	<p>Immissionsklima</p> <p>Günstfaktoren</p>	<p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☝ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit ☝ teils erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch den Verkehr entlang der Hauptverkehrsstraße sowie angrenzender Gewerbeansiedlungen möglich

Stadtteile Vörfken, Loh und Brunnen		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen		
Funktion/Nutzungstyp:	Bioklima	
	Gunstfaktoren	Ungunstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> - großflächige und weitestgehend zusammenhängende Gewerbe- und Industrieflächen (hauptsächlich im Süden von Vörfken und Loh) - unterschiedliche Nutzungsarten (z.B. Einzel- und Großhandel, Schrotthandel, produzierendes Gewerbe, Logistik, etc.) 	<p>☀ teilweise lokale Verbesserung des Mikroklimas durch nächtliche Kaltluftzufüsse von angrenzenden klimatischen Ausgleichsräumen</p>	<p>☀ im Sommer tagsüber starke Überwärmungen der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen; daher Belastung durch Hitzestress und Schwüle möglich</p> <p>☀ teilweise unzureichende Versorgung mit nächtlichen Kaltluftzufüssen</p> <p>☀ hohe Wärmeinseleffekte</p>
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - (sehr) hoher Versiegelungsgrad - zumeist kaum Vegetation vorhanden - umliegende Nutzung (teils direkt angrenzend an Wohnbebauung) - Entfernung zu bzw. Anbindung an größere klimatische Ausgleichsräumen oder innerstädtische Grünflächen - Größe und Art der Nutzung - z.T. Emissionen von Luftschadstoffen, Abwärme und Lärm möglich - Relief (insb. Tallage) 	<p>☀ teilweise noch relativ günstige Durchlüftungssituation aufgrund der Nähe zu Ausgleichsräumen oder Grünvernetzungstrukturen sowie die überwiegend relativ geringen Gebäudehöhen</p> <p>☀ teils begünstigt durch Frischluftmassentransport von angrenzenden klimatischen Ausgleichsräumen</p>	<p>☀ teilweise erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen, Abwärme und Lärm möglich</p> <p>☀ während windschwacher Strahlungswetterlagen besteht in den Gebirgsgebieten in Tallage die Gefahr erhöhter Immissionen aufgrund von Schadstoffanreicherungen infolge eingeschränkter Luftaustausches</p> <p>☀ teilweise schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhten Rauigkeit</p>
<p><u>Planungshinweise:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Entsiegelung, Begrünung und Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen (z.B. weitere) Anpflanzung schattenspendender Bäume auf Parkplätzen von Super- und Baumärkten sowie Firmen) ➤ Begrünung von Dächern und Fassaden ➤ Festlegung klimatischer Baugrenzen am nördlichen Rand des Gewerbegebietes Ruhrstraße sowie der gewerblichen Bebauung „Am Damm“ ➤ Erhalt. bzw. Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Talstraße und Berliner Straße ➤ Errichtung bzw. Aufwertung von Immissionsschutzpflanzungen gegenüber dem Neubaugebiet an der Gustav-Heinemann-Straße ➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten, insbesondere innerhalb des ausgewiesenen Kaltluftsammegebietes ➤ Reduzierung der Emissionen, insbesondere der Luftschadstoffe innerhalb des ausgewiesenen Kaltluftsammegebietes 		

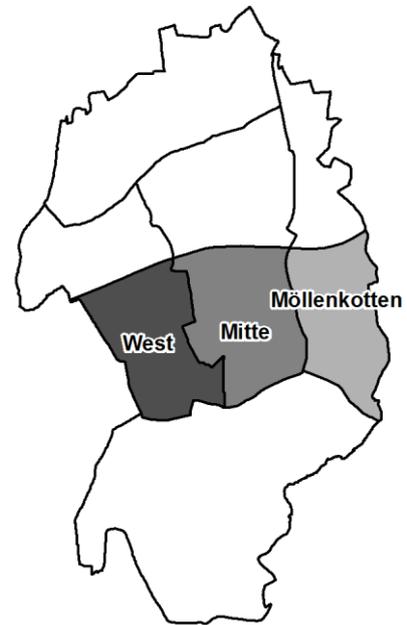
Stadtteile Vörfken, Loh und Brunnen		
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland		
Funktion/Nutzungstyp:	Bioklima	
	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> - Acker- und Grünlandflächen - Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete - zumeist Funktion als Beilufungsbahn - teils Grünflächenvernetzung 	<ul style="list-style-type: none"> ☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und relativ hoher nächtlicher Abkühlung ☀ höhere Windgeschwindigkeiten begünstigen geringere bioklimatische Belastung durch Hitze und Schwüle ☀ hohe Kaltluftproduktion ☀ nächtliche Kaltluftabflüsse in die südlich angrenzenden hochversiegelten Gewerbegebiete 	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ die großflächigen zusammenhängenden Acker- und Grünlandareale sollten aufgrund der Kalt- und Frischluftbildungspotenziale als klimatische Ausgleichsräume erhalten werden; daher möglichst Freihalten von weiterer Bebauung; insbesondere keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten im Bereich der Kaltluftabflussbahnen ➤ Reduzierung der Emissionen des Verkehrs entlang der A1 ➤ Festlegung klimatischer Baugrenzen am nördlichen Rand des Gewerbegebietes Ruhrstraße sowie der gewerblichen Bebauung „Am Damm“ ➤ keine weitere Riegelbebauung oder –bepflanzung an den Siedlungsrändern, um die Frischluftzufuhr nicht zu unterbinden ➤ Erhalt und Förderung der bestehenden Grün- und Freiflächenvernetzungen
Klimarelevante Faktoren:	Immissionsklima	
	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> - geringe Rauigkeit - Nutzung - Relief - Größe - Umgebung (Flächen grenzen teilweise direkt an Siedlungsreiche an) 	<ul style="list-style-type: none"> ☀ günstige Durchlüftungs- bzw. Austauschverhältnisse ☀ kaum Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten, insbesondere bei überlagertem Windfeld aus nördlichen Richtungen Frischluftmassentransport in Richtung der südlich angrenzenden hochversiegelten Gewerbeflächen 	<ul style="list-style-type: none"> ☀ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen im Umfeld der Autobahn A1 möglich ☀ in Senkenlagen (insb. im Südwesten von Vörfken) sind Bodeninversionen mit eingeschränktem Austauschbedingungen während windschwacher Wetterlagen möglich; dies kann zur Anreicherung von Luftschadstoffen führen

Stadtteile Vörfken, Loh und Brunnen		
Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen		
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u>	Bioklima	
<ul style="list-style-type: none"> - teils große Gartenareale bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich innerhalb der Wohnbebauung (insb. in Loh) - Parkflächen um Haus Marfeld und Helios Klinikum, Sportplätze, Kleingartenanlage - Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion - teils Grünvernetzung - teils Funktion als Belüftungsbzw. Luftleitbahn - lokale Kalt- und Frischluftproduzenten 	<p style="text-align: center;">Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattentzonen und Verdunstungseffekte ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit ☀ Abmilderung des Wärmeinseleffektes in den Siedlungsbereichen ☀ teils Kaltlufttransport aus dem Umland in die Siedlungsbereiche (Grünvernetzung) ☀ günstige bioklimatische Verhältnisse 	<p style="text-align: center;">Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ positive Effekte bei kleineren Grünflächen zumeist lokal begrenzt
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Größe und Ausstattung der Grün- und Parkanlage - Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an umliegende Flächennutzungen - angrenzenden Nutzung - Relief 	<p style="text-align: center;">Immissionsklima</p> <p style="text-align: center;">Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ die Luftruhe wirkt sich positiv auf die Aufenthaltsqualität aus ☀ keine Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten ☀ Luftleitfunktion der Grünflächenvernetzung im Bereich des Haus Marfeld <p style="text-align: center;">Ungünstfaktoren</p>	
<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Erhalt und Sicherung der vorhandenen Grünflächen ➤ Ausbau der bestehenden und Schaffung neuer Grünverbundsysteme ➤ 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) ➤ keine weitere Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen 		

Stadtteile Vörfken, Loh und Brunnen		
Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald		
Funktion/Nutzungstyp:		
<ul style="list-style-type: none"> - mehrere kleinere Waldflächen bzw. Baumbestände über die Stadtteile verteilt - Filterfunktion für Luftschadstoffe - Kalt- und Frischluftproduzenten - teils Naherholungsfunktion - teils Grünvernetzung 	<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglicheneren Stammraumklima ☀ geringe bioklimatische Belastungen ☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen ☀ aufgrund der zumeist erhöhten Reliefenergie erfolgen aus vielen Waldflächen in diesen Stadtteilen Kaltluftabflüsse in Richtung der angrenzenden Siedlungsbereiche im Tal 	<p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ positiven klimatischen Eigenschaften der kleineren Baumbestände im Westlichen auf die Fläche selbst beschränkt ☀ die Waldflächen im Westen von Vörfken können aufgrund der erhöhten Rauigkeit und der Lage in der Kaltluftabflussbahn zu einem Abbremsen des Luftmassentransportes von den großflächigen Freilandflächen in Linderhausen in Richtung der Siedlungsbereiche von Wuppertal führen (Barrierewirkung)
Immissionsklima		
<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe ☀ keine Emissionen ☀ teils lokale Frischluftproduzenten; insbesondere bei nördlichen Windrichtungen Frischluftmassentransport aus dem Waldgebiet westlich der Bebauung von Loh in das südlich angrenzende Gewerbegebiet in Vörfken 	<p>Günstfaktoren</p>	<p>Ungünstfaktoren</p>
Klimarelevante Faktoren:		
<ul style="list-style-type: none"> - Größe und Lage des Waldgebietes - angrenzende Nutzungen - Relief 		<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Kalt- und Frischluftproduzenten, ihrer Filterfunktion für Luftschadstoffe sowie teils aufgrund ihrer Bedeutung als Naherholungs- und Regenerationsräume zu erhalten ☀ Erhalt und Ausbau der bestehenden Grünvernetzungen ☀ keine weitere Anpflanzung dichter Baumbestände im Bereich von Kaltluftabflussbahnen sowie an den Siedlungsränder, um das Eindringen der Kaltluftmassen in die Siedlungsbereiche nicht zu unterbinden

8.2.3 Stadtteile West, Mitte und Möllenkotten

Der Stadtteil Möllenkotten sowie die südlichen Siedlungsbereiche von Schwelm-West und -Mitte weisen eine weitestgehend aufgelockerte Bebauungsstruktur mit zumeist geringen Geschosshöhen auf. Vereinzelt können zwar auch solitäre Hochhäuser (v.a. Eulenweg) oder öffentliche Einrichtungen (z.B. Kita, Kirche, Schule) auftreten, aber insgesamt herrscht in diesen Bereichen ein geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad mit entsprechend hohem Grünflächenanteil, eine relativ geringe Rauigkeit sowie in weiten Teilen eine geringe Entfernung und gute Anbindung an größere klimatische Ausgleichsräume. Die Grünflächen und Gärten innerhalb der Bebauung dienen als kleinräumige Klimaoasen und Kaltluftzufüsse von den angrenzenden größeren



klimatischen Ausgleichsräumen des unbebauten Umlandes bedingen lediglich gering ausgeprägte Wärmeinseleffekte. Auch die Belüftungssituation ist insbesondere innerhalb der Wohngebiete der Hanglagen im Süden der Stadtteile Schwelm-West und -Mitte, aufgrund der geringen Rauigkeit, der Nähe zu den größeren Ausgleichsräumen sowie der Reliefsituation, durchaus als günstig zu bewerten. Daher können die klimatischen Verhältnisse in den Bereichen des „Lastraums der locker und offen bebauten Wohngebiete“ als grundsätzlich positiv angesehen werden. Lediglich punktuell können tagsüber im Sommer Wärmebelastungen aufgrund fehlender Verschattungszonen auftreten.

Weite Teile der Stadtteile Schwelm-West und –Mitte, insbesondere nördlich der Achse aus Barmer Straße und Hauptstraße, wurden allerdings dem „Lastrraum der dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete“ zugeordnet. Die überwiegend drei- bis fünfgeschossigen Gebäude weisen teils eine Reihen- oder Blockrandbebauung auf. Der Versiegelungs- und Grünflächenanteil stellt sich sehr unterschiedlich dar. Während teilweise größere Grünflächen im hausnahen Bereich (z.B. entlang der Lindenstraße) vorzufinden sind, können andernorts auch hochversiegelte Innen- bzw. Hinterhöfe mit Anbauten und/oder Garagen (z.B. zwischen der Bahnhof- und der Gartenstraße) auftreten. Teilweise können daher lokale Verbesserungen des Mikroklimas durch Gärten, Grünflächen im hausnahen Bereich und/oder die Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen eintreten. Grundsätzlich sind die klimatischen Verhältnisse in den Bereichen der stärker verdichteten Siedlungsgebiete jedoch durch eine in weiten Teilen fehlende bzw. unzureichende Kaltluftversorgung, erhöhte nächtliche Wärmeinseleffekte, insgesamt schlechtere Durchlüftungsverhältnisse infolge herabgesetzter Windgeschwin-

digkeiten durch die erhöhte Rauigkeit sowie entlang der Hauptverkehrsstraßen und angrenzend zu Gewerbeflächen durch teils erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm charakterisiert.

Der „Lastraum der hochverdichteten Innenstadt“ von Schwelm, welcher grob durch die Bismarck- und Moltkestraße im Norden, die Bahnhof- sowie Ober- und Untermauerstraße im Westen, die Bergstraße und den Westfalendamm im Süden sowie die Wilhelm- und Lessingstraße im Osten begrenzt wird, weist ebenfalls die vorgenannten ungünstigen klimatischen Verhältnisse auf. Dabei zeichnet sich der Innenstadtbereich durch eine noch höhere Überbauung und Versiegelung aus, was neben den weitestgehend hochversiegelten Hinter- bzw. Innenhöfen der Wohn- und Mischbebauung sowie größeren öffentlichen Einrichtungen (z.B. Kirche) und Büro- bzw. Verwaltungsgebäuden (z.B. Kreishaus), durch hochversiegelte öffentliche Plätze, wie den Märkischen Platz, den Alt- und Neumarkt sowie mehrere Parkplätze und die Fußgängerzone geprägt wird. Trotz der räumlichen Nähe zu dem Freilandbereich „Auf dem Hagen“ sowie der Grünflächenvernetzung im Bereich der Sophien- und Wilhelmshöhe konnten durch die FITNAH-Modellierung lediglich geringe Kaltluftzuflüsse bis in die Innenstadt festgestellt werden. Aus klimatischer Sicht positiv zu bewerten ist hingegen, dass bei überlagertem Windfeld aus Südwest ein Frischluftmassentransport von den klimatischen Ausgleichsräumen im Bereich „Auf dem Hagen“ in Richtung der Innenstadt erfolgen kann und die Fußgängerzone sowie einige öffentliche Plätze teilweise bereits eine gute Ausstattung mit schattenspendenden Bäumen aufweisen.

Neben vereinzelt auftretenden kleineren Gewerbeflächen (z.B. Tankstelle, Supermärkte) innerhalb der Siedlungsgebiete sind insbesondere in den Stadtteilen Schwelm-West und -Mitte mehrere gewerbliche Ansiedlungen entlang der Bahnstrecke zu benennen, die im Zusammenhang mit den großflächigen Gewerbegebieten nördlich der Bahnstrecke sowie westlich der Stadtgrenze zu Wuppertal zu betrachten sind. Insgesamt weisen diese Gewerbeflächen zumeist einen (sehr) hohen Versiegelungsgrad bei entsprechend geringem Grünflächenanteil auf. Daher können starke Überwärmungen der bodennahen Temperaturen tagsüber im Sommer zu Hitzestress sowie Schwülebelastungen führen und hohe Wärmeisoleffekte auftreten. Teilweise besteht jedoch das Potenzial zur Verbesserung des Mikroklimas durch die Anbindung an die innerstädtische Grünvernetzung um den Friedhof sowie die Luftleitbahn entlang der Bahnstrecke, wodurch teils noch relativ günstige Belüftungsverhältnisse vorherrschen. Wie bereits für Teile der Gewerbegebiete in Vörfken und Loh beschrieben (siehe Kapitel 8.2.2), besteht auch hier innerhalb des ausgewiesenen Kaltluftsammlgebietes im Tal die Gefahr erhöhter Immissionen durch Schadstoffanreicherungen infolge eingeschränkter Luftaustauschprozesse während Inversionswetterlagen.

Weite Teile des Südens von Schwelm-West und -Mitte sowie ein Großteil des Stadtteils Mölkenkotten sind durch ausgedehnte Freiland- und Waldgebiete charakterisiert. Aufgrund des in

Richtung des Siedlungskörpers von Schwelm abfallenden Reliefs und der zumeist hohen Kalt- und Frischluftproduktion nehmen diese Flächen eine Funktion als Belüftungsbahn ein und stellen wichtige klimatische Ausgleichsräume für die angrenzenden klimatisch stärker belasteten Bereiche der drei Stadtteile dar. Insbesondere die größeren Waldflächen, allen voran das Waldgebiet um die Schwelme(quelle) in Möllenkotten, dienen aufgrund eines milden ausgeglichenen Stammraumklimas bei allgemein relativ kühlen Temperaturen auch während heißer Tage als Naherholungs- und Regenerationsräume. Wichtige klimatische Ausgleichsräume stellen zudem aber auch die Park- und Grünanlagen und insbesondere die Grünvernetzungsstrukturen in den Stadtteilen dar. Neben den teils großen Gartenarealen bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich innerhalb der Bebauung sind diesbezüglich insbesondere die Grünverbundsysteme im Bereich des Friedhofs, im Bereich der Sophien- und Wilhelmshöhe sowie westlich der Frankfurter Straße zu benennen. Aufgrund lokaler Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte dienen sie als Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion sowie als lokale Kalt- und Frischluftproduzenten. Da auch reliefbedingte Kaltlufttransporte über die vorgenannten Grünverbundsysteme hinweg in die angrenzenden klimatischen Lasträume erfolgen können, kommt diesen Bereichen zusätzlich eine Funktion als Belüftungsbahn zu. Insgesamt tragen die lokal bedeutsamen Ausgleichsräume der Park- und Grünanlagen zur Abmilderung der Wärmeinseleffekte in den Siedlungsbereichen bei und weisen günstige bio- wie immissionsklimatische Verhältnisse auf. Allerdings sind diese positiven Effekte bei kleineren Grünanlagen zumeist sehr lokal auf die Fläche selbst begrenzt.

Zur Verbesserung der klimatischen Verhältnisse sollte in den hochverdichteten Bereichen, insbesondere im Stadtteil Schwelm-Mitte, keine weitere Versiegelung oder Nachverdichtung erfolgen. Hingegen sollten Rückbaumaßnahmen als Chance zur Integration von mehr Grün in das Stadtbild ergriffen und bei unvermeidbarer Neubebauung ein erhöhter Grünanteil realisiert werden. Zudem sollten zur Erhöhung des Grünflächenanteils kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen forciert werden. Hierzu zählen die weitere Anpflanzung schattenspendender Bäume auf hochversiegelten Parkplätzen und öffentlichen Plätzen, die Entkernung und Begrünung von Innen- bzw. Hinterhöfen sowie der Einsatz von Dach- und Fassadenbegrünungen.

Im Bereich der Gewerbeflächen sollten ebenfalls Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen, die Pflanzung großkroniger Bäume auf großräumigen Lager- und Parkplatzflächen (z.B. auf Firmenparkplätzen) sowie die Installation von Dach- und Fassadenbegrünungen angestrebt werden. Zudem werden insbesondere im Bereich des Kaltluftammelgebietes die Durchführung von Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm sowie der Verzicht auf weitere Ansiedlungen bodennaher Emittenten empfohlen. Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm sollten zudem

grundsätzlich in den Gewerbebereichen sowie entlang von Hauptverkehrsstraßen, die an Wohnbebauungen angrenzen, forciert werden.

Zur Wahrung der positiven klimatischen Verhältnisse im Zuge des Klimawandels sollte die weitestgehend vorherrschende aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur in Möllenkotten sowie im Süden von Schwelm-West und -Mitte erhalten bleiben. Zu diesem Zweck sollte in weiten Teilen dieser Bereiche ebenfalls keine weitere bauliche Nachverdichtung erfolgen. Lediglich im Süden von Schwelm-West sind aus stadtklimatischer Sicht maßvolle bauliche Nachverdichtungen durch Schließung vereinzelter Baulücken möglich. Durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen (z.B. Einsatz von Dachbegrünungen auf Flachdächern und Garagen) können weiterhin lokale Verbesserungen des Mikroklimas erzielt werden. Zudem sollte die weitere Anpflanzung schattenspendender Bäume zur Schaffung von Schattenzonen in privaten Gärten angeregt werden.

Aufgrund ihrer wichtigen Kalt- und Frischluftpotenziale, der Belüftungsfunktion für die klimatisch belasteten Siedlungsräume sowie ihrer Funktion als Naherholungs- und Regenerationsräume an heißen Tagen ist der Erhalt der Freilandbereiche, der Waldflächen und der innerstädtischen Grünflächen(vernnetzungen) von besonderer stadtklimatischer Relevanz. In diesen Bereichen sollte keine weitere Bebauung oder Versiegelung zugelassen und insbesondere die Ansiedlung von bodennahen Emittenten im Umfeld der Park- und Grünanlagen sowie im Bereich der Kaltluftabflussbahnen vermieden werden. Zum Schutz der kaltluftproduzierenden Freiland- und Waldflächen wird daher das Festschreiben bzw. Anstreben klimatischer Baugrenzen in weiten Teilen der Siedlungsränder der drei Stadtteile empfohlen. Zudem ist in den Übergangsbereichen zwischen den umliegenden Freiland- und Waldflächen zum Siedlungskörper auf eine weitere Riegelbebauung bzw. -bepflanzung zu verzichten, um die Kalt- und Frischluftzufuhr nicht zu unterbinden. Des Weiteren sollte der Luftaustausch vom Freilandbereich „Auf dem Hagen“ über die Grünflächen am Rathaus in Richtung Innenstadt, zwischen der Grünvernetzung im Bereich Sophien- bzw. Wilhelmshöhe und der Innenstadt sowie zwischen der Grünvernetzung im Bereich des Friedhofs und der angrenzenden Wohn- und Gewerbegebiete gefördert werden. Hierzu sollten u.a. die bestehenden Grünflächenvernetzungen im Bereich des Friedhofes, im Bereich der Sophien- und Wilhelmshöhe sowie auch westlich der Frankfurter Straße erhalten und nach Möglichkeit ausgebaut werden. Hierzu sind die Übergangsbereiche der größeren Grünanlagen gegenüber der angrenzenden Bebauung offen zu gestalten, um eine Vernetzung zu schaffen, während bei kleineren Grünflächen die Ränder zur Schaffung von Klimaoasen zu schließen sind.

Zur lokalen Klimaverbesserung im Straßenraum sollten in einer Vielzahl von Straßenzügen (z.B. Bahnhof-, Haupt-, Kaiser-, Viktoria-, Ober- und Untermauerstraße sowie In der Graslake) schattenspendende und verdunstungsaktive Bäume erhalten bzw. neugepflanzt werden. Dabei sollte insbesondere entlang von Straßen mit erhöhtem Verkehrsaufkommen

kein geschlossenes Kronendach über dem Straßenraum entstehen, um den Luftaustausch zu gewährleisten und eine Schadstoffanreicherung zu vermeiden. Des Weiteren sollten Immissionsschutzpflanzungen zwischen dem Gewerbegebiet In der Graslake und der östlich angrenzenden Wohnbebauung errichtet bzw. aufgewertet werden.

Stadtteile Schwelm-West, Schwelm-Mitte und Möllenkotten						
Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete						
<p><u>Funktion/Nutzungstyp:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - hauptsächlich aufgelockerte Wohnbebauung mit geringer bis mittlerer Geschossanzahl (i.d.R. max. 3 Geschosse); vereinzelt solitäre Hochhäuser (v.a. Eulenberg) oder Einzelhausbebauung im ländlichen Raum sowie öffentliche Einrichtungen (z.B. Kita, Kirche, Schule) - zumeist große zusammenhängende Gartenareale bzw. Grünanlagen im hausnahen Bereich innerhalb der Bebauung 	<p>Bioklima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Günstfaktoren</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Ungünstfaktoren</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> ☀ Grünflächen und Gärten innerhalb der Bebauung dienen als kleinräumige Klimaoasen ☀ hohe Variabilität der Mikroklimata ☀ Kaltluftzufüsse von angrenzenden größeren klimatischen Ausgleichsräumen des unbebauten Umlandes ☀ geringe Wärmeinseleffekte ☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> ☀ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein </td> </tr> </table>	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> ☀ Grünflächen und Gärten innerhalb der Bebauung dienen als kleinräumige Klimaoasen ☀ hohe Variabilität der Mikroklimata ☀ Kaltluftzufüsse von angrenzenden größeren klimatischen Ausgleichsräumen des unbebauten Umlandes ☀ geringe Wärmeinseleffekte ☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse 	<ul style="list-style-type: none"> ☀ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein 	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ aufgelockerte, durchgrünte Bauungsstruktur erhalten sowie kleinräumige Begrünungsmaßnahmen anstreben, anregen und fördern (z.B. Einsatz von Dachbegrünungen auf Flachdächern und Garagen) ➤ zur Wahrung der positiven klimatischen Bedingungen sollten in den Siedlungsbereichen im Süden von Schwelm-Mitte sowie in Möllenkotten keine weiteren Nachverdichtungen erfolgen ➤ maßvolle bauliche Nachverdichtungen im Sinne des Schließens vereinzelter Baulücken sind aus stadtklimatischer Sicht im Süden von Schwelm-West möglich ➤ Festschreiben bzw. Anstreben von klimatischen Baugrenzen in weiten Bereichen der Siedlungsränder zum Schutz der kaltluftproduzierenden Flächen ➤ Erhalt und Ausbau der Grünvernetzungen ➤ keine weitere Riegelbebauung oder –bepflanzung im Übergangsbereich der Freiland- und Waldbereiche zum Siedlungskörper, um die Kalt- und Frischluftzufuhr nicht zu unterbinden ➤ weitere Anpflanzung von Bäumen in privaten Gärten zur Schaffung von Schattenzonen
Günstfaktoren	Ungünstfaktoren					
<ul style="list-style-type: none"> ☀ Grünflächen und Gärten innerhalb der Bebauung dienen als kleinräumige Klimaoasen ☀ hohe Variabilität der Mikroklimata ☀ Kaltluftzufüsse von angrenzenden größeren klimatischen Ausgleichsräumen des unbebauten Umlandes ☀ geringe Wärmeinseleffekte ☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse 	<ul style="list-style-type: none"> ☀ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein 					
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad - hoher bis mittlerer Grünflächenanteil - geringe bis mittlere Rauigkeit - Entfernung bzw. Anbindung zu innerstädtischen Grünflächen und/oder größeren Freiland- bzw. Waldbereichen 	<p>Immissionsklima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Günstfaktoren</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Ungünstfaktoren</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> ☀ teilweise günstige Belüftungssituation aufgrund relativ geringer Rauigkeit der Bebauung, der Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen sowie der Reliefsituation (insb. die Hanglagen im Süden der Stadtteile Schwelm-West und –Mitte) ☀ grundsätzlich geringe Schadstoffemissionen innerhalb der Wohngebiete ☀ insbesondere bei überlagertem Windfeld aus südlichen Richtungen teils Frischluftmassentransport von den klimatischen Ausgleichsräumen in die Siedlungsbereiche </td> <td style="vertical-align: top;"></td> </tr> </table>	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> ☀ teilweise günstige Belüftungssituation aufgrund relativ geringer Rauigkeit der Bebauung, der Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen sowie der Reliefsituation (insb. die Hanglagen im Süden der Stadtteile Schwelm-West und –Mitte) ☀ grundsätzlich geringe Schadstoffemissionen innerhalb der Wohngebiete ☀ insbesondere bei überlagertem Windfeld aus südlichen Richtungen teils Frischluftmassentransport von den klimatischen Ausgleichsräumen in die Siedlungsbereiche 		
Günstfaktoren	Ungünstfaktoren					
<ul style="list-style-type: none"> ☀ teilweise günstige Belüftungssituation aufgrund relativ geringer Rauigkeit der Bebauung, der Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen sowie der Reliefsituation (insb. die Hanglagen im Süden der Stadtteile Schwelm-West und –Mitte) ☀ grundsätzlich geringe Schadstoffemissionen innerhalb der Wohngebiete ☀ insbesondere bei überlagertem Windfeld aus südlichen Richtungen teils Frischluftmassentransport von den klimatischen Ausgleichsräumen in die Siedlungsbereiche 						

Stadtteile Schwelm-West, Schwelm-Mitte und Möllenkotten Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete		
Funktion/Nutzungstyp: <ul style="list-style-type: none"> - Wohn- und Mischbebauung mit überwiegend 3-5 geschossiger Bebauung teils in Reihen- oder Blockrandbebauung; vereinzelt höhere Gebäude sowie öffentliche Einrichtungen (z.B. Schule, Kirche) - vereinzelt hochversiegelte Innen- bzw. Hinterhöfe mit Anbauten und/oder Garagen 	Bioklima	
	Günstfaktoren <ul style="list-style-type: none"> ☀ teilweise lokale Verbesserung des Mikroklimas durch Gärten, Grünflächen im hausnahen Bereich und/oder die Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen 	Ungünstfaktoren <ul style="list-style-type: none"> ☁ im Sommer Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich ☀ erhöhte Wärmeineffekte ☁ in weiten Teilen lediglich geringe Kaltluftvolumenströme; daher fehlende bzw. unzureichende Anbindung an größere klimatische Ausgleichsräume
Planungshinweise: <ul style="list-style-type: none"> ➤ keine weitere Bebauung und Versiegelung in diesen Bereichen zulassen ➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entscheidung- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Entscheidung und Begrünung von Hinterhöfen sowie Dachbegrünungen bei größeren Flachdächern und Garagenanlagen ➤ Erhalt bzw. Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Bahnhof-, Haupt-, Kaiser- und Viktoriastraße sowie der Ober- und Untermauerstraße ➤ Förderung des Luftaustausches zwischen der Grünvernetzung im Bereich des Friedhofes mit der östlich angrenzenden Bebauung ➤ Reduzierung der Emissionen entlang der Hauptverkehrsstraßen und angrenzender Gewerbeflächen 		
Klimarelevante Faktoren: <ul style="list-style-type: none"> - mittlerer bis hoher Versiegelungsgrad mit entsprechendem Grünflächenanteil - Gebäudehöhe und -ausrichtung - umliegende Nutzung - Entfernung zu bzw. Anbindung an größere klimatische Ausgleichsräume und/oder innerstädtische Grünflächen(vernetzungen) 	Immissionsklima	
	Günstfaktoren <ul style="list-style-type: none"> ☀ insbesondere bei überlagertem Windfeld aus südlichen Richtungen teils Frischluftmassentransport von den klimatischen Ausgleichsräumen in die Siedlungsbereiche 	Ungünstfaktoren <ul style="list-style-type: none"> ☁ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit ☁ teilweise erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm entlang der Hauptverkehrsstraßen sowie angrenzend zu Gewerbeflächen möglich

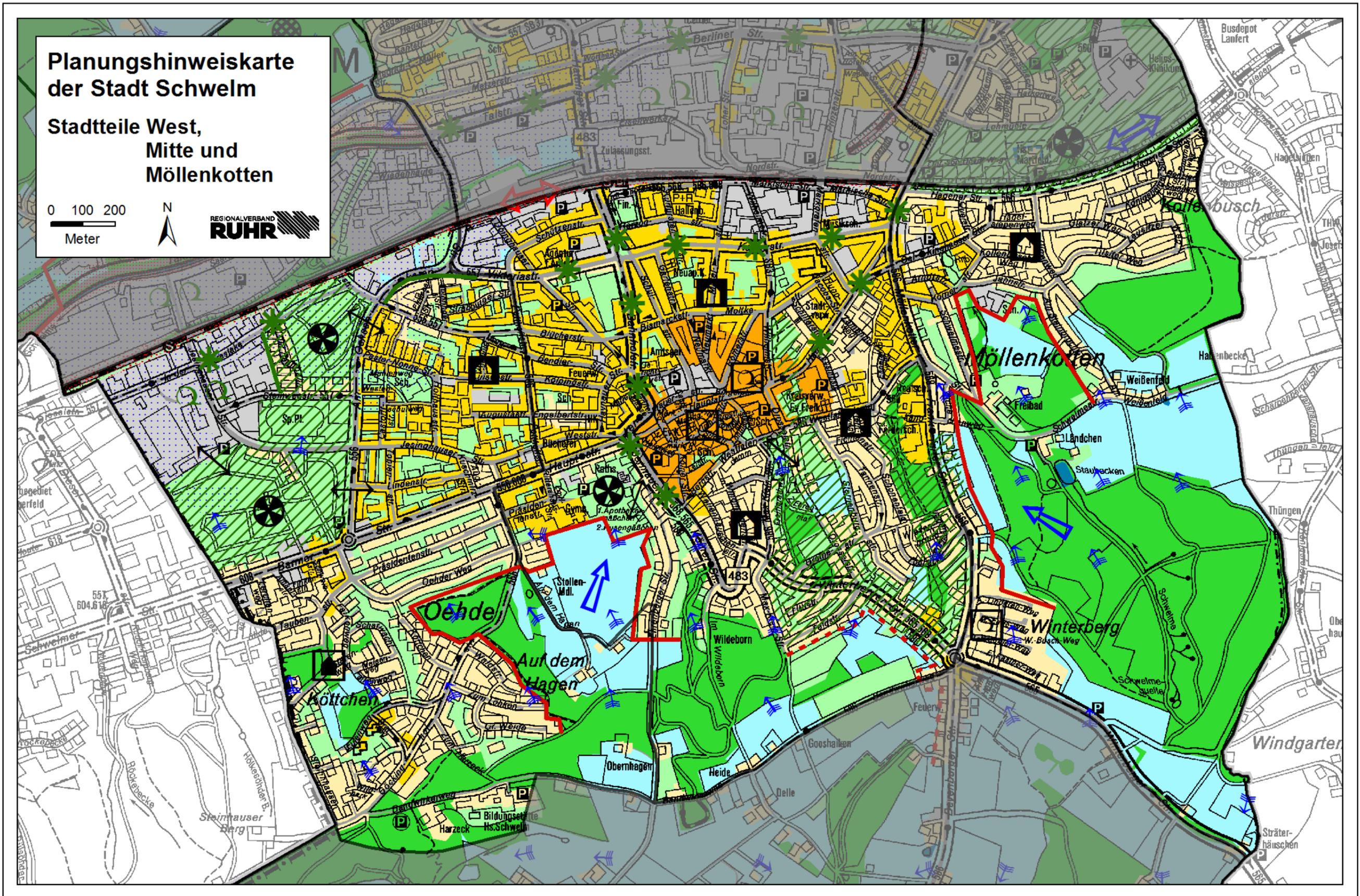
Stadtteile Schwelm-West, Schwelm-Mitte und Möllenkotten		
Lastraum der hochverdichteten Innenstadt		
Funktion/Nutzungstyp:		
<ul style="list-style-type: none"> - überwiegend 3-4 geschossige Wohn- und Mischbebauung mit hochversiegelten Hinter- bzw. Innenhöfen (Anbauten und Garagen), öffentliche Einrichtung (z.B. Kirche) und Büro- und Verwaltungsgebäude (z.B. Kreishaus) - hochversiegelte öffentliche Plätze (z.B. Märkischer Platz, Neumarkt) und Parkplätze - Fußgängerzone 	<p>Bioklima</p> <p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ die Fußgängerzone sowie die öffentlichen Plätze weisen teilweise bereits eine gute Ausstattung mit schattenspendenden Bäumen auf <p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☹ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich ☹ hoher Wärmeinseleffekt ☹ lokale Windfeldmodifikationen durch die Gebäudestruktur können infolge von Turbulenz- und Düseneffekten zu Winddiskomfort führen ☹ trotz der räumlichen Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen nur geringe Kaltluftzufüsse bis in die Innenstadt 	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ keine weitere Bebauung und Versiegelung in diesen Bereichen zulassen ➤ Rückbaumaßnahmen sollten als Chance zur Integration von mehr Grün in das Stadtbild ergriffen werden; bei unvermeidbarer Neubebauung sollte ein erhöhter Grünflächenanteil realisiert werden ➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entscheidung- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z. B. Entkernung und Begrünung von Innenhöfen, Hinterhöfen, Dachbegrünungen insb. auf Anbauten und Garagenanlagen in Innenhöfen, weitere Baumpflanzungen auf öffentlichen Plätzen und Parkplatzflächen ➤ Förderung des Luftaustauschs mit den klimatischen Ausgleichsräumen im Bereich „Auf dem Hagen“ sowie mit der innerstädtischen Grünflächenvernetzung im Bereich „Wilhelmshöhe“ und „Sophienhöhe“ ➤ Erhalt bzw. Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Ober- und Untermauerstraße ➤ Reduzierung der Emissionen entlang der umliegenden Hauptverkehrsstraßen
<p>Klimarelevante Faktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> - größtenteils sehr hoher Versiegelungsgrad - sehr geringer Grünflächenanteil - Gebäudehöhe und -ausrichtung - umliegende Nutzung - Anbindung an klimatische Ausgleichsräume und innerstädtische Grünflächen(vernetzung) 	<p>Immissionsklima</p> <p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ insbesondere bei überlageretem Windfeld aus südwestlicher Richtung Frischluftmassentransport von den klimatischen Ausgleichsräumen im Bereich „Auf dem Hagen“ in die Innenstadt <p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☹ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit ☹ teilweise erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch den Verkehr der umliegenden Hauptverkehrsstraßen möglich 	

Stadtteile Schwelm-West, Schwelm-Mitte und Möllenkotten		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen		
<p><u>Funktion/Nutzungstyp:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - mehrere Gewerbebereiche entlang der Bahnstrecke, die nördlich der Bahnstrecke sowie westlich der Stadtgrenze zu Wuppertal an weitere großflächige Gewerbegebiete angrenzen - zudem vereinzelt, kleinere Gewerbeflächen über die Stadtteile verteilt - unterschiedliche Nutzungsarten (z.B. Supermärkte, Autohäuser, produzierendes und verarbeitendes Gewerbe) 	<p>Bioklima</p> <p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch die Anbindung an die innerstädtische Grünvernetzung um den Friedhof sowie die Luftleitbahn entlang der Bahnstrecke <p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☹ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich ☹ teilweise unzureichende Versorgung mit nächtlichen Kaltluftzuflüssen ☹ hohe Wärmeinseleffekte 	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Entsiegelung, Begrünung und Pflanzung großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen (z.B. Baumpflanzung auf (Firmen-)Parkplätzen) ➤ Begrünung von Dächern und Fassaden ➤ Errichtung bzw. Aufwertung der Immissionsschutzpflanzung zwischen dem Gewerbegebiet In der Graslake und der östlich angrenzenden Wohnbebauung ➤ Förderung des Luftaustauschs zwischen der Grünvernetzung im Bereich des Friedhofs und den angrenzenden Gewerbeflächen ➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten im Bereich des Kaltluftsammegebietes ➤ Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm; insbesondere im Bereich des Kaltluftsammegebietes ➤ Erhalt bzw. Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Viktoria- und Kaiserstraße sowie In der Graslake
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - (sehr) hoher Versiegelungsgrad - geringer Grünflächenanteil - umliegenden Nutzung (teils direkt angrenzend an Wohnbebauung) - Größe und Art der Nutzung - z.T. Emissionen von Luftschadstoffen, Abwärme und Lärm möglich 	<p>Immissionsklima</p> <p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ teilweise noch relativ günstige Durchlüftungssituation aufgrund der Nähe Grünvernetzungsstrukturen bzw. der Luftleitbahn sowie die überwiegend relativ geringen Gebäudehöhen <p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☹ teilweise erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen, Abwärme und Lärm möglich ☹ während windschwacher Strahlungsbedingungen besteht in den Gebirgsgebieten in Tallage die Gefahr erhöhter Immissionen aufgrund von Schadstoffanreicherungen infolge eines durch Inversionsbildung eingeschränkten Luftaustausches ☹ teilweise schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhten Rauigkeit 	

Stadtteile Schwelm-West, Schwelm-Mitte und Möllenkotten		
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland		
<p><u>Funktion/Nutzungstyp:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Acker- und Grünlandflächen - Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete - teilweise Funktion als Belüftungsbahn - teils Grünflächenvernetzung - teils Pufferfunktion zwischen den Siedlungsbereichen 	<p>Bioklima</p>	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ die großflächigen zusammenhängenden Acker- und Grünlandareale sollten aufgrund der Kalt- und Frischluftbildungspotenziale als klimatische Ausgleichsräume erhalten werden ➤ keine Ansiedlung bodennaher Emittenten im Bereich der Kaltluftabflussbahnen ➤ Festschreiben bzw. Anstreben von klimatischen Baugrenzen in weiten Teilen der Siedlungsränder der drei Stadtteile zum Schutz der kaltluftproduzierenden Freiflächen ➤ keine weitere Riegelbebauung oder –bepflanzung im Übergangsbereich der Freilandbereiche zum Siedlungskörper, um die Frischluftzufuhr nicht zu unterbinden ➤ Erhalt und Ausbau der bestehenden Grünvernetzungsstruktur im Süden von Schwelm-Mitte (Bereich Sophien- und Wilhelmshöhe) ➤ Förderung des Luftaustauschs zwischen dem Freilandbereich „Auf dem Hagen“ sowie der Grünvernetzung im Bereich Sophien- und Wilhelmshöhe mit der Innenstadt
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - geringe Rauigkeit - Nutzung - Relief - Umgebung (Flächen grenzen größtenteils direkt an Siedlungsbereiche an) 	<p>Immissionsklima</p>	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ die großflächigen zusammenhängenden Acker- und Grünlandareale sollten aufgrund der Kalt- und Frischluftbildungspotenziale als klimatische Ausgleichsräume erhalten werden ➤ keine Ansiedlung bodennaher Emittenten im Bereich der Kaltluftabflussbahnen ➤ Festschreiben bzw. Anstreben von klimatischen Baugrenzen in weiten Teilen der Siedlungsränder der drei Stadtteile zum Schutz der kaltluftproduzierenden Freiflächen ➤ keine weitere Riegelbebauung oder –bepflanzung im Übergangsbereich der Freilandbereiche zum Siedlungskörper, um die Frischluftzufuhr nicht zu unterbinden ➤ Erhalt und Ausbau der bestehenden Grünvernetzungsstruktur im Süden von Schwelm-Mitte (Bereich Sophien- und Wilhelmshöhe) ➤ Förderung des Luftaustauschs zwischen dem Freilandbereich „Auf dem Hagen“ sowie der Grünvernetzung im Bereich Sophien- und Wilhelmshöhe mit der Innenstadt
<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und starker nächtlicher Abkühlung ☀ höhere Windgeschwindigkeiten begünstigen geringere bioklimatische Belastungen durch Hitze und Schwüle ☀ hohe Kaltluftproduktion ☀ Kaltluftabflüsse in die nördlich angrenzenden Siedlungsbereiche 	<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ günstige Austauschverhältnisse aufgrund geringer Rauigkeit ☀ kaum Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten, insbesondere bei überlagertem Windfeld aus südwestlicher Richtung Frischluftmassentransport von den klimatischen Ausgleichsräumen im Bereich „Auf dem Hagen“ in die Innenstadt 	<p>Ungünstfaktoren</p>
<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ günstige Austauschverhältnisse aufgrund geringer Rauigkeit ☀ kaum Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten, insbesondere bei überlagertem Windfeld aus südwestlicher Richtung Frischluftmassentransport von den klimatischen Ausgleichsräumen im Bereich „Auf dem Hagen“ in die Innenstadt 	<p>Ungünstfaktoren</p>	<p>Ungünstfaktoren</p>

Stadtteile Schwelm-West, Schwelm-Mitte und Möllenkotten		
Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen		
Funktion/Nutzungstyp:	Bioklima	
	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> - teils große Gartenareale bzw. Grünflächen im hausnahen Bereich innerhalb der Bebauung - Friedhof, Sportplatz, Kleingartenanlage und kleinere Parkstrukturen - Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion - teils Grünflächenvernetzung - teils Funktion als Belüftungsbahn - lokale Kalt- und Frischluftproduzenten 	<ul style="list-style-type: none"> ☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattentzonen und Verdunstungseffekte ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit ☀ Abmilderung der Wärmeinseleffekte in den Siedlungsbereichen ☀ teils reliefbedingte Kaltlufttransporte (aus dem Umland) in die Siedlungsbe-reiche ☀ günstige bioklimatische Verhältnisse 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ positive Effekte bei kleineren Grünflächen zumeist lokal begrenzt
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Größe und Ausstattung der Grün- und Parkanlage - Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an umlie-gende Flächennutzungen - angrenzende Nutzung - Relief 	<p><u>Immissionsklima</u></p>	<p><u>Planungshinweise:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Erhalt und Sicherung der vor-handenen Grünflächen ➤ Ausbau der bestehenden und Schaffung neuer Grünverbund-systeme ➤ die Übergangsbereiche zwi-schen großen Grün- sowie Parkanlagen und der angren-zenden Bebauung sind offen zu halten (Vernetzung schaffen); bei kleineren Grün- und Parkan-lagen sind die Ränder zu schließen (Klimaoasen schaf-fen) ➤ keine weitere Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen, insbesondere im Bereich des Kaltluftsamme-lgebietes ➤ Förderung des Luftaustauschs aus dem Freilandbereich „Auf dem Hagen“ über die Grünflä-chen am Rathaus in Richtung Innenstadt, zwischen der Grün-vernetzung im Bereich Sophien-bzw. Wilhelmshöhe und der In-nenstadt sowie zwischen der Grünvernetzung im Bereich des Friedhofs und der angrenzen-den Wohn- und Gewerbegebiete
	<p><u>Günstfaktoren</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ die Luftruhe wirkt sich positiv auf die Aufenthaltsqualität aus ☀ keine Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten 	<p><u>Ungünstfaktoren</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ erhöhte Immissionen von Luftschad-stoffen und Lärm im Nahbereich an-grenzender Hauptverkehrsstraßen und Gewerbegebiete; Insbesondere im Bereich des Kaltluftsamme-lgebietes Anreicherung von Luftschadstoff-fen während Inversionswetterlagen möglich

Stadtteile Schwelm-West, Schwelm-Mitte und Möllenkotten						
Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald						
Funktion/Nutzungstyp:						
<ul style="list-style-type: none"> - größere Waldgebiete jeweils im Süden der drei Stadtteile sowie weitere kleinere Waldflächen bzw. Baumbestände im Bereich Wilhelmshöhe, Kötchen und um den Schulkomplex an der Frankfurter Straße - teils Naherholungsfunktion - teils Grünvernetzung - Kalt- und Frischluftproduzenten 	<p style="text-align: center;">Bioklima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">Günstfaktoren</th> <th style="width: 50%;">Ungünstfaktoren</th> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglicheneren Stammraumklima ☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen ☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen ☀ Kaltluftabflüsse in die nördlich angrenzenden Siedlungsbereiche </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> ☀ positive klimatische Eigenschaften kleinerer Waldflächen bzw. Baumbestände sind im Wesentlichen auf die Fläche selbst beschränkt </td> </tr> </table>	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglicheneren Stammraumklima ☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen ☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen ☀ Kaltluftabflüsse in die nördlich angrenzenden Siedlungsbereiche 	<ul style="list-style-type: none"> ☀ positive klimatische Eigenschaften kleinerer Waldflächen bzw. Baumbestände sind im Wesentlichen auf die Fläche selbst beschränkt 	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Kalt- und Frischluftproduzenten aufgrund ihrer Bedeutung als Naherholungs- und Regenerationsräume sowie aufgrund der Filterfunktion bezüglich Luftschadstoffen zu erhalten ➤ Erhalt und Ausbau der bestehenden Grünvernetzungsstrukturen im Bereich Sophien- und Wilhelmshöhe sowie westlich der Frankfurter Straße ➤ Festschreiben von klimatischen Baugrenzen in weiten Teilen der Siedlungsränder der drei Stadtteile zum Schutz der kalt- und frischluftproduzierenden Flächen
Günstfaktoren	Ungünstfaktoren					
<ul style="list-style-type: none"> ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglicheneren Stammraumklima ☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen ☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen ☀ Kaltluftabflüsse in die nördlich angrenzenden Siedlungsbereiche 	<ul style="list-style-type: none"> ☀ positive klimatische Eigenschaften kleinerer Waldflächen bzw. Baumbestände sind im Wesentlichen auf die Fläche selbst beschränkt 					
Immissionsklima						
<p>Klimarelevante Faktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Größe und Lage der Waldfläche - angrenzende Nutzungen - Relief 	<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe ☀ keine Emissionen ☀ Frischluftproduzenten; insbesondere bei überlagertem Windfeld aus südlichen Richtungen Frischluftmassentransporte aus den größeren Waldgebieten in Richtung der angrenzenden Siedlungsbereiche 	<p>Ungünstfaktoren</p>				



Karte 8-4: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Schwelm für die Stadtteile Schwelm-West, Schwelm-Mitte und Möllenkotten

8.2.4 Stadtteil Süd

Der Stadtteil Süd verfügt über einen sehr hohen Anteil an Freiland- und Waldflächen. Während die Höhenlagen des in diesem Stadtteil stark ausgeprägten Reliefs vornehmlich durch Acker- und Grünlandflächen charakterisiert werden, sind die Hanglagen und Täler der Wolfsbecke, Fastenbecke und Brambecke überwiegend durch großflächige und weitestgehend zusammenhängende Waldgebiete geprägt. Die Freiland- und Waldflächen weisen in weiten Teilen hohe Werte für die Kaltluftproduktion und/oder die Kaltluftvolumenströme auf, allerdings erfolgen die Kaltluftabflüsse reliefbedingt hauptsächlich über die Täler der Wolfsbecke, Fastenbecke und Brambecke in Richtung des Tals der Wupper, wodurch kühlen Luftmassentransporten kaum klimatisch belastete Wirkbereiche zugeordnet werden können. Die Freilandbereiche weisen insbesondere in den Höhen- und Hanglagen grundsätzlich günstige Durchlüftungs- bzw. Austauschverhältnisse auf. Im Tal der Wupper können die dortigen raugkeitsarmen Freiflächen bei entsprechend übergeordnetem Windfeld als Luftleitbahn fungieren, während es in austauscharmen sommerlichen Strahlungs Nächten über diesen Flächen auch zur Bildung eines Kaltluftsammlgebietes kommen kann.



Insbesondere die großflächigen Waldgebiete im Süden von Schwelm haben eine Freizeit- und Naherholungsfunktion für die lokale Bevölkerung. 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 können die Wälder aufgrund ihrer Größe und Filterfunktion bezüglich gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe als (über)regionale Frischluftproduzenten angesehen werden.

Die kalt- und frischluftproduzierenden Ausgleichsräume der landwirtschaftlichen Freiflächen sowie Waldgebiete sollten erhalten bleiben und daher weitestgehend von Bebauung freigehalten werden. Westlich der Bebauung im Norden der Beyenburger Straße sollte eine klimatische Baugrenze angestrebt werden. Insbesondere im Bereich der Kaltluftabflussbahnen sowie dem Kaltluftsammlgebiet sollten keine weiteren bodennahen Emittenten angesiedelt werden.

Die Siedlungsstruktur im Stadtteil Süd besteht im Wesentlichen aus der kleinen Siedlung Brambecke sowie aus diversen Einzelhausbebauungen und kleineren Streu- bzw. Splitter-

siedlungen im ländlichen Raum. Die Bereiche der Wohnbebauung sind weitestgehend durch eine offene, lockere und gut durchgrünte Bebauungsstruktur mit geringer Geschossanzahl sowie einer unmittelbaren Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen (Freiland, Wald) charakterisiert. Dies äußert sich in lediglich sehr geringen Änderungen der Klimaelemente gegenüber dem Umland und somit auch keinerlei nennenswerter Wärmeineffekte. Insbesondere im Bereich der Einzelhausbebauungen sowie Streu- und Splittersiedlungen in den Höhen- und Hanglagen mit rauigkeitsarmem Umfeld herrschen zudem günstige Belüftungsverhältnisse vor. In Abhängigkeit der übergeordneten Windrichtung können die Austauschverhältnisse innerhalb der Siedlung von Brambecke aufgrund der Lage im Tal der Wupper etwas ungünstiger sein. Zudem sind in Brambecke trotz der Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen auch lediglich geringe nächtliche Kaltluftzuflüsse während sommerlicher Strahlungswetterlagen zu verzeichnen. Aufgrund der geringen klimatischen Belastungen in diesem Wohngebiet ist dies allerdings untergeordnet zu bewerten. Insgesamt können die bio- und immissionsklimatischen Verhältnisse in den Siedlungsbereichen im Stadtteil Süd daher als sehr positiv bewertet werden, jedoch können punktuell im Bereich unverschatteter Flächen tagsüber im Sommer Wärmebelastungen auftreten.

Die aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur sollte erhalten bleiben. Zudem sollten teilweise weitere Baumpflanzung auf privaten Grundstücken zur Schaffung von Schattenzonen angeregt werden. Grundsätzlich sind maßvolle bauliche Nachverdichtungen im Bereich der Streu- bzw. Splittersiedlungen aus stadtklimatischer Sicht möglich. Dabei sollte jedoch die aufgelockerte Bebauungsstruktur erhalten bleiben und eine weitere Zersiedelung der Landschaft vermieden werden.

Die Ansiedlung von Gewerbebetrieben beschränkt sich im Wesentlichen auf das Gelände der Erfurt & Sohn KG an der Wupperstraße ganz im Süden des Stadtteils. Die Flächen selbst weisen einen sehr hohen Überbauungs- und Versiegelungsgrad sowie einen sehr geringen Vegetationsbestand auf, was im Sommer tagsüber zu Hitzestress und Schwülebelastungen führen kann. Allerdings ist das Firmengelände umgeben von weitläufigen Freilandflächen und Waldgebieten. Dies birgt ein Potenzial zur Verbesserung des Mikroklimas durch Kaltluftzuflüsse während sommerlicher Strahlungsnächte. Durch die Lage im Tal der Wupper können allerdings auch erhöhte Immissionen im Umfeld der Erfurt & Sohn KG auftreten, da es dort vermehrt zur Bildung nächtlicher Bodeninversionen und somit zur Bildung eines Kaltluft-sammelgebietes kommen kann, was zu einer Anreicherung von Luftschadstoffen innerhalb der Inversionsschicht führen kann. Allgemein steht die Bewertung der Belüftungssituation in diesem Bereich in starker Abhängigkeit zum übergeordneten Windfeld. Einerseits können günstige Belüftungsverhältnisse vorherrschen, wenn das Tal der Wupper bei entsprechendem übergeordnetem Windfeld eine Funktion als Luftleitbahn einnimmt, andererseits kann das

Tal der Wupper durch das übergeordnete Windfeld überströmt werden, wodurch sich die Belüftungssituation im Tal eher ungünstig darstellt.

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 weiterhin verbessert werden. Zudem sollten Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen im Bereich des Kaltluftsammlgebietes umgesetzt und dort keine weiteren bodennahen Emittenten angesiedelt werden.

Stadtteil Süd		
Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete		
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u>	Bioklima	
<ul style="list-style-type: none"> - hauptsächlich aufgelockerte Wohnbebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. 2-3 Geschosse) - neben der kleinen Siedlung von Brambecke weitere Einzelhausbebauung und kleinere Streulichen Raum - zumeist größere zusammenhängende Gärten sowie direkte angrenzende an landwirtschaftliche Freiflächen oder Wälder 	<p style="text-align: center;">Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ durch die aufgelockerte Bauweise und die klimatische Ausgleichswirkung der umliegenden Ausgleichsräume nur sehr geringe Änderungen der Klimaelemente ☀ keine nennenswerten Wärmeinseleffekte ☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse 	<p style="text-align: center;">Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein ☀ trotz der Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen findet während sommerlicher Strahlungswetterlagen kaum Kaltlufttransport in die Bebauung von Brambecke statt
Planungshinweise:		
<ul style="list-style-type: none"> ➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten ➤ maßvolle bauliche Nachverdichtungen im Bereich von Streu- und Splittersiedlungen sind aus stadtklimatischer Sicht möglich; dabei sollte eine weitere Zersiedlung der Landschaft vermieden werden und eine offene durchgrünte Bauweise erhalten bleiben ➤ teils weitere Anpflanzung von Bäumen auf privaten Grundstücken zur Schaffung von Schattzonen anregen bzw. fördern ➤ Anstreben einer klimatischen Baugrenze westlich der Beyenburger Straße zum Schutz der kaltluftproduzierenden Freiflächen 		
<u>Klimarelevante Faktoren:</u>	Immissionsklima	
<ul style="list-style-type: none"> - geringer Versiegelungsgrad - hoher Grünflächenanteil - Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen - relativ geringe Rauigkeit durch geringe Geschosshöhen 	<p style="text-align: center;">Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ teilweise günstige Belüftungssituation im Bereich der Einzelhausbebauung sowie Streu- und Splittersiedlungen insbesondere in den Höhen- und Hanglagen ☀ geringe Schadstoffemissionen 	<p style="text-align: center;">Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ in Abhängigkeit der übergeordneten Windrichtung etwas ungünstigere Belüftungssituation innerhalb der Bebauung von Brambecke aufgrund der Lage im Tal der Wupper

Stadtteil Süd		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen		
<p><u>Funktion/Nutzungstyp:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - beschränkt sich im Wesentlichen auf das Gelände der Erfurt & Sohn KG an der Wupperstraße 	Bioklima	
<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ Potenzial zur lokalen Verbesserung des Mikroklimas durch die Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen ☀ leicht erhöhter Wärmeinseleffekt erstreckt sich lediglich über geringe Flächen 	<p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ im Sommer tagsüber starke Überwärmungen der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen; daher Hitzestress und Schwüle möglich 	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Entsiegelung, Begrünung und Pflanzung großkroniger Bäume auf Hof-, Lager- und Parkplatzflächen ➤ Begrünung von Dächern und Fassaden ➤ Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen insbesondere im Bereich des Kaltluftsammegebietes ➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten im Bereich der Kaltluftabflussbahnen sowie im Kaltluftsammegebiet
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - sehr hoher Versiegelungsgrad - kaum Vegetation auf der Fläche selbst vorhanden - Größe und Art der Nutzung - umliegende Nutzung - Anbindung an klimatische Ausgleichsräume - Emissionen von Luftschadstoffen, Abwärme und Lärm 	Immissionsklima	
<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ in Abhängigkeit der Windrichtung teils relativ günstige Belüftungssituation aufgrund der Nähe zu größeren klimatischen Ausgleichsräumen und der Lage im Tal der Wupper, welches eine Funktion als Luftleitbahn einnehmen kann 	<p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ teilweise können aufgrund der Lage im Tal der Wupper erhöhte Immissionen im Umfeld der Erfurt & Sohn KG auftreten, da es dort vermehrt zur Bildung nächtlicher Bodeninversionen und somit zur Bildung eines Kaltluftsammegebietes kommen kann ☀ teilweise eher ungünstige Belüftungssituation aufgrund der Lage im Tal der Wupper, welches in Abhängigkeit der Windrichtung vom übergeordneten Windfeld überströmt werden kann 	

Stadtteil Süd		
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland		
<p><u>Funktion/Nutzungstyp:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Acker- und Grünlandflächen - Kaltluftentstehungsgebiete - teils Kaltluftsammlergebiete - Frischluftproduzenten - teilweise Funktion als Belüftungs- oder Luftleitbahn 	<p>Bioklima</p>	<p>Planungshinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Erhalt der kaltluftproduzierenden Ausgleichsräume, daher weitestgehend Freihalten von Bebauung ➤ Anstreben einer klimatischen Baugrenzen westlich der Beyenburger Straße zum Schutz der kaltluftproduzierenden Freiflächen ➤ keine weitere Ansiedlung bodennaher Emittenten im Bereich der Kaltluftabflussbahnen sowie dem Kaltluftsammlergebiet
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - geringe Rauigkeit - Nutzung - Relief - Größe - Umgebung (angrenzende Nutzung) 	<p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und starker nächtlicher Abkühlung ☀ teils hohe Kaltluftproduktion ☀ höhere Windgeschwindigkeiten begünstigen geringere bioklimatische Belastungen durch Hitze und Schwüle ☀ hohe Kaltluftabflüsse von den Freilandflächen der Höhen- und Hanglagen über die Täler der Wolfsbecke, Fastenbecke und Brambecke in das Tal der Wupper <p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ die hohen Kaltluftabflüsse von den Freilandflächen der Höhen- und Hanglagen haben kaum klimatisch belastete Wirkbereiche 	<p>Immissionsklima</p> <p>Günstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ günstige Durchlüftungs- bzw. Austauschverhältnisse aufgrund geringer Rauigkeit, insbesondere in den Höhen- und Hanglagen ☀ kaum Emissionen ☀ die Freilandflächen entlang des Tals der Wupper nehmen eine Funktion als Luftleitbahn <p>Ungünstfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> ☀ Erhöhtes klimatisches Immissionspotenzial über den Freiflächen im Tal der Wupper durch Bodeninversionen während autochthoner Strahlungsnächte (Kaltluftsammlergebiet)

Stadtteil Süd		
Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald		
Bioklima		
Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	Planungshinweise:
<p><u>Funktion/Nutzungstyp:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - großflächige, teils zusammenhängende Waldgebiete insbesondere in den Tälern der Wolfsbecke, Fastenbecke und Brambecke - Filterfunktion für Luftschadstoffe - Kalt- und Frischluftproduzenten - Erholungsfunktion 	<p>☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglicheneren Stammraumklima</p> <p>☀ geringe bioklimatische Belastungen</p> <p>☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen</p> <p>☀ hohe Kaltluftabflüsse aus den Waldflächen der Hanglagen über die Täler der Wolfsbecke, Fastenbecke und Brambecke in das Tal der Wupper</p>	<p>➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Kalt- und insbesondere Frischluftproduzenten sowie aufgrund ihrer Bedeutung als Naherholungs- und Relegationsräume zu erhalten</p>
Immissionsklima		
Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	
<p><u>Klimarelevante Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Größe und Lage des Waldgebietes - angrenzende Nutzungen - Relief 		
<p>☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe</p> <p>☀ keine Emissionen</p> <p>☀ (über)regionale Frischluftproduzenten</p>		

9 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
- 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
- HÜCKELHEIM, D. (2014):** Changes in temperature extremes in Bochum – Analysis of a 100-year time series. In: GeoLoge 1-2014:4-18
- 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 (2018):** Kommunalprofil Schwelm, Stadt. - Landesbetrieb für Information und Technik Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf. 27 S.
- HUPFER, P.; KUTTLER W. (HRSG.) (2006):** Witterung und Klima – Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. 12. überarbeitete Auflage, B.G. Teubner Verlag, Wiesbaden, 554 S.
- KUTTLER, W. (2009):** Klimatologie. 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
- LANUV NRW (2018):** Klimaatlas Nordrhein-Westfalen. Webdatenbank. – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen. (<http://www.klimaatlas.nrw.de> [Zugriff: 16.07.2018])
- LÖBF NRW (2005):** Schwelm. Stadtökologische Fachbeitrag. - Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen. 119 S.
- LÜFTNER, H. (1996):** Das Regionalklima im Ruhrgebiet - Entwicklung, Analyse und Darstellungsmöglichkeiten des Klimas in einem urban-industriellen Verdichtungsraum. Europäische Hochschulschriften 42, Ökologie, Umwelt und Landespflge; Bd. 19. Peter Lang. Frankfurt am Main. 276 S.
- 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.; VELDEERS 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
- MOSIMANN, TH.; TRUTE, P.; FREY, TH. (1999):** Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 4/99, S. 202-275.
- MKULNV (HRSG.) (2012):** Wald im Klimawandel – Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder und Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 52 S.
- MKULNV (HRSG.) (2014):** Handbuch Stadtklima – Teil II. Maßnahmen und Handlungsempfehlungen für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel (Langfassung). Düsseldorf, 268 S.
- MURL (HRSG.) (1989):** Klima-Atlas von Nordrhein-Westfalen. – Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
- 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,
- VDI (1997/2003):** VDI-Richtlinie 3787 Bl. 1: Umweltmeteorologie. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Düsseldorf. 73 S.
- VDI (2003):** Richtlinie VDI 3787 Blatt 5 Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. 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.

10 Anhang

Tab. A1: Fläche, Einwohnerzahl und Bevölkerungsdichte in den Stadtteilen von Schwelm (Stand: September 2018, Datenquelle: Stadt Schwelm)

Stadtteil	Fläche in km ²	Einwohner	Einwohner/km ²
Linderhausen	3,45	1.420	412
Vörfken	1,56	333	214
Loh	2,34	5.827	2.490
Brunnen	1,26	1.853	1.471
Schwelm-West	1,88	5.956	3.168
Schwelm-Mitte	2,13	10.962	5.147
Möllenkotten	1,74	2.539	1.459
Schwelm-Süd	6,13	606	99
Schwelm	20,49	29.496	1.440

Infobox: Kriterien zur klimaökologischen Grün- und Freiflächenbewertung

Sonderflächen:

Innerstädtische Parkanlagen, Grünflächen innerhalb der Innenstadt- und Stadtklimatope mit einer Mindestgröße von 500 m² sowie innerstädtische Luftleitbahnen:

Sehr hohe klimaökologische Bedeutung (Bewertung: 1)

Kaltlufteinzugsgebiet der Kategorie 1:

Alle Kaltlufteinzugsgebiete, die an zusammenhängende Siedlungen mit Innenstadt-, Stadt- und Gewerbe-/Industrieklimatope angrenzen.

Bewertungskriterien:

Sehr hohe klimaökologische Bedeutung (Bewertung: 1):

- wenn a) $KVS > 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$
- oder b) $KVS > 500 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $\leq 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ und $KPR \geq 16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$.

Hohe klimaökologische Bedeutung (Bewertung: 2):

- wenn a) $KVS \geq 500 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $< 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ und $KPR < 16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
- oder b) $KVS < 500 \text{ m}^3/\text{s}$ und $KPR \geq 16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$

Mittlere klimaökologische Bedeutung (Bewertung: 3): alle übrigen Flächen

Kaltlufteinzugsgebiet der Kategorie 2:

Alle Kaltlufteinzugsgebiete, die an die Kaltlufteinzugsgebiete der Kategorie 1 angrenzen. Aufgrund der größeren Entfernung zu den innerstädtischen Lasträumen haben sie eine geringere Bedeutung als die direkt an die Siedlungen angrenzenden Einzugsgebiete, so dass ihre Bewertung zum Teil eine Stufe herabgesetzt wurde.

Bewertungskriterien:

Hohe klimaökologische Bedeutung (Bewertung: 2):

- wenn a) $KVS > 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$
- oder b) $KVS > 500 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $\leq 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ und hohe KPR ($\geq 16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$)

Mittlere klimaökologische Bedeutung (Bewertung: 3):

- wenn a) $KVS \geq 500 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $< 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ und $KPR < 16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
- oder b) $KVS < 500 \text{ m}^3/\text{s}$ und hohe KPR ($\geq 16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$)

Geringe klimaökologische Bedeutung (Bewertung: 4): alle übrigen Flächen

Kaltlufteinzugsgebiet der Kategorie 3:

Abschließend wurden Siedlungen, die klimatisch dem Stadtrand- und/ oder Vorstadtklima zugeordnet wurden und keinen räumlichen Bezug zu Innenstadt- und Stadtklimatopen aufweisen, herangezogen und ihre direkt angrenzenden Kaltlufteinzugsgebiete bewertet.

Bewertungskriterien:

Mittlere klimaökologische Bedeutung (Bewertung: 3):

- wenn a) $KVS > 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$
- oder b) $KVS > 500 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $\leq 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ und hohe KPR ($\geq 16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$)

Geringe klimaökologische Bedeutung (Bewertung: 4): alle übrigen Flächen

Für die Bewertung der Kaltlufteinzugsgebiete der Kategorien 1 bis 3 gilt: sofern die Kaltluft entgegen der Lasträume abfließt, erfolgt eine manuelle Nachbearbeitung und Neubewertung der Flächen (ggf. Abstufung).