

Klimaanalyse

Stadt Herne

Essen, Juni 2018

Klimaanalyse

Stadt Herne



Auftraggeber:

Stadt Herne
Fachbereich Umwelt- und Stadtplanung
Postfach 10 18 20
44621 Herne



Auftragnehmer:

Regionalverband Ruhr
Referat Geoinformation und Raumbeobachtung
Kronprinzenstraße 6
45128 Essen

Autoren:

Dipl.-Geogr. Astrid Snowdon-Mahnke
M.Sc. Geogr. Marcel Possoch

Unter Mitarbeit von:

Edmund Gabrian
Elke Trenk
M.Sc. Geogr. Marco Mersmann
Marion von Gersum
Dipl.-Ing. Martin Muthig

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	III
TABELLENVERZEICHNIS.....	VI
KARTENVERZEICHNIS.....	VII
0 ZUSAMMENFASSUNG	1
1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	5
2 CHARAKTERISIERUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES	8
2.1 NATURRÄUMLICHE UND GROßKLIMATISCHE EINORDNUNG.....	10
2.2 RELIEF UND OBERFLÄCHENRAUIGKEIT	11
2.3 FLÄCHENNUTZUNG.....	15
2.4 REGIONALE KLIMATOPKARTE.....	16
2.4.1 Beschreibung der Klimatope	17
2.4.2 Gliederung der Stadt Herne anhand der Regionalen Klimatopkarte.....	18
3 FLÄCHENHAFTE DARSTELLUNG AUSGEWÄHLTER KLIMAELEMENTE	20
3.1 BODENNAHE LUFTTEMPERATUR UND NÄCHTLICHE ABKÜHLUNGSRATE	21
3.2 AUTOCHTHONES WINDFELD	26
3.3 KALTLUFTVOLUMENSTROM	29
3.4 KALTLUFTPRODUKTIONSRATE.....	31
3.5 LUFTAUSTAUSCHRATE.....	33
3.6 DURCHLÜFTUNG	35
4 STATIONÄRE MESSUNGEN	37
4.1 DAS MESSNETZ	37
4.2 UNTERSUCHUNGSRELEVANTE WETTERLAGEN UND REPRÄSENTANZ DES MESSZEITRAUMS	41
4.3 LUFTTEMPERATUR	46
4.3.1 Thermische Kennwerte	46
4.3.2 Monatsmittel der Temperaturen	51
4.3.3 Jahres- und Tagesgang der Lufttemperaturen.....	52
4.3.4 Ausgewählte Tagesgänge der Lufttemperatur während austauscharmer Strahlungsnächte.....	57
4.4 BODENNAHE LUFTFEUCHTIGKEITSVERHÄLTNISSE	59
4.5 UNTERSUCHUNGEN ZUR SCHWÜLEBELASTUNG.....	65
4.6 WINDFELD.....	69
4.6.1 Windgeschwindigkeit.....	69
4.6.2 Windrichtung.....	70
4.6.3 Windverhältnisse während windschwacher Strahlungswetterlagen	73
5 MESSFAHRTEN	78

6	KLIMAANALYSEKARTE.....	83
6.1	<i>DARSTELLUNGSEBENEN DER KLIMAANALYSEKARTE</i>	83
6.1.1	<i>Klimatope.....</i>	84
6.1.2	<i>Spezifische Klimaeigenschaften.....</i>	91
6.1.3	<i>Luftaustausch</i>	94
6.1.4	<i>Lufthygiene</i>	95
6.2	<i>GLIEDERUNG DER STADT HERNE ANHAND DER KLIMAANALYSEKARTE</i>	95
7	KARTE DER KLIMAÖKOLOGISCHEN FUNKTIONEN.....	100
7.1	<i>DARSTELLUNGSEBENEN DER KARTE DER KLIMAÖKOLOGISCHEN FUNKTIONEN</i>	100
7.1.1	<i>Bioklimatische Verhältnisse (Klimatope)</i>	100
7.1.2	<i>Kaltluft.....</i>	100
7.1.3	<i>Belüftung</i>	101
7.2	<i>GLIEDERUNG DER STADT HERNE ANHAND DER KARTE DER KLIMAÖKOLOGISCHEN FUNKTIONEN .</i>	102
8	DIE STADT HERNE IM ZEICHEN DES GLOBALEN KLIMAWANDELS.....	105
8.1	<i>GLOBALER KLIMAWANDEL</i>	105
8.2	<i>AUSWIRKUNGEN DES GLOBALEN KLIMAWANDELS AUF DIE REGION RUHR</i>	111
8.3	<i>ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG KLIMATISCHER KENNTAGE IN HERNE.....</i>	115
8.4	<i>DARSTELLUNG DERZEITIGER UND ZUKÜNFTIGER WÄRMEINSELBEREICHE</i>	122
9	VULNERABILITÄTSANALYSE.....	124
9.1	<i>METHODIK ZUR ABGRENZUNG DER PROBLEMGEBIETE.....</i>	124
9.2	<i>LOKALISIERUNG UND BEWERTUNG DER PROBLEMGEBIETE</i>	134
10	GRÜN- UND FREIFLÄCHENBEWERTUNG AUS KLIMAÖKOLOGISCHER SICHT	136
10.1	<i>METHODIK DER FLÄCHENBEWERTUNG</i>	136
10.2	<i>ERGEBNISSE DER FLÄCHENBEWERTUNG</i>	137
11	PLANUNGSHINWEISE.....	141
11.1	<i>PLANUNGSHINWEISKARTE</i>	141
11.1.1	<i>Darstellungsebenen der Planungshinweiskarte</i>	141
11.1.2	<i>Gliederung der Stadt Herne anhand der Planungshinweiskarte</i>	156
11.2	<i>PLANUNGSHINWEISE AUF EBENE DER STADTBZIRKE</i>	159
11.2.1	<i>Stadtbezirk Wanne</i>	159
11.2.2	<i>Stadtbezirk Eickel.....</i>	171
11.2.3	<i>Stadtbezirk Herne-Mitte.....</i>	182
11.2.4	<i>Stadtbezirk Sodingen</i>	193
12	LITERATUR	203
	ANHANG	207

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1: Herner Stadtbezirke (Stadt Herne 2017)	8
Abb. 2-2: Naturräumliche Gliederung des Ruhrgebietes (Lüftner 1996).....	10
Abb. 2-3: Klimabezirke im Ruhrgebiet (Lüftner 1996)	10
Abb. 2-4: Regionale Klimatopkarte des Ruhrgebietes (2013)	18
Abb. 3-1: Prinzip des Flurwindes	26
Abb. 4-1: Stationen und Standorte des Herner Messnetzes (1-3).....	38
Abb. 4-2: Stationen und Standorte des Herner Messnetzes (4-6).....	39
Abb. 4-3: Lage der Messstationen 2016/17	40
Abb. 4-4: Prozentuale Verteilung der Großwettertypen Europas (GWT) von 1881 bis 1998 (Gerstengarbe & Werner 1999) und der Großwettertypen Europas (GWT) von 12/2016 bis 11/2017 (nach: Monatlicher Witterungsbericht 2016/17; die Zahlen über den Säulen geben die Abweichungen des Untersuchungszeitraumes vom langjährigen Vergleichszeitraum wieder)	42
Abb. 4-5: Prozentuale Verteilung der Großwetterlagen Europas (GWL) von 1881 bis 1998 (Gerstengarbe & Werner 1999) und der Großwetterlagen Europas (GWL) von 12/2016 bis 11/2017 (nach Monatlicher Witterungsbericht 2016/2017), klassifiziert nach Baur (die Zahlen über den Säulen geben die Abweichungen des Untersuchungszeitraumes vom Vergleichszeitraum wieder).....	44
Abb. 4-6: Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen an den Messstationen im Stadtgebiet von Herne (Datengrundlage: 01.12.2016 - 30.11.2017)	52
Abb. 4-7: Isoplethendiagramm der Lufttemperatur [°C] für die Station in Holthausen (Datengrundlage: 01.12.2016 bis 30.11.2017).....	53
Abb. 4-8a-e: Thermoisoplethendiagramme der Messstationen in Herne; dargestellt sind jeweils die Temperaturdifferenzen zur Freilandstation in Holthausen.	55
Abb. 4-9: Mittlere Tagesgänge der Lufttemperaturen [°C] während autochthoner Wetterlagen für die Stationen im Stadtgebiet von Herne (Datengrundlage: 24 Strahlungstage während des Messzeitraumes von 01.12.2016 bis 30.11.2017)	58

Abb. 4-10a-b: Mittlere Tagesgänge der relativen Feuchte in % an den untersuchten Stationen:	62
Abb. 4-11: Abweichungen der Monatsmittel der relativen Feuchte vom monatlichen Gebietsmittel (Datengrundlage: 01.12.2016 - 30.11.2017).....	63
Abb. 4-12: Mittlere monatliche Dampfdruckverhältnisse die Stationen 1 bis 6 im Stadtgebiet von Herne (Datengrundlage: 01.12.2016 - 30.11.2017).....	65
Abb. 4-13: Windrosen für die Stationen des Herner Untersuchungsgebietes (Datengrundlage: 24 Strahlungswetterlagen im Zeitraum vom 01.12.2016 bis 30.11.2017)	72
Abb. 4-14: Tagesgänge der Windgeschwindigkeiten an den untersuchten Standorten während 24 windschwacher Strahlungswetterlagen (Datengrundlage: 24 Strahlungswetterlagen im Zeitraum vom 01.12.2016 bis 30.11.2017).....	74
Abb. 4-15: Tag-/Nacht-Windrosen für die Stationen des Herner Untersuchungsgebietes (Datengrundlage: 24 Strahlungswetterlagen im Zeitraum vom 01.12.2016 bis 30.11.2017)	77
Abb. 6-1: Flächenanteile der Klimatope und Verkehrstrassen im Stadtgebiet von Herne.....	96
Abb. 8-1: Beobachtete globale mittlere kombinierte Land-Ozean-Oberflächentemperaturanomalie von 1850-2012 (verändert nach IPCC 2013a)	105
Abb. 8-2: Räumliche Verteilung der beobachteten Veränderung der Erdoberflächentemperatur von 1901-2012 (IPCC 2013a)	106
Abb. 8-3: Atmosphärische Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO ₂), Methan (CH ₄) und Distickstoffmonoxid (N ₂ O) (verändert nach IPCC 2014)	107
Abb. 8-4: Multimodell-simulierte Änderung der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur von 1950 bis 2100 (verändert nach IPCC 2013a)	109
Abb. 8-5: 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).....	110
Abb. 8-6: Jährliche Niederschlagssummen und Jahresmitteltemperaturen (1912-2010) der Ludger-Mintrop-Stadtklima-Station (verändert nach Grudzielanek et al. 2011) ...	112

Abb. 8-7: Differenz der Jahresmitteltemperaturen (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	113
Abb. 8-8: Differenz der mittleren Niederschlagssumme (%) 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	114

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1: Ausgewählte Klimaindikatoren für den Zeitraum 1981-2010 für Herne (LANUV NRW 2017)	11
Tab. 2-2: Anteile der Nutzungsarten an der Gesamtfläche des Stadtgebietes von Herne sowie deren Flächengröße (Stand: 31.12.2015; IT.NRW 2017).....	15
Tab. 4-1: Definitionen Thermische Kenntage/-werte	46
Tab. 4-2: Thermische Kenngrößen der Klimamessstationen in Herne	47
Tab. 4-3: Vergleich der Anzahl der Stunden sowie der Anteil an den Jahresstunden mit einer relativen Feuchte über 90 % sowie die Jahresmittelwerte des Dampfdrucks an fünf Stationen im Stadtgebiet von Herne	60
Tab. 4-4: Anzahl der Stunden der Behaglichkeitsstufen „etwas schwül“ und „schwül“ (nach Robitzsch & Leistner in Flach 1957) im Herner Stadtgebiet	67
Tab. 4-5: Anzahl kurz (< 5 Stunden), lang (> 5 Stunden) sowie extrem lang (40 Stunden) anhaltender Schwülebelastungen im Stadtgebiet von Herne; die Schwülebelastungen umfassen die Behaglichkeitsstufen „etwas schwül“ und „schwül“ nach Robitzsch & Leistner (zitiert in Flach 1957).	68
Tab. 4-6: Jahreswindstatistik der Messstationen 1 bis 5	70
Tab. 4-7: Mittlere Windgeschwindigkeit während austauscharmer Strahlungstage im Stadtgebiet von Herne, aufgeteilt in Tag- und Nachtstunden; Berechnungsgrundlage: 24 Strahlungstage innerhalb der Messperiode vom 01.12.2016 bis 30.11.2017	75

Kartenverzeichnis

Karte 2-1: Geländehöhen der Stadt Herne (Datengrundlage: Digitales Geländemodell 2015)	12
Karte 2-2: Darstellung der Oberflächenrauigkeit im Stadtgebiet von Herne	13
Karte 3-1: Bodennahe Lufttemperatur (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Herne um 4 Uhr ..	24
Karte 3-2: Nächtliche Abkühlungsrate (20 - 4 Uhr) der Lufttemperatur im Stadtgebiet von Herne	25
Karte 3-3: Autochthones Windfeld (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Herne um 4 Uhr	28
Karte 3-4: Kaltluftvolumenstrom im Stadtgebiet von Herne um 4 Uhr	30
Karte 3-5: Kaltluftproduktionsrate im Stadtgebiet von Herne um 4 Uhr	32
Karte 3-6: Luftaustauschrate im Stadtgebiet von Herne um 4 Uhr	34
Karte 3-7: Durchlüftungssituation um 4 Uhr im Stadtgebiet von Herne bei allochthoner Wetterlage	36
Karte 5-1: Messfahrt Mf-01 am 21.06.2017 um 23:00 Uhr MEZ.....	79
Karte 5-2: Messfahrt Mf-02 am 07.08.2017 um 22:00 Uhr MEZ.....	80
Karte 5-3: Messfahrt MF-03 am 28.08.2017 um 22:00 Uhr MEZ	81
Karte 6-1: Klimaanalysekarte der Stadt Herne.....	99
Karte 7-1: Karte der Klimaökologischen Funktionen im Stadtgebiet von Herne	104
Karte 8-1: Entwicklung und Verteilung der Jahresmitteltemperaturen im Stadtgebiet von Herne	118
Karte 8-2: Entwicklung und Verteilung der Anzahl an Sommertagen im Stadtgebiet von Herne	119
Karte 8-3: Entwicklung und Verteilung des Auftretens von heißen Tagen im Stadtgebiet von Herne	120
Karte 8-4: Entwicklung und Verteilung des Auftretens von Tropennächten im Herner Stadtgebiet	121

Karte 8-5: Darstellung gegenwärtiger (2017) und zukünftiger (2100) Wärmeinselsebiete im Stadtgebiet von Herne	123
Karte 9-1: Einwohnerdichte auf Zählbezirksebene im Stadtgebiet von Herne	127
Karte 9-2: Einwohnerdichte auf Zählbezirksebene für die Wärmeinselsebiete im Stadtgebiet von Herne.....	129
Karte 9-3: Prozentualer Anteil der Bevölkerung über 65 Jahre auf Zählbezirksebene für das gesamte Stadtgebiet von Herne	131
Karte 9-4: Prozentualer Anteil der Bevölkerung über 65 Jahre auf Zählbezirksebene für die Wärmeinselsebiete im Stadtgebiet von Herne	133
Karte 9-5: Problemgebiete der Hitzebelastung im Stadtgebiet von Herne.....	135
Karte 10-1: Flächenbewertung aus klimaökologischer Sicht im Stadtgebiet von Herne	140
Karte 11-1: Planungshinweiskarte der Stadt Herne	158
Karte 11-2: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Herne für den Stadtbezirk Wanne	170
Karte 11-3: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Herne für den Stadtbezirk Eickel	181
Karte 11-4: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Herne für den Stadtbezirk Herne-Mitte	192
Karte 11-5: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Herne für den Stadtbezirk Sodingen	202

0 Zusammenfassung

Die vorliegende Klimaanalyse stellt die Bewertung der klimatischen und lufthygienischen Situation im Stadtgebiet anhand der Auswertung aktueller Modellierungen und Messungen dar und aktualisiert das Klimagutachten aus dem Jahre 2000. Ziel der Untersuchung ist die Analyse und Bewertung der klimatischen Situation innerhalb des Herner Stadtgebietes sowie die Ausweisung von Planungshinweisen, die vor dem Hintergrund der prognostizierten klimatischen Veränderungen im Laufe des 21. Jahrhunderts eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung gewährleisten sollen.

Zur Bewertung der klimatischen und lufthygienischen Situation bezieht sich die vorliegende Untersuchung u.a. auf die Ergebnisse einer im Rahmen des Fachbeitrags „Klimaanpassung“ zum Regionalplan Ruhr für die gesamte Metropolregion durchgeführten Klimamodellierung mit Hilfe des Simulationsmodells FITNAH-3D und einem aufwändigen Messprogramm aus stationären Messungen (sechs punktuelle Datenerfassungen im Zeitraum 01.12.2016 - 30.11.2017) und Messfahrten (drei linienhafte Datenerfassungen an Strahlungstagen) in Herne. Dieses Verfahren liefert räumlich hochauflösende und flächendeckende Ergebnisse einer Vielzahl klimatischer Parameter und in Kombination mit lokalen Messungen ist eine gegenseitige Verifikation der Werte möglich.

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

Das für eine autochthone Strahlungsnacht simulierte bodennahe Windfeld weist aufgrund der geringen Reliefenergie und der dichten Bebauung insgesamt niedrige Strömungsgeschwindigkeiten auf, wodurch die Eindringtiefe kühler Luftmassen aus dem Umland in die Siedlungsbereiche oftmals eingeschränkt ist. Relevante reliefbedingte nächtliche Kaltluftabflüsse können in Herne nur im Südosten und Osten durch einen Höhenunterschied von maximal 100 Metern auftreten. Im Nordwesten entlang des Rhein-Herne-Kanals können ebenfalls schwache Kaltluftabflüsse entstehen. Die Siedlungen im landwirtschaftlich geprägtem Umfeld in Sodingen können aufgrund der lockeren Bebauung

und dem Ansteigen des Reliefs nach Südosten hin zwar teilweise von Kaltluftmassen durchströmt werden, hingegen werden das Stadtzentrum sowie große Bereiche der westlichen Stadtteile nicht ausreichend mit Kaltluft versorgt. Während in Sodingen eine aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur vorherrscht, resultiert die fehlende Kaltluftversorgung im höher versiegelten Stadtzentrum in Herne-Mitte und den Stadtteilen Wanne und Eickel in einer stärkeren Überwärmung.

Die Messwerte der stationären Messungen und der Messfahrten in Herne stimmen überwiegend mit den Ergebnissen der FITNAH-Modellierung überein. Sowohl die Wärmeinsel als auch die Kaltluftbereiche und deren Temperaturdifferenzen zueinander lassen eine Vergleichbarkeit der Messwerte mit der Modellierung zu und bekräftigen auch hier die zufriedenstellende Anwendbarkeit der Modellierung.

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 sehr heterogen im Stadtgebiet von Herne verteilt. Dabei nimmt das Parkklima mit 24,5 % den größten Flächenanteil im Stadtgebiet ein. Aufgrund der in weiten Teilen des Stadtgebietes vorherrschenden dichten Bebauungsstruktur dominieren das Stadtrandklima (12,7 %) und das Stadtklima (15,2 %) die Siedlungsbereiche von Herne. Vor allem die Stadtbezirke Herne-Mitte, Wanne und Eickel sind aus bioklimatischer Sicht stärker belastete Räume, die sich aus Stadt- und Innenstadtklimatopen zusammensetzen. Diese weisen einen hohen Versiegelungsgrad und einen geringen Grünflächenanteil auf. Zwar nimmt das Innenstadtklima mit 1,5 % einen relativ kleinen Anteil an der gesamtstädtischen Fläche ein, allerdings umfasst es insbesondere im Stadtbezirk Herne-Mitte ein größeres, zusammenhängendes Areal. Zusätzlich besitzt die Stadt mit 13,1 % einen relativ hohen Anteil an Gewerbe- und Industrieflächen. Der hohe Versiegelungsgrad und der gleichzeitige Mangel an verdunstungsaktiven Grün- und Wasserflächen können hier im Sommer zu Schwüle- und Hitzebelastungen führen. Der überwiegende Teil des Freilandklimatops, das einen stadtweiten Anteil von 10,2 % besitzt, befindet sich im Stadtbezirk Sodingen.

In Kapitel 8 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 Jahresmitteltemperaturen in Zukunft voraussichtlich in allen Klimatopen des Stadtgebietes höhere Werte auf als bisher. Der Anstieg ist für den Zeitraum 2021-2050 bezogen auf die Periode 1961-1990 mit 1,9 bis 2,1 K allerdings in allen Klimatoptypen ähnlich groß. Hinsichtlich der hitzebedingten klimatologischen Kenntage (Sommertage, heiße Tage und Tropennächte) werden sich wahrscheinlich deutlichere Unterschiede in der zukünftigen Entwicklung zwischen den Klimatopen im Stadtkern und des Umlandes ergeben. 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 betroffen sein können. Im Rahmen einer Vulnerabilitätsanalyse auf der Ebene der Zählbezirke wurden Bereiche identifiziert, die aufgrund der klimatischen Situation, der Bevölkerungsdichte und der Altersstruktur eine besondere Sensibilität aufweisen. Dabei ist in den Stadt- und Innenstadtbereichen aufgrund der zumeist hochversiegelten Bebauung von einer generellen Hitzebelastung auszugehen. Mit zunehmender Bevölkerungsdichte erhöht sich die potenzielle Anfälligkeit eines Wohngebietes. Neben Bereichen in den Stadtteilen Wanne und Eickel ist eine Konzentration der Problemgebiete im Stadtbezirk Herne-Mitte festzustellen. Zudem sind dort vermehrt Baublöcke innerhalb der Zählbezirke zu verzeichnen, die sowohl eine sehr hohe Anfälligkeit aufgrund der Bevölkerungsdichte als auch einen überdurchschnittlich hohen Anteil an älterer Wohnbevölkerung aufweisen.

Abschließend wurden auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse für das Stadtgebiet von Herne Planungsempfehlungen aus rein stadtklimatologischer Sicht abgeleitet (siehe Kapitel 11). Demnach ist der Großteil der Siedlungsbereiche von Herne dem „Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete“ zuzuordnen. In den Stadtbezirken Eickel, Wanne und Herne-Mitte entsprechen die Wohngebiete zum Großteil diesem Lastraum, dessen bioklimatische Verhältnisse grundsätzlich als negativ zu bewerten sind. Hier sollten die noch vorhandenen offenen und begrünten Bebauungsstrukturen erhalten bleiben und v.a. im Bereich von Belüftungsbahnen Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen durchgeführt werden. Es konnten in Eickel, Herne-Mitte und Sodingen aber auch vereinzelt Flächen identifiziert werden, bei denen aus rein stadtklimatologischer Sicht eine maßvolle bauliche Nachverdichtung vertretbar ist. Im Kernbereich von Herne-Mitte, Wanne und Eickel sollte zur Wahrung der klimatischen Verhältnisse jedoch keine weitere Verdichtung erfolgen. Zum Erhalt des Luftaustausches und zum Schutz klimatischer Ausgleichsflächen ist u.a. am südlichen Siedlungsrand von Herne-Mitte und an mehreren Siedlungsändern in Sodingen das Einhalten von klimatischen Baugrenzen empfohlen. Daher ist insbesondere im Stadtbezirk Herne-Mitte

die Förderung des Luftaustausches mit den klimatischen Ausgleichsräumen im Südosten und Osten zu forcieren. Von einer weiteren Verdichtung ist abzusehen, hingegen sollten Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen erfolgen. Insbesondere die Schaffung verdunstungsaktiver Flächen kann für eine lokale Abmilderung thermischer Belastungen sorgen. Bei fehlenden Entsiegelungs- und Rückbaumöglichkeiten können Dach- und Fassadenbegrünungen eingesetzt werden, insbesondere aufgrund der Vielzahl an zur Verfügung stehenden Flachdächern in Herne. Zudem kann in hochversiegelten Straßenräumen der Innenstadt, den Nebenzentren sowie in Gewerbegebieten durch den Erhalt und die Anpflanzung von Bäumen eine lokale Klimaverbesserung erzielt werden. Dabei sollten in Straßen mit Häuserschluchten und bei hohem Verkehrsaufkommen geschlossene Kronendächer vermieden werden, da dies zu eingeschränkten Austauschverhältnissen und einer Schadstoffanreicherung führen kann.

Die klimatischen Ausgleichsräume des Freilandes im östlichen und südöstlichen Stadtgebiet, aber auch die landwirtschaftlich genutzten Freiflächen zwischen den Siedlungsbereichen sollten gesichert und von weiterer Bebauung freigehalten werden. Von entscheidender Bedeutung für die Relevanz dieser Ausgleichsflächen ist die Vernetzung mit den klimatischen Lasträumen. Hierzu sind der Erhalt bestehender Belüftungsbahnen sowie die Schaffung neuer Schneisen durch eine Auflockerung und Beseitigung von Strömungshindernissen erforderlich. Bei der Grünvernetzung sollten innerstädtische Park- und Grünanlagen genutzt werden, um den Luftaustausch zwischen Umland und Siedlungsbereichen zu fördern. Durch Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen innerhalb der Bebauung können in hochverdichteten Stadtbereichen kleinere Parkanlagen mit größeren Ausgleichsräumen vernetzt werden, wodurch nicht nur lokal begrenzte Abkühlungseffekte erzielt werden, sondern auch die Ausbreitung der städtischen Wärmeinsel insgesamt abgemildert werden kann.

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die klimatischen und lufthygienischen Verhältnisse eines städtischen Siedlungsraums zeichnen sich durch erhebliche Abweichungen gegenüber dem unbebauten Umland aus, man spricht von der Ausprägung eines „Stadtklimas“. Insbesondere erhöhte Temperaturen, geringere Luftfeuchtigkeit, eine eingeschränkte Belüftungssituation und eine stärkere Luftverschmutzung können im städtischen Lebensraum zu Einbußen 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 Herne stellt eine Aktualisierung und Ergänzung der stadtklimatologischen Untersuchungen aus dem Jahr 2000 dar. Die Analyse von 2000 basierte auf einem aufwändigen Messprogramm, wobei aus stationären Messungen (punktuell) und Messfahrten (linienhaft) anhand von Analogieschlüssen nur grobe flächendeckende Aussagen getroffen werden konnten.

Die vorliegende Untersuchung hingegen bezieht sich u.a. auf die Ergebnisse der im Rahmen des Fachbeitrags „Klimaanpassung“ zum Regionalplan Ruhr für die gesamte Metropolregion durchgeführten Modellierung mit Hilfe des Simulationsmodells FITNAH-3D. Dieses Verfahren liefert, im Gegensatz zu den lokalbegrenzten Messungen, umfassende, räumlich hochauflösende und vor allem flächendeckende Ergebnisse zu einer Vielzahl relevanter klimatischer Parameter. Die FITNAH-Modellierung ist zwar vorrangig auf die Ebene der Regionalplanung ausgerichtet, ermöglicht aber auch Hinweise für die Flächennutzungs- und Bebauungsplanung auf kommunaler Ebene. Bei einer kleinräumigen Betrachtung auf Baublockebene können in Abhängigkeit von der Fragestellung jedoch weitergehende Untersuchungen (z.B. Messungen oder mikroskalige Simulationen) erforderlich sein, um die klimatischen Auswirkungen baulicher Flächennutzungsänderungen von Einzelflächen detailliert bewerten zu können.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Analyse und Bewertung der klimatischen Situation des Herner Stadtgebietes sowie die Ausweisung von Planungshinweisen. Im Rahmen des im Oktober 2013 vom Herner Stadtrat beschlossenen „Integrierten Klimaschutzkonzept als Grundlage der städtischen Gesamtaktivität zum Klimaschutz“ werden Klimaschutzteilkonzepte erarbeitet. Innerhalb des Teilkonzeptes „Anpassung an den Klimawandel“ dient die vorliegende Untersuchung als Bewertungsgrundlage, sich vor Ort auf die zukünftig veränderten stadtklimatischen Bedingungen in Folge des Klimawandels vorzubereiten. In Verbindung mit der Aktualisierung der Klimaanalyse wurden in verschiedenen Bereichen (z.B. Freiland, Industriegebiet, Innenstadt) des Stadtgebietes Klimamessungen durchgeführt, deren Daten ausgewertet wurden, um kontinuierlich nachweisbare Informationen über die unterschiedlichen stadtklimatischen Situationen liefern zu können. Insgesamt wurden sechs Klimamessstationen an Laternenmasten im Herner Stadtgebiet für den Messzeitraum von August 2016 bis Herbst 2017 installiert.

Die Ergebnisse der einjährigen Messreihen in Verbindung mit den ergänzenden Bewertungsgrundlagen wie Messfahrten und 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 Herne vor dem Hintergrund des Klimawandels 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 dem Kaltluftliefervermögen unbebauter Flächen. Des Weiteren werden die zu erwartenden Auswirkungen des globalen Klimawandels auf das Stadtgebiet von Herne beschrieben, die derzeitigen und zukünftigen Wärmeinselbereiche dargestellt sowie eine Vulnerabilitätsanalyse durchgeführt. Vor diesem Hintergrund erfolgt zudem eine Bewertung der Grün- und Freiflächen aus klimaökologischer Sicht. Im Fokus der vorliegenden Arbeit stehen die Erstellung einer Klimaanalysekarte und die Ausweisung von Planungshinweisen.

Die Klimaanalysekarte gliedert das Stadtgebiet in Klimatope, die durch ähnliche mikroklimatische Ausprägungen gekennzeichnet sind. Dynamische Faktoren werden in Form von spezifischen Klimaeigenschaften dargestellt und beschrieben. Die Klimaanalysekarte wird zur Ableitung des Planungs- und Handlungsbedarfs mit dem Ziel, bestehende 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 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 Herne gesichert werden kann.

2 Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

Die kreisfreie Stadt Herne liegt zentral im nördlichen Ruhrgebiet. Im Südwesten grenzen die kreisfreien Städte Bochum und Gelsenkirchen an das Stadtgebiet von Herne, während im Nordosten die Nachbarstädte Castrop-Rauxel, Herten und Recklinghausen zugehörig zum Kreis Recklinghausen liegen.

Bei einer Einwohnerzahl von 155.851 und einer Fläche von 51,41 km² beträgt die Bevölkerungsdichte von Herne 3.030,9 Einwohner pro km² (Stand: 31.12.2015, IT.NRW 2017). Damit weist Herne die höchste Bevölkerungsdichte der Städte in Nordrhein-Westfalen auf und übertrifft Essen um etwa 260 Einwohner pro km² (2.769,9; IT.NRW 2017).

Die Bevölkerungsdichte in Herne zeigt, bedingt durch unterschiedliche Bebauungsstrukturen, eine heterogene Verteilung über die vier Stadtbezirke, die das Stadtgebiet unterteilen (siehe Abb. 2-1).



Abb. 2-1: Herner Stadtbezirke (Stadt Herne 2017)

Während der Bezirk Herne-Mitte mit den Ortsteilen Baukau-Ost, Holsterhausen, Herne-Mitte und Herne-Süd eine Bevölkerungsdichte von 4.442 Einw./km² aufweist, liegt dieser Wert im Stadtbezirk Sodingen mit den Ortsteilen Horsthausen, Börnig/Holthausen und Sodingen bei 1.990 Einw./km². Dazwischen liegend beträgt die Einwohnerdichte des Stadtbezirkes Wanne mit den Ortsteilen Unser Fritz/Crange, Baukau-West und Wanne 2.832 Einw./km² und von

Eickel mit den Ortsteilen Wanne-Süd, Röhlinghausen und Eickel 3.891 Einw./km² (siehe auch Tab. A 1 im Anhang; Stand: 31.12.2016, Stadt Herne 2017). Anhand der Zahlen werden insbesondere die großen stadtstrukturellen Unterschiede zwischen den direkt nebeneinander liegenden Stadtbezirken Herne-Mitte und Sodingen deutlich.

Dementsprechend hat die unterschiedliche Bebauungsdichte bzw. die Flächennutzung 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 Herne 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.

2.1 Naturräumliche und großklimatische Einordnung

Naturräumlich betrachtet gehört Herne der Groöseinheit „Westfälische Tieflandsbucht“ an, wobei der Großteil der naturräumlichen Untereinheit Emscher-Land (Ordnungszahl 543) zuzuordnen ist (vgl. Abb. 2-2).

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

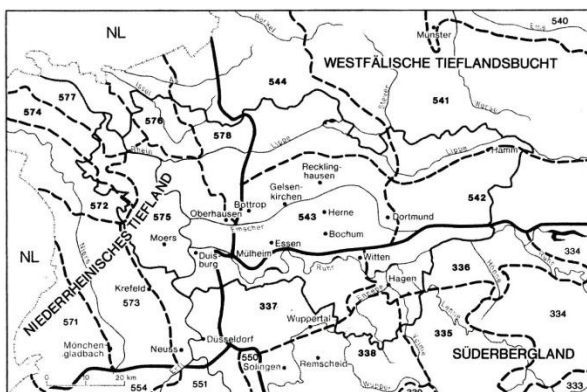


Abb. 2-2: Naturräumliche Gliederung des Ruhrgebietes (Lüftner 1996)



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

Eine Zusammenstellung ausgewählter Klimadaten für Herne enthält Tabelle 2-1. Die dargestellten Werte zeigen die mittleren klimatischen Bedingungen im Zeitraum 1981-2010. Durch den prognostizierten Klimawandel werden sich die Klimaverhältnisse im Laufe des 21. Jahrhunderts verändern (vgl. Kapitel 8). Zudem können die groß- und regionalklimatischen Charakteristika der Klimabezirke auf der lokalen Ebene in erheblichem Maße durch natürliche Faktoren (z.B. Relief) sowie anthropogene Einflüsse (z.B. Flächennutzung, Versiegelungsgrad, Emission von Luftschadstoffen, etc.) überprägt werden.

Tab. 2-1: Ausgewählte Klimaindikatoren für den Zeitraum 1981-2010 für Herne (LANUV NRW 2017)

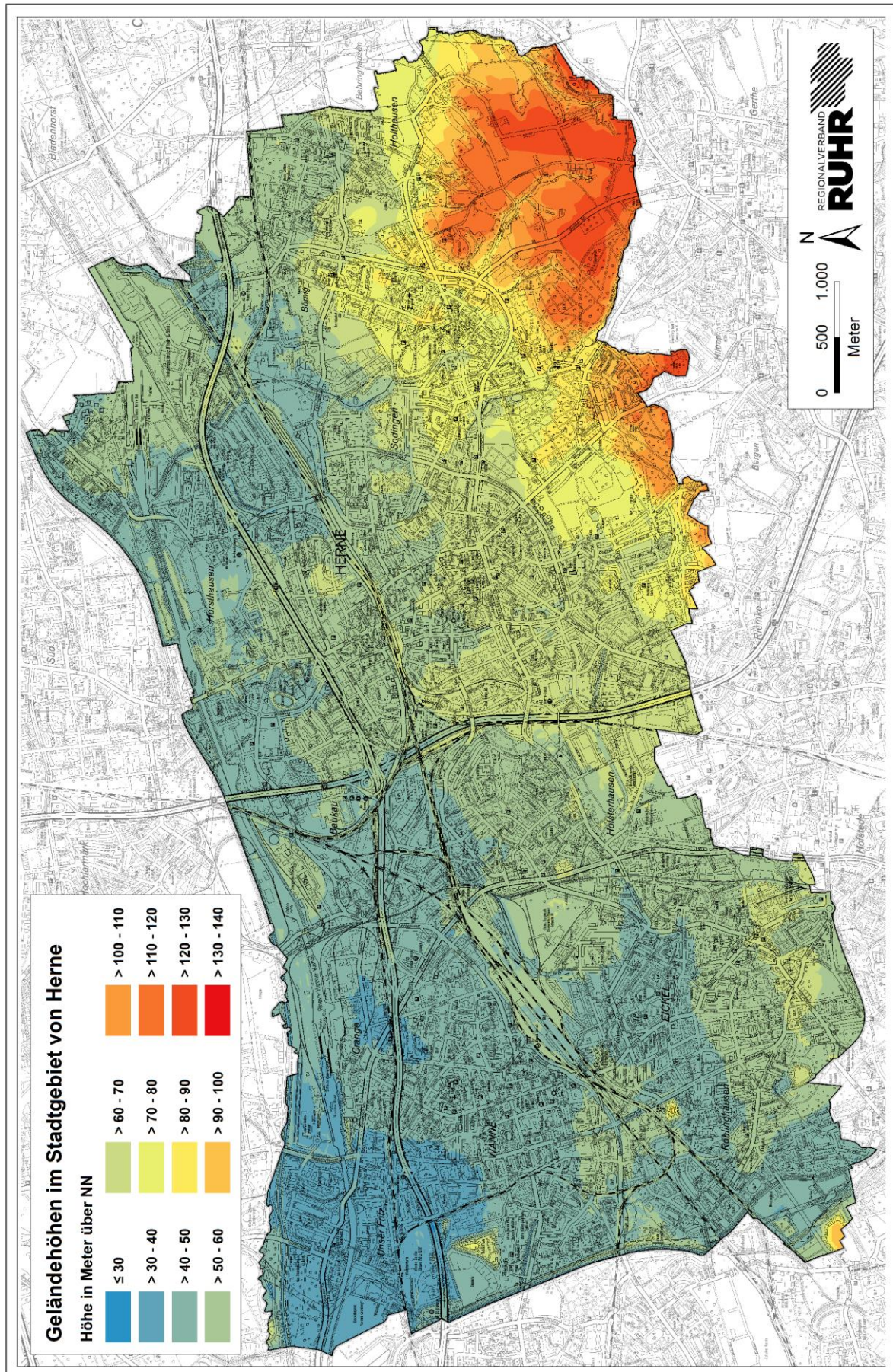
Klimaindikator	Wert
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Jahr	10-11
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Frühling	9-11
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Sommer	17-19
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Herbst	10-11
Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Winter	2-4
Mittlere Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) pro Jahr	33-39
Mittlere Anzahl der heißen Tage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) pro Jahr	5-8
Mittlere Anzahl der Frosttage ($T_{\min} < 0 \text{ °C}$) pro Jahr	45-59
Mittlere Anzahl der Eistage ($T_{\max} < 0 \text{ °C}$) pro Jahr	0-10
Mittlere Niederschlagssumme (mm) im Jahr	800-1.000

2.2 Relief und Oberflächenrauigkeit

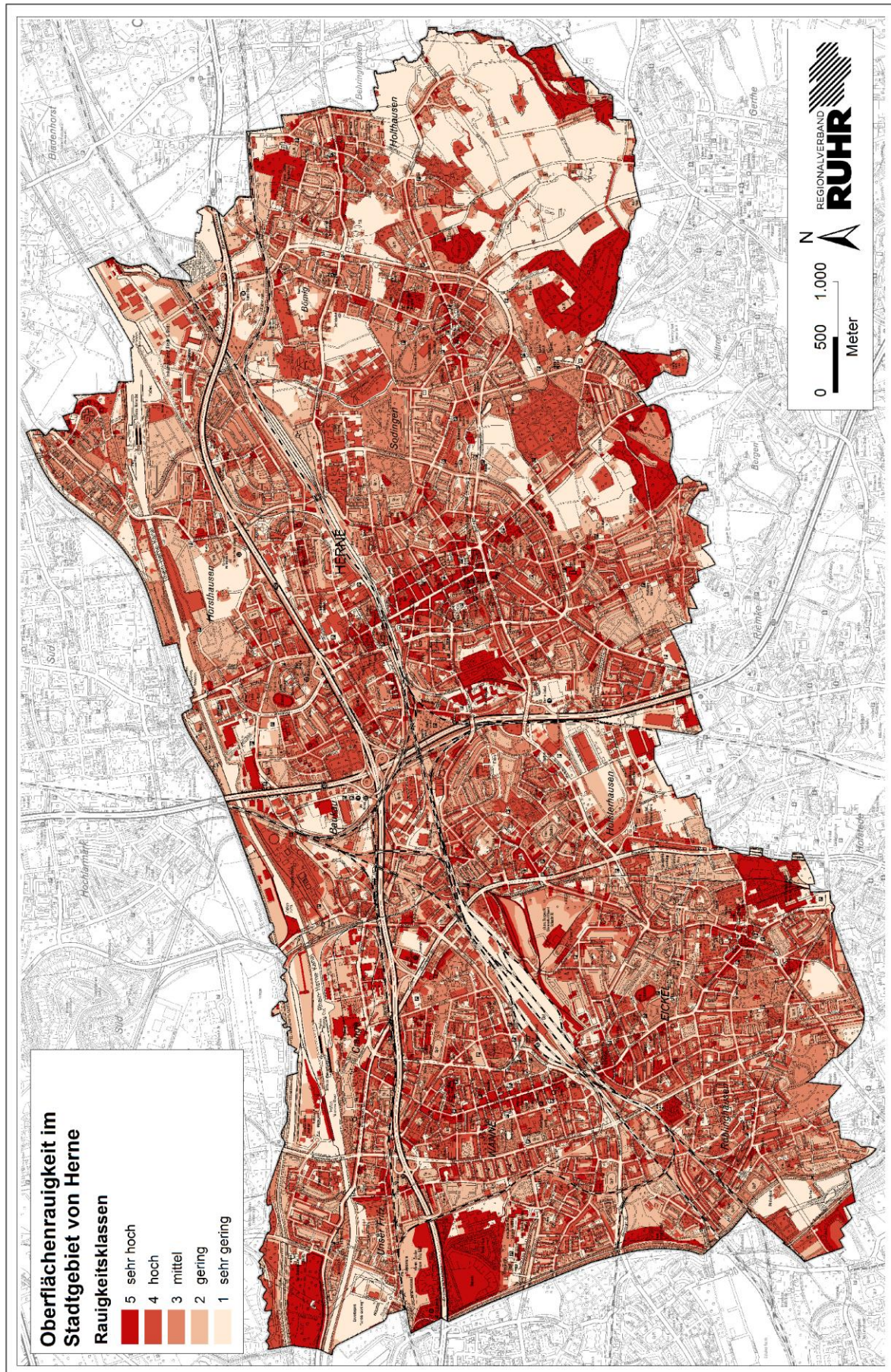
Eine ausgeprägte Reliefstruktur kann einen großen Einfluss auf die Belüftung einer Stadt ausüben, sei es in Form einer Tallage mit dadurch bedingter Ablenkung der Hauptwindrichtung oder in Form einer insgesamt schlechten Belüftungssituation im Falle einer Kessellage. Daneben spielt das Relief für die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

Maßgebend für die **Reliefausprägung** im Stadtgebiet ist die Lage Hernes am Nordwestrand der Castroper Platten/Höhen, die eine Wasserscheide zwischen Emscher und Ruhr bilden (Hetzel 2013).

Die höchste natürliche Erhebung liegt dementsprechend im südöstlichen Stadtgebiet (Holthausen/Gysenberg) mit etwa 130 m ü. NN auf der Holthausener Straße an der Stadtgrenze zu Bochum. In Richtung des Rhein-Herne-Kanals, der im Norden Hernes verläuft, fällt das Relief nach Nordwesten auf Werte bis etwa 30 m ü. NN (Ortsteile Unser Fritz/Crange) hin ab. Der überwiegende Teil des Stadtgebietes liegt nicht über 70 m ü. NN und weist innerhalb dieses Gebietes nur geringe natürliche Höhenunterschiede auf, in Holthausen treten hingegen große Höhenunterschiede innerhalb kurzer Distanz nach Südosten auf (vgl. Karte 2-1). Anthropogenen Ursprungs sind mehrere Halden im Westen von Herne u.a. die Halde Pluto mit einer Höhe von etwa 72 m ü. NN, die die vergangenen Bergbauaktivitäten des Ruhrgebietes dokumentieren.



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



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

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 bezüglich des Stadtgebietes von Herne zeigen geringe Oberflächenrauigkeiten im Bereich der landwirtschaftlich geprägten Flächen, insbesondere im Stadtteil Holthausen im Südosten. Höhere Rauigkeitswerte ergeben sich infolge der Bebauung in den Siedlungs- und Gewerbe- bzw. Industriegebieten. Zudem zeichnen sich auch Wälder (z.B. der Gysenberger Wald in Holthausen) sowie die Bereiche der Halden im Westen 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 Herne durch eine relativ geringe Reliefenergie und nur schwach ausgeprägte geomorphologische Strukturen aus. Die Oberflächenrauigkeit zeigt eine stark heterogene Ausprägung im Stadtgebiet mit vergleichsweise geringen Werten im Südosten (Holthausen).

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 Herne sowie deren Flächengrößen (Stand 31.12.2015). Dabei wird deutlich, dass etwa 65 % des Stadtgebietes durch bebaute Flächen oder Verkehrsflächen überprägt sind. Während landwirtschaftliche Flächen nur einen Anteil von 9,4 % an der Gesamtfläche ausmachen, weisen Wald- (10,6 %), Erholungs- (12,2 %) und Wasserflächen (2,0 %) ebenfalls relativ geringe Flächenanteile auf (IT.NRW 2017).

Bei einer näheren Betrachtung der zeitlichen Entwicklung der Flächennutzungsstrukturen fällt auf, dass in den Jahren 2004 bis 2015 die Landwirtschaftsflächen eine starke Reduzierung zu verzeichnen hatten. Wurden 2004 noch 820 ha des Stadtgebietes landwirtschaftlich genutzt, waren es 2015 nur noch 481 ha. Dies entspricht einer Reduzierung der landwirtschaftlichen Fläche um 339 ha bzw. 42,3 % in 11 Jahren. Im selben Zeitraum hat auch die bebaute Fläche (inkl. der Betriebsfläche) um 186 ha (7,5 %) abgenommen. Allerdings sind sehr viele neue Erholungsflächen (243 ha; entspricht einem Zuwachs von 62,9 %) und Waldflächen (332 ha; entspricht einem Zuwachs von 154,4 %) geschaffen worden (IT.NRW 2017).

Tab. 2-2: Anteile der Nutzungsarten an der Gesamtfläche des Stadtgebietes von Herne sowie deren Flächengröße (Stand: 31.12.2015; IT.NRW 2017)

Nutzungsart	Fläche in ha	Anteil in %
Gebäude- und Freifläche, Betriebsfläche	2.296	44,6
Erholungsfläche, Friedhofsfläche	629	12,2
Verkehrsfläche	1.069	20,8
Landwirtschaftsfläche	481	9,4
Waldfläche	547	10,6
Wasserfläche	104	2,0
Moor, Heide, Unland	10	0,2
Flächen anderer Nutzung	5	0,1
insgesamt	5.142	100,0

Die räumliche Verteilung der unterschiedlichen Flächennutzungsarten im Stadtgebiet weist eine starke Heterogenität der Frei- und Siedlungsflächen auf. Es ist ein relativ geschlossener überbauter Bereich in Verbindung mit Gewerbe- und Industrieflächen von Herne-Mitte über

Wanne bis Eickel erkennbar. Dieser bebaute Bereich wird nur in geringem Maße von kleinen Frei-, Wald-, und Grünflächen aufgelockert. Der Stadtbezirk Sodingen hingegen besitzt relativ zu der bebauten Fläche viele Grün-, Park- und Waldflächen. Die größte zusammenhängende Freifläche, die vorwiegend landwirtschaftlich genutzt wird, befindet sich im Südosten Hernes in Holthausen. Der westlich angrenzende Gysenberger Wald ist das größte Waldstück in Herne und im nordwestlichen Verlauf schließt sich am Ostbach direkt zusammenhängend der Revierpark Gysenberg und der Südfriedhof an. Somit befinden sich größere zusammenhängende Freilandbereiche hauptsächlich im Osten der Stadt. Der Westen des Stadtgebietes ist demgegenüber durch einen nahezu nahtlosen Übergang der bebauten Flächen zum benachbarten Stadtteil Gelsenkirchen-Bismarck geprägt.

Die zahlreichen Gewerbe- und Industriegebiete befinden sich überwiegend in den zentralen Stadtbereichen und sind im Norden aufgrund der Nähe zum Rhein-Herne-Kanal besonders stark ausgeprägt. Die größte Industriefläche befindet sich dementsprechend in Crange am Rhein-Herne-Kanal mit unterschiedlichen Firmen, die in der Abfallwirtschaft, im Maschinen- und Anlagenbau sowie im Metallgewerbe tätig sind (z.B. REMONDIS, VULKAN Gruppe etc.). Im östlichen Teil des Gewerbegebietes steht zudem ein Steinkohlekraftwerk der Firma STEAG. Darüber hinaus sind weitere Gewerbeansiedlungen in den Stadtteilen Eickel, Herne-Mitte und Holsterhausen vorzufinden.

Das Stadtgebiet von Herne wird von einigen wichtigen Verkehrsverbindungen mit überregionaler Funktion durchzogen, die einen Einfluss auf die lufthygienische Situation im Stadtgebiet haben. In Ost-West-Richtung verläuft die Autobahn 42, die im zentralen nördlichen Stadtgebiet im Kreuz Herne die Autobahn 43 überquert, die wiederum in Nord-Süd-Richtung verläuft. Nahezu parallel führt die Bundesstraße 226 durch den östlichen Teil der westlichen Stadtteile Eickel und Wanne in Nordwest-Süd-Richtung an Crange vorbei.

Die Hauptbahntrasse mit dem zugehörigen Hauptbahnhof Wanne-Eickel und dem Bahnhof Herne erstreckt sich in Ost-West-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 Herne erfolgt anhand der Klimaanalysekarte in Kapitel 6.

Im Folgenden werden die einzelnen Klimatope kurz beschrieben und eine regionale Einordnung der Stadt Herne 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 Herne 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 im Ruhrgebiet auf.

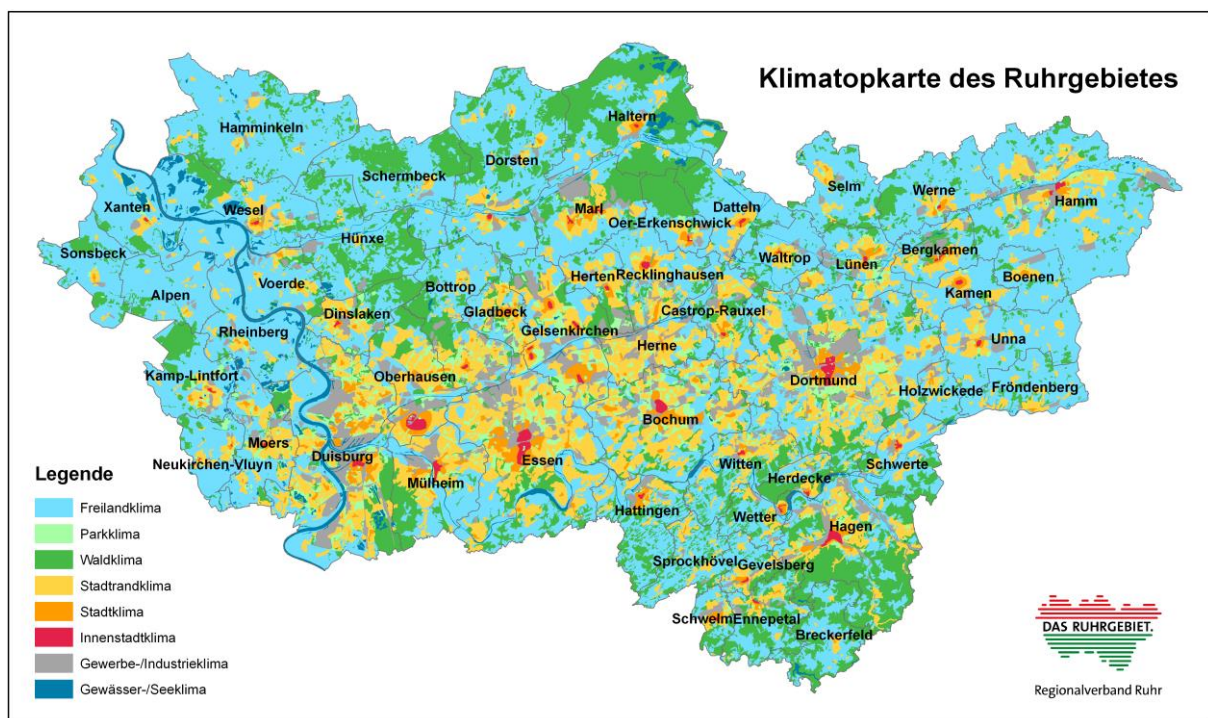


Abb. 2-4: Regionale Klimatopkarte des Ruhrgebietes (2013)

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 (Stadttrand-, Stadt- und Innenstadtklima) sowie das Gewerbe-/Industrieklima

gekennzeichnet ist. Zwar kann sich auch in kleineren Kommunen mit ländlichem Umfeld ein Stadtklima entwickeln, die räumliche Ausdehnung ist allerdings in den Großstädten (z.B. 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 Herne ist regional dem nördlichen Rand des Kernbereichs des Ruhrgebietes zugehörig. Während Bereiche südöstlich des Stadtgebietes dem Freilandklima zuzuordnen sind, gibt es in den nördlichen bis südwestlichen Gebieten nur kleinere oder teilweise keine klimatischen Ausgleichsflächen zwischen den städtischen Klimatopen von Herne und den Nachbarstädten.

Die Ausprägung eines zusammenhängenden Innenstadtklimas ist lediglich auf einen Bereich des Stadtbezirks Herne-Mitte beschränkt, während weite Teile des Stadtgebietes dem Stadtklimatop zugeordnet werden können. Weitere kleine Innenstadtklimabereiche gibt es zwar in den Stadtbezirken Eickel und Wanne, aber der überwiegende Teil der Siedlungsflächen ist aufgrund der weitestgehend dichten Bebauungsstruktur dem Stadtklima zugehörig.

3 Flächenhafte Darstellung ausgewählter Klimaelemente

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

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

Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte dabei in einem Raster mit einer Zellengröße von jeweils 50 m x 50 m. Da bei dieser Auflösung Einzelgebäude nicht explizit aufgelöst werden können, sind diese entsprechend parametrisiert über die Definition von Flächennutzungsklassen in die Modellierung eingegangen. Die für die Simulation notwendigen orographischen 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 sowohl für eine autochthone, als auch 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 Herne 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 grüingeprägten 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.

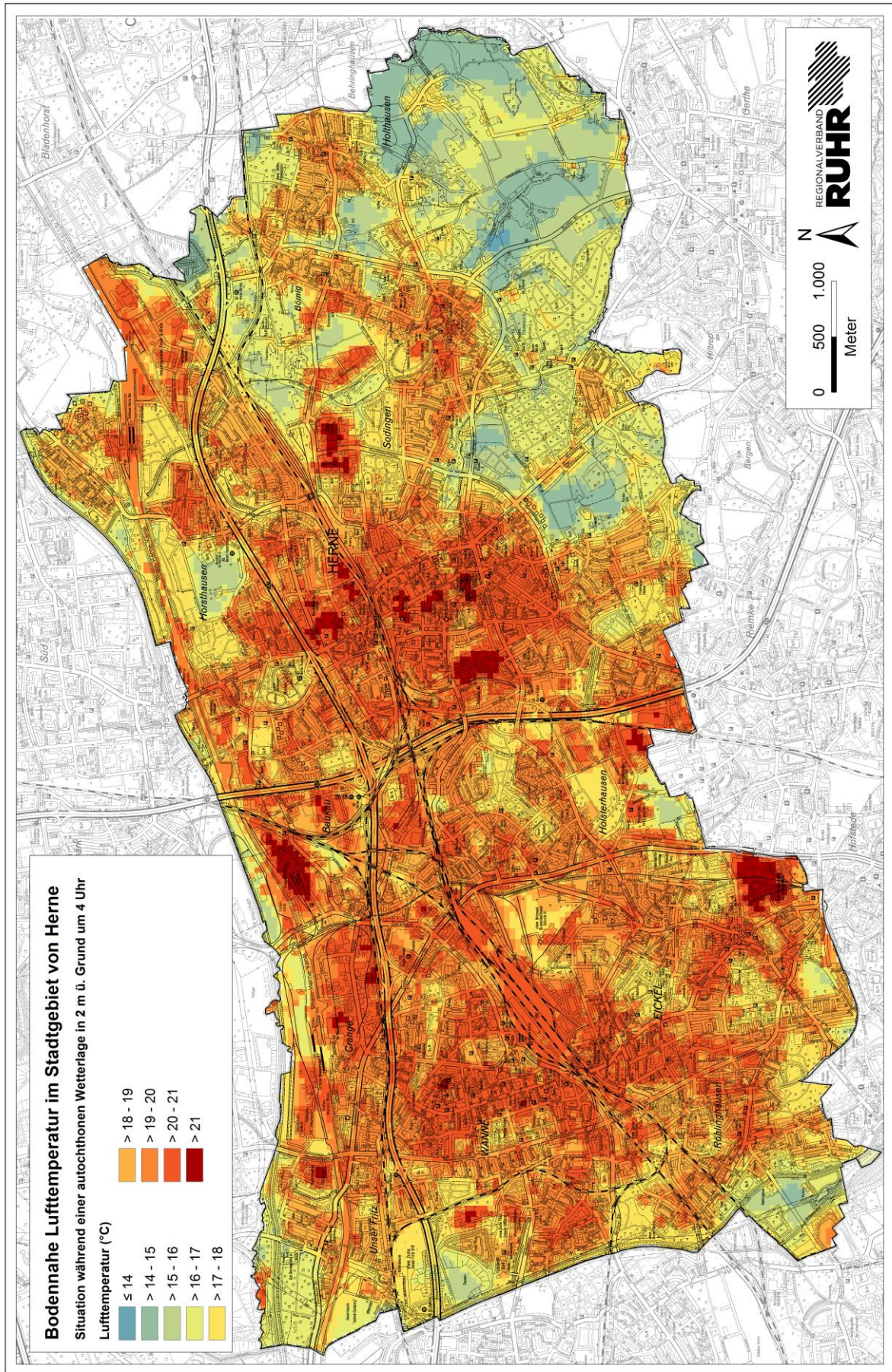
Eine Sonderstellung nehmen Wald- und Gewässerflächen ein. Der gedämpfte Tagesgang der Lufttemperatur im Wald beruht auf dem zweischichtigen Strahlungsumsatz zwischen Atmosphäre und Kronendach sowie zwischen Kronendach und Stammraum. Größere Waldgebiete stellen wichtige Frischluftproduktionsgebiete dar. Während tagsüber durch

Verschattung und Verdunstung relativ niedrige Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit im Stammraum vorherrschen, treten nachts vergleichsweise milde Temperaturen auf. Stadtnahe Wälder können daher auch am Tage Kaltluft zugunsten des Siedlungsraumes erzeugen.

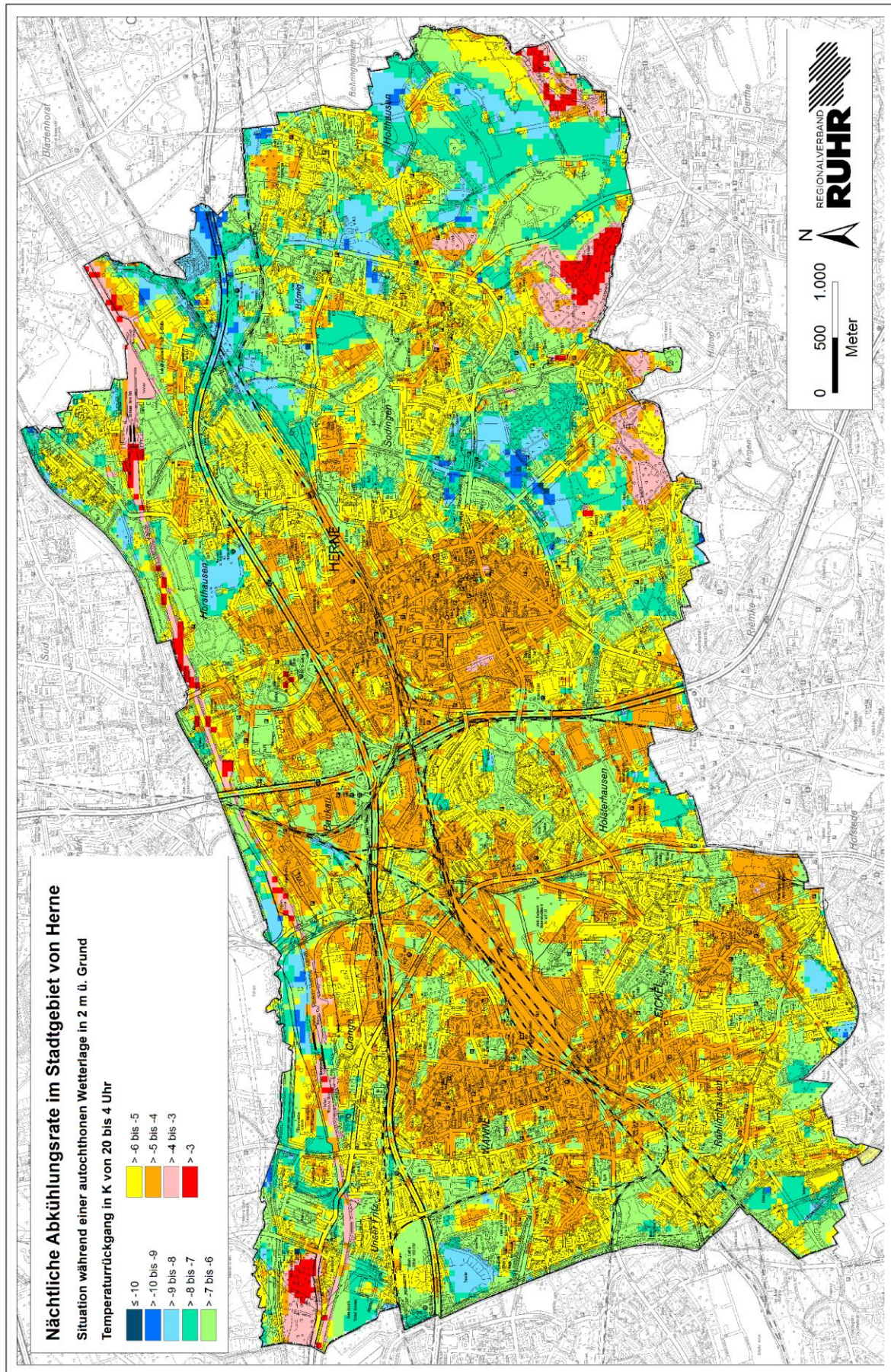
Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, Bereiche mit potenziellen bioklimatischen Belastungen abzugrenzen, Aussagen zum Auftreten thermisch und/oder orographisch induzierter Ausgleichsströmungen zu treffen und die räumliche Ausprägung und Wirksamkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen abzuschätzen. 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 Herne liegt bei 18,4 °C. Dabei umfasst das sich nächtlich einstellende Temperaturfeld Werte zwischen 13,8 °C und 21,5 °C und weist somit eine Stadt-Umland-Differenz von 7,7 K auf. Die höchsten Temperaturen innerhalb der Bebauung treten im Stadtzentrum von Herne sowie in größeren Gewerbe- bzw. Industriegebieten auf. Innerhalb kleinerer Gewerbeflächen, Stadtteilzentren sowie verdichteter Wohngebiete werden überwiegend Werte von 19 °C bis 21 °C erreicht. Weite Teile der zumeist aufgelockerten Stadtrandbebauung weisen mit 17 °C bis 19 °C ein geringeres Temperaturniveau auf, was auf den vergleichsweise geringen Überbauungsgrad, einen höheren Grünflächenanteil sowie der räumlichen Nähe zum unbebauten Umland zurückzuführen ist. Die niedrigsten Temperaturen sind mit etwa 13 °C bis 16 °C über den ausgedehnten landwirtschaftlich genutzten Arealen im südöstlichen Stadtgebiet von Herne zu verzeichnen, was in ihrer starken langwelligen Ausstrahlung nach Sonnenuntergang begründet liegt. Die Waldgebiete besitzen ein vergleichsweise hohes Temperaturniveau von 16 °C bis 18 °C. Hier dämpft das Kronendach die nächtliche Ausstrahlung und damit auch ein stärkeres Absinken der bodennahen Lufttemperatur im Stammraum. Verglichen mit den weitläufigeren Freiräumen des Umlandes weisen die innerstädtischen Grünflächen, abhängig von ihrer Größe und Form, höhere Werte auf, welche zumeist ebenfalls zwischen 16 °C und 18 °C liegen. Hier wird deutlich, dass diese Flächen in eine insgesamt wärmere Umgebung eingebettet sind und daher die geringen Temperaturen des Umlandes nicht mehr erreicht werden. In Innenstadtnähe fällt eine landwirtschaftliche Nutzfläche um einen Hof im Stadtteil Horsthausen mit östlich angrenzenden Sportplätzen und dem nördlich in Richtung des Rhein-Herne-Kanals angrenzenden Kleingartenverein Herne-Nord besonders auf. In diesem Bereich werden bei einem Temperaturniveau von ca. 15-16 °C bis zu 5 K geringere Temperaturen als in der näheren Umgebung berechnet.

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 an Tagen mit Strahlungswetterlagen etwa 6 K innerhalb des Herner Stadtgebietes. Dabei geht

die Lufttemperatur in der Innenstadt nur um 4 K bis 5 K und über den städtischen Grünflächen und landwirtschaftlichen Flächen hingegen um bis zu mehr als 10 K zurück. Diese sich besonders stark abkühlenden Bereiche liegen im südöstlichen Teil von Herne-Mitte am Südfriedhof und im östlichen Sodingen in direkter Nähe zur A42. 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 vorliegenden Karte anhand der roten Farbe (Rückgang um weniger als 3 K) besonders gut zu erkennen (z.B. Gysenberger Wald, Resser Wäldchen, Teile des Rhein-Herne-Kanals).



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



Karte 3-2: Nächtliche Abkühlungsrate (20 - 4 Uhr) der Lufttemperatur im Stadtgebiet von Herne

3.2 Autochthones Windfeld

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

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

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

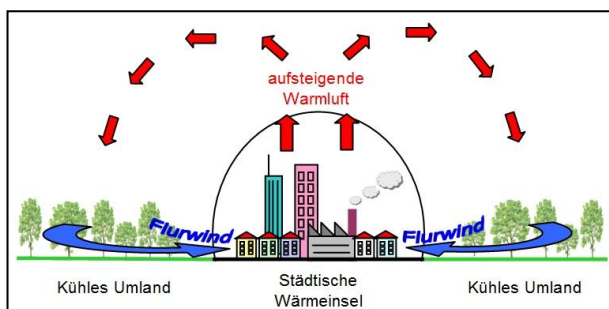


Abb. 3-1: Prinzip des Flurwindes

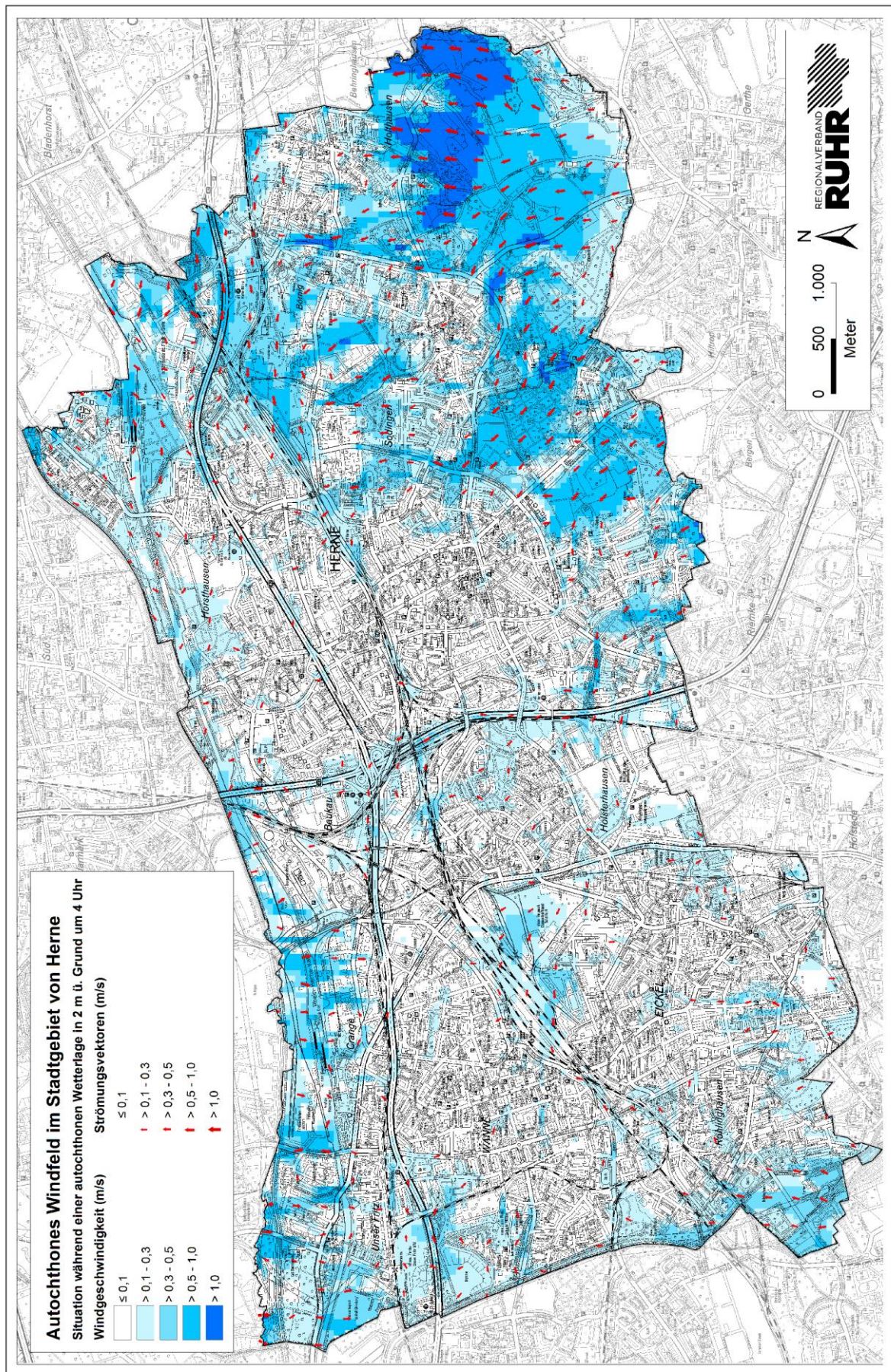
Neben diesen durch das Relief beeinflussten Strömungen bilden sich in ebenen Lagen unter günstigen Bedingungen sogenannte Flurwinde aus. Flurwinde entstehen, wenn sich infolge der Überwärmung von überbauten oder versiegelten Gebieten – und dem damit verbundenen konvektiven Aufstieg der

betroffenen Luftmassen – gegenüber des Umlandes 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 & Kuttler 2006).

Hangab- und Flurwinden kommt eine besondere stadtplanerische Bedeutung zu: Größere Siedlungen wirken aufgrund ihrer hohen aerodynamischen Rauigkeit als Strömungshindernisse. 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 Herne 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 1,8 m/s. Dabei konnten Windgeschwindigkeiten von mehr als 1 m/s lediglich über den landwirtschaftlich genutzten Flächen und vereinzelt über Grünflächen im Südosten simuliert werden. Viele, relativ kleine Bereiche des unbebauten Umlandes sowie teilweise die innerstädtischen Grünflächen weisen Windgeschwindigkeiten zwischen 0,1 m/s und 1,0 m/s auf, während die Siedlungsbereiche im Wesentlichen Werte unter 0,1 m/s verzeichnen. Über den ausgedehnten Landwirtschaftsflächen im südöstlichen Stadtgebiet erhöht sich die Windgeschwindigkeit mit zunehmender Nähe zu den Siedlungsbereichen und auch die Strömungsvektoren weisen eine Zunahme in Richtung der nordwestlichen angrenzenden bebauten Flächen durch das abfallende Relief auf.

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



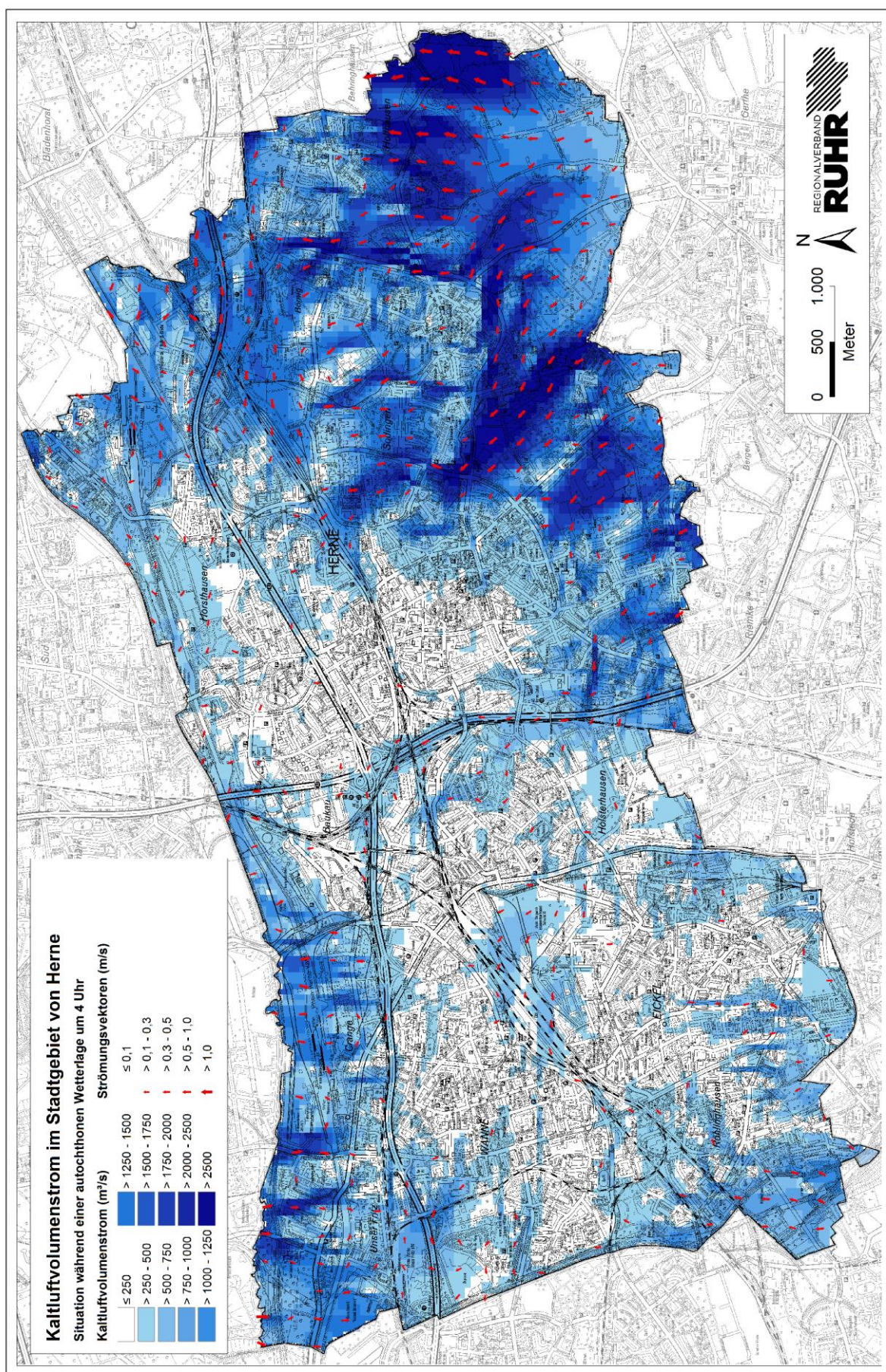
Karte 3-3: Autochthones Windfeld (2 m ü. Grund) im Stadtgebiet von Herne um 4 Uhr

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 und die Strömungsvektoren in Meter pro Sekunde im Stadtgebiet von Herne um 4 Uhr morgens. Die Klassifizierung des Volumenstroms orientiert sich dabei am auftretenden Wertespektrum innerhalb des Untersuchungsgebietes. Analog zur Strömungsgeschwindigkeit treten die höchsten Werte von über $2.500 \text{ m}^3/\text{s}$ im landwirtschaftlich geprägten Teil von Sodingen auf. Deutlich wird die Relevanz von innerstädtischen Grünflächen und deren Vernetzung mit Freiflächen des Umlandes zur Versorgung der überwärmten Siedlungsbereiche mit Kaltluft im Bereich Südfriedhof und Gysenberg. Dort und im östlichen Stadtteil Holthausen sind analog dazu auch die Strömungsvektoren mit bis zu $1,0 \text{ m/s}$ am größten.

Die Eindringtiefe von Kaltluft in bebautes Gebiet hängt wesentlich von der Siedlungsgröße, der Bebauungsdichte, der Gebäudeausrichtung, der anthropogenen Wärmefreisetzung (die zu einer Erwärmung der eindringenden kühlen Luftmassen führt) sowie von der Menge und Geschwindigkeit der einströmenden Kaltluft ab. Kleinere Siedlungen mit landwirtschaftlich geprägtem Umfeld, wie die äußeren Siedlungsbereiche von Sodingen, können sogar vollständig von den Kaltluftmassen durchströmt werden, was dazu führt, dass diese eine weniger starke nächtliche Überwärmung aufweisen. Hingegen sind das Stadtzentrum (Herne Mitte) sowie große Bereiche der Stadtteile Eickel und Wanne während austauscharmer Strahlungsnächte nicht ausreichend mit Kaltluft versorgt. Während in Eickel und Wanne keine extrem dichte Bebauungsstruktur vorherrschen, resultiert die fehlende Kaltluftversorgung im hochversiegelten Stadtzentrum in einer noch stärkeren Überwärmung (vgl. auch Karte 3-1) und ist somit aus klimaökologischer Sicht als noch problematischer zu beurteilen.



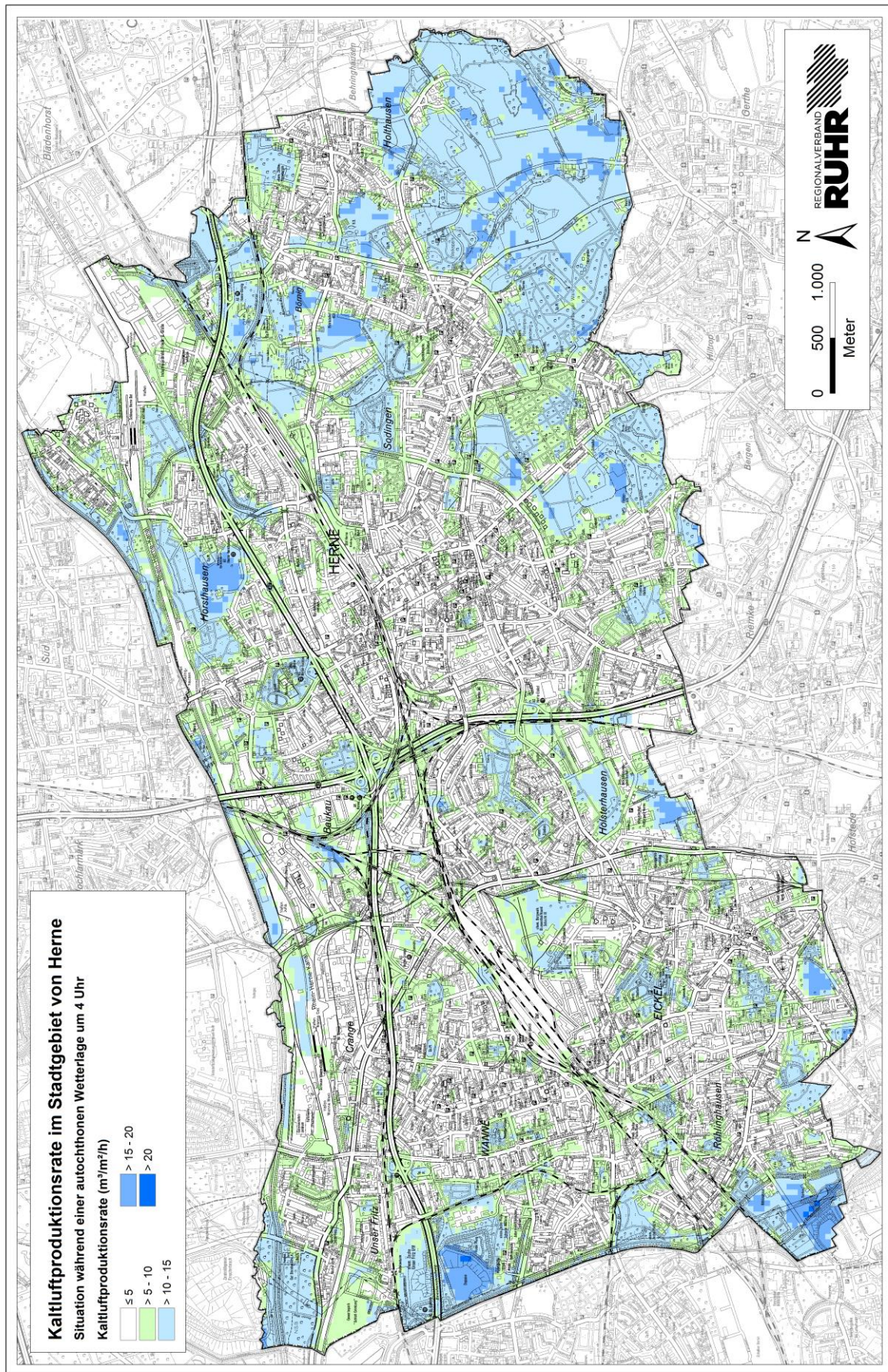
Karte 3-4: Kaltluftvolumenstrom im Stadtgebiet von Herne um 4 Uhr

3.4 Kaltluftproduktionsrate

Neben der Geschwindigkeit und der Mächtigkeit von Kaltluftmassen stellt die Kaltluftproduktivität einer Fläche eine wichtige Größe dar. Die Kaltluftproduktionsrate beschreibt die Menge der sich innerhalb einer Stunde pro Quadratmeter relativ zu ihrer Umgebung abkühlenden Luft über einer Fläche. Einige landnutzungstypische Charakteristika der Kaltluftentstehung wurden bereits in den vorangestellten Kapiteln erläutert. Im Allgemeinen hängt die Rate der Kaltluftentstehung über einer Freifläche von meteorologischen Größen (v.a. der Einstrahlung), dem Relief (Exposition, Geländeneigung) sowie von der Lage des betreffenden Kaltluftentstehungsgebietes im thermisch differenzierten Mosaik angrenzender Flächen ab. Entscheidend sind allerdings die Eigenschaften des Untergrundes, wie etwa die thermischen Bodeneigenschaften (Wärmeleitfähigkeit und -kapazität), die Farbe der Oberfläche, die Dichte des Bodensubstrates, der Luft- und Wassergehalt, das Porenvolumen sowie die Bodenbedeckung bzw. die Vegetation (Hupfer & 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 spiegelt die Verteilung der Grünflächen einerseits und der Siedlungsbereiche andererseits wider. Die resultierenden Ergebnisse der FITNAH-Analyse umfassen für das Stadtgebiet von Herne ein Wertespektrum von 0 bis 20,6 m³/m²/h. Dabei sind verbreitet Kaltluftproduktionsraten von 10 bis 15 m³/m²/h über den landwirtschaftlichen Flächen, den Waldflächen sowie einigen größeren innerstädtischen Grünflächen (z.B. Südfriedhof) zu beobachten. Höhere Werte von 15 bis 20 m³/m²/h sind vorwiegend über den landwirtschaftlich genutzten Flächen im südöstlichen Sodingen sowie über den Halden im Westen des Stadtgebietes zu finden. Hier werden kleinräumig auch mit mehr als 20 m³/m²/h die höchsten Werte der Kaltluftproduktion erreicht. In den bebauten Bereichen können lediglich bei stark aufgelockerter Bebauungsstruktur und hohem Grünflächenanteil vereinzelt geringe Werte von 5 bis 10 m³/m²/h auftreten. Wasserflächen sorgen aufgrund ihrer thermischen Trägheit zwar tagsüber für vergleichsweise kühlere Umgebungstemperaturen, dienen nachts allerdings nicht als Kaltluftproduzenten. Im Gegenteil: Wasserkörper können aufgrund ihrer höheren Wärmekapazität auf das thermische Verhalten überströmender Kaltluft einwirken und zu einer Erwärmung beitragen (Hupfer & Kuttler 2006).

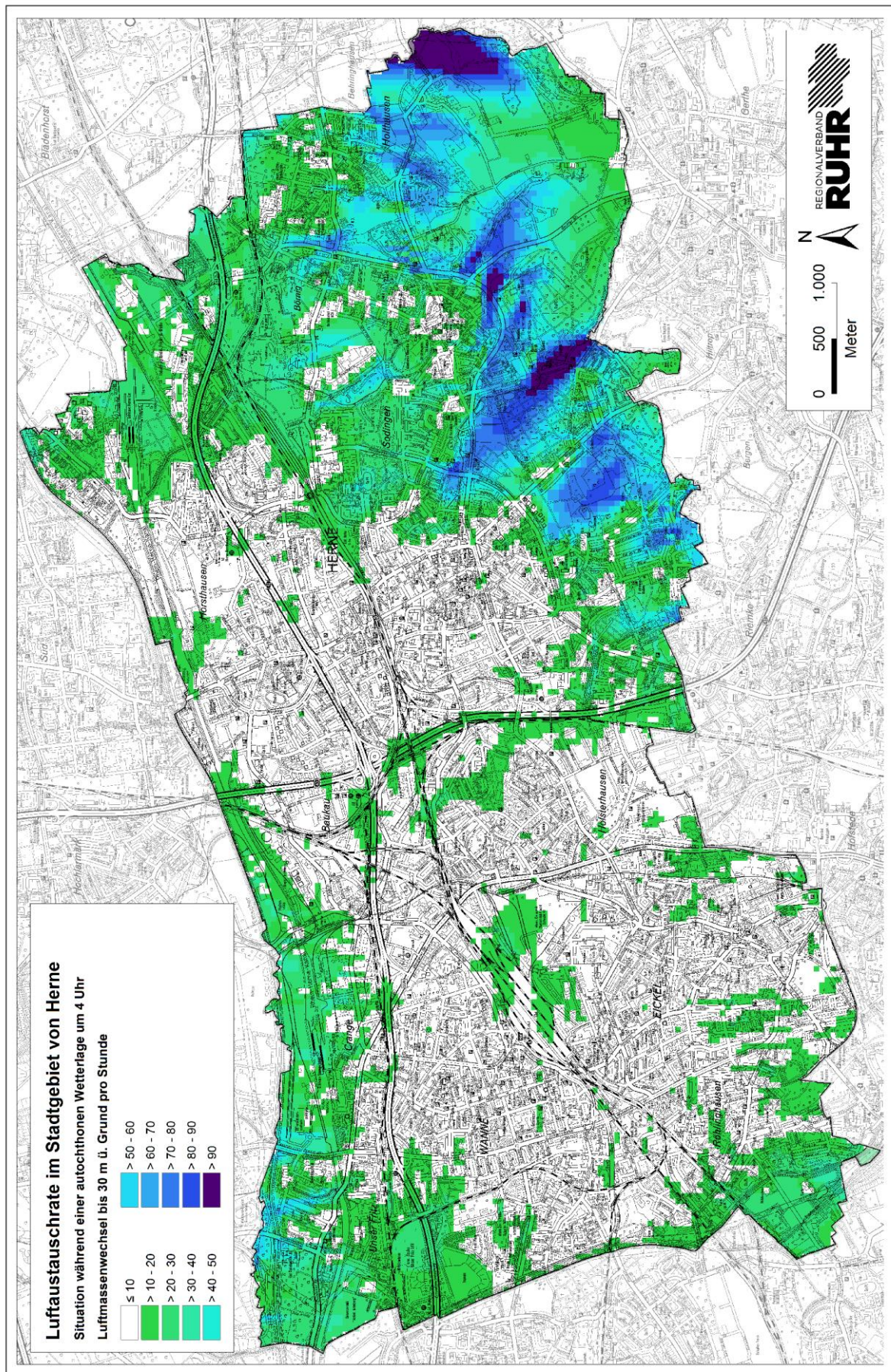


Karte 3-5: Kaltluftproduktionsrate im Stadtgebiet von Herne um 4 Uhr

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 um 4 Uhr herum das bodennahe Luftvolumen (bis 30 m Höhe) in jeder Rasterzelle ausgetauscht wird.

Die räumliche Ausprägung korrespondiert weitestgehend mit der des Kaltluftvolumenstroms. Demnach sind die höchsten Werte der Luftaustauschrate mit teilweise über 90-mal pro Stunde im Bereich des Kaltluftabfluss vom Gysenberg und im südöstlichen Teil von Holthausen (vgl. Karte 3-6) zu verzeichnen. Hohe Werte von mehr als 40-mal pro Stunde weisen nur größere Bereiche in Sodingen und kleinräumige Bereiche im nordwestlichen Teil von Crange auf. Viele Bereiche des unbebauten Umlandes (Grünflächen und Wälder) zeigen Werte zwischen 10 und 30 Luftmassenwechsel an. In den Siedlungsflächen geht die Luftaustauschrate aufgrund der abbremsenden Wirkung der Oberflächenstrukturen sowie der allmählichen Erwärmung der Kaltluft überwiegend auf weniger als 10-mal pro Stunde zurück.



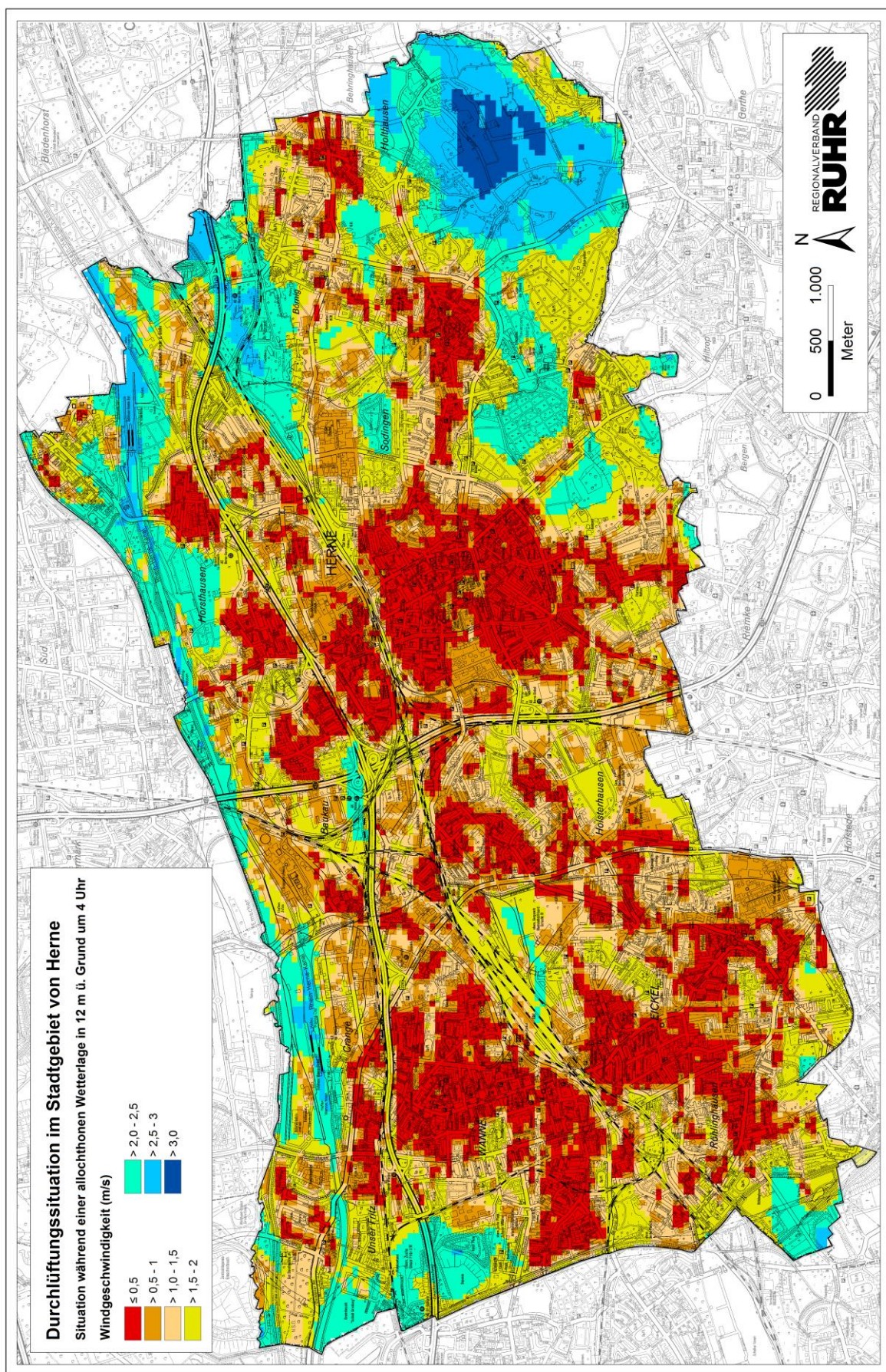
Karte 3-6: Luftaustauschrate im Stadtgebiet von Herne um 4 Uhr

3.6 Durchlüftung

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

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

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



Karte 3-7: Durchlüftungssituation um 4 Uhr im Stadtgebiet von Herne bei allochthoner Wetterlage

4 Stationäre Messungen

4.1 Das Messnetz

Zur Erfassung und Bewertung der klimatischen Situation wurden stationäre, 10-sekündliche Messungen an insgesamt sechs Standorten während einer einjährigen Messperiode (01.12.2016 - 30.11.2017) durchgeführt und als Stundenmittelwerte gespeichert. Fünf der Stationen wurden mit jeweils einem Temperatur- und Luftfeuchtesensor (passiv belüftet) der Firma Thies Clima sowie einem Windgeschwindigkeits- und Windrichtungssensor ausgerüstet, eine Station wurde ausschließlich mit einem Temperatur- und Luftfeuchtesensor ausgestattet (Station 2, Tinytag TGP-4500). Dabei lagen die Messhöhen für die Temperatur der jeweiligen Messstationen bei 2,5 m über Grund.

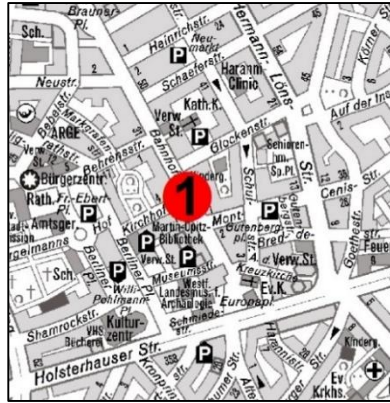
Die Lage sowie die wichtigsten Daten der sechs Klimastationen des RVR sind in Abb. 4-1 und Abb. 4-2 dargestellt. Eine Übersicht über alle Messstandorte ermöglicht

Station 1 – City, Bahnhofstraße

Standort: Herne - City Bahnhofstraße 16
Innenstadt
Anbringung: Laternenmast
Betreiber: RVR
Meteorologische Parameter:
Lufttemperatur, rel. Feuchte,
Windrichtung, Windgeschw.

Höhe der Messgeräte ü.Gr.: ca. 2,5 - 4 m
Messzeitraum: 01.12.2016 – 30.11.2017
Geogr. Lage: R 32.376.881 H 5.711.167
Höhe ü. NN: 64,4 m

Stationsumfeld: Die Station steht in der Fußgängerzone in der Innenstadt von Herne, umgeben von mehrstöckigen Geschäfts-/Wohnhäusern, dichte Bebauungsstruktur, wenig Begrünung.



Station 2 – Wanne, Robert-Koch-Straße

Standort: Herne - Wanne
Robert-Koch-Straße 14
Anbringung: Laternenmast
Betreiber: RVR
Meteorologische Parameter:
Lufttemperatur, rel. Feuchte,
Windrichtung, Windgeschw.

Höhe der Messgeräte ü.Gr.: ca. 2,5 - 4 m
Messzeitraum: 01.12.2016 – 30.11.2017
Geogr. Lage: R 32.372.442 H 5.711.147
Höhe ü. NN: 46,7 m

Stationsumfeld: Lage in der Robert-Koch-Straße vor dem Haus Nr. 14, dicht bebaute Wohngegend mit mehrgeschossigen Wohnhäusern und relativ wenig Grün, vereinzelt älterer Baumbestand.



Station 3 – Crange, Heerstraße

Standort: Herne - Crange
Heerstraße 66
Anbringung: Laternenmast
Betreiber: RVR
Meteorologische Parameter:
Lufttemperatur, rel. Feuchte,
Windrichtung, Windgeschw.

Höhe der Messgeräte ü.Gr.: ca. 2,5 - 4 m
Messzeitraum: 01.12.2016 – 30.11.2017
Geogr. Lage: R 32.373.185 H 5.712.025
Höhe ü. NN: 39,3 m

Stationsumfeld: Die Station ist im Gewerbegebiet Herne-Crange an einem Laternenmast zwischen Bürogebäuden angebracht, sehr hoher Versiegelungsgrad und wenig Grün.

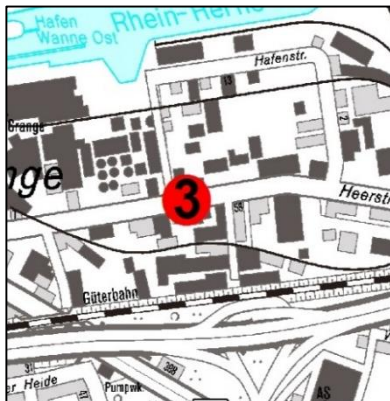


Abb. 4-1: Stationen und Standorte des Herner Messnetzes (1-3)

Station 4 – Holsterhausen, Albert-Einstein-Straße

Standort: Herne - Holsterhausen
Albert-Einstein-Straße
Anbringung: Laternenmast
Betreiber: RVR
Meteorologische Parameter:
Lufttemperatur, rel. Feuchte,
Windrichtung, Windgeschw.

Höhe der Messgeräte ü.Gr.: ca. 2,5 - 4 m
Messzeitraum: 01.12.2016 – 30.11.2017
Geogr. Lage: R 32.375.357 H 5.710.711
Höhe ü. NN: 58,6 m

Stationsumfeld: Die Station steht im Park an der Albert-Einstein-Straße, weitläufige Wiesenflächen mit Baumbestand.



Station 5 – Holthausen, Holthäuser Straße

Standort: Herne - Holthausen
Holthäuser Straße
Anbringung: Laternenmast
Betreiber: RVR
Meteorologische Parameter:
Lufttemperatur, rel. Feuchte,
Windrichtung, Windgeschw.

Höhe der Messgeräte ü.Gr.: ca. 2,5 - 4 m
Messzeitraum: 01.12.2016 – 30.11.2017
Geogr. Lage: R 32.381.000 H 5.710.426
Höhe ü. NN: 125,0 m

Stationsumfeld: Freilandlage im Südosten von Herne, landwirtschaftlich genutzte Flächen im Umfeld, Station frei anströmbare, keine höherwüchsige Vegetation im Umfeld.



Station 6 – Eickel, Rosenring

Standort: Herne - Eickel
Rosenring 8
Anbringung: Laternenmast
Betreiber: RVR
Meteorologische Parameter:
Lufttemperatur, rel. Feuchte

Höhe der Messgeräte ü.Gr.: ca. 2,5 - 4 m
Messzeitraum: 01.12.2016 – 30.11.2017
Geogr. Lage: R 32.373.961 H 5.709.464
Höhe ü. NN: 51,8 m

Stationsumfeld: Die Station steht in der Wohnbebauung von Herne-Wanne-Eickel, umgeben von Wohnhäusern, dichte Bebauungsstruktur, vereinzelter Baumbestand im Umfeld.

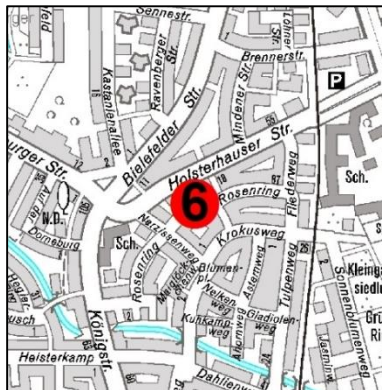


Abb. 4-2: Stationen und Standorte des Herner Messnetzes (4-6)

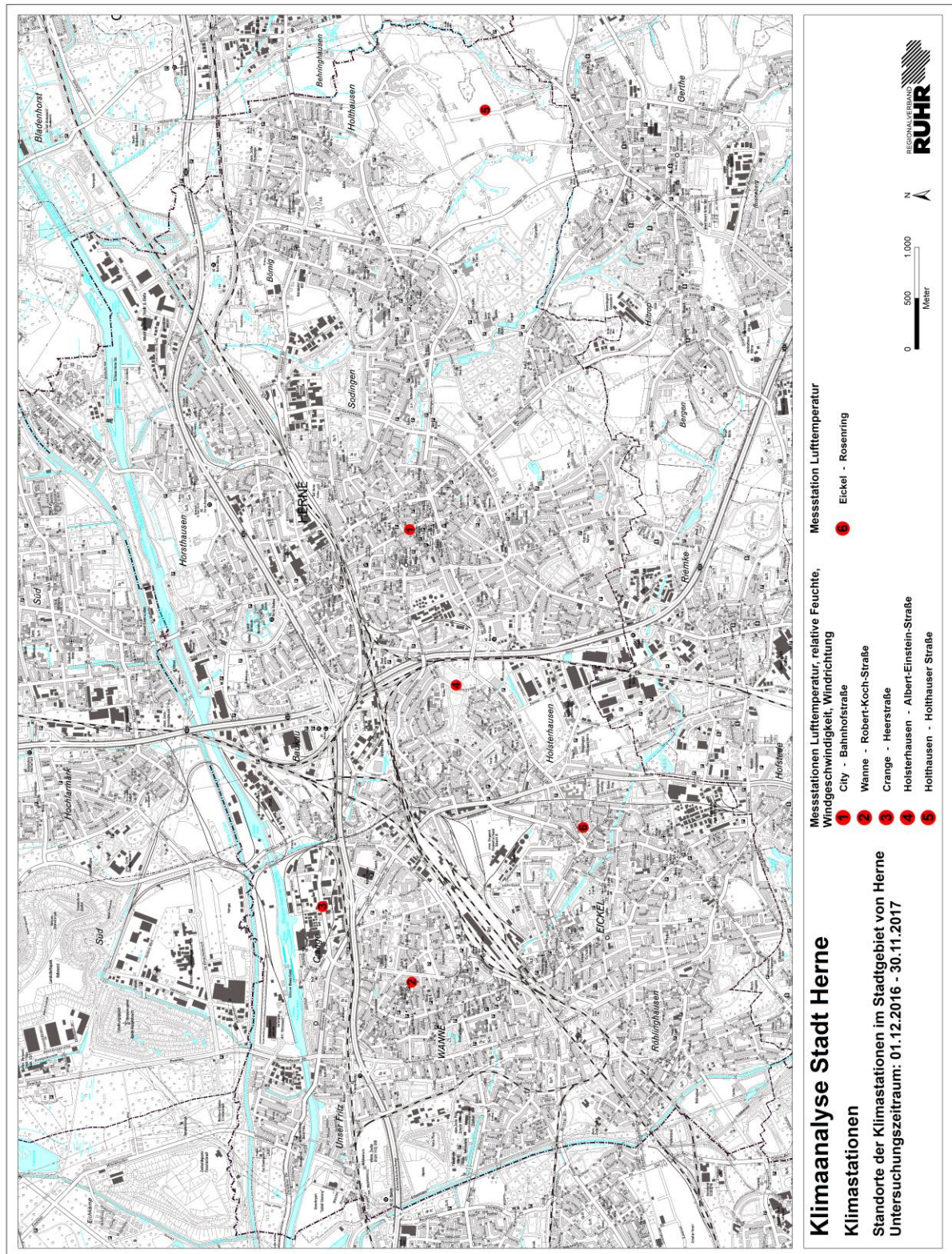


Abb. 4-3: Lage der Messstationen 2016/17

4.2 Untersuchungsrelevante Wetterlagen und Repräsentanz des Messzeitraums

Die im Untersuchungsgebiet auftretenden stadt- und geländeklimatologischen Phänomene sind in hohem Maße von den jeweils zum Untersuchungszeitraum herrschenden Witterungsbedingungen abhängig. Während bei allochthonen (fremdbestimmten) Wetterlagen die mikroklimatischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Flächennutzungsstrukturen nur schwach hervortreten, ist bei autochthonen (eigenbürtigen) Wetterlagen eine starke Variabilität der Klimaelemente nachweisbar. Autochthone Wetterlagen zeichnen sich durch einen eingeschränkten Luftaustausch mit geringen Windgeschwindigkeiten nachts und eine hohe Ein- und Ausstrahlung, bedingt durch einen nur geringen Bewölkungsgrad, aus. Bei höheren Windgeschwindigkeiten im Zuge allochthoner Wetterlagen können sich dagegen kaum städtische Wärmeinseln ausbilden (Sukopp & Wittig 1993).

Aufgrund kurz-, mittel- und langfristiger Schwankungen des Witterungsverlaufes ist zur Beurteilung der Allgemeingültigkeit der Untersuchungsergebnisse wichtig, den Witterungsverlauf des Untersuchungsjahres mit dem langjährigen Mittel in Bezug zu setzen. Daher wurde ein Vergleich gezogen zwischen der Häufigkeit des Auftretens von Großwettertypen im Zeitraum 1881 bis 1998 und der Häufigkeit von im Untersuchungszeitraum vorherrschenden Großwettertypen. Die Ergebnisse sind in den folgenden beiden Abbildungen dargestellt.

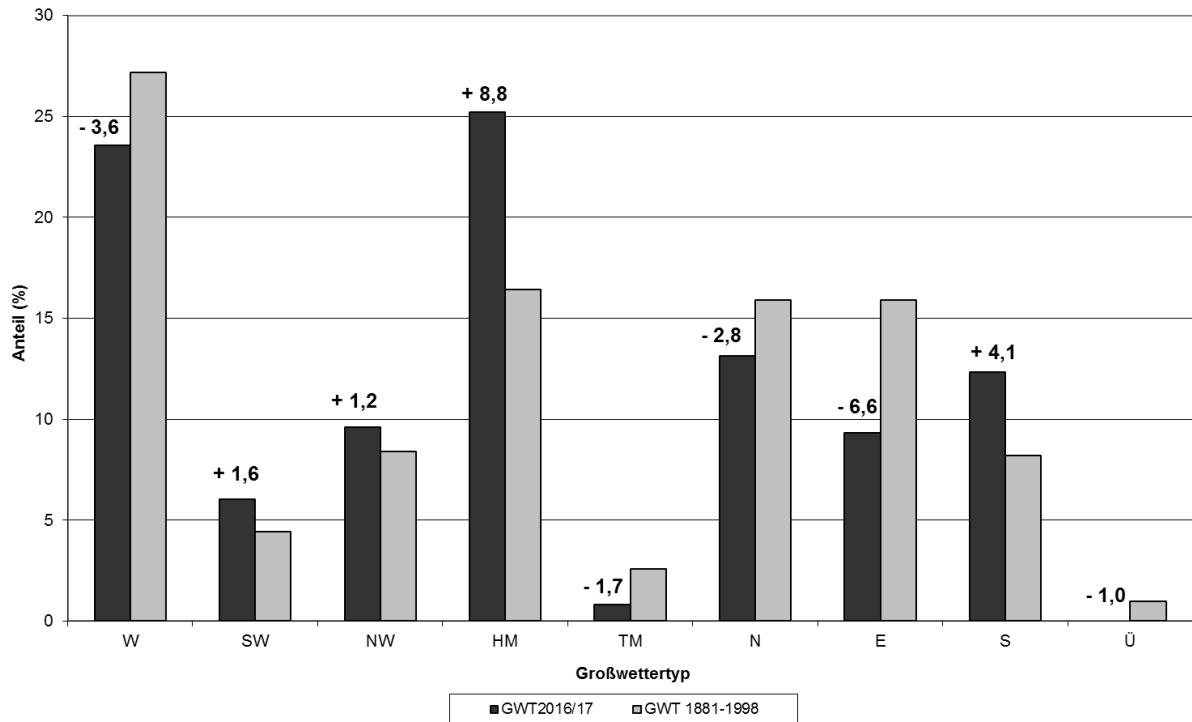


Abb. 4-4: Prozentuale Verteilung der Großwettertypen Europas (GWT) von 1881 bis 1998 (Gerstengarbe & Werner 1999) und der Großwettertypen Europas (GWT) von 12/2016 bis 11/2017 (nach: Monatlicher Witterungsbericht 2016/17; die Zahlen über den Säulen geben die Abweichungen des Untersuchungszeitraumes vom langjährigen Vergleichszeitraum wieder)

Erläuterung der Großwettertypen:

W	= West	SW	= Südwest
E	= Ost	N	= Nordwest
HM	= Hoch Mitteleuropa	S	= Süd
TM	= Tief Mitteleuropa	Ü	= Übergangslagen
N	= Nord		

In Abbildung 4-4 sind die prozentualen Verteilungen der Großwettertypen Europas (GWT) im langjährigen Mittel (1881-1998) und der Großwettertypen Europas des Untersuchungszeitraumes (12/2016 - 11/2017) dargestellt. Neben dem Großwettertyp „West“ mit einem Anteil von etwa 27 %, besitzen die Großwettertypen „Hoch Mitteleuropa“, „Nord“ und „Ost“ mit etwa 16 % die höchsten Anteile. Die Großwettertypen „Südwest“, „Nordwest“ und „Süd“ besitzen Anteile zwischen vier und acht Prozent, „Tief Mitteleuropa“ und „Übergangslagen“ haben mit weniger als drei Prozent hingegen die geringste Repräsentanz. Der Vergleich der Großwettertypen der Periode 1881-1998 mit dem Untersuchungsjahr 2016/17 zeigt eine Überrepräsentanz der Großwettertypen „Südwest“, „Nordwest“, „Süd“ und vor allem „Hoch Mitteleuropa“, während die Großwettertypen „West“, „Tief Mitteleuropa“, „Nord“, „Ost“ und „Übergangslagen“ gegenüber dem langjährigen Mittel in reduzierter Zahl auftraten. Insgesamt hat die Verschiebung der Großwettertypen eine Reduzierung von Tiefdruckwetterlagen und eine vergleichsweise starke Erhöhung von Hochdruckwetterlagen zur Folge.

Weltweit war das Jahr 2017 im Vergleich der Temperaturen zum langjährigen Mittel (1981-2010) erneut zu warm und auch in fast allen Regionen Deutschlands lagen die Durchschnittstemperaturen über den langjährigen Mittelwerten. Das Jahr war überwiegend zu nass, die Sonnenscheindauer hingegen durchschnittlich. Der Winter 2016/2017 war bis auf den Januar zu mild und zu trocken. In den Frühlingsmonaten setzte sich das relativ trockene Wetter fort, im April und zu Maibeginn traten ungewöhnlich starke Nachtfröste auf. Während der Sommermonate herrschte häufig ein unbeständiger Witterungscharakter, sodass durchschnittliche Temperatur- und deutlich zu hohe Niederschlagswerte verzeichnet wurden. Der Herbst präsentierte sich anschließend mild, nass und sonnscheinarm (DWD 2018).

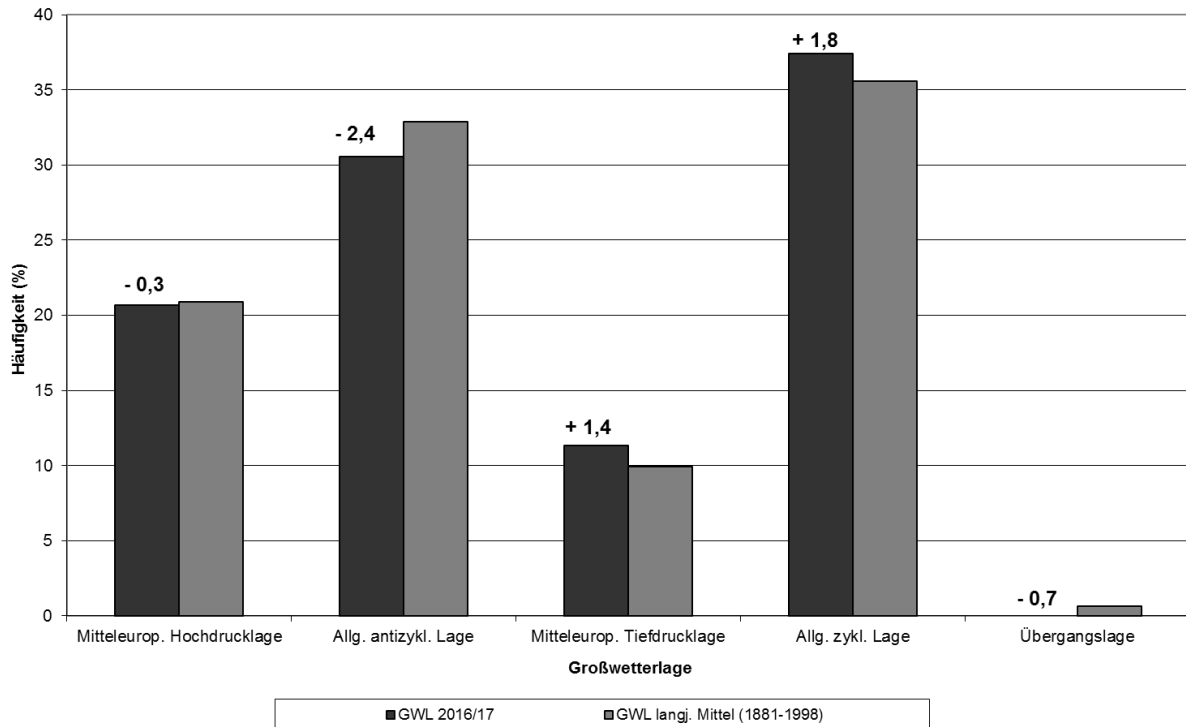


Abb. 4-5: Prozentuale Verteilung der Großwetterlagen Europas (GWL) von 1881 bis 1998 (Gerstengarbe & Werner 1999) und der Großwetterlagen Europas (GWL) von 12/2016 bis 11/2017 (nach Monatlicher Witterungsbericht 2016/2017), klassifiziert nach Baur (die Zahlen über den Säulen geben die Abweichungen des Untersuchungszeitraumes vom Vergleichszeitraum wieder)

Abbildung 4-5 gibt einen Überblick über die Häufigkeit von Witterungsperioden mit antizyklonalem bzw. zyklonalem Charakter. Hierbei wurden die Wetterlagen nach einem Klassifikationsschema nach Baur et al. neu zusammengestellt. Im langjährigen Mittel (1881-1998) der prozentualen Verteilung der Großwetterlagen Europas treten „Mittleuropäische Hochdruckwetterlagen“ mit einer Häufigkeit von etwa 21 %, „Allgemeine antizyklonale Wetterlagen“ mit einer Häufigkeit von etwa 33 % und „Mittleuropäische Tiefdruckwetterlagen“ mit einer Häufigkeit von etwa 10 % auf. Die häufigste Großwetterlage ist die „Allgemeine zyklonale Lage“ mit einer Häufigkeit von etwa 36 %, zu vernachlässigen sind wiederum „Übergangslagen“ mit einer Repräsentanz von unter einem Prozent. Beim konkreten Vergleich der Großwetterlagen des Untersuchungszeitraumes (2016/2017) mit den langjährigen Mittelwerten fällt zunächst die leichte Unterrepräsentanz für „Allgemeine antizyklonale Lagen“ auf (-2,4 %). Im Untersuchungsjahr lagen dagegen „Mittleuropäische Tiefdrucklagen“ und „Allgemeine zyklonale Lagen“ mit einer positiven Abweichung von 1,4 und 1,8 % knapp über dem langjährigen Mittel. Der Anteil der „Mittleuropäischen Hochdrucklage“ ist mit einer negativen Abweichung von 0,3 % nahezu identisch mit dem langjährigen Mittelwert. Demnach ist die Messperiode insgesamt durch eine leicht geringere Anzahl an Schönwetterepisoden mit

autochthonem Witterungscharakter gekennzeichnet. Da bedingt durch den Klimawandel zunehmend mit einer zukünftigen Häufung von Hochdruckwetterlagen zu rechnen ist, kann das Untersuchungsjahr als eher nicht repräsentativ eingestuft werden. Es ist davon auszugehen, dass die Anzahl an warmen und heißen Tagen bezogen auf eine zukünftige Entwicklung unterschätzt wird.

4.3 Lufttemperatur

4.3.1 Thermische Kennwerte

Der Betrachtung der Lufttemperaturverhältnisse kommt eine besondere Bedeutung zu, da diese je nach stadt- und geländeklimatologischen Verhältnissen stark variieren. Tab. 4-1 gibt einen Überblick über die luftthermischen Verhältnisse an den Stationen im Untersuchungsgebiet. Mit Hilfe der thermischen Kenngrößen können sowohl jahres- als auch tageszeitabhängige Unterschiede im Temperaturverhalten der Stationen ermittelt werden. Neben den Jahresmittelwerten der Lufttemperaturen (T), deren Tagesminima ($T_{\min}$), Tagesmaxima ($T_{\max}$) und den Tagesamplituden (T_{amp}) werden die im Folgenden aufgeführten thermischen Kennwerte zur Darstellung der Stationscharakteristika herangezogen:

Tab. 4-1: Definitionen Thermische Kennwerte/-werte

Warme Tage (WT)	: Tage mit einer Höchsttemperatur $\geq 20\text{ °C}$
Sommertage (ST)	: Tageshöchsttemperatur $\geq 25\text{ °C}$
Heiße Tage (HT)	: Tageshöchsttemperatur $\geq 30\text{ °C}$
Heiße Nächte (HN)	: Tage, an denen die Lufttemperatur um 24:00 Uhr $\geq 20\text{ °C}$ beträgt
Tropennächte (TN)	: Nachttiefsttemperatur (18 bis 06 UTC) $\geq 20\text{ °C}$
Wärmesumme (WS)	: Summe aller Tagesmittel $\geq 20\text{ °C}$
Kalte Tage (KT)	: Tagesdurchschnittstemperatur $\leq 0\text{ °C}$
Frosttage (FT)	: Tage mit einer Tiefsttemperatur $< 0\text{ °C}$
Eistage (ET)	: Tageshöchsttemperatur $< 0\text{ °C}$
Frostwechseltage (FW)	: Tagestiefsttemperatur $< 0\text{ °C}$, Tageshöchsttemperatur $> 0\text{ °C}$
Heiztage (HZ)	: Tage mit einem Mittelwert der Lufttemperatur $< 15\text{ °C}$
Kältesumme (KS)	: Summe aller Tagesmittel $< 0\text{ °C}$

Tab. 4-2: Thermische Kenngrößen der Klimamessstationen in Herne

Messzeitraum: 01.12.2016 - 30.11.2017									
Station	T	Tmin	Tmax	WT	ST	HT	GPT	HN	TN
1 - City	11,78	8,41	15,37	116	44	9	49	15	5
2 - Wanne	11,87	8,27	15,72	121	47	10	45	13	2
3 - Crange	12,04	8,37	15,68	114	44	8	52	19	5
4 - Holsterhausen	11,25	7,69	15	106	38	5	26	6	1
5 - Holthausen	11,24	8,03	14,56	99	35	5	29	10	2
6 - Eickel	11,8	7,96	15,55	116	49	10	46	15	2

(rot: Innenstadtklima, grau: Gewerbegebiet, gelb: Vorstadt-/Stadtklima, blau: Freilandklima)

T: Arithmetisches Mittel der Lufttemperatur [°C]

WT: Warme Tage, Tageshöchsttemperatur ≥ 20 °C

GPT: Grillpartytage, Lufttemperatur um 21:00 Uhr ≥ 20 °C

WS: Wärmesumme, Summe aller Tagesmittel ≥ 20 °C

ET: Eistage, Tageshöchsttemperatur < 0 °C

KS: Kältesumme, Summe aller Tagesmittel < 0 °C

Tmin: Arithmetisches Mittel der Tagestemperaturminima [°C]

ST: Sommertage, Tageshöchsttemperatur ≥ 25 °C

HN: Heiße Nächte, Lufttemperatur um 24:00 Uhr ≥ 20 °C

KT: Kalte Tage, Tagesdurchschnittstemperatur ≤ 0 °C

FW: Frostwechseltage, Tiefsttemp. < 0 °C, Höchsttemp. > 0 °C

Messzeitraum: 01.12.2016 - 30.11.2017							
Station	WS	KT	FT	ET	FW	HZ	KS
1 - City	1066,1	18	39	5	34	232	-27,47
2 - Wanne	979,66	16	36	3	33	231	-25,59
3 - Crange	1175,5	17	35	3	32	228	-22,46
4 - Holsterhausen	676,4	16	37	3	34	249	-24,56
5 - Holthausen	786,14	17	39	6	33	243	-28,85
6 - Eickel	1070,7	21	44	4	40	232	-33,32

Tmax: Arithmetisches Mittel der Tagestemperaturmaxima [°C]

HT: Heiße Tage, Tageshöchsttemperatur ≥ 30 °C

TN: Tropennächte, Nachtstiefsttemperatur (18 bis 06 UTC) ≥ 20 °C

FT: Frosttage, Tagestiefsttemperatur < 0 °C

HZ: Heiztage, Tage mit einem Mittelwert der Lufttemperatur < 15 °C

Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Messstationen hinsichtlich der thermischen Situation lassen sich wie folgt zusammenfassen (siehe Tab. 4-2):

Jahresdurchschnittstemperatur

Der Einfluss von Bebauungsdichte und Versiegelungsgrad äußert sich in Herne in einem erhöhten Jahresmittel der Lufttemperatur. Demnach wurde im Gewerbeklimatop an der Station Crange im Messzeitraum die höchste Jahresdurchschnittstemperatur von 12,04 °C ermittelt. Nur geringfügig unter diesem Wert liegen die Jahresdurchschnittstemperaturen der Stationen in der Innenstadt. Die Station in Wanne erreichte einen Mittelwert von 11,87 °C, die Station City einen Wert von 11,78 °C. Für ein vorwiegend als Stadtrand- und Stadtklima definiertes Wohngebiet ist ein Mittelwert von 11,8 °C an der Station Eickel hingegen als vergleichsweise hoch einzustufen. Die Temperaturdifferenzen sind innerhalb eines Bereiches von lediglich 0,3 K zwischen den Stationen in den bebauten Gebieten von Herne sehr gering. Im Parkklimatop an der Station Holsterhausen wurde eine Durchschnittstemperatur von 11,25 °C festgestellt und auch der Mittelwert der Station in Holthausen im Freilandklimatop liegt mit 11,24 °C zwischen 0,5 und 0,8 K unter den Werten der Stationen in den stark bebauten Gebieten. Der Bebauungseinfluss an der Station Holsterhausen fällt durch die Parkanlagen geringer aus, was zu einer niedrigeren Jahresdurchschnittstemperatur führt. Dass die Station Holthausen wiederum vergleichsweise hohe Werte erreicht hat, ist der Kuppenlage des Standortes geschuldet. Bedingt durch die erhöhte Lage können hier Kaltluftmassen hangabwärts fließen, was zu einem Nachfließen wärmerer Luftmassen aus höheren Schichten führt und in einer Erwärmung dieses Bereiches resultiert.

Nächtliches Abkühlungsverhalten

Die durchschnittlichen Temperaturminimumwerte erlauben eine Aussage über die Unterschiede im nächtlichen Abkühlungsverhalten der einzelnen Stationen. Der Zusammenhang zwischen Temperaturminimum und Nutzungsstruktur ist an den meisten Standorten deutlich erkennbar. In der Regel geht mit zunehmender Bebauungsdichte und erhöhtem Versiegelungsgrad eine Erhöhung des Temperaturminimumwertes einher. So ist vor allem an den beiden Stationen in der Innenstadt und der Station im Gewerbegebiet eine geringe Abkühlungstendenz feststellbar, die sich in der City in einer Temperatur von 8,41 °C, in Wanne von 8,27 °C und in Crange von 8,37 °C bemerkbar macht. Eine stärkere Abkühlungstendenz ist an der Station in Eickel mit einem Temperaturminimum von 7,96 °C erkennbar. Trotz des Standortes der von Bebauung überwiegend unbeeinträchtigten Station in Holthausen, wurde ein Temperaturminimum von 8,03 °C aufgrund der Kuppenlage ermittelt,

der somit eine relativ geringe Abkühlung aufweist. Das stärkste nächtliche Abkühlungsverhalten wurde mit einem Minimumwert von 7,69 °C der Station in Holsterhausen im Parkklimatop nachgewiesen. Über den Grünflächen findet eine vergleichsweise starke Abkühlung in den Nachtstunden statt.

Erwärmungsverhalten

Die mittleren Tagestemperaturmaxima veranschaulichen die Unterschiede im Erwärmungsverhalten der unterschiedlichen Stadtstrukturen. Die stärkste Wärmebelastung tritt demnach an den Stationen Wanne mit 15,72 °C und Crange mit 15,68 °C auf und ist auf die hohen Versiegelungsgrade zurückzuführen. In Eickel ist die Wärmebelastung mit einem Temperaturmaximum von 15,55 °C sogar noch höher als an der Station in der City, bei der das mittlere Temperaturmaximum bei 15,37 °C lag. Geringere Temperaturmaxima sind in Holsterhausen mit 15,0 °C und in Holthausen mit 14,56 °C registriert worden. Dort treten vergleichsweise geringe Belastungen bedingt durch den kühlenden Einfluss der Grün- und Freiflächen auf.

Grillpartytage und Tropennächte

Als Grillpartytage (GPT) werden diejenigen Tage definiert, an denen nach 21:00 Uhr MEZ ein Aufenthalt im Freien noch als angenehm empfunden wird ($T \geq 20$ °C). Nach dieser Definition treten die meisten Grillpartytage in Crange im Gewerbegebiet auf. Durch den hohen Versiegelungsgrad und das hohe Wärmespeichervermögen der Oberflächen wurden in diesem Gebiet mit 52 Tagen die meisten GPT registriert. Ebenfalls aufgrund des guten Wärmespeichervermögens der innerstädtischen Baumaterialien und der stark eingeschränkten Belüftungsverhältnisse konnten an der Station City 49 Tage, an der Station Wanne 45 und selbst in Eickel 46 Tage ermittelt werden. 29 GPT in Holthausen und 26 GPT in Holsterhausen zeigen einen deutlichen Unterschied zu den vorangegangenen Werten. Durch die offenere bzw. fehlende Bebauung führt dies zu einer deutlichen Abmilderung der Belastungssituation, die sich in einer geringeren Anzahl von GPT ausdrückt. Normalerweise wird angenommen, dass bedingt durch die Verdunstung der Vegetation und die starke Abkühlung der landwirtschaftlich genutzten Flächen tagsüber eine starke Erwärmung verhindert wird und in den Abendstunden der hohe Vegetationsanteil an der Station zu einer starken Abkühlung führt, jedoch wird dies durch die Kuppenlage gedämpft, weswegen der Wert für eine Freilandstation relativ hoch liegt. Aufgrund der Lage bleibt dieser Standort nachts relativ lange erwärmt.

Anhand der ermittelten Tropennächte wird deutlich, dass Extremwerte der nächtlichen Wärmebelastung besonders im Gewerbegebiet (Crange) und in der Innenstadt (City) erreicht werden. Dort wurden fünf Tropennächte im Sommer registriert, an den übrigen Stationen hingegen nur zwei. In Holsterhausen reichte es wiederum nur für eine Nacht, in der die Temperaturen nicht unter 20 °C sanken.

Frosttage

Während der kalten Jahreszeit fällt auf, dass die meisten Frosttage in Eickel mit 44 Tagen auftraten, die Werte an den anderen Stationen lagen zwischen 35 und 39 Tagen. Ein erhöhter Heizbedarf ist trotzdem vorwiegend in den locker bebauten Arealen und den Freilandbereichen erforderlich, in Herne lag dieser im Untersuchungszeitraum aber nur maximal 5 % höher als in den stärker bebauten Arealen.

4.3.2 Monatsmittel der Temperaturen

Das Monatsmittel der Temperaturen (Abb. 4-6) erlaubt Aussagen zu den jahreszeitabhängigen Modifikationen der Lufttemperaturen zwischen den unterschiedlichen Stadtstrukturen.

Beim Vergleich der Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen an den Messstationen fällt auf, dass sich die Stationen in den bebauten Bereichen durchweg durch höhere mittlere Werte auszeichnen, die Unterschiede zu den ländlich geprägten Stationen jedoch in den Wintermonaten nicht so deutlich wie im Sommerhalbjahr ausgeprägt sind. So beträgt die maximale Temperaturdifferenz zwischen den innerstädtischen Stationen bzw. der Station in Crange und der Freilandstation Holthausen im Zeitraum von April bis Oktober im Mittel 1,4 K, in den Wintermonaten hingegen maximal 0,8 K. Die jahreszeitlich bedingten Unterschiede der stadtklimatischen Differenzierung resultieren aus den Einstrahlungsverlusten durch die Abschattungseffekte der Gebäudestrukturen bei den im Winter niedrigen Sonnenstandshöhen. Die Temperaturerhöhung des Innenstadtgebietes im Winter ist zusätzlich auf anthropogene Heizeffekte zurückzuführen, während in den Sommermonaten die Sonneneinstrahlung ausschlaggebend für die Entstehung des Wärmeinseleffektes ist.

Die Stationen in der City, in Wanne, in Crange und in Eickel weisen im Mittel sehr ähnliche Werte auf und erreichen gegenüber den Stationen in Holsterhausen und in Holthausen ein höheres Temperaturniveau. Insbesondere im Sommerhalbjahr werden im Mittel Differenzen von über 1 K gemessen.

Im Winter sind an der Station in Holthausen trotz der Kuppenlage mit Abstand die niedrigsten Temperaturen festzustellen. Die Ursache hierfür ist die starke Auskühlung über den Freiflächen. Die vergleichsweise starke Aufheizung an der Station im Sommer wiederum wird durch die fehlende Abschattung begünstigt.

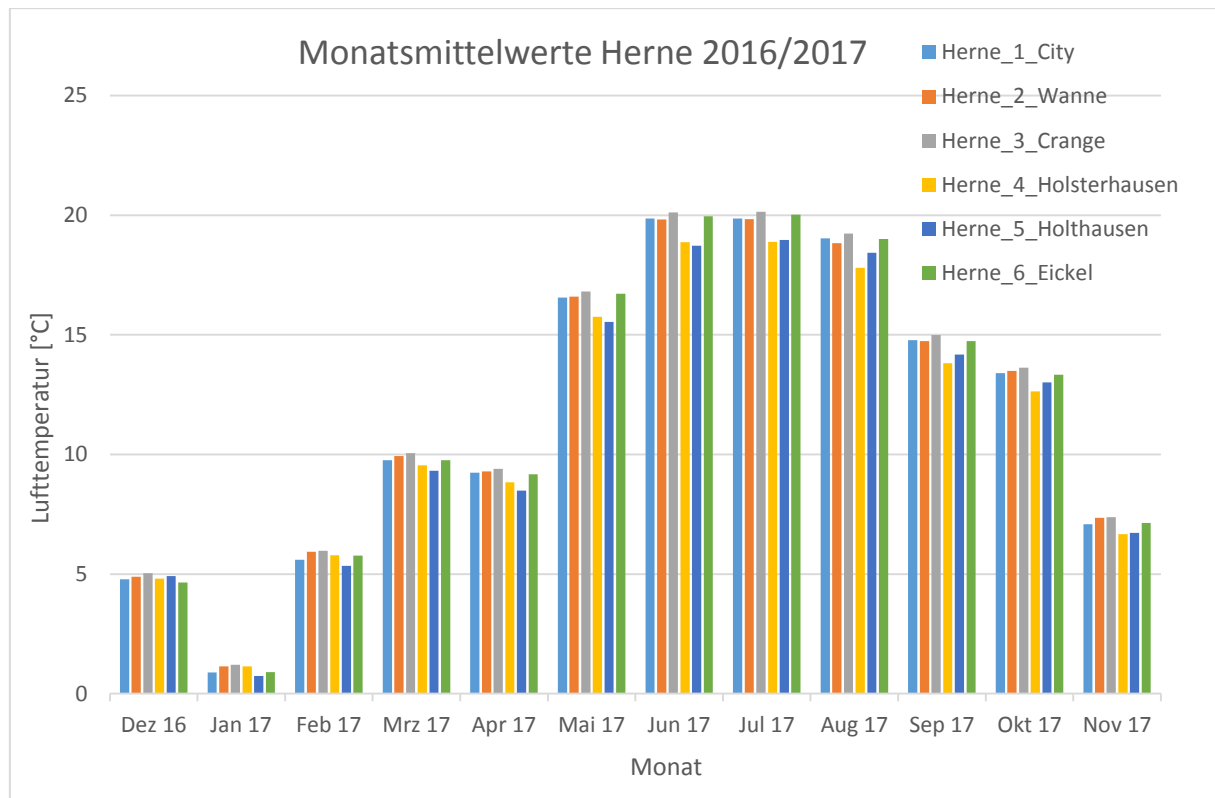


Abb. 4-6: Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen an den Messstationen im Stadtgebiet von Herne (Datengrundlage: 01.12.2016 - 30.11.2017)

4.3.3 Jahres- und Tagesgang der Lufttemperaturen

Stadt- und geländespezifische Eigenschaften eines Standortes unterliegen tages- und jahreszeitlich bedingten Veränderungen, die im Folgenden zunächst am Beispiel des Isoplethendiagramms der Lufttemperatur für die Station in Holthausen verdeutlicht werden sollen (s. Abb. 4-7). Das Diagramm veranschaulicht, dass insbesondere in den Sommermonaten (ab Juni) ein deutlich ausgebildeter Tagesgang der Lufttemperatur auftritt. Der Grund hierfür ist das in diesen Monaten vermehrte Auftreten von antizyklonalen Wetterlagen, während derer sich ein autochthoner Witterungscharakter mit hohen Temperaturamplituden durchsetzt.

Der nahezu parallele Verlauf der Isothermen in den Herbst- und Wintermonaten bis Ende März deutet auf ein Vorherrschen zyklonaler Wetterlagen hin. Während dieser Wetterlagen verhindern eine stärkere Windgeschwindigkeit und ein höherer Bewölkungsgrad eine starke Aufheizung am Tage und eine ausgeprägte Abkühlung in der Nacht. Stadt- und geländespezifische Eigenschaften werden darüber hinaus weitgehend unterbunden, so dass kaum interstationäre Differenzen auftreten. Die Temperaturunterschiede zwischen den Stationen im Winter sind demnach nur geringfügig ausgeprägt und haben ihre Ursache vor allem auch in der vermehrten Heiztätigkeit während dieser Jahreszeit.

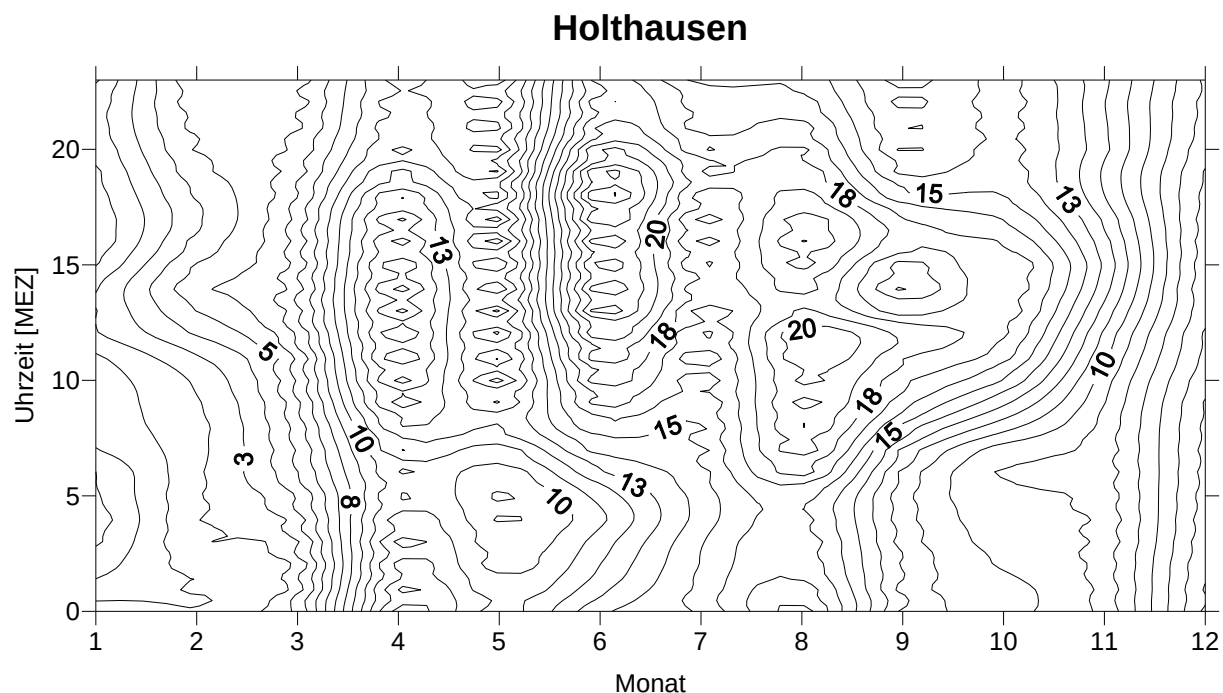


Abb. 4-7: Isoplethendiagramm der Lufttemperatur [°C] für die Station in Holthausen (Datengrundlage: 01.12.2016 bis 30.11.2017)

Interstationäre Differenzen lassen sich am deutlichsten beim Vergleich der Stationen mit einer durch Bebauung und Relief weitgehend unbeeinflussten Freilandstation nachweisen. Als Vergleichsstation wurde der Standort Holthausen gewählt und die Temperaturdifferenzen zu ausgewählten Stationen in den folgenden Isoplethendiagrammen dargestellt (s. Abb. 4-8a-e). Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Isoplethendiagramme der Stationen City, Wanne und Crange zeigen im untersuchten Zeitraum nur teilweise die für Innenstadt- bzw. Stadt- und Gewerbebereiche typischen Tages- und Jahresgänge der Lufttemperaturen. Typisch wäre eine ganzjährige Überwärmung dieser Bereiche gegenüber der Freilandstation mit der stärksten Ausprägung in den Frühjahrs- bis Herbstmonaten, insbesondere während der Nachtstunden. Diese Überwärmung ist im Untersuchungszeitraum nur zeitweise festzustellen. So ist während der Monate Mai bis August eine deutliche nächtliche Überwärmung nur im Gewerbegebiet Crange nachweisbar. In den Stationen City und Wanne fällt dagegen die sommerliche Überwärmung während der Mittags- und Nachmittagsstunden auf. Gründe für diese untypischen Abweichungen zwischen den bebauten Standorten und der Freilandstation sind einerseits der unbeständige Witterungscharakter während der Sommermonate des Untersuchungsjahres, andererseits die besondere Lage der Freilandstation im Bereich einer Kuppe. Aufgrund von Kaltluftabflüssen, die sich in den tiefer gelegenen Bereichen ansammeln, kommt es im Bereich der Kuppe zu einem Nachfließen von warmen Luftmassen aus größeren Höhen. Dieser Effekt tritt

typischerweise bei windschwachen Strahlungswetterlagen in den Sommermonaten auf. Somit können im Bereich der Kuppe Erwärmungserscheinungen auftreten, die eine fast so starke Ausprägung wie im Bereich der Innenstadt aufweisen.

Im Gewerbegebiet Crange ist die nächtliche Abkühlung noch schwächer ausgeprägt als in der Innenstadt, so dass gegenüber der Freilandstation Erwärmungserscheinungen auch in den sommerlichen Nachtstunden nachweisbar sind. Deutliche Unterschiede zur Innenstadt sind ebenfalls während der Tagstunden ersichtlich. Während in der Innenstadt bedingt durch die dichte Bebauung weite Bereiche während der Morgen- und Abendstunden im Schatten liegen und sich daher durch vergleichsweise niedrigere Temperaturen auszeichnen, ist im Gewerbegebiet auch tagsüber nahezu durchgängig eine deutliche Erwärmung gegenüber dem Freiland nachzuweisen.

Eine besonders starke nächtliche Auskühlung ist in den Herbstmonaten dagegen an der Station Holsterhausen feststellbar. Fast durchgängig lagen die Werte unter denjenigen der Freilandstation. Auch dies spricht dafür, dass sich im Bereich der Freilandstation aufgrund der topographischen Lage warme Luftmassen anreichern und im Bereich von Holsterhausen Kaltluftmassen ansammeln. Im August und September lag die negative Temperaturabweichung in den frühen Morgenstunden bei einem Maximalwert von 1,6 K. Im November wurde kurzzeitig sogar ein Maximalwert von 1,8 K negativer Abweichung in den Abendstunden ermittelt, der auf zeitweise konzentrierte Kaltluftansammlungen in den niedriger gelegenen Bereichen schließen lässt.

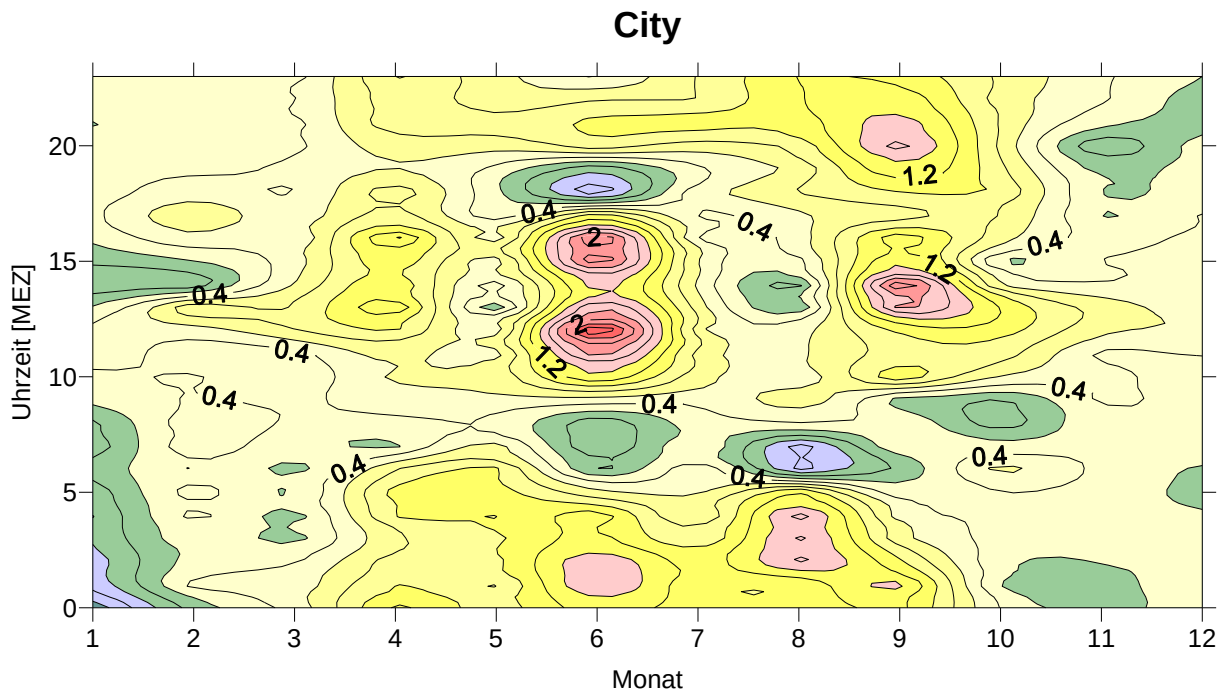
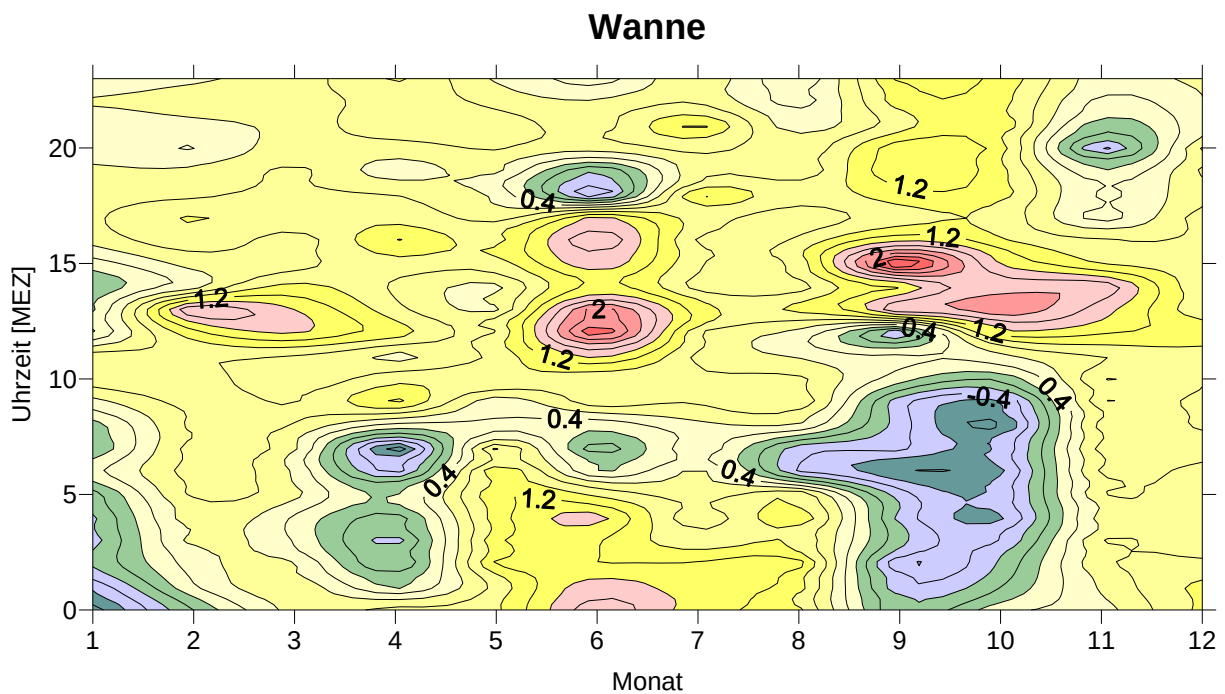
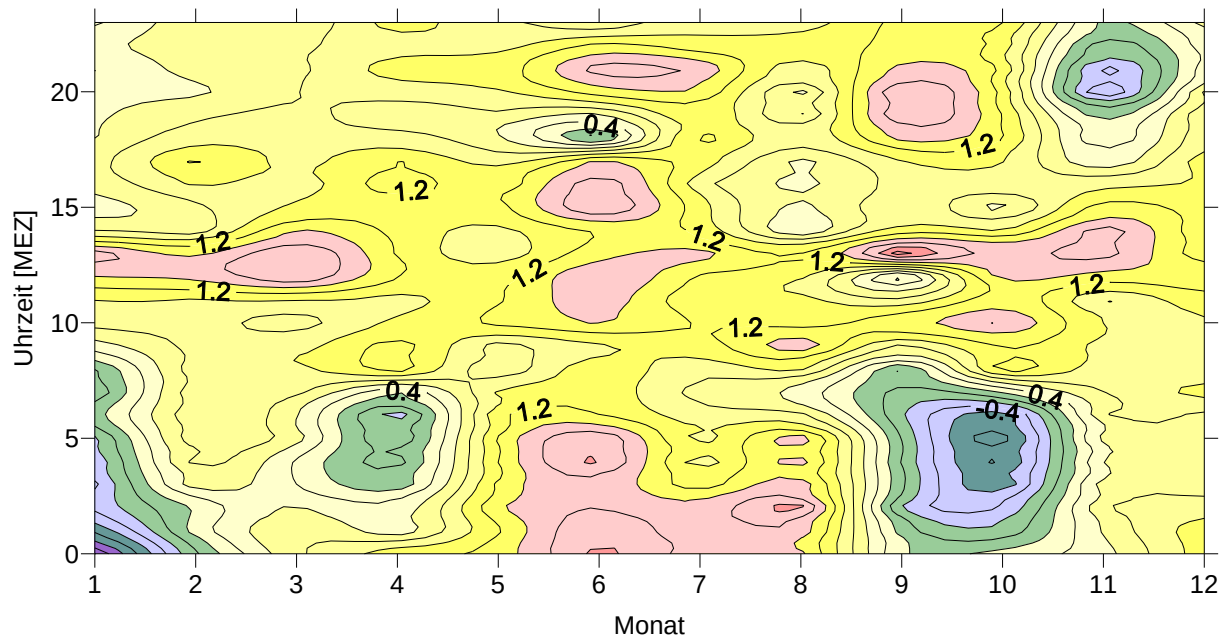


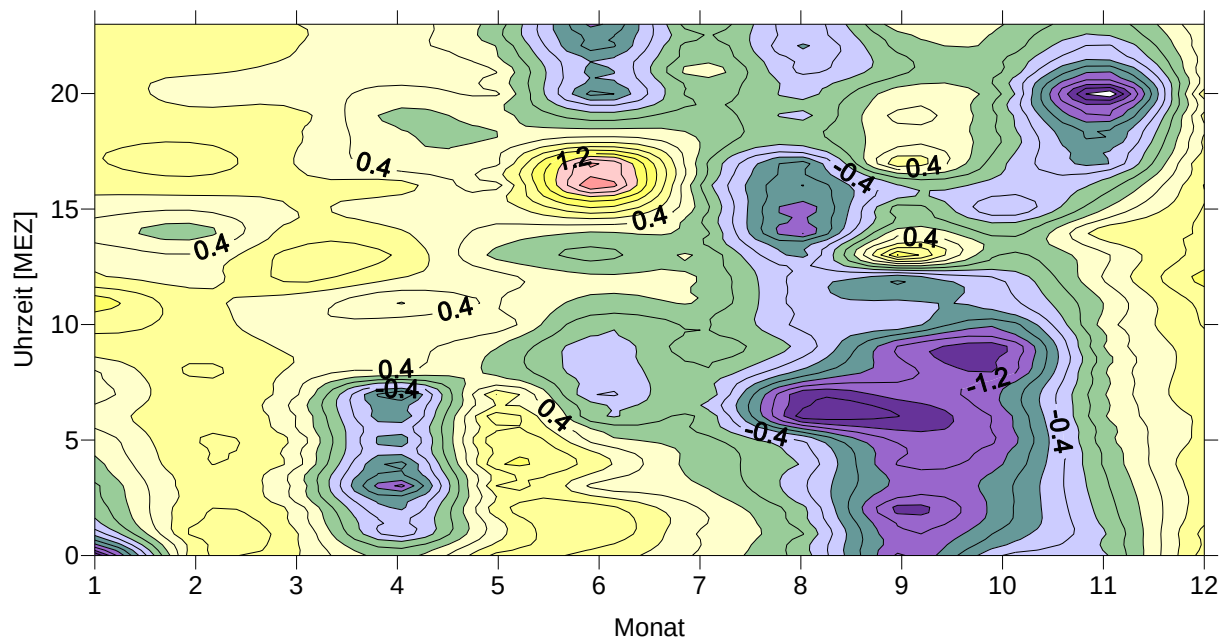
Abb. 4-8a-e: Thermoisoplethendiagramme der Messstationen in Herne; dargestellt sind jeweils die Temperaturdifferenzen zur Freilandstation in Holthausen.

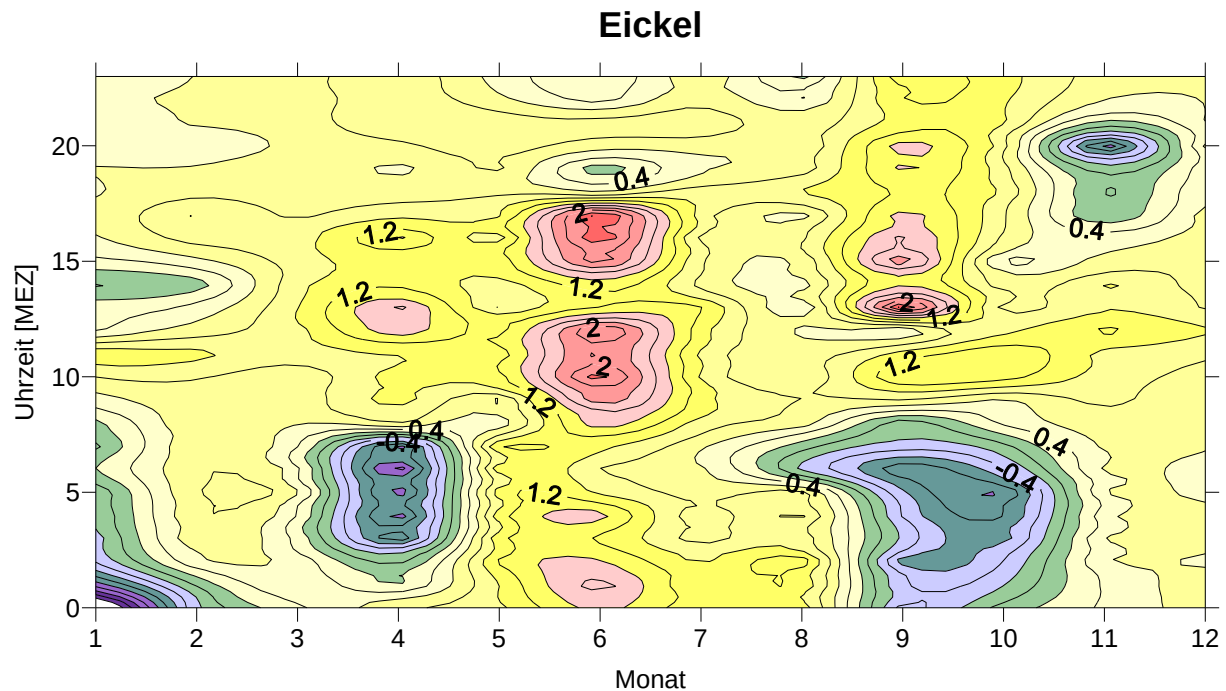


Crange



Holsterhausen





4.3.4 Ausgewählte Tagesgänge der Lufttemperatur während austauscharmer Strahlungsnächte

Die Eigenklimate der verschiedenen städtischen Oberflächen treten während windschwacher Strahlungswetterlagen am deutlichsten in Erscheinung und sollen daher im Folgenden näher beleuchtet werden.

Zur Auswertung der klimatischen Verhältnisse bei windschwachen Wetterlagen standen 24 Strahlungstage zur Verfügung, auf deren Grundlage die mittleren Lufttemperaturen für ausgewählte Standorte ermittelt wurden (s. Abb. 4-9).

Die Lufttemperaturen an den sechs Standorten in Abhängigkeit von der Uhrzeit an den insgesamt 24 festgestellten Strahlungstagen im Stadtgebiet von Herne zeigen einen relativ homogenen Tagesverlauf. Die Unterschiede zwischen den Stationen liegen in einem Bereich von unter 2 K, während der Tagstunden jedoch sind die Unterschiede im Temperaturverlauf nicht so stark ausgeprägt wie in den Nachtstunden. Die durchschnittlichen Tiefstwerte liegen bei ca. 4 bis 7 °C in der Zeit zwischen 04:00 und 06:00 Uhr, die durchschnittlichen Höchstwerte werden tagsüber zwischen 14:00 und 16:00 Uhr erreicht und besitzen eine Spanne von etwa 15 bis 17 °C.

In den frühen Morgenstunden bis zum Mittag tritt an den Stationen City und Wanne eine verzögerte Erwärmung der Luft auf. Erst in den Mittagsstunden werden die Temperaturen der Stationen Crange und Eickel erreicht. Grund für die langsame Aufheizung der Luft ist die Beschattung durch dicht stehende Gebäude. In den Nachmittagsstunden gleichen sich die Werte zunehmend an. Die höchsten Werte während der Nachtstunden werden in der City und

in Holthausen gemessen. Die starke Erwärmung in der City ist typisch für hoch versiegelte Bereiche mit einem geringen Grünanteil und einer ungünstigen Austauschsituation (Wärmeinseleffekt). An der Station Holthausen ist die Kuppenlage für die relativ hohen nächtlichen Temperaturen ausschlaggebend. Tagsüber dagegen erwärmen sich die Luftmassen an der Freilandstation nicht so stark, so dass der Standort die kleinste Temperaturamplitude im Vergleich zu den anderen Standorten während der Strahlungstage aufweist. Die größte Temperaturamplitude ist am Standort in Eickel festzustellen, hier werden die tiefsten nächtlichen Temperaturen und fast die höchsten täglichen Temperaturen an den Strahlungstagen registriert. In diesem Bereich ist ähnlich dem Standort Holsterhausen die Auskühlung nachts relativ stark ausgeprägt, während sich am Tage die Luftmassen aufgrund der Bebauung relativ schnell aufheizen und ähnliche Werte wie in den noch dichter bebauten und versiegelten Gebieten in der City, in Crange und in Wanne erreichen.

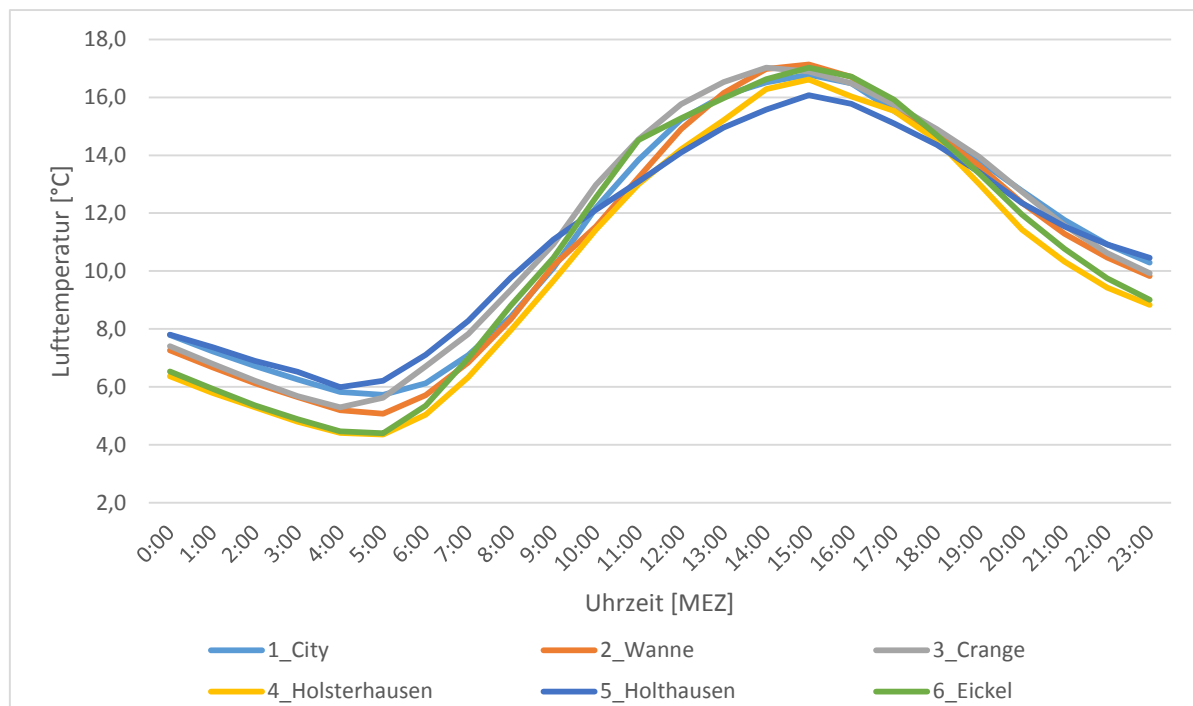


Abb. 4-9: Mittlere Tagesgänge der Lufttemperaturen [°C] während autochthoner Wetterlagen für die Stationen im Stadtgebiet von Herne (Datengrundlage: 24 Strahlungstage während des Messzeitraumes von 01.12.2016 bis 30.11.2017)

4.4 Bodennahe Luftfeuchtigkeitsverhältnisse

Der Einfluss der anthropogenen Überformung und der topographischen Situation macht sich nicht nur bei Betrachtung der Temperaturverhältnisse bemerkbar, sondern äußert sich auch in einer räumlichen Differenzierung der hygrischen Verhältnisse. Die relative Feuchte, die über den Sättigungsdampfdruck stark von der Temperatur abhängig ist, spiegelt hierbei im Wesentlichen die Temperaturverteilung im Stadtgebiet wider. Die relative Feuchte besitzt aber als physiologisch wirksames Klimaelement eine bioklimatische Bedeutung und soll daher als erstes betrachtet werden.

Urbane Standorte weisen sowohl erhöhende als auch verringernde Faktoren der Wasserdampfgehalte der Luft auf. Den Wasserdampf senkende Faktoren sind:

- geringer Anteil an Grünflächen und damit eingeschränkte Evapotranspiration
- hoher Versiegelungsanteil, so dass kaum speicherfähige Bodenoberflächen vorhanden sind
- rascher Abtransport des Niederschlagswassers aufgrund des hohen Versiegelungsgrades, so dass weniger Wasser zur Verdunstung zur Verfügung steht

Ausgleichend oder auch erhöhend wirken sich folgende Einflüsse auf den Wasserdampfgehalt der Luft aus:

- die Wasserdampfemissionen aus den Verbrennungsprozessen fossiler Brennstoffe (Industrie, Gewerbe, Kfz-Verkehr, Hausbrand)
- die Niederschlagserhöhung in städtischen Bereichen
- eingeschränkte Belüftungssituation, die eine Anreicherung von feuchten Luftmassen begünstigt
- Verzögerung der Kondensation überschüssigen Wasserdampfs durch Tau-, Reif- oder Nebelbildung aufgrund des Wärmeinseleffektes

Die in Tab. 4-3 abgebildeten Werte der relativen Feuchte geben das Verhältnis von tatsächlichem Dampfdruck zu Sättigungsdampfdruck wieder und sind von der jeweiligen Temperatur abhängig.

Am häufigsten tritt eine relative Feuchte von über 90 Prozent mit einem Anteil von 41,1 % der Jahresstunden (3602 h) am Standort Eickel auf. Trotz der hohen Gebäude ist der Grünflächenanteil im Umfeld der Station relativ hoch und ist die Ursache für die niedrigen Temperaturen in Verbindung mit einer hohen Anzahl an Stunden mit hoher Luftfeuchtigkeit.

Auch an der Freilandstation Holthausen konnten mit einem Anteil von 27,8 % häufige Situationen mit hoher Luftfeuchtigkeit nachgewiesen werden. Hier sind ebenfalls der hohe Grünflächenanteil und die insgesamt niedrigeren Temperaturen für den hohen Anteil

ausschlaggebend. An den übrigen Stationen liegen die Werte bei um die 20 % der Jahresstunden, wobei an der Station Crange sogar etwa ein Prozent mehr an Jahresstunden ermittelt werden konnte als an der Station Holsterhausen. Auch anhand des Dampfdrucks ist zu erkennen, dass an der Gewerbestation mit 10,6 hPa im Jahresmittelwert feuchtere Verhältnisse als an der Parkstation mit 9,5 hPa herrschen. Die Station Holsterhausen besitzt hier sogar den niedrigsten Dampfdruckwert.

Die geringste Anzahl an Stunden mit Werten der relativen Feuchte über 90 % konnten für den Standort City registriert werden. Sowohl die weitgehend fehlende Vegetation des Standortumfeldes als auch insgesamt hohe Temperaturen durch die Versiegelung sind für die relative Trockenheit in der Innenstadt verantwortlich.

Tab. 4-3: Vergleich der Anzahl der Stunden sowie der Anteil an den Jahresstunden mit einer relativen Feuchte über 90 % sowie die Jahresmittelwerte des Dampfdrucks an fünf Stationen im Stadtgebiet von Herne

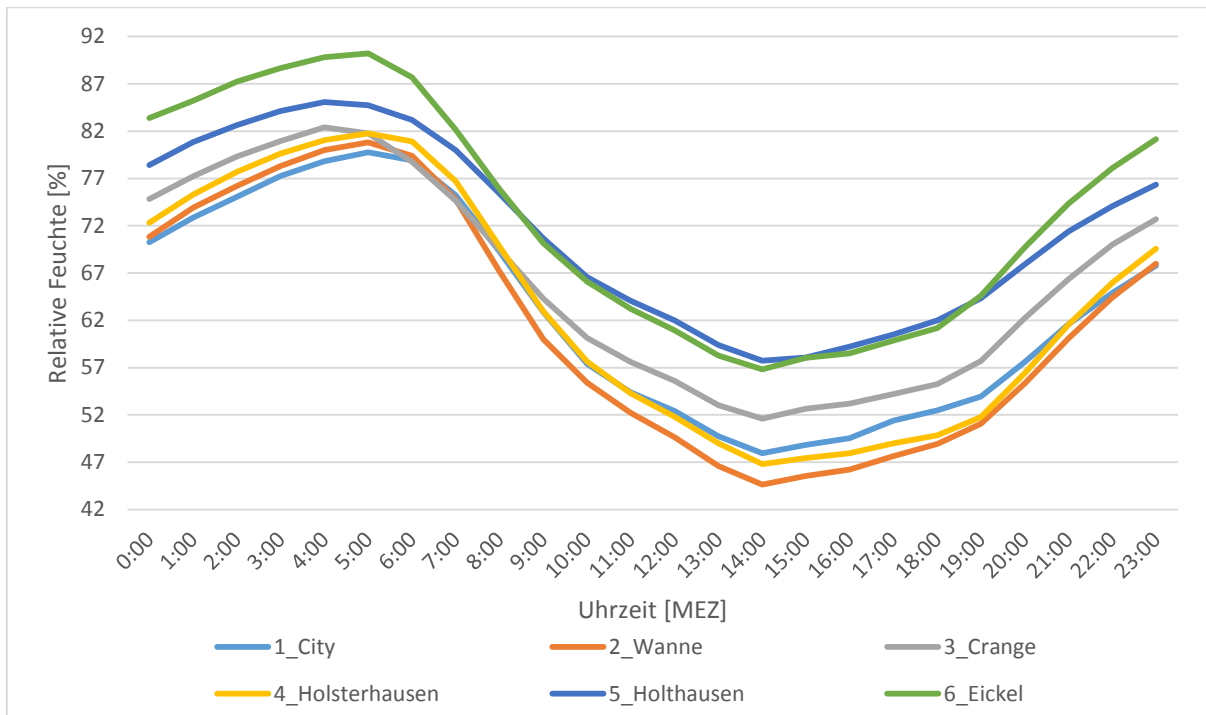
	Anzahl Std. rel. Feuchte > 90 %	% der Jahresstd.	Dampfdruck [hPa]
1_City	1391	15,88	9,9
2_Wanne	1677	19,14	9,7
3_Crange	1859	21,22	10,6
4_Holsterhausen	1753	20,01	9,5
5_Holthausen	2424	27,67	10,7
6_Eickel	3602	41,12	11,5

In den Abbildungen 10 a und b sind die Tagesgänge der relativen Feuchte für die Sommer- und Wintermonate dargestellt. Beim Vergleich von Sommer- und Wintersituation wird zunächst deutlich, dass die Amplituden der relativen Feuchte im Sommer deutlich größer sind als im Winter. Dies beruht auf dem im Winter geringeren Temperaturtagesgang. Die Maxima der relativen Feuchte werden im Sommer zwischen 4:00 und 5:00 Uhr morgens, im Winter gegen 8:00 Uhr morgens erreicht, während die Minima im Sommer zwischen 14:00 und 15:00 Uhr, und im Winter etwas früher erreicht werden.

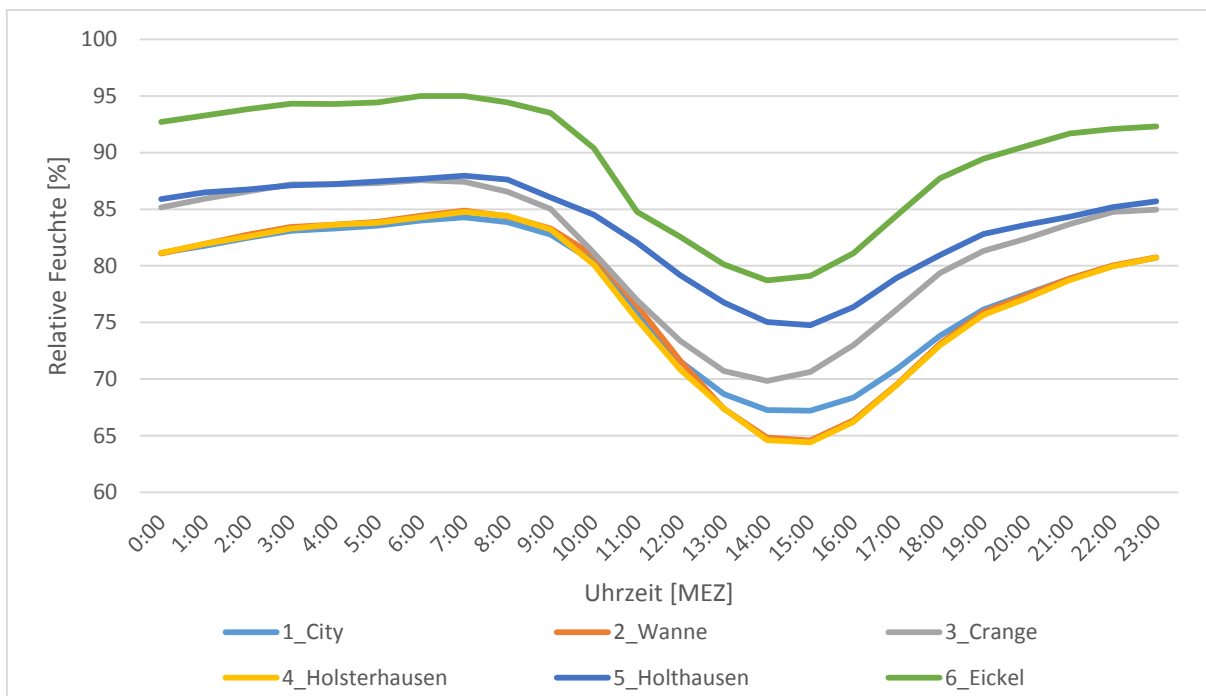
Auffällig sind insbesondere die hohen Werte der relativen Feuchte an der Station Holthausen, die vor allem in den sommerlichen Nacht- und den winterlichen Mittags- und Nachmittagsstunden auftreten. Der Einfluss der landwirtschaftlichen Flächen ist hier ausschlaggebend.

Die Innenstadtstation von Herne (City) erreicht in den Nachtstunden im Vergleich zu den übrigen Stationen die geringsten Werte der relativen Feuchte, was gut mit der nächtlichen Überwärmung korreliert. In bioklimatischer Hinsicht ist der niedrige Wert der relativen Feuchte als positiv zu betrachten, da Schwülebelastungen an hohe Temperaturen in Verbindung mit hohen relativen Feuchten gekoppelt sind. Die geringen Differenzen zwischen den Stationen während der Tagstunden sind mit der Angleichung der Temperaturwerte zu dieser Tageszeit zu erklären.

Abb. 4-10a-b: Mittlere Tagesgänge der relativen Feuchte in % an den untersuchten Stationen:



a) Sommer (Juni - August 17)



b) Winter (Dezember 16 - Februar 17)

Die Abweichungen der Monatsmittel der relativen Feuchte vom monatlichen Gebietsmittel zeigt Abbildung 4-11.

Die Werte der Stationen City, Wanne und Holsterhausen liegen gleichbleibend 3 bis 5 % unter den monatlichen Gebietsmittelwerten. Die Werte der Station Crange liegen mit geringen Schwankungen sehr nah um die Gebietsmittelwerte. An der Station in Holthausen werden überwiegend Werte zwischen 2 und 6 % über den Gebietsmittelwerten gemessen. Auffällig ist die positive Abweichung der Station Eickel von 6 bis 8 %, was mit dem Standort der Messstation (Grünfläche) erklärt werden kann.

Während die niedrigen Werte der relativen Feuchte an der Innenstadtstation und im Gewerbegebiet eine Folge der insgesamt höheren Lufttemperatur sind, lassen sich die hohen Feuchtwerte in Holthausen mit einem hohen Anteil verdunstungsaktiver Flächen erklären.

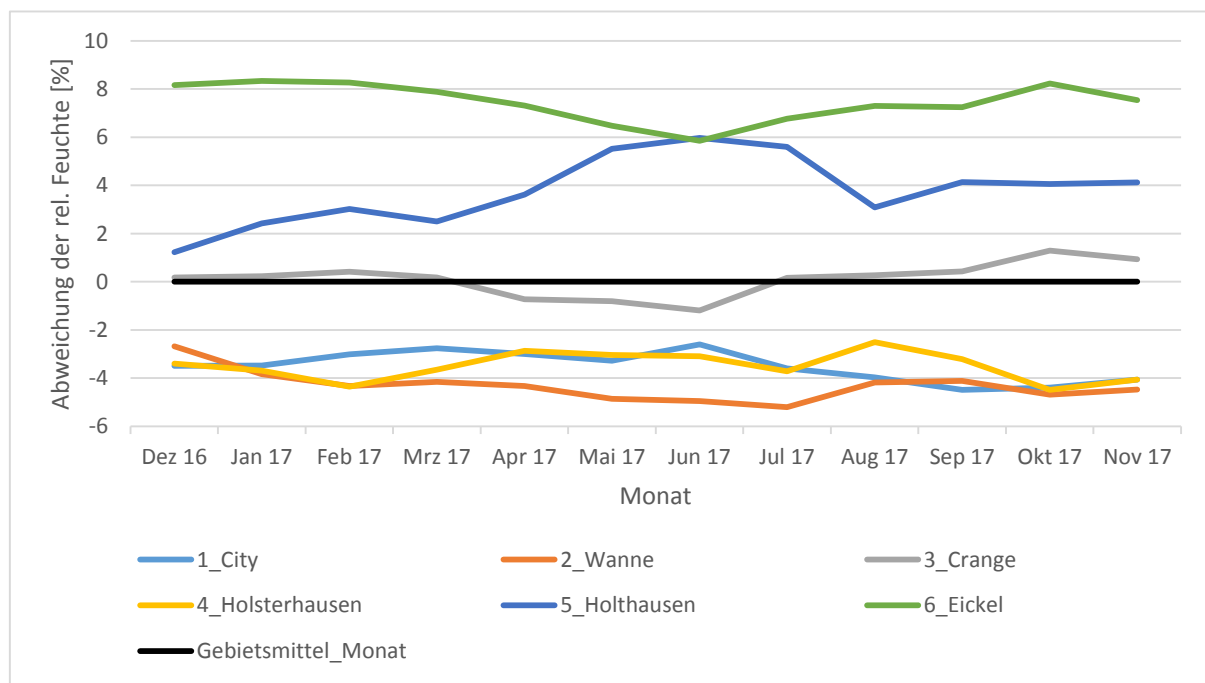


Abb. 4-11: Abweichungen der Monatsmittel der relativen Feuchte vom monatlichen Gebietsmittel (Datengrundlage: 01.12.2016 - 30.11.2017)

Da die Verteilung der relativen Feuchte im Wesentlichen die Temperaturverteilung im Stadtgebiet widerspiegelt, erfolgt in einem nächsten Schritt die Analyse der Luftfeuchtigkeitsverhältnisse auf der Grundlage des Dampfdrucks [hPa].

Mithilfe der Monatsmittelwerte des Dampfdrucks können Aussagen zu lokalen Einflüssen der Bebauung, der Versiegelung sowie natürlicher und anthropogener Wasserdampfquellen gemacht werden.

Abbildung 4-12 zeigt eine Übersicht über die mittleren monatlichen Dampfdruckverhältnisse für die sechs Stationen im Stadtgebiet von Herne im Zeitraum von Dezember 2016 bis November 2017. Bei Betrachtung der jahreszeitlichen Variation der Dampfdruckverteilung fallen für die Wintermonate die geringsten Dampfdrücke auf. Von Dezember bis April und im November liegen die Werte unter 9 hPa, die Spitzenwerte im Sommer erreichen einen Dampfdruck von etwa 16 hPa. Die in der Winterzeit registrierten niedrigen Werte sind mit der starken Einschränkung der Verdunstung durch die Vegetation sowie die niedrigen Lufttemperaturen und den damit verbundenen kleineren Sättigungsdampfdrücken zu erklären. In den Sommermonaten treten deutlich höhere Werte des Dampfdrucks in Erscheinung.

Beim Vergleich der Dampfdruckwerte im Stadtgebiet von Herne fällt auf, dass sich insbesondere drei Stationen (Crange, Holthausen und Eickel), vor allem in den Monaten Mai bis Oktober durch vergleichsweise hohe Werte auszeichnen. In den Wintermonaten sind die Unterschiede zwischen den Stationen geringer.

An der Station Crange begünstigen ferner die eingeschränkten Belüftungsverhältnisse die Anreicherung feuchter Luftmassen und damit die Erhöhung der Dampfdruckwerte.

Auffallend sind darüber hinaus die fast immer geringfügig höheren Werte des Dampfdrucks in der Innenstadt (City) im Vergleich zu den anderen bebauten Gebieten (Wanne und Eickel). In der Regel zeichnen sich bebaute Bereiche durch einen geringen Vegetationsanteil sowie einen Mangel an anderen verdunstungsaktiven Flächen aus, was sich in einer Reduktion der zur Verdunstung bereitstehenden Wassermenge bemerkbar macht. Darüber hinaus fließt das Wasser aufgrund der hohen Versiegelungsraten in Innenstädten rasch in die Kanalisation ab und kann nicht zu einer Erhöhung des Wasserdampfgehaltes in der Luft beitragen. Die künstlichen Oberflächen in Städten sind außerdem nicht in der Lage, Wasser zu speichern und an die Luft abzugeben. Dennoch können in Städten häufig höhere absolute Luftfeuchtheitswerte nachgewiesen werden (z.B. auch in Dortmund, s. Klimaanalyse Dortmund 2004). Ursache sind neben anthropogenen Wasserdampfemissionen aus den Verbrennungsprozessen fossiler Brennstoffe auch die eingeschränkten Ventilationsverhältnisse im Stadtgebiet, die eine Folge der hohen Rauigkeitslängen sind. Aufgrund des Wärmeinseleffektes im Stadtgebiet verzögert sich zudem eine Kondensation überschüssigen Wasserdampfes durch Tau-, Reif- oder Nebelbildung.

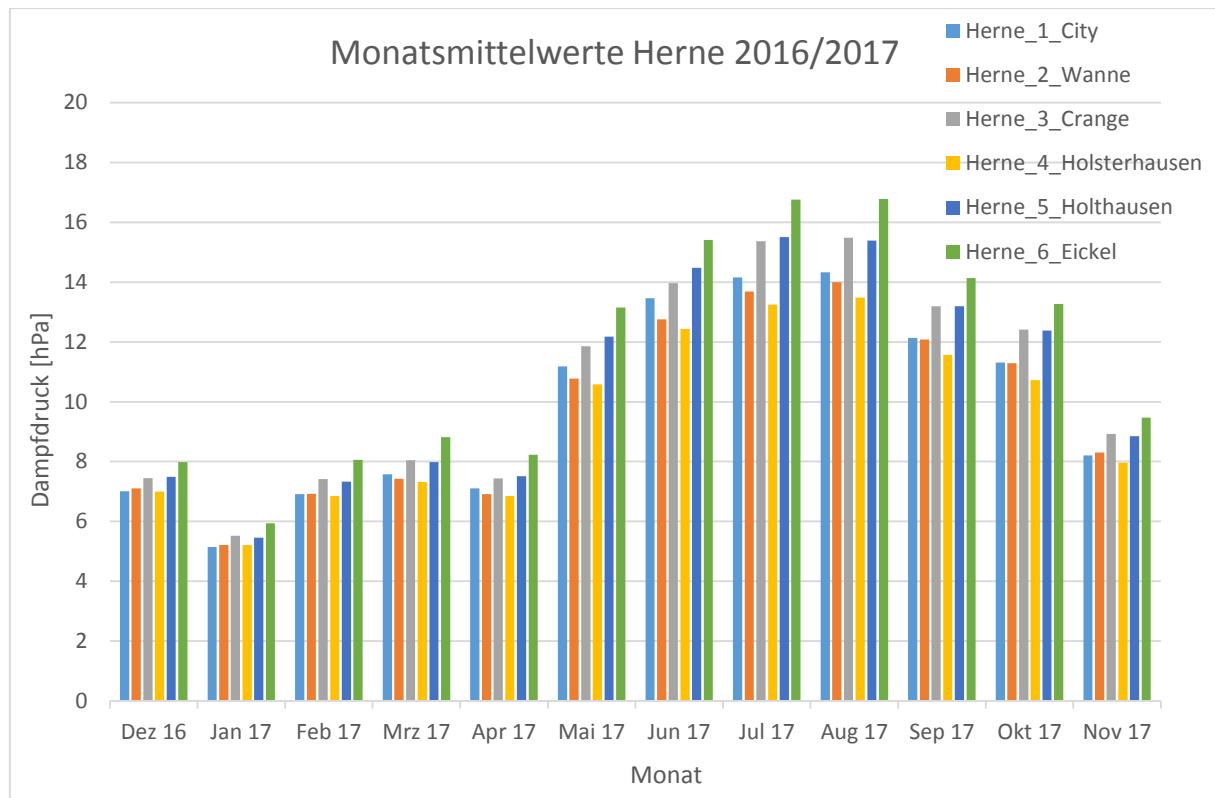


Abb. 4-12: Mittlere monatliche Dampfdruckverhältnisse die Stationen 1 bis 6 im Stadtgebiet von Herne (Datengrundlage: 01.12.2016 - 30.11.2017)

4.5 Untersuchungen zur Schwülebelastung

Meteorologische Elemente wirken auf den Menschen in Kombination ein und müssen daher auch in Kombination bewertet werden. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang der thermische Wirkungskomplex, da hier alle den Wärmehaushalt des Menschen beeinflussende Klimaelemente eine Rolle spielen.

Unter thermischen Wirkungen werden die Auswirkungen der klimatischen Verhältnisse auf den menschlichen Körper verstanden, wobei thermische Belastungen während jeder Jahreszeit entstehen können. So kann in den Wintermonaten bei bestimmten Wetterlagen Kältestress und während der Sommermonate Wärmestress auftreten. Eine besonders wichtige Rolle spielt in diesem Zusammenhang das Auftreten von Schwülebelastungen. Sie können sich in Abhängigkeit von dem thermisch-hygrischen Milieu der Umgebungsluft unter bestimmten meteorologischen Bedingungen beim Menschen subjektiv bemerkbar machen. Das Auftreten von Schwülebelastungen ist dabei abhängig von:

- der Lufttemperatur: hohe Lufttemperaturen erfordern eine erhöhte Wärmeabgabe des Körpers

- der Luftfeuchtigkeit: eine hohe Luftfeuchtigkeit schränkt die Wärmeabgabe durch Schweißverdunstung ein, da das Dampfdruckgefälle zwischen der Körperoberfläche und der Umgebungsluft relativ niedrig ist
- der Windgeschwindigkeit: niedrige Windgeschwindigkeiten führen dazu, dass die relativ rasch wasserdampfgesättigte Luftschicht auf der Körperoberfläche nur sehr langsam gegen trockenere Luft ausgetauscht wird

Ein verbreitetes Verfahren zur Bewertung der Schwülebelastungen ist die Behaglichkeitsgleichung nach Fanger (1972), mit deren Hilfe sich ein Komfort-Index, das sogenannte PMV („predicted mean vote“) berechnen lässt. Der PMV-Wert gibt die mittlere Beurteilung des thermischen Milieus einer Personengruppe an.

Nach der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2 (1986) ist eine standardisierte Bewertung des humanbiometeorologischen Wirkungskomplexes auf der Grundlage der Behaglichkeitsgleichung nach Fanger (1972) vorgesehen. Aufgrund fehlender Eingangsgrößen kann für die vorliegende Untersuchung eine Beurteilung der Schwülebelastung nach Fanger jedoch nicht vorgenommen werden. Alternativ muss daher auf konservative Schwülemaße zurückgegriffen werden. Vielfach Anwendung gefunden hat die Beurteilung der Schwüleverhältnisse anhand der Äquivalenttemperatur (t_a), die sich nach folgender Formel berechnen lässt:

$$t_a = \frac{T_a + m \cdot (r - 2,326 \cdot T_a)}{C_p + m \cdot C_w}$$

T_a = Lufttemperatur

m = Mischungsverhältnis des Wasserdampfs

C_p = spezifische Wärme der Luft bei konstantem Druck

R = Verdunstungswärme von Wasser

C_w = spezifische Wärme von Wasser

Als Äquivalenttemperatur wird diejenige Temperatur bezeichnet, die feuchte Luft annehmen würde, wenn der gesamte darin enthaltene Wasserdampf kondensiert und die freiwerdende Wärme vollständig der Luft zugeführt wird. Die Äquivalenttemperatur setzt sich somit aus latenter plus fühlbarer Wärme zusammen und stellt ein Maß für den Gesamtwärmeinhalt eines Luftpakets dar. Die Schwülegrenze liegt nach medizinischen Kriterien bei einer Äquivalenttemperatur von $t_a \geq 49^\circ\text{C}$ [Deutscher Bäder- und Deutscher Fremdenverkehrsverband 1991].

Da durch Luftbewegungen das Schwülebefinden in starkem Maße beeinflusst wird, findet in der nachfolgenden Auswertung eine Berücksichtigung des Windfeldes in der Beurteilung des Schwüleempfindens statt. Hier kommt das Physioklimagramm nach Robitzsch & Leistner (in Flach 1957) zur Anwendung. Mit Hilfe des Physioklimagramms ist es möglich, eine differenzierte Beurteilung von Kühle-, Behaglichkeits- und Schwülebedingungen vorzunehmen.

In Tab. 4-4 ist das Auftreten von Schwülestunden, aufgeteilt in die Kategorien „etwas schwül“ und „schwül“, für ausgesuchte Standorte aufgeführt (Zeitraum: April bis September 2017).

Tab. 4-4: Anzahl der Stunden der Behaglichkeitsstufen „etwas schwül“ und „schwül“ (nach Robitzsch & Leistner in Flach 1957) im Herner Stadtgebiet

Station	etwas schwül	schwül	extrem schwül	Summe (Std)	Anteil (%)
1_City	297	238	38	573	6,54
2_Wanne	261	179	21	461	5,26
3_Crange	342	232	40	614	7,01
4_Holsterhausen	189	144	8	341	3,89
5_Holthausen	155	31	0	186	2,12
Gebietsmittel	248,8	164,8	21,4	435	4,97

Für das Stadtgebiet von Herne errechnet sich eine durchschnittliche Schwülehäufigkeit von etwas unter 5 % mit einem Minimum von 2,12 % am Standort Holthausen und einem Maximum von 7,01 % am Standort Crange. Die hohe Schwülebelastung im Bereich Crange spiegelt den fehlenden Einfluss der Vegetation und der Versiegelung und Windgeschwindigkeitsreduktion durch umstehende Gebäude wider. Das hohe Schwülepotezial kommt unter anderem durch die extreme Austauscharmut zustande, da der Abtransport bodennaher, mit hoher Luftfeuchtigkeit angereicherter Luftschichten erschwert wird. Ähnliche Werte werden auch an den Standorten City und Wanne gemessen.

Da über die Häufigkeit hinaus auch die Dauer der Belastungen von Bedeutung ist, wurde im nächsten Schritt die Anzahl kurz (< 5 Stunden), lang (> 5 Stunden) und extrem lang (> 40 Stunden) andauernder Schwüleepisoden an den Stationen 1 bis 5 ermittelt (siehe Tab. 4-5).

Die am längsten andauernden bioklimatischen Belastungssituationen weisen die Standorte Crange und City, gefolgt vom Standort Wanne auf. Positiv zu bewerten ist in diesem

Zusammenhang die Situation im Bereich Holsterhausen und vor allem im Bereich Holthausen, wo die Andauer bioklimatischer Belastungen jeweils deutlich reduziert sind.

Tab. 4-5: Anzahl kurz (< 5 Stunden), lang (> 5 Stunden) sowie extrem lang (40 Stunden) anhaltender Schwülebelastungen im Stadtgebiet von Herne; die Schwülebelastungen umfassen die Behaglichkeitsstufen „etwas schwül“ und „schwül“ nach Robitzsch & Leistner (zitiert in Flach 1957).

Stationen	Andauer		
	< 5 Stunden	> 5 Stunden	> 40 Stunden
1_City	21	31	1
2_Wanne	28	30	0
3_Crange	25	34	1
4_Holsterhausen	29	25	0
5_Holthausen	27	13	0

4.6 Windfeld

Windgeschwindigkeit und Windrichtung wurden an fünf Messstationen mit elektronischen Windmessern (Anemometer) der Firma Thies Clima untersucht. Dabei lagen die Messhöhen für den Wind der jeweiligen Messstationen bei ca. 4 Meter über Grund.

4.6.1 Windgeschwindigkeit

Zur Beurteilung der bodennahen Belüftungs- und Austauschverhältnisse werden die in 4 m ü. Grund gemessenen Winddaten der Stationen 1 bis 5 herangezogen.

Mit einer Windgeschwindigkeit von 5,6 m/s im Jahresmittel ist die Station Holthausen sehr gut durchlüftet (s. Tab. 4-6). Der Grund hierfür ist die reliefbedingte geringe Oberflächenrauigkeit sowie die weitgehend fehlende Bebauung und größere Vegetation des Umfeldes. Aufgrund der von baulichen Strukturen unbeeinflussten Lage erlaubt der Standort Aussagen zum ungestörten bodennahen Windfeld und wird daher als Bezugsstation zur Beurteilung der Windfeldmodifikationen der Stationen 1 bis 4 herangezogen.

Im Vergleich zu den Stationen City, Wanne und Holsterhausen zeichnet sich die Station Crange mit 1,5 m/s als Jahresdurchschnittswert der Windgeschwindigkeit als noch relativ gut durchlüftet aus, zeigt jedoch, dass die Bebauung in der Umgebung der Station einen Einfluss auf die Belüftungsverhältnisse am Messstandort hat. Ähnlich wie in der City wurden kaum Calmen ($< 0,1$ m/s) gemessen. Der Straßenverlauf in West-Ost-Richtung in diesem Bereich von Crange modifiziert die Verteilung und Stärke der Windgeschwindigkeiten und beeinflusst die Windrichtungsanteile.

Die ungünstigsten Belüftungsverhältnisse mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von nur 0,8 m/s konnten an der Parkstation Holsterhausen ermittelt werden. Für das Fehlen höherer Windgeschwindigkeiten und die starke Häufung von Windstillen (22,7 %) sind abschirmende Bäume des Parks die Hauptursache.

Die Stationen City und Wanne sind bezüglich der Belüftungsverhältnisse ebenfalls als ungünstig einzustufen, zeigen jedoch mit einem Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit von 1,0 m/s eine minimal bessere Belüftungssituation als in Holsterhausen. Die enge und dichte Gebäudeanordnung sowie dadurch bedingte Abschattungseffekte führen zu diesen Werten. In engen Einkaufsstraßen und Seitenstraßen dürfte die Belüftungssituation noch ungünstiger ausfallen

Tab. 4-6: Jahreswindstatistik der Messstationen 1 bis 5

Jahreswindstatistik der Messstationen in Herne (Messzeitraum 01.12.2016 - 30.11.2017)						
Stationen	Anteil an den Windstärkeklassen (in %)					Mittlere Windgeschw. [m/s]
	1 Calmen < 0,1 m/s	2 0,1 - 1,5 m/s	3 1,6 - 3,0 m/s	4 3,1 - 5,0 m/s	5 > 5,0 m/s	
1_City	1,3	81,1	15,5	0,5	0,0	1,0
2_Wanne	6,5	66,0	21,1	1,0	0,0	1,0
3_Crange	0,1	58,4	37,5	3,9	0,1	1,5
4_Holsterhausen	22,7	49,2	19,0	1,3	0,0	0,8
5_Holthausen	0,0	3,9	20,2	28,6	47,3	5,6

Die Stationen 1 bis 4 besitzen den größten prozentualen Anteil an den Windstärkeklassen in Klasse 2 (0,1 bis 1,5 m/s) zwischen 49,2 % an der Station Holsterhausen und 81,1 % an der Station City. Die Station 5 (Holthausen) hingegen hat den größten prozentualen Anteil an den Windstärken in Klasse 5 (> 5 m/s) mit 47,3 %.

Der Vergleich der Anteile an den fünf Windstärkeklassen verdeutlicht, dass in der Innenstadt von Herne Windgeschwindigkeiten über 3 m/s an lediglich ca. 0,5 % der Stunden auftreten, während die Station Holthausen Windgeschwindigkeiten der Klassen 4 und 5 an über 76 % der Stunden aufweist. Zudem fällt der ungewöhnlich hohe Anteil an Calmen in Holsterhausen und die sehr geringe Anzahl höherer Windgeschwindigkeiten an allen anderen innerstädtischen Stationen auf.

Üblicherweise hat die starke Überwärmung der hochversiegelten Innenstädte zur Folge, dass in den Nachtstunden eine Labilisierung der Luftmassen aufrechterhalten wird. Dadurch tritt eine erhöhte vertikale Durchmischung auf, so dass seltener Bodeninversionen in den Stadtzentren vorkommen. Für die Station City trifft dieser Effekt zu, der in vielen anderen Städten des Ruhrgebietes ebenfalls nachgewiesen ist.

4.6.2 Windrichtung

Die Windmessungen an der Station 5 (Holthausen) repräsentiert aufgrund der relativ windoffenen Lage im Wesentlichen das übergeordnete Windfeld. Dieses zeichnet sich durch relativ ungestörte Windströmungen aus, da bebauungsbedingte Einflüsse weitgehend in den Hintergrund treten. Zur Bewertung der Windfeldmodifikation in den übrigen Gebieten wird die Station 5 daher als Referenz herangezogen.

Die Analyse des übergeordneten Windfeldes erfolgt in Form von Windrosen, so dass Aussagen zur Hauptwindrichtungsverteilung der untersuchten Stationen möglich sind (siehe Abb. 4-13).

Kennzeichnend für das durch die Station Holthausen repräsentierte übergeordnete Windfeld sind südwestliche Winde, die für den Westen Deutschlands innerhalb von Großwetterlagen vorherrschend und in der Regel mit höheren Windgeschwindigkeiten gekoppelt sind. Aufgrund der nahezu uneingeschränkten Belüftungsverhältnisse sind alle Windstärkeklassen vertreten. Winde der Stärkeklasse 4 (über 5 m/s) sind selten festzustellen und kommen überwiegend aus Südwest. Schwache Winde treten bei autochthonen Wetterlagen auf und kommen dann meist aus östlichen bis nordöstlichen Richtungen.

Die südwestliche Hauptwindrichtung wird bei allen Stationen deutlich, jedoch gibt es aufgrund der Bebauung und der Vegetation individuelle Modifikationen der Windrichtungen. So erklärt sich zum einen der hohe Calmenanteil von fast 23 % an der Station Holsterhausen mit dem Einfluss der umstehenden hohen Vegetation, zum anderen die abweichenden Maxima der Windrichtungsverteilungen bei den anderen Stationen durch den Einfluss der umliegenden Gebäude und die dadurch vorgegebenen Kanalisierungen. Die Kanalisierung im Bereich von Straßenzügen ist am deutlichsten in der Innenstadt (Station 1 - City) zu sehen, da dort die häufigsten Windrichtungen mit Schwachwinden (bis 3 m/s) aus südlichen und nordwestlichen Richtungen kommen. In Wanne ist dies ähnlich, dort treten hauptsächlich Winde aus südsüdwestlichen und aus nördlichen Richtung mit Windgeschwindigkeiten von maximal 3,0 m/s auf. An der Station 3 (Crange) treten neben südsüdwestlichen Winden östliche Schwachwinde und westliche Winde mit bis zu 3 m/s häufig auf, während der Anteil der südwestlichen Windrichtungen reduziert ist. Der Wind wird hier entlang der Heerstraße kanalisiert. Hohe Windgeschwindigkeiten treten ebenfalls aus westlichen Richtungen auf. Ähnlich der Station 5 (Holthausen) ist die Hauptwindrichtung an der Station 4 (Holsterhausen) Südwest, es werden dabei kaum Windgeschwindigkeiten über 3 m/s erreicht.

Generell werden innerhalb des Stadtgebietes aufgrund der hohen Oberflächenrauigkeit der Bebauung selten Windgeschwindigkeiten über 3 m/s erreicht.

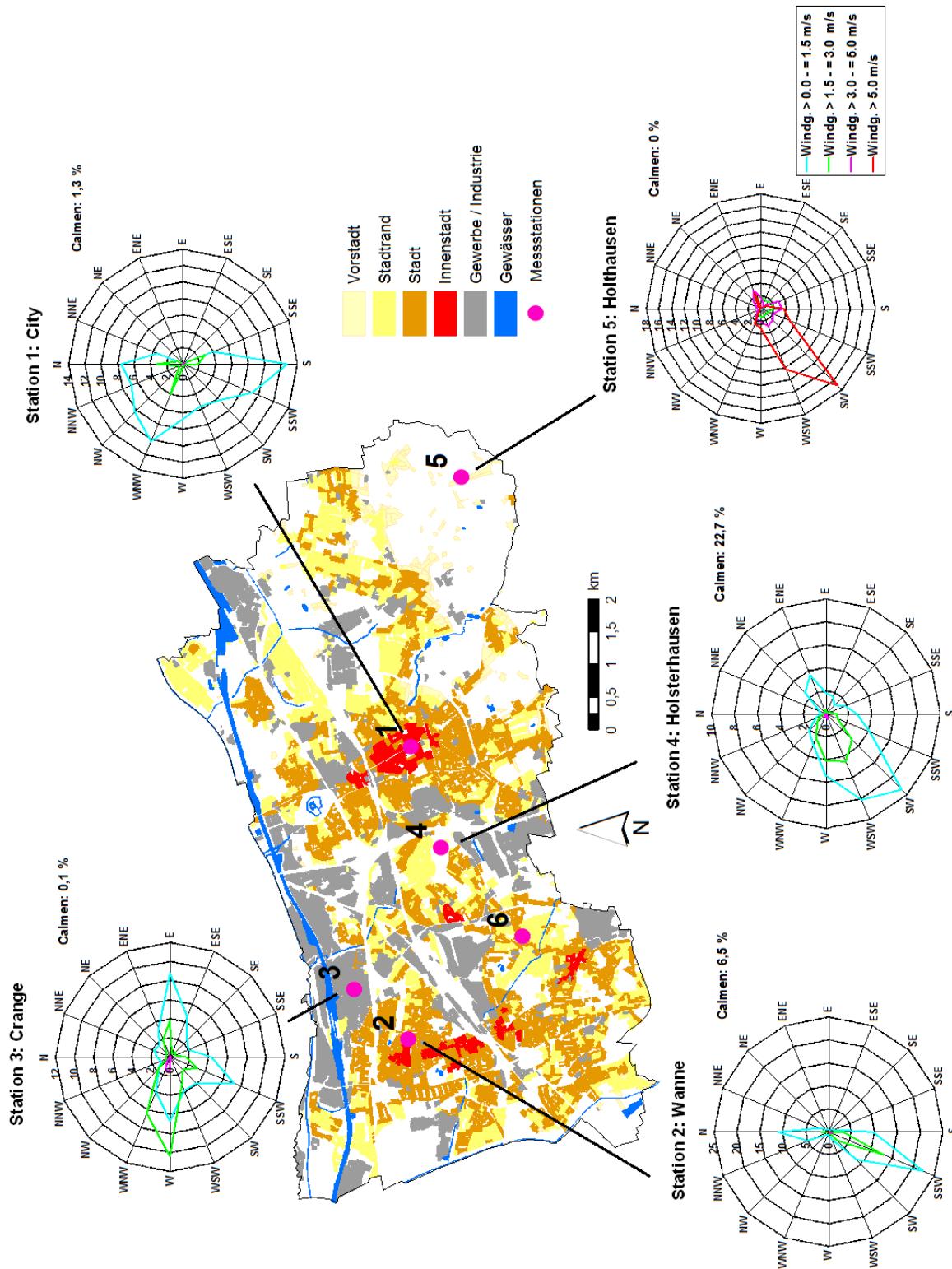


Abb. 4-13: Windrosen für die Stationen des Herner Untersuchungsgebietes (Datengrundlage: 24 Strahlungswetterlagen im Zeitraum vom 01.12.2016 bis 30.11.2017)

4.6.3 Windverhältnisse während windschwacher Strahlungswetterlagen

Während windschwacher Strahlungswetterlagen unterliegt die Windgeschwindigkeit im Untersuchungsgebiet aufgrund der im Tagesverlauf wechselnden Insolation und der daraus resultierenden Druckunterschiede sowie unterschiedlicher Stabilitäten der atmosphärischen Schichtung erheblichen diurnalen Schwankungen. Diese ermöglichen im interstationären Vergleich Rückschlüsse über die immissionsklimatische und bioklimatische Situation der Standorte.

Die Berechnung der in Abbildung 4-14 dargestellten Tagesgänge der Windgeschwindigkeit basiert auf der Auswertung von 24 als austauscharme Wetterlagen charakterisierten Tagen. Darüber hinaus werden in Tab. 4-7 die mittleren Windgeschwindigkeiten der Standorte nach Tag- und Nachtstunden getrennt abgebildet.

Das Windfeld, im Bereich der Station 4 (Holsterhausen) weist während austauscharmer Wetterlagen keinen ausgeprägten Tagesgang der Windgeschwindigkeit auf, wodurch sowohl tagsüber als auch in der Nacht eine mehr oder weniger gleichbleibende Belüftungssituation mit Windgeschwindigkeiten zwischen 0,1 m/s und 0,7 m/s aufrechterhalten wird (Abb. 4-14). Die an dieser Station ermittelte Windgeschwindigkeit wird während des gesamten Tagesverlaufs von allen anderen Stationen überschritten.

Für die insgesamt geringe Windgeschwindigkeit, die ebenfalls in einem niedrigen Jahresmittelwert zum Ausdruck kommt, sind neben der topographischen Situation auch die Vegetationsstrukturen des Umfeldes ausschlaggebend.

An den Stationen City und Wanne treten nachts Windgeschwindigkeiten auf, die nur unwesentlich höher sind als in Holsterhausen. Mit Werten unter 0,3 m/s macht sich der Einfluss der dichten Bebauung bemerkbar, wodurch eine gute Belüftungssituation unterbunden wird. Höhere Windgeschwindigkeiten werden an der Station Crange gemessen, die aufgrund der Gebäudeanordnung und des Straßenverlaufs geleitet und kanalisiert werden. Nachts liegen dort die Werte um 0,5 m/s und erreichen Maximalwerte von bis zu 1,5 m/s in den späten Nachmittagsstunden.

Die höheren nächtlichen Windgeschwindigkeiten können zudem durch die Labilisierung der Luftschichten aufgrund des Wärmeinseleffektes hervorgerufen und verstärkt werden. Während sich in den Freilandbereichen stabile Luftmassen aufbauen, deren Ursache eine starke Abkühlung ist und die den Luftmassenaustausch einschränken, herrschen in den dicht bebauten Bereichen Labilisierungseffekte bedingt durch warme, aufsteigende Luftmassen vor. Daher ist in dicht bebauten innerstädtischen Gebieten und in den Gewerbegebieten ein zwar schwacher aber fast kontinuierlicher Luftstrom festzustellen. Für die Immissionssituation ist dies vorteilhaft.

Die Freilandstation Holthausen ist aufgrund der durch Bebauung und Relief weitgehend unbeeinträchtigten Lage mit Windgeschwindigkeiten zwischen 2 und 3,4 m/s durch die günstigsten Austausch- und Belüftungsverhältnisse gekennzeichnet. Die Werte liegen durchgehend um ein Vielfaches höher als an den übrigen Standorten.

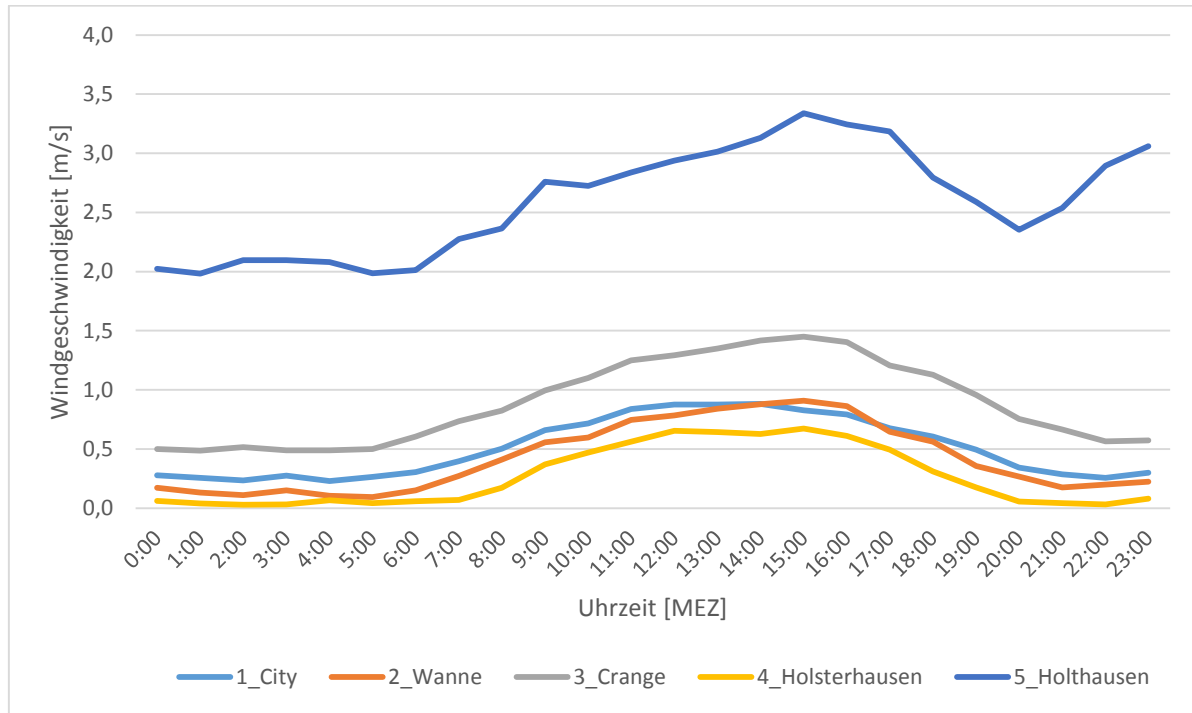


Abb. 4-14: Tagesgänge der Windgeschwindigkeiten an den untersuchten Standorten während 24 windschwacher Strahlungswetterlagen (Datengrundlage: 24 Strahlungswetterlagen im Zeitraum vom 01.12.2016 bis 30.11.2017)

Tab. 4-7: Mittlere Windgeschwindigkeit während austauscharmer Strahlungstage im Stadtgebiet von Herne, aufgeteilt in Tag- und Nachtstunden; Berechnungsgrundlage: 24 Strahlungstage innerhalb der Messperiode vom 01.12.2016 bis 30.11.2017

	1_City	2_Wanne	3_Crange	4_Holsterhausen	5_Holthausen
Tag	0,28	0,15	0,50	0,05	2,34
Nacht	0,66	0,61	1,15	0,41	2,78
Mittel	0,51	0,42	0,89	0,27	2,60

Dieser Unterschied wird auch in Tab. 4-7 deutlich, in der die mittleren Windgeschwindigkeiten während der 24 austauscharmen Strahlungstage dargestellt und zusätzlich in Tag- und Nachtstunden differenziert sind. Während alle innerstädtischen Stationen unter 0,9 m/s bleiben, liegt die mittlere Windgeschwindigkeit an der Freilandstation Holthausen bei 2,6 m/s. Innerhalb der Strahlungstage liegen die Windgeschwindigkeiten an allen Stationen in der Nacht um mindestens 0,3 m/s höher als am Tage. An der Station Crange werden in den Nachtstunden die zweithöchsten Werte mit durchschnittlich 1,15 m/s gemessen, was auf Labilisierungseffekte und die im Vergleich zur Innenstadt weniger dichten Bebauung zurückzuführen ist.

In Abbildung 4-15 wird ersichtlich, dass an den Stationen Crange, Holsterhausen und Holthausen während der Strahlungstage überwiegend östliche Windrichtungen gemessen werden können, an den Stationen City und Wanne eher nördliche oder südliche Windrichtungen.

Die Verhältnisse unterliegen bezüglich der Windrichtungsverteilung an den Messstationen starken Modifikationen durch die Bebauung und das Relief. Hierbei fallen zunächst zwei Standorte besonders auf: Station 1 (City) und Station 5 (Holthausen). Bei der Station Holthausen ist eine Herkunft der Luftströmungen überwiegend aus östlichen Richtung feststellbar. Am häufigsten treten (vor allem am Tage sichtbar) ostnordöstliche Windrichtungen mit einem zweiten Maximum aus südsüdöstlichen Richtungen auf. Bei der Station 3 (Crange) gibt es eine Häufung von Winden aus östlichen Richtungen, wofür Bebauungs- (Ost-West-Ausrichtung der Heerstraße) und Reliefgegebenheiten ausschlaggebend sind. So können sich bei windschwachen Strahlungswetterlagen durch das Relief bedingte autochthone Windsysteme ausbilden. Dies bedeutet, dass aus höheren Lagen Kaltluftmassen herabfließen. Die sehr geringe Anzahl an Calmen (0,4 % in der Nacht) unterstreicht diese These des Kaltluftabflusses. Darüber hinaus führt die Gebäudeanordnung zu einem Kanalisierungseffekt mit der Folge, dass überwiegend östliche Winde dominieren.

Ein ähnlicher Effekt ist im Bereich der City und am Standort Wanne durch eine nord-südliche Ausrichtung der Gebäude nachweisbar (Maxima bei nördlichen und südlichen Windrichtungen). Auch am Standort Holsterhausen treten aufgrund der Straßenausrichtung und der umstehenden Vegetation Umlenkeffekte der Luftströmungen auf. Hier tritt das Maximum am Tage in einer südsüdöstlichen und einer ostnordöstlichen Windrichtung auf, in der Nacht sind die Windrichtungen ausgeglichener mit Maxima aus westlichen und östlichen Richtungen. Die vor allem in den Nachtstunden häufig auftretenden Calmen mit besonders hohem Anteil in Holsterhausen (> 81 %) verdeutlichen das Phänomen einer Bodeninversion. In Kuppen- und Freilandlage (Holthausen) konnten mit 0 % in der Nacht und ebenfalls 0 % am Tage keine Calmen registriert werden. Ursache hierfür ist die Lage der Messstation oberhalb dieser Bodeninversion und somit die Gewährleistung einer kontinuierlichen Belüftung auch während windschwacher Strahlungswetterlagen.

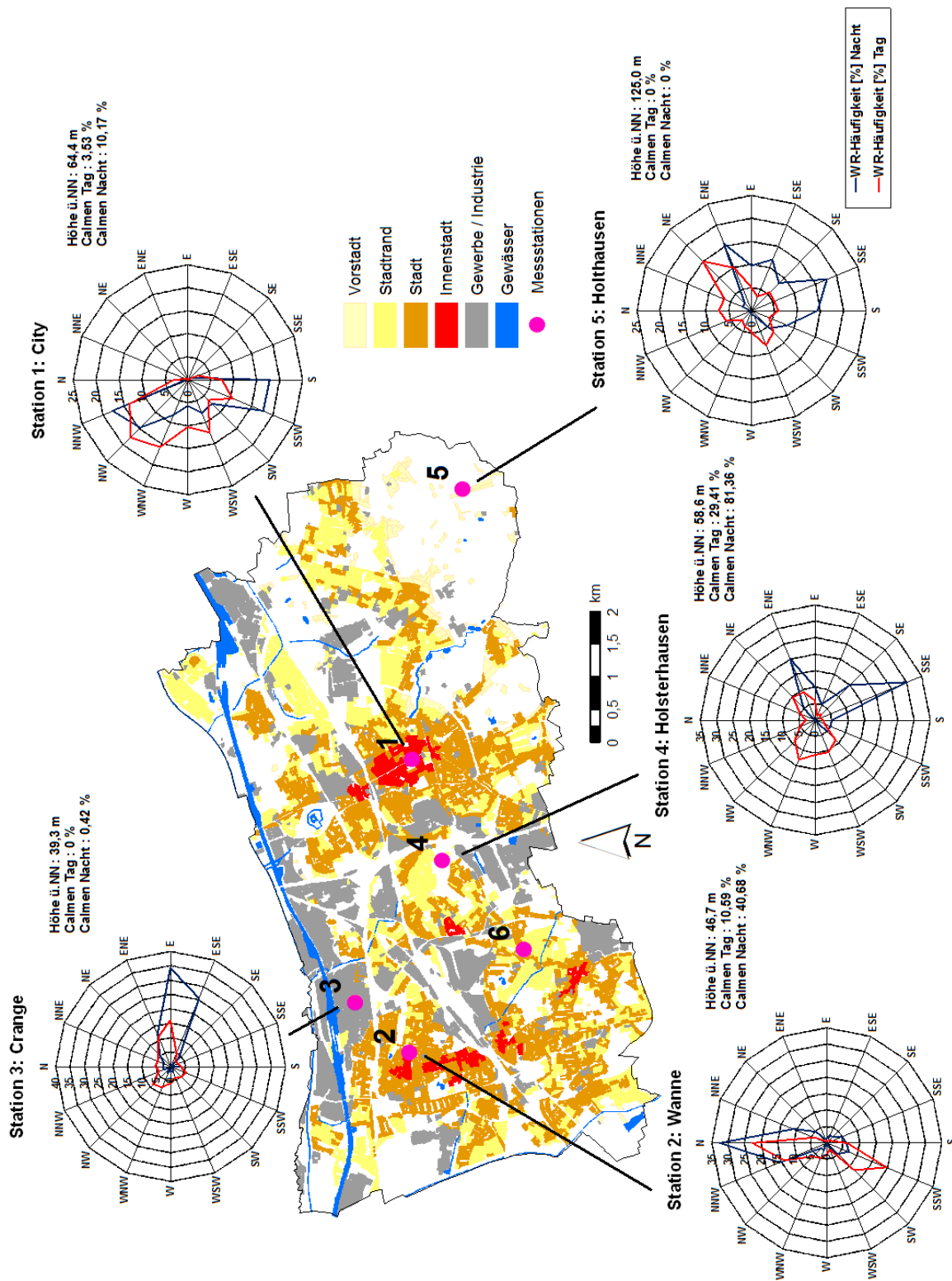


Abb. 4-15: Tag-/Nacht-Windrosen für die Stationen des Herne Untersuchungsgebietes (Datengrundlage: 24 Strahlungswetterlagen im Zeitraum vom 01.12.2016 bis 30.11.2017)

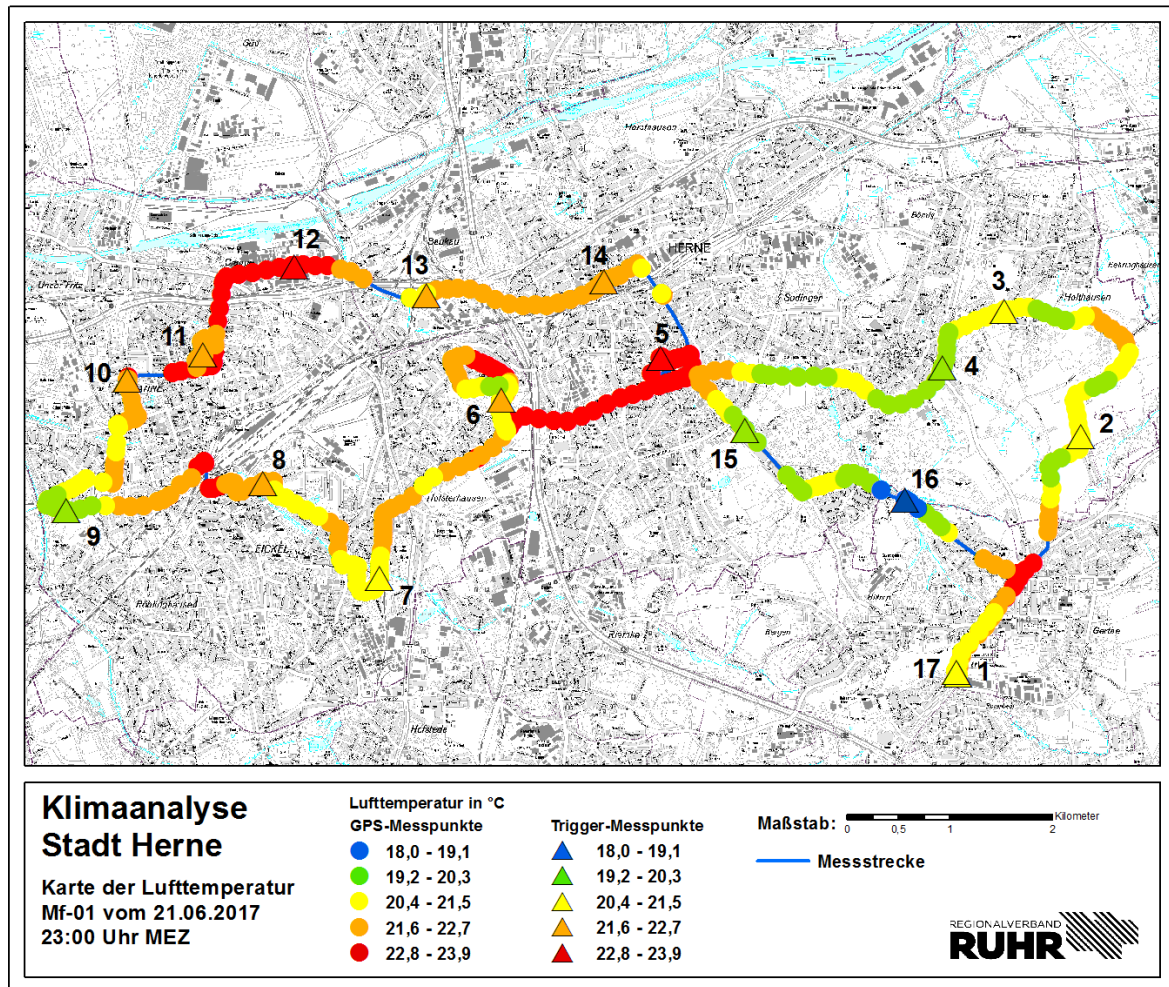
5 Messfahrten

An Tagen mit autochthonen Strahlungswetterlagen wurden zusätzlich drei Messfahrten im Sommer 2017 im Herner Stadtgebiet durchgeführt, bei denen die Lufttemperatur in zwei Metern Höhe über Grund gemessen wurde. Die Messwerte wurden GPS-unterstützt 10-sekündlich nahezu kontinuierlich und automatisch während der Fahrt mithilfe eines PKW-Trägersystems ermittelt (GPS-Messpunkte). Ergänzend wurden in wichtigen Abschnitten insgesamt etwa 16-18 Werte mit manuellen Messungen an vorher ausgesuchten Haltepunkten erhoben (Trigger-Messpunkte). Die mobilen Messungen dienen dazu, größere Flächen des Stadtgebietes von Herne hinsichtlich der thermischen Situation der Stadt in den Nachtstunden während autochthoner Wetterlagen zu untersuchen. Ziel der Messfahrten sollte es sein, die durch Bebauung, Flächennutzung und Relief verursachten kleinklimatischen Abweichungen vom großräumigen Mittel zu erfassen und darzustellen. Diese Phänomene bilden sich in klaren Nächten besonders deutlich heraus, weshalb die Messeinsätze in den späten Abendstunden bzw. in den frühen Nachtstunden durchgeführt wurden.

Messfahrt 1:

Die erste Messfahrt ist am 21.06.2017 ab 23:00 Uhr MEZ durchgeführt worden, bei der die Spanne der Lufttemperatur zwischen 18,0 und 23,9 °C lag (Karte 5-1). Das Gebiet der Messfahrt umfasst zum einen die sehr dicht bebaute Innenstadt sowie die Stadtteile Wanne und Crange, die ebenfalls dicht bebaut sind. Demgegenüber wurde der Stadtteil Holthausen in Sodingen durchfahren, der überwiegend durch große Freiflächen beeinflusst wird. Das untersuchte Stadtgebiet zeichnet sich durch ein zum Teil enges Nebeneinander von thermisch warmen bis überhitzten und kühlen bis kalten Bereichen aus. Ziel der in diesem Gebiet durchgeführten Messfahrt war es, auf der einen Seite die Ausdehnung der städtischen Wärmeinsel abzugrenzen und auf der anderen Seite zu erfassen, wie weit der kühlende bzw. ausgleichende Einfluss der Grünflächen in die städtische Bebauung hineinreicht.

Klar zum Ausdruck kommt die überhitzte städtische Wärmeinsel in der Innenstadt und im Gewerbegebiet Crange mit Temperaturen von bis zu 23,9 °C. Demgegenüber stehen die kältesten Gebiete entlang des Landwehrweges direkt am Ostbach in Sodingen-Holthausen mit maximal 18,0 °C. Zwischen der innerstädtischen Wärmeinsel und den kältesten Gebieten besteht demnach ein Temperaturunterschied von rund 6 K. Die großen Unterschiede werden in Sodingen an der Grenze zur Innenstadt und in Wanne vom Haldenbereich bis zum Stadtkern besonders deutlich. Dort gibt es einen Temperaturunterschied von bis zu 5 K innerhalb weniger hundert Meter. Generell fallen die Siedlungsgebiete als überwärmte Bereiche auf, wobei selbst in Eickel an diesem Tag nur geringe kühlende Effekte durch Park- und Friedhofsanlagen auftreten.

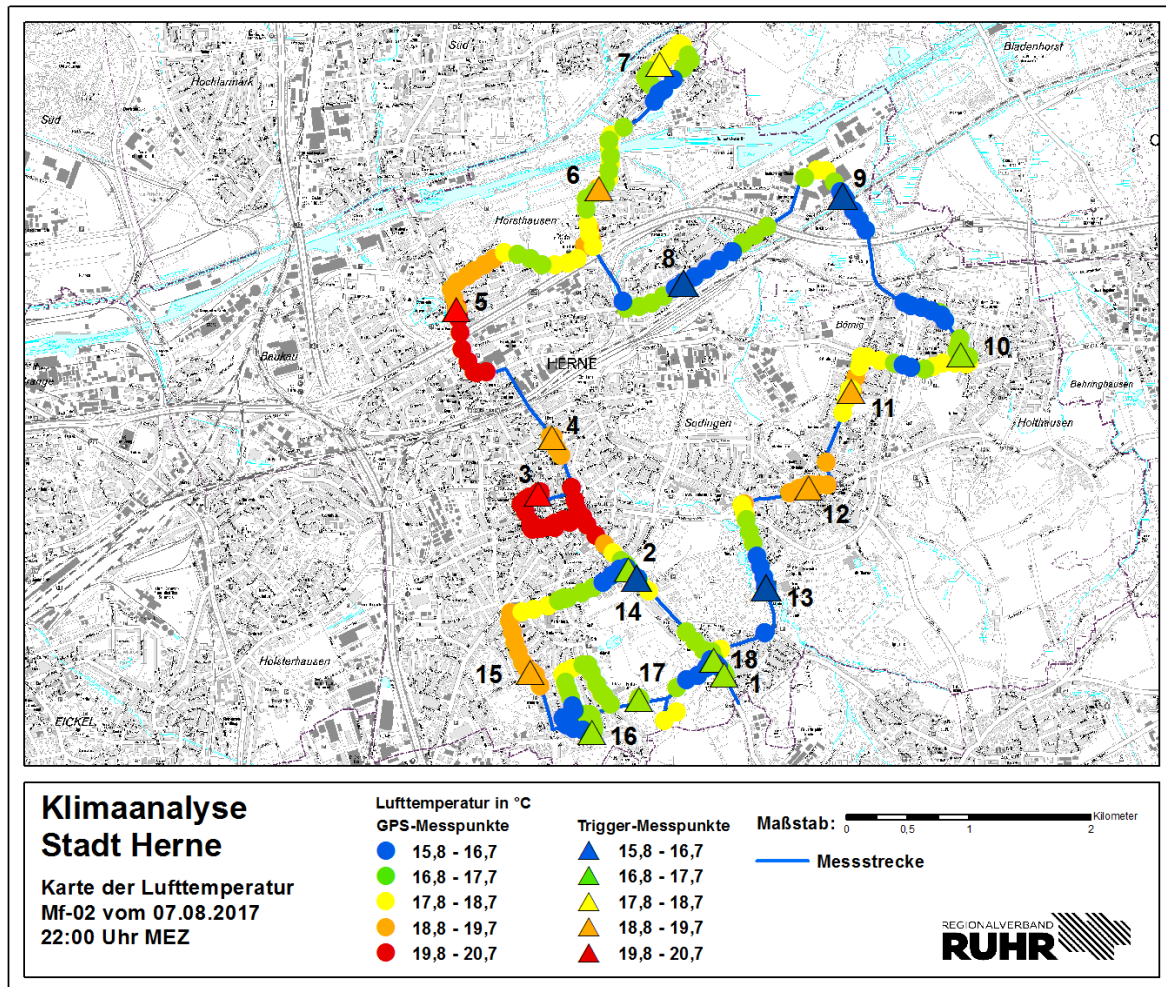


Karte 5-1: Messfahrt Mf-01 am 21.06.2017 um 23:00 Uhr MEZ

Messfahrt 2:

Die zweite Messfahrt erfolgte am 07.08.2017 ab 22:00 Uhr MEZ mit einer Messspanne der Lufttemperatur von 15,8 bis 20,7 °C (Karte 5-2).

Neben der dicht bebauten Innenstadt umfasst das Gebiet dieser Messfahrt den nordöstlichen Siedlungsbereich von Sodingen und das angrenzende Gebiet zum Rhein-Herne-Kanal sowie die Park- und Waldflächen im südöstlichen Teil von Herne.



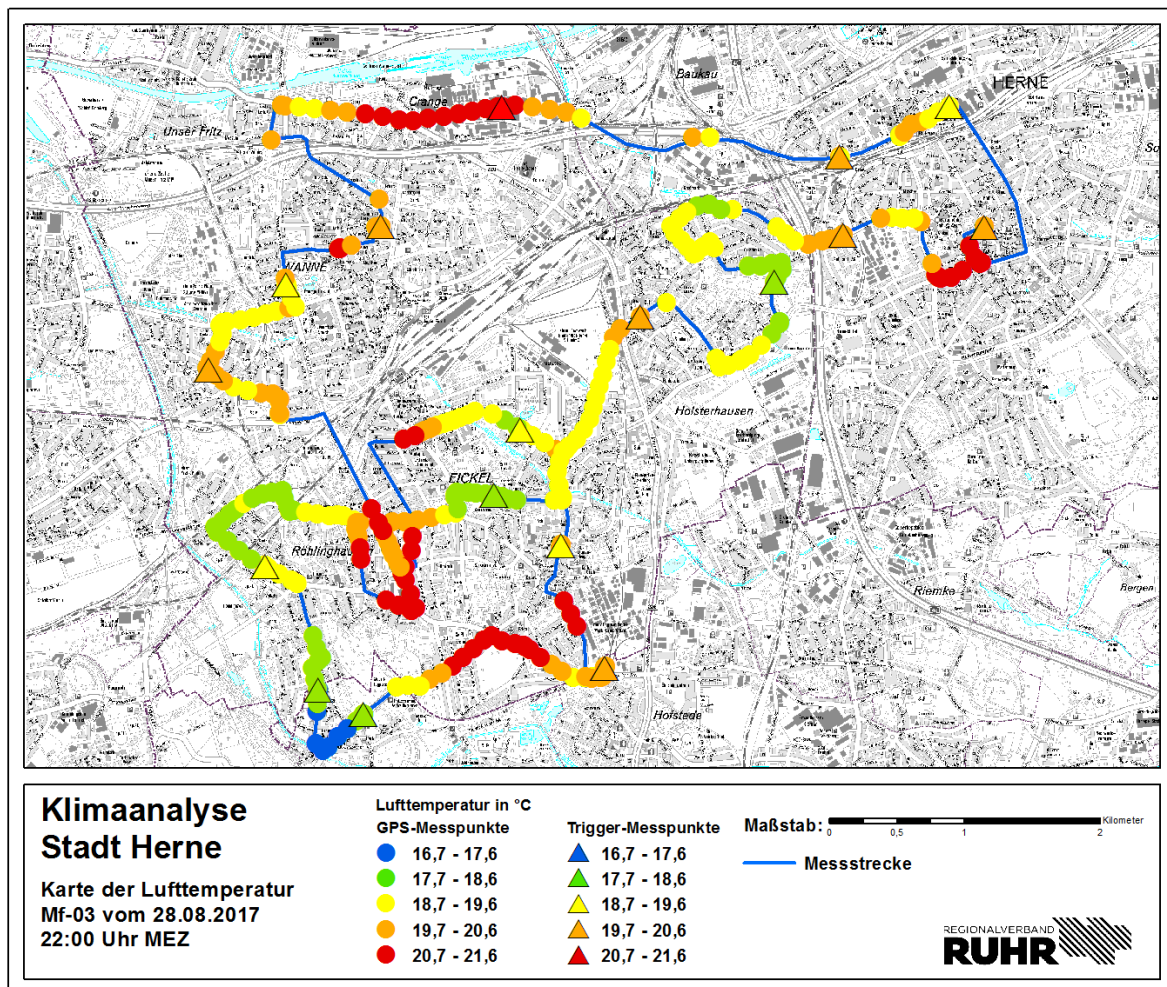
Karte 5-2: Messfahrt Mf-02 am 07.08.2017 um 22:00 Uhr MEZ

Die Messfahrt diente zum einen der Abgrenzung der städtischen Wärmeinsel, zum anderen untersucht sie den Einfluss der Gewässerflächen sowie der am Rande des Stadtgebietes liegenden Park- und Waldflächen auf die Temperatur in den angrenzenden bebauten Stadtgebieten. Insgesamt ergibt sich zwischen den überhitzten und kältesten Bereichen ein Temperaturunterschied von ca. 5 K. Auffällig sind die überwärmten Gebiete in Herne-Mitte. Diese Gebiete erfahren aufgrund der dichten Bebauung eine starke Überwärmung. Im Kontrast dazu stehen die lockerer bebauten Gebiete im Nordosten und Südosten der Stadt. Hier werden auch auf längeren Messfahrtschnitten relativ kühle Temperaturen gemessen. Dabei wirkt sich das Gewässerklimate in erster Linie ausgleichend auf den Tagesgang der Temperatur aus, bei nur geringer nächtlicher Abkühlung aufgrund der hohen Wärmekapazität. Dieser Effekt zeigt sich deutlich im Umfeld des Rhein-Herne-Kanals. Dort haben die Gewässerflächen selber kaum eine abkühlende Wirkung. Daran angrenzend treten im Nordosten in der Nähe der A42 und der Gleisanlagen Kaltluftabflüsse auf. Dieser Bereich zeichnet sich durch deutlich kühlere Temperaturen aus. Grund dafür ist das von zahlreichen

Grünflächen und damit lokaler Kaltluftproduktion durchzogene Siedlungsgebiet in diesem Bereich. Die kältesten Bereiche im Herner Süden lassen sich ebenfalls durch ihre Lage im Wald bzw. im Einzugsgebiet von kaltluft-produzierenden Freiflächen bzw. Park- und Friedhofsanlagen erklären. Insbesondere in der Nähe des Ostbachs im Süden von Sodingen erfahren die bebauten Gebiete durch die umgebenden Grünflächen eine deutliche Abkühlung.

Messfahrt 3:

Am 28.08.2017 ab 22:00 Uhr MEZ wurde die dritte und letzte Messfahrt ausgeführt, bei der sich die Spanne der Lufttemperaturmessungen in einem Bereich von 16,7 bis 21,6 °C lag.



Karte 5-3: Messfahrt MF-03 am 28.08.2017 um 22:00 Uhr MEZ

Die Messfahrt umfasst die Stadtteile Eickel, Wanne, Crange, Herne-Mitte und den nördlichen Teil von Holsterhausen (s. Karte 5-3). Dabei ergab sich zwischen dem kältesten Gebiet in Eickel (Röhlinghausen) sowie in Holsterhausen und den überhitzten Wärmeinseln in Herne-Mitte, Crange, Wanne und Eickel eine Temperaturdifferenz von ca. 4 K. Erneut bestätigt sich hier auch eine Überhitzung der oben genannten Bereiche infolge dichter innerstädtischer

Bebauung sowie Überwärmung von versiegelten Gewerbegebieten. Dort befinden sich Bereiche der höchsten Temperaturklasse. In Teilen von Eickel liegt die Temperatur aufgrund der weniger dichten Bebauung und der Stadtrandlage teilweise bis zu vier Temperaturklassen niedriger als im Bereich der oben genannten städtischen Wärmeinseln. Innerhalb des Stadtteils Eickel sind teilweise sehr große Temperaturunterschiede feststellbar, die auf die Parkanlagen und verschiedene lokale Begebenheiten zurückzuführen sind. Die Bereiche mit den niedrigsten Lufttemperaturen befinden sich ganz im Südwesten des Herner Stadtgebietes und im Bereich Holsterhausen, welche auf eine lokale Kaltluftproduktion und die eher lockere Bebauung mit zahlreichen Grünflächen zurückgeführt werden kann.

Im Vergleich der gemessenen Werte während der drei Messfahrten zum Temperaturmodell FITNAH-3D stimmen die Temperaturbereiche bis auf wenige Ausnahmen sehr gut überein. Insbesondere die Wärmeinseln in Crange und Herne-Mitte werden sowohl im Modell als auch in den Messdaten gut abgebildet. Jedoch zeigen die Messdaten vor allem an den Siedlungsrändern, dass dort teilweise Kaltlufteinflüsse eine etwas stärkere Ausprägung haben als im Modell berechnet. So liegen die Messwerte der Messfahrt 2 im Bereich des Messpunktes 8 entlang der Bahntrasse in einem vergleichsweise niedrigeren Temperaturbereich als im Modell ausgewiesen. Auch die Messwerte im Gebiet um den Ostbach im Südosten von Herne deuten auf eine höhere lokale Kaltluftproduktion hin als im Modell angegeben. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die meteorologischen Bedingungen während der Messfahrten nicht gänzlich der im Modell untersuchten Wetterlage entsprechen können (Modellannahme: Sommertag, keine Bewölkung, kein übergeordneter Wind).

6 Klimaanalysekarte

Die Klimaanalysekarte stellt eine flächenhafte Bewertung der klimatischen und lufthygienischen Verhältnisse im Stadtgebiet von Herne 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 6.1 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 11) zur Erhaltung und Förderung günstiger klimatischer Verhältnisse auf der Ebene des gesamten Stadtgebietes sowie für einzelne Stadtbezirke dient. Nachfolgend werden zunächst die unterschiedlichen Darstellungsebenen sowie deren einzelne in der Klimaanalysekarte abgebildete Elemente erläutert und anschließend die Gliederung des Stadtgebietes anhand der Klimaanalysekarte beschrieben.

6.1 Darstellungsebenen der Klimaanalysekarte

Die **erste Darstellungsebene** beinhaltet die flächenhafte klimatische Differenzierung des Stadtgebietes von Herne 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 Bau- 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 Klimateigenschaften ausgewiesen, welche Modifikationen der Klimatopeigenschaften beschreiben. Diese können beispielweise durch lokale Reliefstrukturen hervorgerufen werden und entweder zusätzliche Funktionen oder eine besonders starke Ausprägung bzw. Bedeutung bestimmter Klimatopeigenschaften darstellen.

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

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

6.1.1 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 einem 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 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 ☺ geringe thermische und bioklimatische Belastung im Uferbereich	☹ nächtliche Kaltluftmassen können beim Überströmen von Wasserflächen erwärmt werden ☹ bioklimatisch günstige Situation ist auf den Ufersaum beschränkt
--	--

Freilandklima

Dieser Klimatotyp stellt sich über landwirtschaftlichen Nutzflächen, Wiesen sowie Weiden und Brachflächen, 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 rauigkeitsarme Struktur aufweisen, können die kühleren und unbelasteten Luftmassen bei geeigneten Windrichtungen oder Reliefausprägungen in die aus bio- und immissionsklimatischer Sicht stärker belasteten Gebiete transportiert werden und eine hohe Ausgleichswirkung einnehmen. Die Kaltluftproduktivität einer Freifläche hängt dabei entscheidend von den Eigenschaften des Untergrundes, wie etwa den thermischen Bodeneigenschaften (Wärmeleitfähigkeit und -kapazität), der Farbe der Oberfläche, der Dichte des Bodensubstrates, dem Luft- und Wassergehalt, dem Porenvolumen sowie der Bodenbedeckung bzw. der Vegetation ab.

Freilandklima	
klimatestische Gunstfaktoren	klimatestische Ungunstfaktoren
☺ 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	☹ Winddiskomfort bedingt durch geringe Rauigkeit möglich ☹ Bodeninversionen während autochthoner Strahlungsnächte fördern das Immissionspotential

Waldklima

Typische Ausprägungen des Waldklimas sind stark gedämpfte Tagesgänge der Lufttemperatur und -feuchte. Man spricht hier von einem Bestandsklima, welches sich infolge der 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 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
☺ ausgeglichenes Stammraumklima aufgrund des gedämpften Tagesgangs der Lufttemperaturen bei allgemein kühleren Temperaturen ☺ sehr geringe thermische und bioklimatische Belastung ☺ Lufruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen ☺ keine Emissionen ☺ Frischluftentstehungsgebiete ☺ Kaltluftentstehung im oberen Kronenraum ☺ Filterfunktion für gas- und staubförmige Luftschadstoffe ☺ wertvolle Regenerations- und Erholungsräume	☹ aufgrund hoher Oberflächenrauigkeit keine Luftleitfunktion; Barrierewirkung für Luftmassentransporte möglich ☹ Kaltluftabfluss nur bei ausreichend hoher Reliefneigung möglich

Parkklima

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

Parkklima	
klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
☺ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit	☹ das günstige Bioklima begrenzt sich häufig auf die Fläche selbst (bei kleinen Flächen, „Oaseneffekt“)

☺ 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	☹ oftmals geringe Fernwirkung (≤ 200 m)
--	---

Vorstadtklima

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

Vorstadtklima	
klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
☺ die Nähe zu klimatischen Ausgleichsflächen begünstigt die Zufuhr kühlerer und frischerer Luftmassen ☺ eine starke Abkühlung in der Nacht wirkt der Ausbildung „heißer Nächte“ entgegen, sodass ein optimales Wohn- und Schlafklima resultiert ☺ hohe Variabilität der Mikroklimata durch das Nebeneinander unterschiedlich stark verdichteter Wohngebiete (Einfamilienhäuser, lockere Reihenhausbauung, offene Bauungsstrukturen) sowie Park- und Grünflächen	☹ 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 durchgrünt zu bezeichnen. Durch die relative Nähe zu klimatischen Ausgleichsräumen ist eine Frisch- und Kaltluftzufuhr weitgehend auch während gradientschwacher Wetterlagen gewährleistet. Hieraus resultieren eine nur schwache Ausprägung von Wärmeinseln und ein zumeist ausreichender Luftaustausch infolge nur geringer Windfeldveränderungen, was in der Regel gute bioklimatische Bedingungen in diesen Stadtbezirken gewährleistet. Vereinzelt können allerdings 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.

Stadttrandklima	
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 Mikroklimata durch das Nebeneinander unterschiedlich stark verdichteter Wohngebiete (Einfamilienhäuser, lockere Reihenhausbauung, offene Bebauungsstrukturen) und Grünflächen	☹ punktuell erhöhte Immissionen in Straßen mit Häuserschluchten 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 Strahlungsnächten kommt es bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad (50-70 %), die hohen Oberflächenrauigkeiten und die geringen Grünflächenanteile zu einer Zunahme der Überwärmung. Die dichte städtische Bebauung verursacht somit ausgeprägte Wärmeinseln mit eingeschränkten Austauschbedingungen, die z.T. mit ungünstigen bioklimatischen Verhältnissen und hoher Luftbelastung verbunden sind. Durch die Ausbildung von Wärmeinseln in den Nachtstunden wird ein konvektiver Durchmischungsraum aufrechterhalten, sodass seltener Bodeninversionen auftreten als in den Freilandbereichen und den lockerer bebauten Siedlungsflächen. Neben den Verkehrsemissionen spielt der

Hausbrand in Kaminen und Heizöfen in den Wintermonaten eine entscheidende Rolle für die lufthygienische Situation.

Stadtklima	
klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
☺ Kältestress und Winddiskomfort werden durch die Bebauungsstrukturen reduziert ☺ während Inversionswetterlagen trägt der Wärmeinseleffekt zu einer Aufrechterhaltung eines bodennahen Durchmischungsraumes bei, wodurch bodennahe Luftschadstoffe verdünnt werden ☺ großkronige Bäume senken die Wärmebelastung innerhalb der Wohngebiete	☹ eingeschränkte Austauschverhältnisse sowie Wärmestau durch direkte Sonneneinstrahlung in engen Straßenzügen ☹ erhöhtes Schwülepotezial 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 vor allem 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 den 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 Straßen mit Häuserschluchten und offenen Plätzen führen zu einer hohen bioklimatischen Belastung.

Innenstadtklima	
klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
☺ 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	☹ 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 Straßen mit Häuserschluchten 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.

Gewerbeklima	
klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
☺ nächtlich anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung) ☺ relativ günstige bodennahe Austauschverhältnisse	☹ 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.

Industrieklima	
klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
☺ nächtlich anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung) ☺ relativ günstige bodennahe Austauschverhältnisse	☹ 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

6.1.2 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 klimatopubergreifend 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.

Warme Kuppenzonen

Warme Kuppenzonen 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 Kuppenzonen 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 Kuppenzonen ein hoher Durchlüftungsgrad zuzusprechen.

Bahnanlagen

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

Bodennebel

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

Bioklimatische Entlastung durch 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. Damit können diese Flächen als sehr wertvolle Regenerationsräume für die Bevölkerung und die Tier- und Pflanzenwelt angesehen werden. Darüber hinaus sind viele kleinere parkähnliche Strukturen als bioklimatische Gunsträume wirksam.

Durch das Vorhandensein großkroniger Bäume als natürliche Schattenspenden werden Belastungen durch Hitzestress und Schwüle abgemildert. Auch die nächtliche Kaltluftbildungsrate der 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 im Allgemeinen abhängig vom Mikrorelief und der Randbebauung bzw. Randbepflanzung.

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.

Windfeldveränderungen

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

Vertikalaustausch

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

6.1.3 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 geschlossenen 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.

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.

6.1.4 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.

6.2 Gliederung der Stadt Herne anhand der Klimaanalysekarte

Karte 6-1 zeigt die Klimaanalysekarte für das Stadtgebiet von Herne (Hinweis: Ein großformatiger Ausdruck ist diesem Gutachten zusätzlich beigelegt.) und Abb. 6-1 die unterschiedlichen Flächenanteile der Klimatope sowie der Verkehrstrassen. Die Klimatope weisen eine sehr heterogene Verteilung im Stadtgebiet von Herne auf. Dabei wird deutlich, dass das Parkklima mit 24,5 % den größten Flächenanteil im Stadtgebiet einnimmt. 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 eine starke Heterogenität und es wird im Vergleich zu anderen Stadtbezirken ein Mangel an Parkklimatopen besonders im Stadtbezirk Herne Mitte deutlich. Zwar grenzt dieser zentrale Bezirk im Süden an Freiflächen, allerdings fehlt es innerhalb des Gebietes an Grünflächenvernetzungen von Parkanlagen in die Innenstadtbereiche hinein (vgl. Kapitel 7.2),

sodass die klimatischen Ausgleichsfunktionen im Wesentlichen auf die vergleichsweise kleinen Parkflächen selbst beschränkt bleiben. Die Bebauungsstrukturen der anderen Stadtbezirke, selbst von den stark bebauten Bezirken Eickel und Wanne, weisen zumindest eine Auflockerung und Durchmischung von bebauten Klimatopen und Parkklimatopen auf. Dies äußert sich u.a. teilweise in der nächtlichen Überwärmung, welche in diesen Bereichen teilweise geringer ausfällt als in dem mit Grünflächen unterversorgten Stadtbezirk Herne Mitte (vgl. Karte 3-1 in Kapitel 3.1).

Die Flächenanteile des Freilandklimas betragen etwa 10,2 % in Herne. Dies liegt im Wesentlichen an den großflächigen und weitestgehend zusammenhängenden landwirtschaftlich genutzten Bereichen im Südosten des Stadtgebietes. Die dort befindlichen Freilandklimatope stellen potenzielle Frisch- und Kaltluftproduktionsgebiete und somit wichtige klimatische Ausgleichsräume dar, da das Relief in Richtung der Siedlungskörper geneigt ist und dementsprechend während sommerlicher Strahlungswetterlagen reliefbedingt nächtliche Kaltluftabflüsse in die angrenzende Bebauung möglich sind. Bei entsprechendem übergeordnetem Windfeld können zudem Frischluftmassen in die stärker bebauten und dadurch belasteten Klimatope transportiert werden und dort für eine Verbesserung der Luftqualität sorgen.

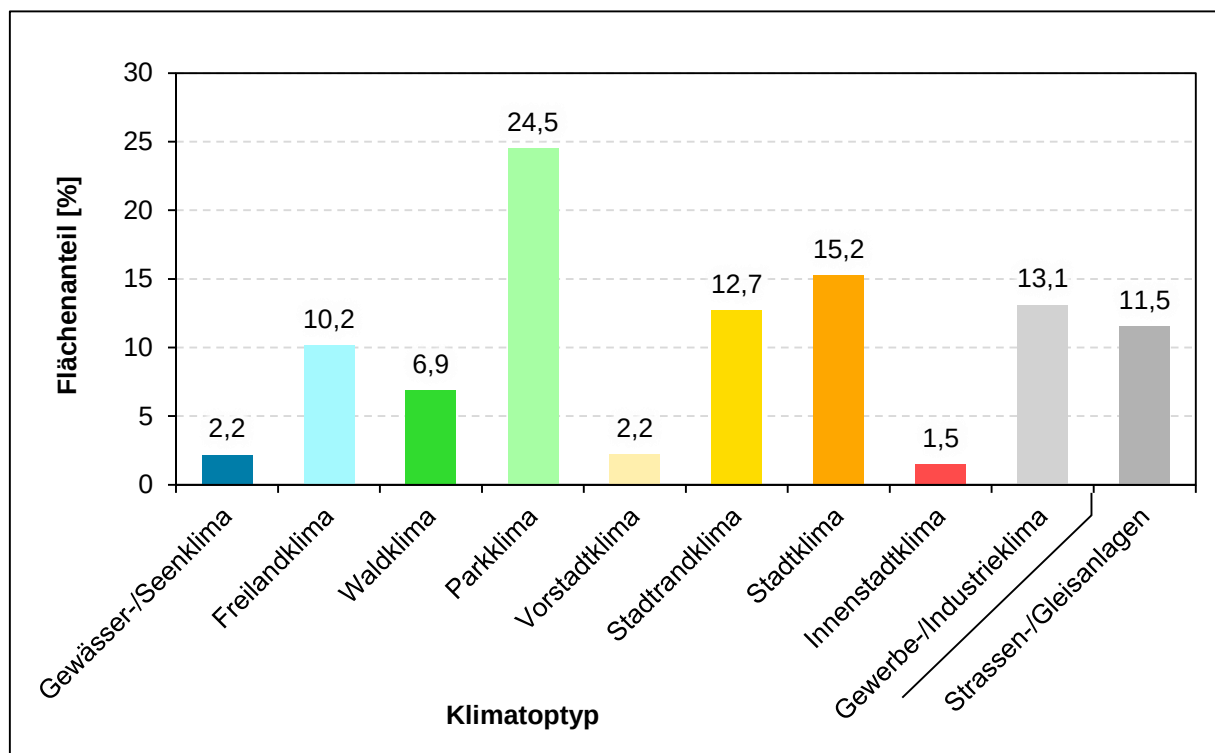


Abb. 6-1: Flächenanteile der Klimatope und Verkehrstrassen im Stadtgebiet von Herne

Reliefbedingte nächtliche Kaltluftabflüsse (Hangabwinde) können daher von den Freiflächen im Bereich des Revierparks Gysenberg und Holthausen auftreten. Die Kaltluftmassen aus diesen Gebieten können in die locker bebauten Gebiete von Sodingen und in den südlichen Bereich von Herne Mitte fließen. Des Weiteren sind kleinräumig reliefbedingte Kaltluftabflüsse von den Halden in Wanne und Eickel möglich.

Etwa 6,9 % beträgt der Waldklimaflächenanteil in Herne. Insbesondere den 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 Herne sind diesbezüglich insbesondere der Gysenberger Wald, die Naturschutzgebiete Resser Wäldchen und Voßnacken, sowie das kleinere Waldgebiet Langeloh hervorzuheben.

Die Gewässer-/Seenklimatope nehmen mit 2,2 % einen geringen Flächenanteil im Stadtgebiet ein und beschränken sich im Wesentlichen auf den Verlauf des Rhein-Herne-Kanals. In Teilbereichen kann hier allerdings eine Funktion als Luftleitbahn zugesprochen werden. Hinzu kommen kleinere Wasserflächen, wie etwa im Wanner Stadtgarten, dem Dorneburger Park in Eickel und die an den Ostbach grenzenden Seen in Sodingen, deren positive klimatische Auswirkungen aufgrund der geringen Größe der Wasserkörper aber lediglich auf die unmittelbare Umgebung im Uferbereich beschränkt sind.

Zusammen betrachtet nehmen die Klimatope der klimatischen Ausgleichsräume (Freiland-, Wald-, Park- und Gewässer-/Seenklima) ca. 43,7 % des Stadtgebietes ein. Während weitere 11,5 % der Gesamtfläche durch Straßen- und Gleisanlagen versiegelt sind, entfallen etwa 44,7 % auf die bebauten Klimatope (Vorstadt-, Stadtrand-, Stadt-, Innenstadt- und Gewerbe-/Industrieklima). So nimmt hinter den Parkklimatopen den zweitgrößten Flächenanteil im Stadtgebiet das Stadtklima mit etwa 15,2 % ein. Insbesondere in den Stadtbezirken Herne Mitte, Eickel und Wanne überwiegt dieser Klimatoptyp gegenüber den anderen.

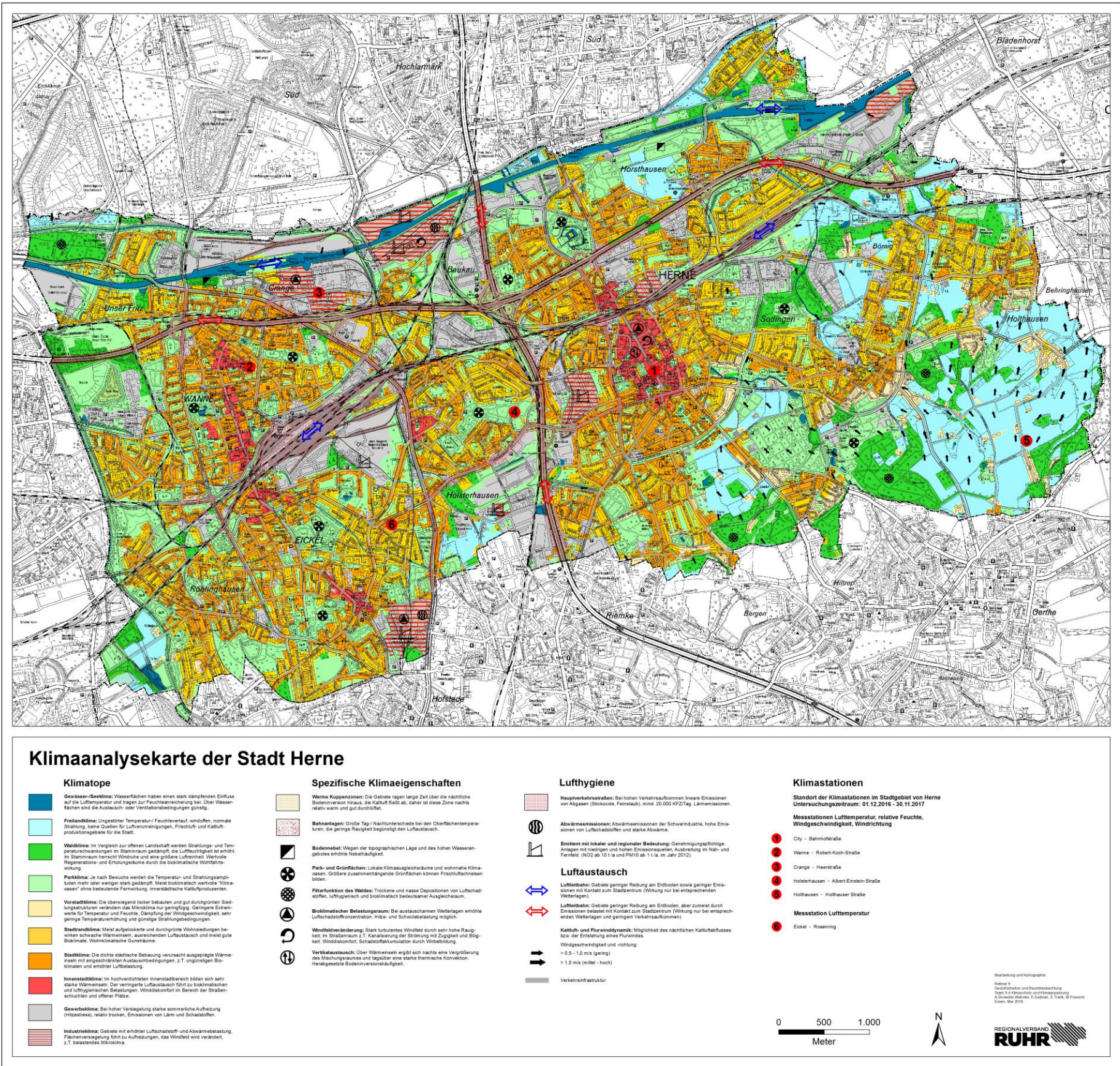
Aufgrund der in weiten Teilen des Stadtgebietes vorherrschenden verdichteten und versiegelten Bebauungsstruktur dominieren das Stadtrand- (12,7 %) und Stadtklima (15,2 %) die Siedlungsbereiche von Herne. Das Vorstadtklima (2,2 %) ist zumeist an den Siedlungsrändern im Übergangsbereich zu angrenzenden klimatischen Ausgleichsräumen wie dem Freiland, Parks oder Wäldern vorzufinden. In der Regel geht das Vorstadtklima mit zunehmender Entfernung zum angrenzenden Ausgleichsraum in Richtung Siedlungskern aber sehr schnell in ein Stadtrand- oder bei starker baulicher Verdichtung auch direkt in ein Stadtklimatop über. Allerdings können kleinere Siedlungen, die von klimatischen Gunsträumen

nahezu umschlossen werden, wie beispielsweise in Holthausen, auch vollständig dem Vorstadtklimatop zugeordnet werden.

Weite Teile der Siedlungsgebiete in Sodingen und in Eickel sind dem Stadtrandklima, welches grundsätzlich mit noch verhältnismäßig günstigen bio- und immissionsklimatischen Bedingungen charakterisiert werden kann, zuzuordnen. Aus bioklimatischer Sicht stärker belastete Räume stellen die Bereiche der Stadt- und Innenstadtklimatope dar, welche eine hohe Versiegelung und einen geringen Grünflächenanteil aufweisen. Sie nehmen mit den schon erwähnten 15,2 % (Stadtklima) bzw. 1,5 % (Innenstadtklima) insgesamt einen relativ großen Anteil an der gesamtstädtischen Fläche ein und umfassen im Innenstadtbereich ein größeres, zusammenhängendes Areal, welches zudem noch einige kleinere Flächen des bioklimatisch ebenfalls als ungünstig zu bewertenden Gewerbeklimatops beinhaltet. Die starke Überbauung und die dadurch erhöhte Oberflächenrauigkeit können starke Modifikationen des Windfeldes im Innenstadtbereich bedeuten. Dies kann einerseits durch eine erhöhte Turbulenz und Böigkeit sowie Kanalisierungseffekte im Straßenraum zu Winddiskomfort führen, andererseits kann durch eine insgesamt eingeschränkte Durchlüftungssituation (vgl. Karte 3-7 in Kapitel 3.6) eine Schadstoffakkumulation erfolgen. 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 führen. Insgesamt resultiert dies in einer Ausweisung des Innenstadtbereichs als bioklimatischer Belastungsraum. Weitere bioklimatische Belastungsräume wurden u.a. im Gewerbe- bzw. Industriegebiet in Crange (STEAG GmbH), im zentralen (E.ON Kraftwerke GmbH) und im südlichen Eickel (Evonik Degussa GmbH) und in Herne Mitte (Ruhrkohle AG) ausgewiesen. Hier führten die sehr hohe Versiegelung, das nahezu vollständige Fehlen von Grünflächen sowie die Ansiedlung von Lärm- und Schadstoffemittenten zu dieser Bewertung.

Die Autobahnen 42 (in Ost-West-Richtung) und 43 (in Nord-Süd-Richtung) können auch, obwohl sie häufig durch Emissionen belastet sind, bei entsprechend windschwachen Wetterlagen und bei gleichzeitig geringem Verkehrsaufkommen als Luftleitbahnen zum Stadtzentrum dienen. Im Gegensatz zu den überwiegend unbelasteten Luftleitbahnen (blaue Pfeile, über den Gleisanlagen und dem Rhein-Herne-Kanal) sind diese überwiegend belasteten Leitbahnen mit roten Pfeilen kenntlich gemacht. Das größte Potenzial besitzen die Leitbahnen im Nordosten, da dort größere Freiflächen in unmittelbarer Nähe anschließen und Kaltluft zum Stadtzentrum hin unter den genannten Bedingungen transportieren können.

Abschließend zeigt sich anhand der Bebauungs- und Bevölkerungsdichte im Stadtgebiet von Herne, dass das Stadtgebiet und auch die umliegenden Gebiete der Nachbarstädte überwiegend sehr eng bebaut sind und zusätzliche Ausgleichsflächen dementsprechend nur sehr begrenzt zur Verfügung stehen.



Karte 6-1: Klimaanalysekarte der Stadt Herne

7 Karte der klimaökologischen Funktionen

Neben der Klimaanalysekarte (siehe Kapitel 6), 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 Herner Stadtgebietes erfolgt.

7.1 Darstellungsebenen der Karte der klimaökologischen Funktionen

Die Karte der klimaökologischen Funktionen (siehe Karte 7-1; Hinweis: Ein großformatiger Ausdruck ist diesem Gutachten zusätzlich beigelegt.) 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 Herne, differenziert in Frischluftzufuhrbereiche sowie reliefbedingte Kaltluftabflüsse und nutzungsbedingte Ausgleichsströmungen (Flurwinde).

7.1.1 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 6) 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.

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

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

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

7.1.3 Belüftung

Die Luftaustauschbeziehungen im Stadtgebiet von Herne, 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 ($0,3 - 0,5 \text{ m/s}$), gering ($0,5 - 1,0 \text{ m/s}$) und mittel bis hoch ($> 1,0 \text{ m/s}$). Strömungsgeschwindigkeiten unterhalb von $0,3 \text{ m/s}$ werden als unbedeutend eingestuft und daher nicht dargestellt.

7.2 Gliederung der Stadt Herne 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 6.2 beschriebenen Klimatopausbreitung. Demnach ergeben sich in den Gewerbe- bzw. Industriebereichen sowie fast im gesamten Stadtbezirk Herne Mitte ungünstige bis sehr ungünstige bioklimatische Verhältnisse, während in den Stadtbezirken Wanne und Eickel vorwiegend ungünstige bioklimatische Bedingungen in den Siedlungsbereichen herrschen. Im Stadtbezirk Sodingen liegen überwiegend günstige bis sehr günstige Bedingungen vor.

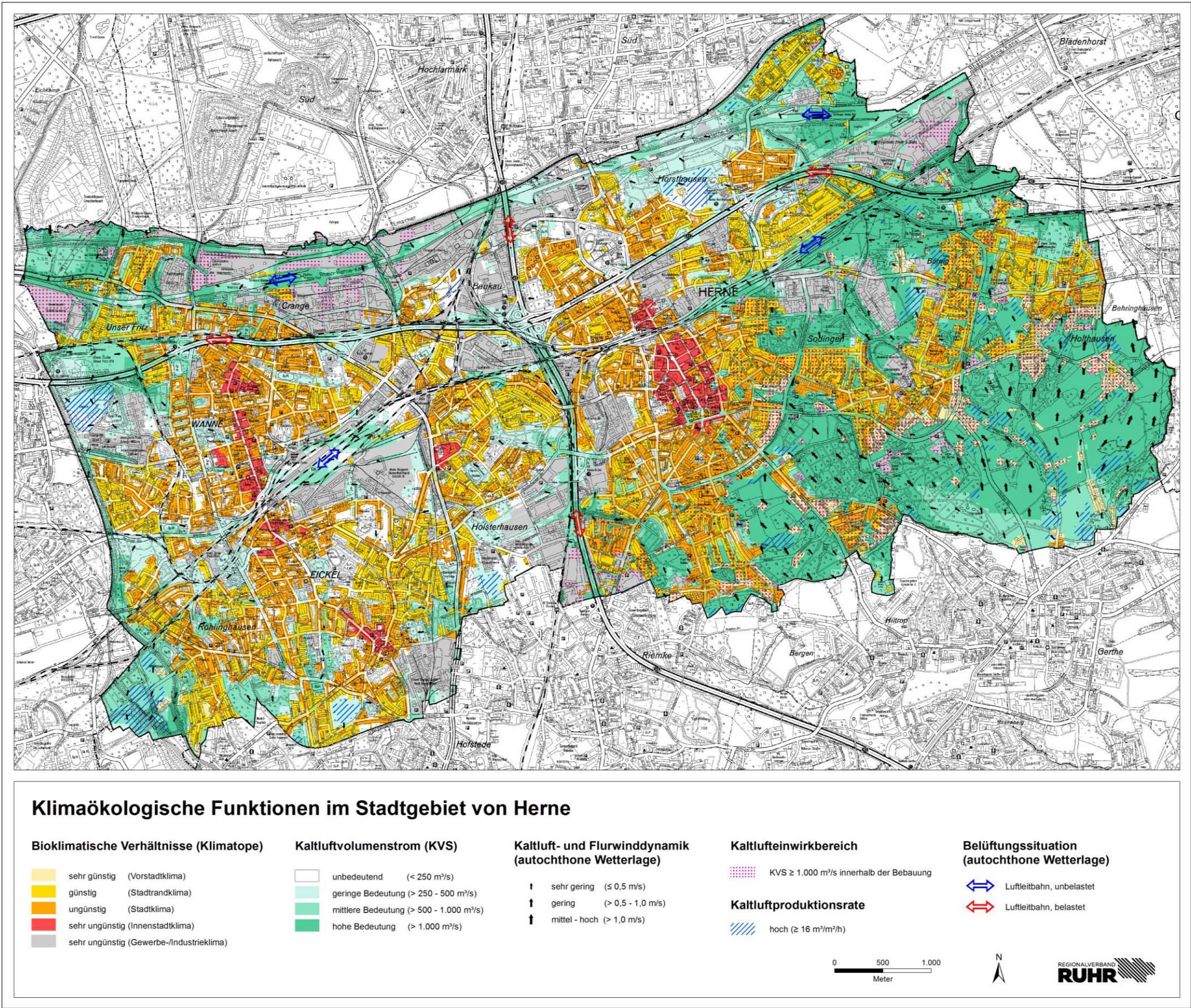
Zur Beurteilung der klimaökologischen Ausgleichsfunktion der Frei-, Wald- und Parkflächen wurden der Kaltluftvolumenstrom, die Kaltluftproduktionsrate, die Flur- und Kaltluftdynamik (Strömungsrichtung und -geschwindigkeit) sowie der Kaltlufteinwirkungsbereich (Eindringtiefe der Kaltluftmassen in die angrenzende Bebauung) unter Berücksichtigung der in Kapitel 7.1.1 bis 7.1.3 aufgeführten Kriterien herangezogen. Zusätzlich ist die Belüftungssituation während autochthoner Wetterlagen in Form von Luftleitbahnen dargestellt. Folgende Erkenntnisse und Bewertungen resultieren aus der Karte der klimaökologischen Funktionen (siehe Karte 7-1):

- Die relativ großen Freiflächen im Südosten von Sodingen weisen in Teilen eine hohe Kaltluftproduktionsrate auf. Aufgrund der Reliefenergie und der Größe der Freifläche können sich Kaltluftvolumenströme mit hoher Bedeutung bilden und auch dementsprechend mittlere bis hohe Strömungsgeschwindigkeiten entstehen. Die Kaltluftdynamik weist eine den Siedlungsbereichen Sodingens zugewandte, d.h. eine südliche Strömungsrichtung auf. Daher beinhalten diese klimatischen Gunsträume auch gleichzeitig eine klimaökologische Ausgleichsfunktion für die Wohnbebauung in Sodingen und teilweise Herne Mitte. So gibt es in den Siedlungen von Sodingen große zusammenhängende Kaltlufteinwirkungsbereiche, da diese Gebiete nicht so dicht bebaut sind. Der konkrete Kaltlufteinwirkungsbereich beschränkt sich in Herne Mitte nur auf die Siedlungsränder, was auch durch die stellenweise Ausweisung des Vorstadtklimatops bzw. der sehr günstigen bioklimatischen Verhältnisse zum Ausdruck gebracht wurde.
- 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 kann die Eindringtiefe der Kaltluft in die Bebauung einige hundert Meter betragen. Sehr kleine Siedlungen oder Teilgebiete von Siedlungen, wie z.B. in Börnig oder Holthausen, können vollständig durchströmt werden, sodass hier auch während sommerlicher Hochdruckwetterlagen eine ausreichend kühlende Belüftung gewährleistet ist.

- Über Teilen des Rhein-Herne-Kanals und um die Gleisanlagen sowie im Bereich der A42 im östlichen Teil des Stadtgebietes wurden ebenfalls Kaltluftvolumenströme mit hoher Bedeutung simuliert. Die überwiegend östliche Strömungsrichtung ist einer Kaltluftversorgung der östlichen Ortsteile von Herne Mitte dienlich.
- Eine hohe Kaltluftproduktionsrate wurde zudem über den landwirtschaftlich genutzten Flächen in Horsthausen berechnet. Allerdings sind in diesem Bereich überwiegend geringe Kaltluftvolumenströme, ein leicht nach Norden abfallendes Gelände und somit kein ausgewiesener Kaltlufteinwirkbereich in den südlich angrenzenden Siedlungen zu verzeichnen.
- Weitere Kaltluftlieferanten mit hoher Produktivität sind die Halden in den westlichen Ortsteilen Unser Fritz und Röhlinghausen. Die nächtlich abfließenden kühlen Luftmassen können in die angrenzenden Flächen der Wohnbebauung eindringen und für eine nächtliche Abkühlung der tagsüber aufgeheizten Bereiche sorgen.
- Darüber hinaus gibt es im Cranger Gewerbegebiet aufgrund der direkten Nähe zum Rhein-Herne-Kanal größere zusammenhängende Kaltlufteinwirkbereiche. Da der Wirkbereich aber nicht das vollständige Gewerbegebiet durchdringt, gibt es kaum einen Einfluss der potenziellen Kaltluft auf die südlich angrenzenden Siedlungsgebiete in Crange und Wanne.
- Wie im vorangegangenen Kapitel schon erwähnt, können die Gleisanlagen während autochthoner Wetterlagen als unbelastete Luftleitbahnen dienen. Die Autobahnen 42 und 43 können hingegen nur bei geringem Verkehrsaufkommen als (belastete) Luftleitbahnen fungieren.

Der Kaltluftmassentransport kann insbesondere in Börnig über die Gleisanlagen des Güterbahnhofs in Richtung des Stadtbezirks Herne Mitte erfolgen. Der Transport kann dann bis in den nördlichen Teil der Innenstadt hineinreichen, wodurch das Gleisareal unter bestimmten Bedingungen eine Funktion als Belüftungsbahn innehat. Ein Vordringen der Kaltluftmasse aus dem nördlichen Börnig bis in das Zentrum der Innenstadt ist jedoch nicht gegeben, da sich das Gleisareal nach Westen hin verjüngt und die Bebauung im Zentrum zu dicht ist.

- Aufgrund dieser dichten Bebauung, die ebenfalls teilweise in Wanne und Eickel vorliegt, und der dort fehlenden Anbindung an kaltluftproduzierende Freiflächen des Umlandes über zusammenhängende innerstädtische Park- und Grünflächen, sind weite Teile dieser Stadtbezirke mit Kaltluft unterversorgt. Dadurch kann sich keine stark ausgeprägte Flurwinddynamik ausbilden, die die Innenstadtbereiche effektiv mit Kaltluft versorgt.



Karte 7-1: Karte der Klimaökologischen Funktionen im Stadtgebiet von Herne

8 Die Stadt Herne im Zeichen des globalen Klimawandels

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

8.1 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. 8-1) darstellt, hauptsächlich durch den Menschen hervorgerufen werden, d.h. anthropogenen Ursprungs sind (IPCC 2013a).

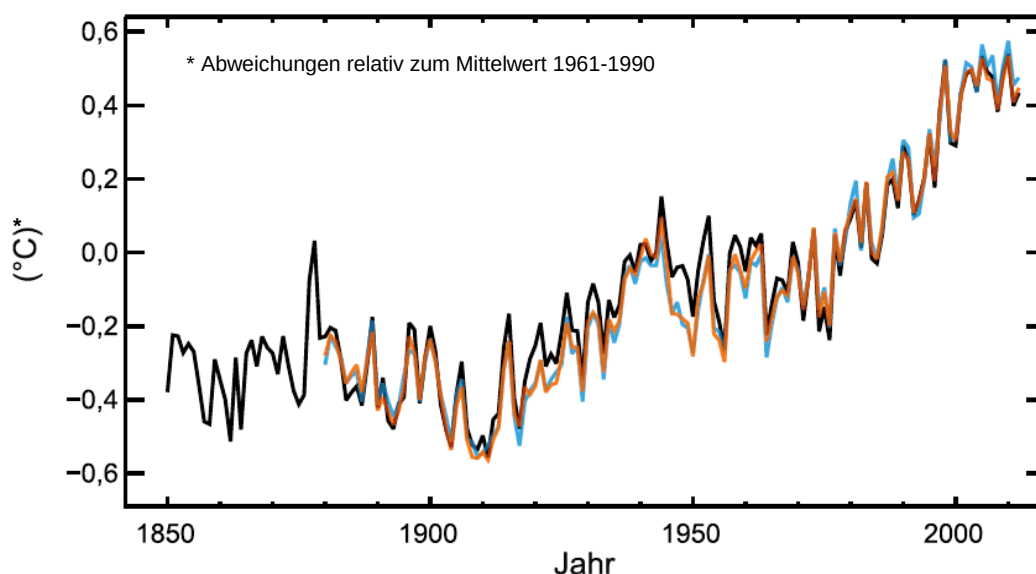


Abb. 8-1: Beobachtete globale mittlere kombinierte Land-Ozean-Oberflächentemperaturanomalie von 1850-2012 (verändert nach IPCC 2013a)

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 Abbildung 8-2 zeigt (IPCC 2013a).

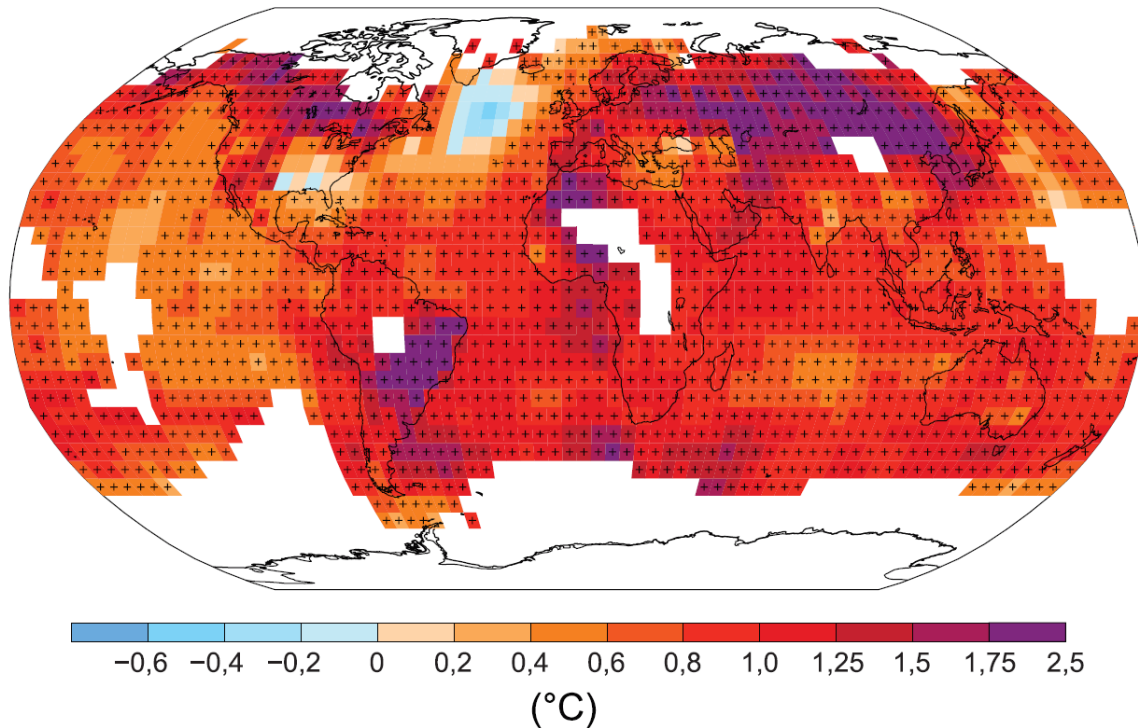


Abb. 8-2: Räumliche Verteilung der beobachteten Veränderung der Erdoberflächentemperatur von 1901-2012 (IPCC 2013a)

Auf den ersten Blick scheint der mittlere globale Temperaturanstieg allein nicht besonders Besorgnis erregend, jedoch wirkt sich dieser in vielfältiger Weise auf die verschiedenen Subsysteme der Erde und deren Wechselwirkungen aus. Beispielsweise konnten in den letzten Jahrzehnten ein Anstieg der Wassertemperatur des oberen Ozeans (0-700 m) sowie regionale Veränderungen der Salzgehalte des Meerwassers beobachtet werden. Die durchschnittliche Geschwindigkeit der Gletscherschmelze hat nahezu weltweit in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Während die mittlere jährliche Ausdehnung des arktischen Meereises und die Ausdehnung der Schneebedeckung in der Nordhemisphäre abgenommen haben, steigen die Temperaturen der Permafrostböden in den meisten Regionen an. Der Temperaturanstieg des Ozeans sowie die Gletscherschmelze bedingen einen Anstieg des Meeresspiegels mit einer in den letzten Jahrzehnten zunehmenden Geschwindigkeit (IPCC 2013a).

Zudem äußert sich der globale Klimawandel nicht nur in einer Zunahme des mittleren globalen Temperaturniveaus, sondern auch durch Veränderungen im Auftreten von

Extremwetterereignissen. So wird seit etwa 1950 beobachtet, dass die Anzahl warmer Tage und Nächte weltweit zugenommen hat, die Häufigkeit von Hitzewellen in Teilen Europas, Asiens und Australiens angestiegen ist und auch die Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen insbesondere in Nordamerika und Europa zugenommen hat (IPCC 2013).

Als Hauptursache für diese beobachteten Klimaveränderungen gelten die anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen (THG) durch die Verbrennung fossiler Energieträger, Landnutzungsänderungen (z. B. Waldrodungen) sowie der Ackerbau und die Viehzucht. Die THG-Emissionen sind infolge des weltweiten Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums seit der vorindustriellen Zeit stark angestiegen, was heute zu den höchsten Konzentrationen in der Atmosphäre seit mindestens 800.000 Jahren führt. Abb. 8-3 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).

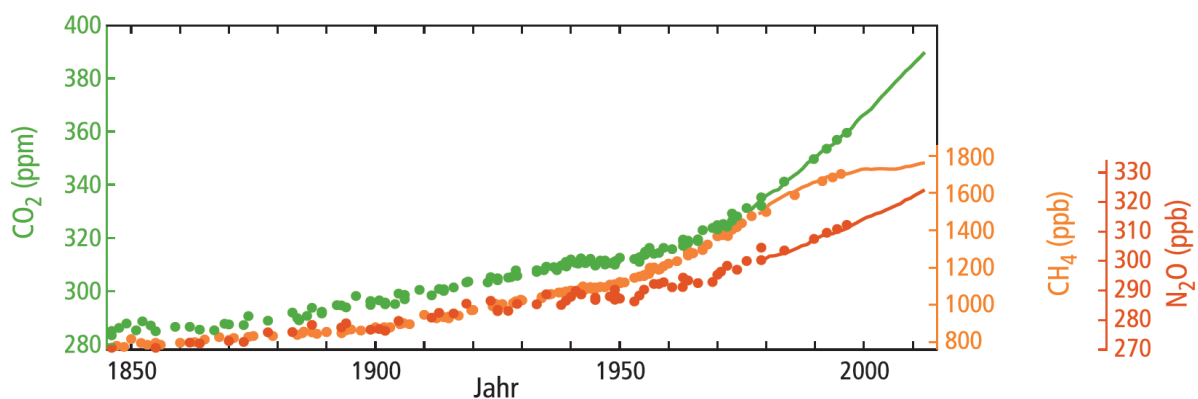


Abb. 8-3: Atmosphärische Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Distickstoffmonoxid (N_2O) (verändert nach IPCC 2014)

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 Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums, der Energie- und Landnutzung, sowie der Einführung neuer Technologien und der Bedeutung der Klimapolitik repräsentiert werden. Alle vier RCPs gehen dabei von einer gegenüber der heutigen Situation höheren atmosphärischen CO_2 -Konzentration im Jahre 2100 aus, allerdings in unterschiedlichem Maße. Während das RCP2.6 ein konsequentes Minderungsszenario darstellt und davon ausgeht, dass die atmosphärische CO_2 -Konzentration ihren Höhepunkt im Jahr 2050 (443 ppm) erreicht und 2100 (421 ppm) nur leicht über den heutigen Werten liegen wird, beschreibt das Szenario RCP8.5 global weiterhin stark ansteigende Emissionen, die 2100 in einer sehr hohen CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre von 936 ppm resultieren. RCP4.5 und RCP6.0 liegen in ihren Annahmen zwischen diesen beiden Extremen (IPCC 2013a; IPCC 2014; Meinshausen et al. 2011).

Laut der Klimaprojektionen führen die zu erwartenden anhaltenden Emissionen von Treibhausgasen zu einer weiteren globalen Erwärmung. Abb. 8-4 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).

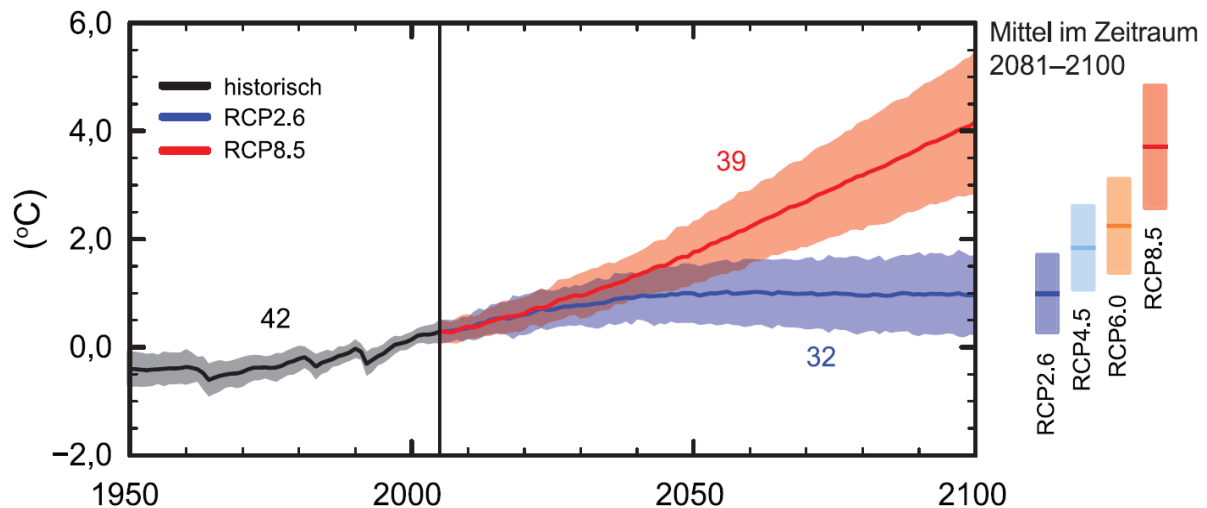


Abb. 8-4: Multimodell-simulierte Änderung der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur von 1950 bis 2100 (verändert nach IPCC 2013a)

Entsprechend den beobachteten Temperaturentwicklungen der Vergangenheit weisen auch die projizierten globalen Erwärmungstrends für das 21. Jahrhundert deutliche regionale Unterschiede auf (vgl. Abb. 8-5). Dabei wird sich das Gebiet der Arktis am stärksten erwärmen und die Erwärmung insgesamt über den Kontinenten im Vergleich zu den Ozeanen höhere Werte einnehmen. Folglich werden sich über den meisten Landregionen warme Temperaturextreme und Hitzewellen mehr 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).

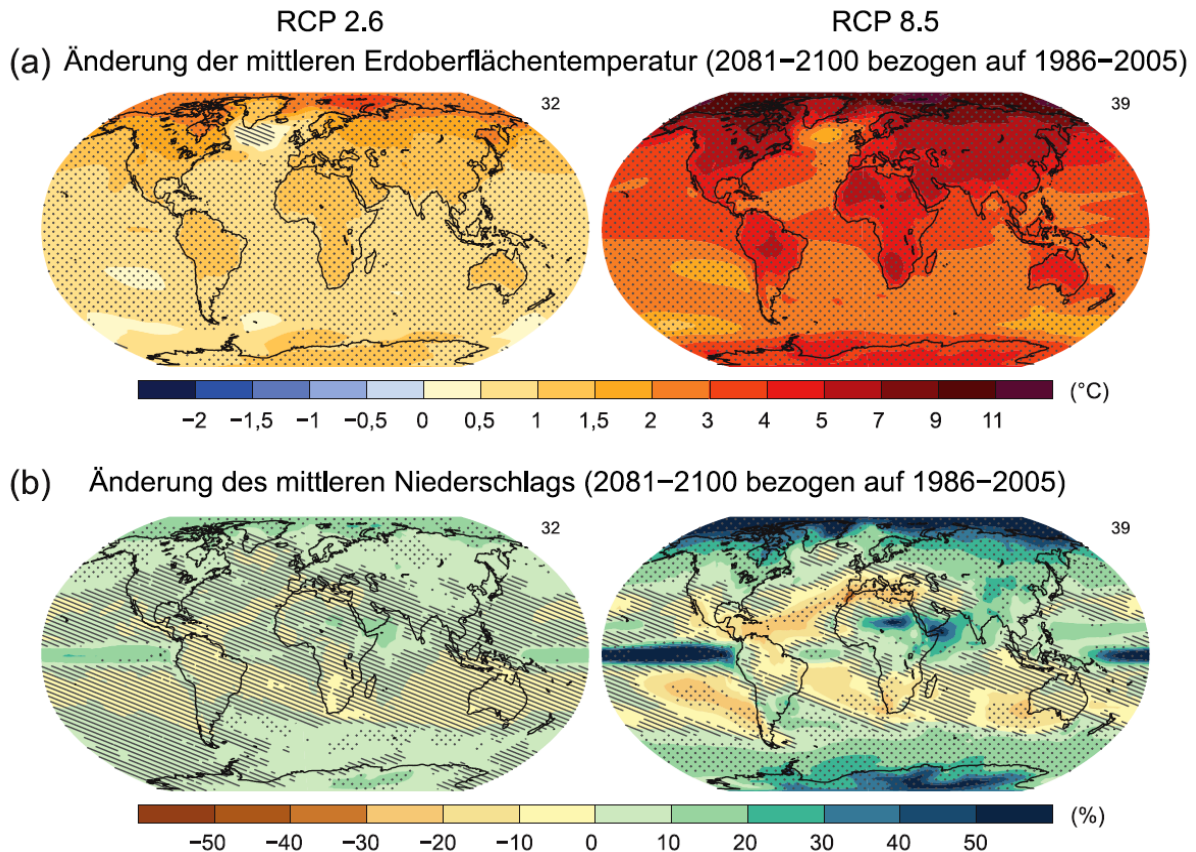


Abb. 8-5: Globale Verteilung der Veränderung der mittleren Erdoberflächentemperatur (a) und des mittleren Niederschlags (b), basierend auf Multimodell-Mittel-Projektionen für 2081–2100 gegenüber 1986–2005 für die Szenarien RCP2.6 und RCP8.5 (IPCC 2013a)

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.

8.2 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 Abbildung 8-6 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 $> 25^{\circ}\text{C}$) 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 $> 30^{\circ}\text{C}$) 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).

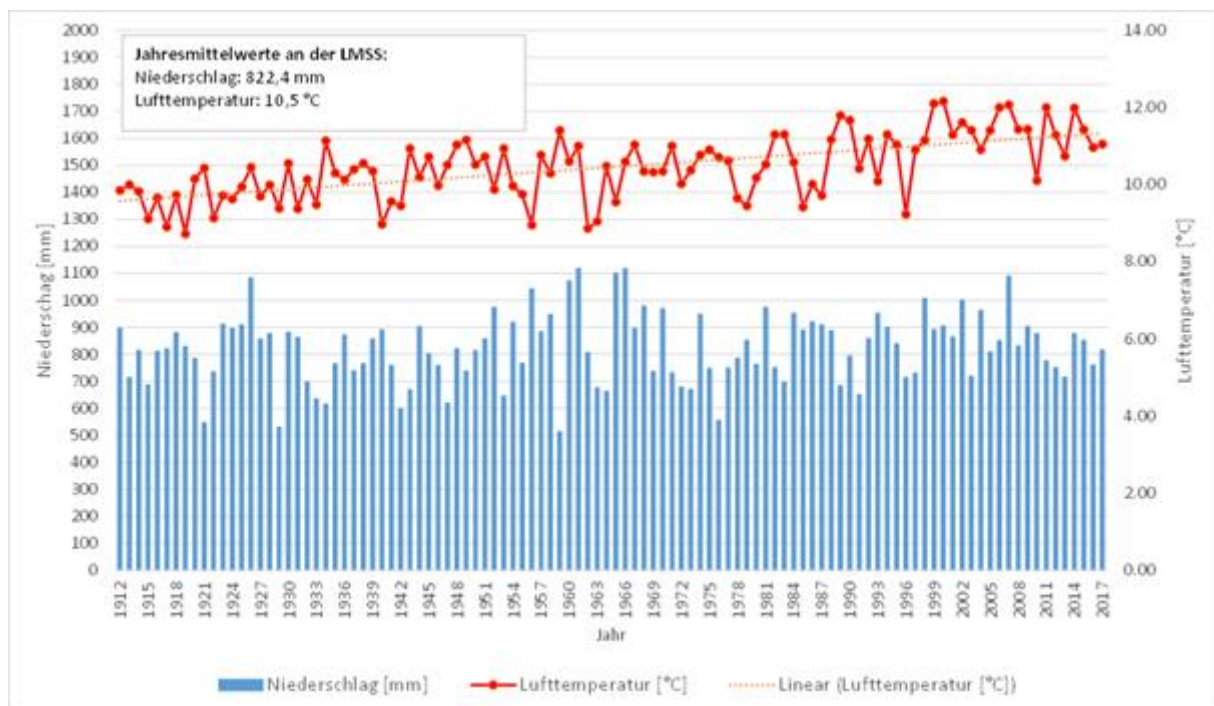


Abb. 8-6: Jährliche Niederschlagssummen und Jahresmitteltemperaturen (1912-2017) der Ludger-Mintrop-Stadtklima-Station (verändert nach Grudzielanek et al. 2011)

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 Abbildung 8-7 und Abbildung 8-8 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 RCP 4.5 und RCP 8.5 dargestellt. Aufgrund der regionalen Berechnung ist das gesamte Ruhrgebiet dargestellt, das Herner Stadtgebiet liegt zentral im Ruhrgebiet. 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 des Zeitraumes 1971-2000. Bezüglich der Jahresniederschlagssummen zeigen beide Szenarien einen Anstieg von bis zu 14,5 %.

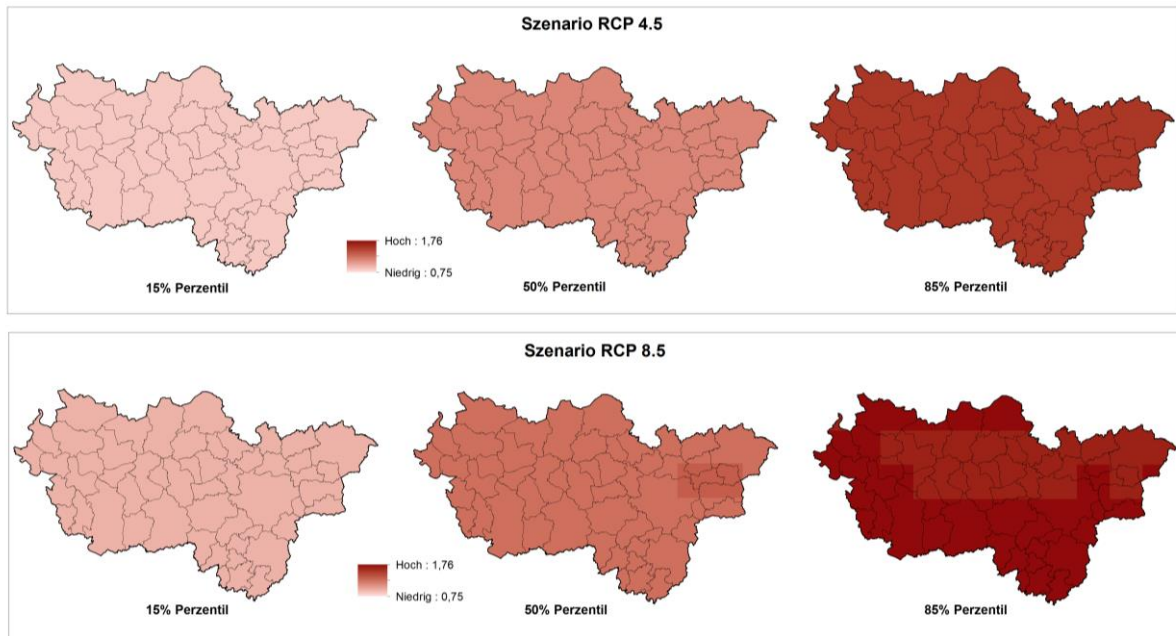


Abb. 8-7: Differenz der Jahresmitteltemperaturen (K) in der Metropole Ruhr zwischen den Klimanormalperioden 1971-2000 und 2021-2050 basierend auf Ensemble-Rechnungen für die Szenarien RCP 4.5 und 8.5

Datenquelle: EURO-Cordex-Projekt (Datengrundlage), DWD (Datenbearbeitung) LANUV (Datenvermittler); Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>

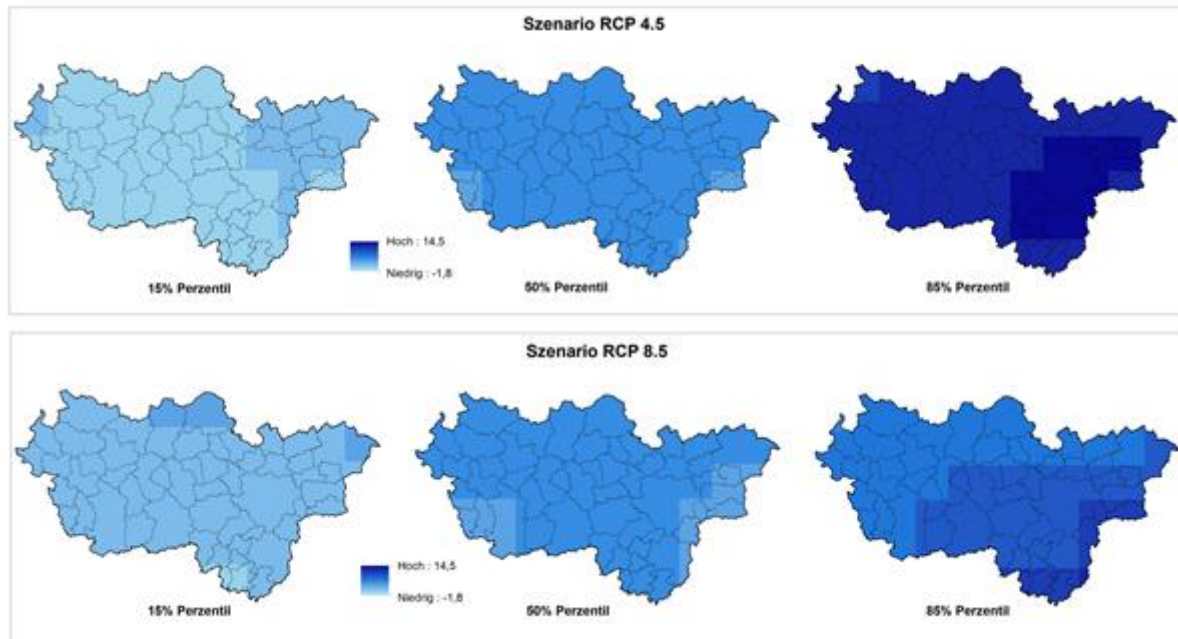


Abb. 8-8: Differenz der mittleren Niederschlagssumme (%) in der Metropole Ruhr zwischen den Klimanormalperioden 1971-2000 und 2021-2050 basierend auf Ensemble-Rechnungen für die Szenarien RCP 4.5 und 8.5

Datenquelle: EURO-Cordex-Projekt (Datengrundlage), DWD (Datenbearbeitung) LANUV (Datenvermittler); Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>

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 8.3 und 8.4 eine Abschätzung zur zukünftigen Entwicklung klimatischer Kennitage sowie der Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Herne gegeben.

8.3 Zukünftige Entwicklung klimatischer Kenntage in Herne

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 Herne 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 ($T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$) für die gegenwärtige und zukünftige klimatische Situation auf Basis der Klimatope zu entwickeln. Dabei wurden die Sommertage für insgesamt acht Klimatotypen 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).

Im Rahmen der vorliegenden Analyse wurden unter Anwendung eines vergleichbaren methodischen Ansatzes zusätzlich die Jahresmitteltemperaturen, die heißen Tage ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$) und die Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^\circ\text{C}$ zwischen 19:00 und 7:00 Uhr MEZ) für unterschiedliche Klimatotypen abgeleitet. Die insgesamt geringe Anzahl an Tropennächten in den Untersuchungsjahren erschwerte allerdings die Differenzierung zwischen Stadtrand- und Vorstadtklimatopen sowie zwischen Freiland-, Park- und Gewässerklimatepen, 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 Herne 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 Karten 8-1 bis 8-4 zeigen auf Basis der für das Stadtgebiet von Herne abgegrenzten Klimatope (siehe Kapitel 6), 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. Karte 8-1) der 30-jährigen Bezugsperioden in den vergangenen Jahrzehnten bereits angestiegen sind und bis Mitte des 21. Jahrhunderts ein weiterer Anstieg zu erwarten ist. Dabei nehmen die Waldklimatope in

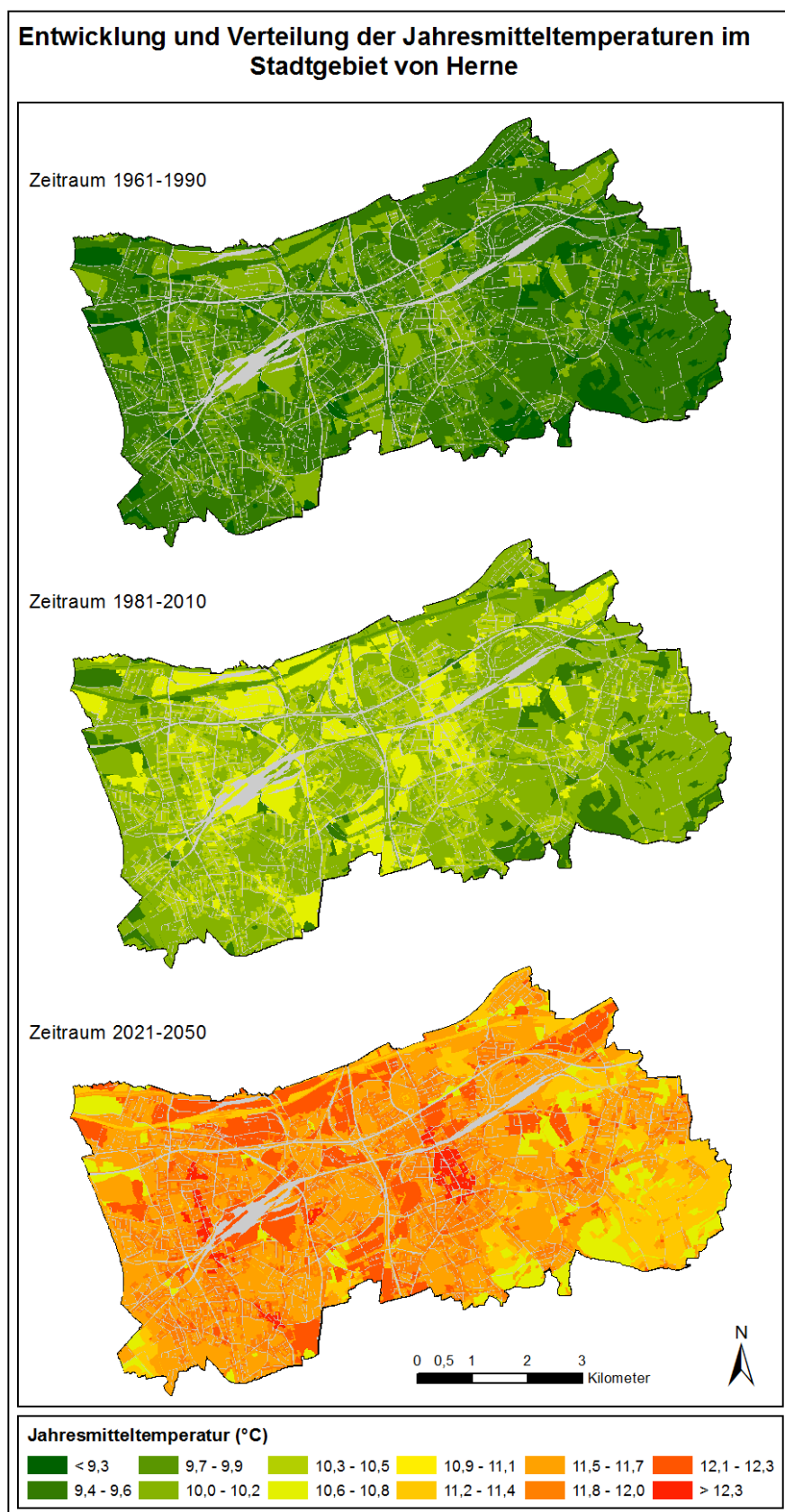
allen drei betrachteten Zeiträumen die geringsten Werte ein, während in den Innenstadtklimatopen jeweils die höchsten mittleren Jahresmitteltemperaturen zu verzeichnen sind. Das 30-jährige Mittel der Jahresmitteltemperatur betrug für den Zeitraum 1961-1990 8,8 °C in den Waldklimatopen und 10,2 °C in den Innenstadtbereichen von Herne. Voraussichtlich werden sich diese Werte in Zukunft (Zeitraum 2021-2050) auf 10,7 °C in den Waldgebieten und 12,3 °C in den Innenstadtklimatopen erhöhen. Das bedeutet, dass die Wälder als kühlsste 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 2,1 K.

Hinsichtlich der betrachteten klimatologischen Kennziffern, 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, hohen Bebauung und dadurch bedingter Verschattungseffekte, tagsüber vielerorts eine geringere thermische Belastung auf als die teils weniger dicht bebauten Bereiche der Stadtklimatope (s. Karte 8-2 und Karte 8-3). So ist beispielsweise davon auszugehen, dass sich die mittlere Anzahl der Sommertage für die Innenstadtklimatope von 38,2 Tage in der Bezugsperiode 1961-1990 auf 54,1 Sommertage im Zeitraum 2021-2050 erhöhen wird, während in den Stadtklimatopen eine Maximaltemperatur von mindestens 25 °C in der Vergangenheit (1961-1990) im Mittel an 41,6 Tagen erreicht wurde und in Zukunft voraussichtlich an 59,0 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 Kennziffern werden in den Gewerbe- und Industrieklimatopen erreicht. Während dort in der Bezugsperiode 1961-1990 im Mittel 46,8 Sommertage und

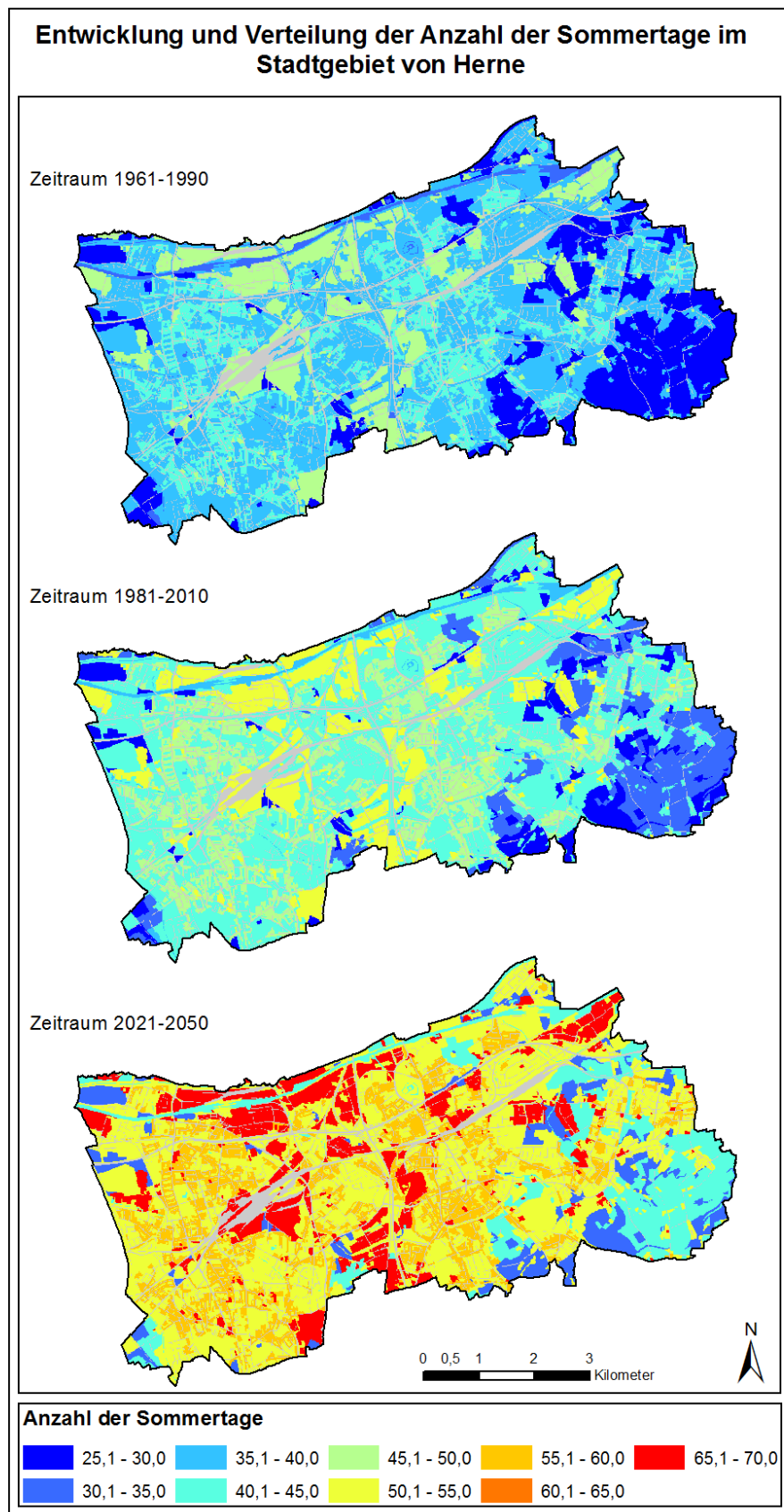
16,0 heiße Tage aufgetreten sind, werden in Zukunft (Zeitraum 2021-2050) voraussichtlich ca. 66,3 Sommertage und ca. 42,0 heiße Tage in den Gewerbe- und Industrieklimatopen erreicht.

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. Karte 8-4). Unter anderem aufgrund der sehr hohen Versiegelungsraten, der thermischen Eigenschaften der anthropogenen Oberflächen, der verminderten Belüftung und der fehlenden Anbindung an die kaltluftproduzierenden Flächen des unbebauten Umlandes weisen die Innenstadtbereiche an Tagen mit hoher solarer Einstrahlung eine verzögerte und verminderte nächtliche Abkühlung auf. Daher treten Tropennächte, also Nächte, in denen die Lufttemperatur zwischen 19:00 und 7:00 Uhr Mitteleuropäischer Zeit nicht unter 20 °C sinkt, in den Innenstadtklimatopen am häufigsten auf. Bezüglich der Anzahl von Tropennächten in den Innenstadtklimatopen ist zudem künftig von einem sehr starken Anstieg auszugehen. Während in der Bezugsperiode 1961-1990 im Mittel lediglich 2,3 Tage pro Jahr als Tropennacht bezeichnet werden konnten, werden die nächtlichen Lufttemperaturen in Zukunft (Zeitraum 2021-2050) im Mittel an ca. 29,4 Tagen pro Jahr mindestens 20 °C betragen.

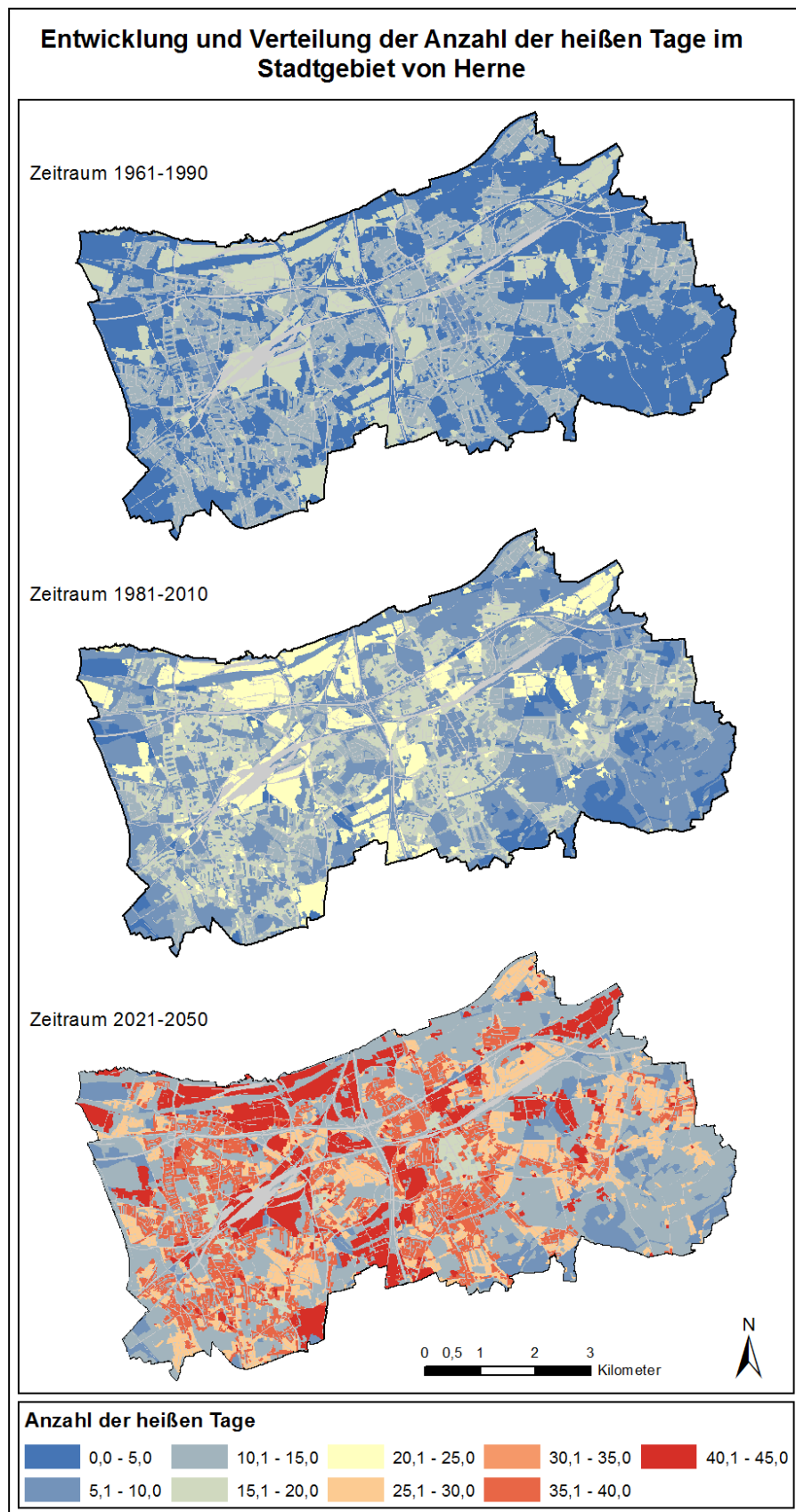
Zusammenfassend weisen die mittleren Jahresmitteltemperaturen in Herne vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels in Zukunft voraussichtlich in allen Klimatopen höhere Werte auf als bisher. Der Anstieg des Mittelwertes für den Zeitraum 2021-2050 ist bezogen auf die Periode 1961-1990 mit 1,9 bis 2,1 K allerdings in allen Klimatoptypen ähnlich groß. Hinsichtlich der hitzebedingten klimatologischen 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.



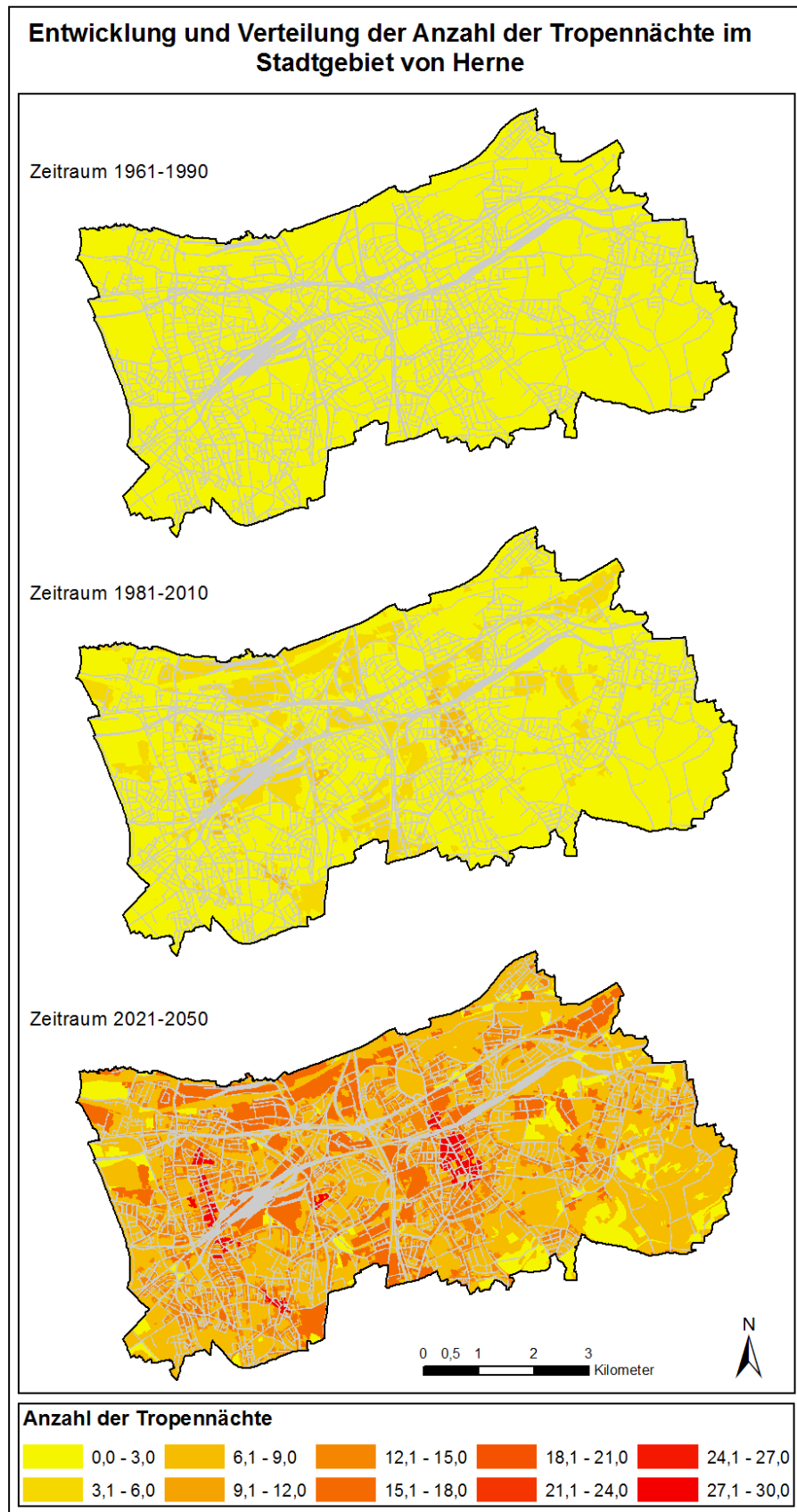
Karte 8-1: Entwicklung und Verteilung der Jahresmitteltemperaturen im Stadtgebiet von Herne



Karte 8-2: Entwicklung und Verteilung der Anzahl an Sommertagen im Stadtgebiet von Herne



Karte 8-3: Entwicklung und Verteilung des Auftretens von heißen Tagen im Stadtgebiet von Herne



Karte 8-4: Entwicklung und Verteilung des Auftretens von Tropennächten im Herner Stadtgebiet

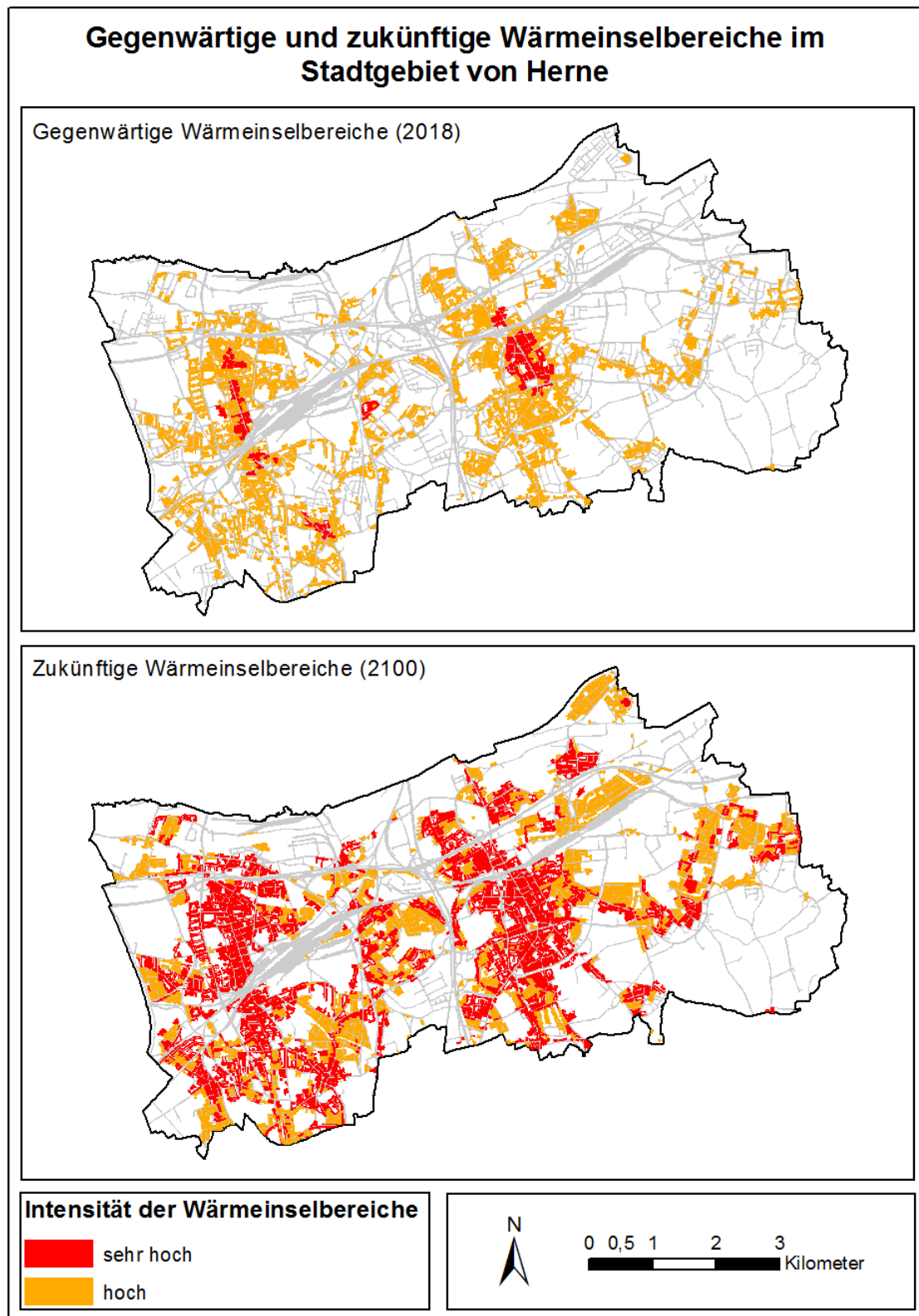
8.4 Darstellung derzeitiger und zukünftiger Wärmeinselsektoren

Anhand der FITNAH-Modellierung (s. Kapitel 3), der Klimaanalysekarte (s. Kapitel 6) und der klimaökologischen Funktionen (s. Kapitel 7) wurde die Ist-Situation der klimatischen Verhältnisse in der Stadt Herne 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 8.3) aufgezeigt werden, dass in Zukunft auch Bereiche, die heute aus klimatischer Sicht als noch moderat bis günstig einzustufen sind (Stadttrandklimatope), häufiger Hitzebelastungen ausgesetzt sein werden. Neben den Innenstadtbereichen und den Stadtklimatopen treten daher in Zukunft während sommerlicher Strahlungsnächte auch die Stadttrandklimatope gegenüber dem Umland als stark überwärmte Bereiche auf. Diese Einschätzung basiert zudem auf der Tatsache, dass die mittleren Temperaturdifferenzen zwischen den heutigen Wärmeinselsektoren (Innenstadt-/Stadtklimatopen) und den Stadttrandklimatopen 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.

Karte 8-5 zeigt die gegenwärtigen (2018) und zukünftigen (2100) Wärmeinselsektoren im Stadtgebiet von Herne. 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 Stadttrandklimatope eine hohe Wärmeinselintensität ein. Demnach erweitern sich die Wärmeinselsektoren von derzeit 8,6 km² bzw. 16,7 % des Stadtgebietes zukünftig auf eine Fläche von 15,1 km² bzw. 29,4 % des Stadtgebietes.

In dieser Betrachtung und Ausweisung der Wärmeinselsektoren 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 Wärmeinselsektoren klimatisch aufzuwerten. Dabei sollten insbesondere Bereiche, in denen ein hoher Anteil der potenziell gegenüber Hitzebelastungen sensiblen Bevölkerungsgruppen (v.a. Senioren, Kranke und Kleinkinder) anzutreffen ist, im Fokus der

Anpassungsbemühungen stehen. Daher werden im folgenden Kapitel 7 die Ergebnisse einer Vulnerabilitätsanalyse zur Identifizierung der besonders betroffenen Bereiche im Stadtgebiet dargestellt.



Karte 8-5: Darstellung gegenwärtiger (2017) und zukünftiger (2100) Wärmeinselnbereiche im Stadtgebiet von Herne

9 Vulnerabilitätsanalyse

Die in Kapitel 8 beschriebenen zu erwartenden Klimaänderungen im Laufe des 21. Jahrhunderts, insbesondere der Anstieg der Häufigkeit und Intensität der extremen Wetterereignisse (z.B. Hitzewellen), können sich negativ auf die Gesundheit des Menschen auswirken. Aber nicht nur hohe Temperaturen, sondern auch eine Zunahme der Luftverschmutzung und der Luftallergene, ein Anstieg des bodennahen Ozons während Hitzeperioden sowie die Zunahme der UV-Strahlung durch eine Abnahme des stratosphärischen Ozons können klimawandelbedingte Gesundheitsrisiken darstellen. Das Ausmaß extremer Wetterereignisse wurde dabei bereits in der Vergangenheit deutlich, so hat der Hitzesommer 2003 europaweit etwa 55.000 zusätzliche hitzebedingte Sterbefälle (ca. 7.000 davon in Deutschland) verursacht (Jendritzky 2007). Neben einer Steigerung der Mortalitätsrate wirken sich derartige klimatische Belastungen ebenfalls nachteilig auf die Morbidität, die Leistungsfähigkeit und das allgemeine Wohlbefinden des Menschen aus. Insbesondere Personen mit Atemwegs- und Herz-Kreislaufvorerkrankungen, ältere Menschen und Kleinkinder sind betroffen. Zwar ist das Ausmaß der gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels schwer abzuschätzen, jedoch ist grundsätzlich bei zukünftig häufiger auftretenden und intensiveren klimatischen Belastungen auch mit einer Zunahme der negativen gesundheitlichen Auswirkungen zu rechnen. Daher gilt es, durch eine gezielte Anpassungsstrategie im Rahmen einer nachhaltigen Stadtplanung gesunde Wohn-, Arbeits- und Aufenthaltsbedingungen zu schaffen bzw. sicherzustellen, um die klimawandelbedingten Gesundheitsrisiken für die städtische Bevölkerung zu minimieren (Jendritzky 2007).

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

9.1 Methodik zur Abgrenzung der Problemgebiete

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

Für diese vielfältigen sozialen Parameter ist die Datenbasis oftmals nicht vorhanden oder unzureichend, um eine flächendeckende, stadtweite Bewertung durchzuführen. Auch im

Rahmen der vorliegenden Untersuchung ist dies aufgrund der zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht möglich.

Daher erfolgt die Vulnerabilitätsanalyse nach dem im Rahmen des „Handbuch Stadtklima“ (MUNLV 2010) entwickelten Ansatz. Hierbei wird die Betroffenheit gegenüber Hitzebelastungen anhand der Bevölkerungsdichte und der Altersstruktur bezogen auf den Anteil der über 65-jährigen Wohnbevölkerung betrachtet. Die zugrunde gelegte Datenbasis für das Stadtgebiet von Herne wurde auf der Ebene der Zählbezirke mit aktuellen Zahlen von der Statistikstelle der Stadt Herne zur Verfügung gestellt.

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

Bereiche der städtischen Wärmeinsel

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

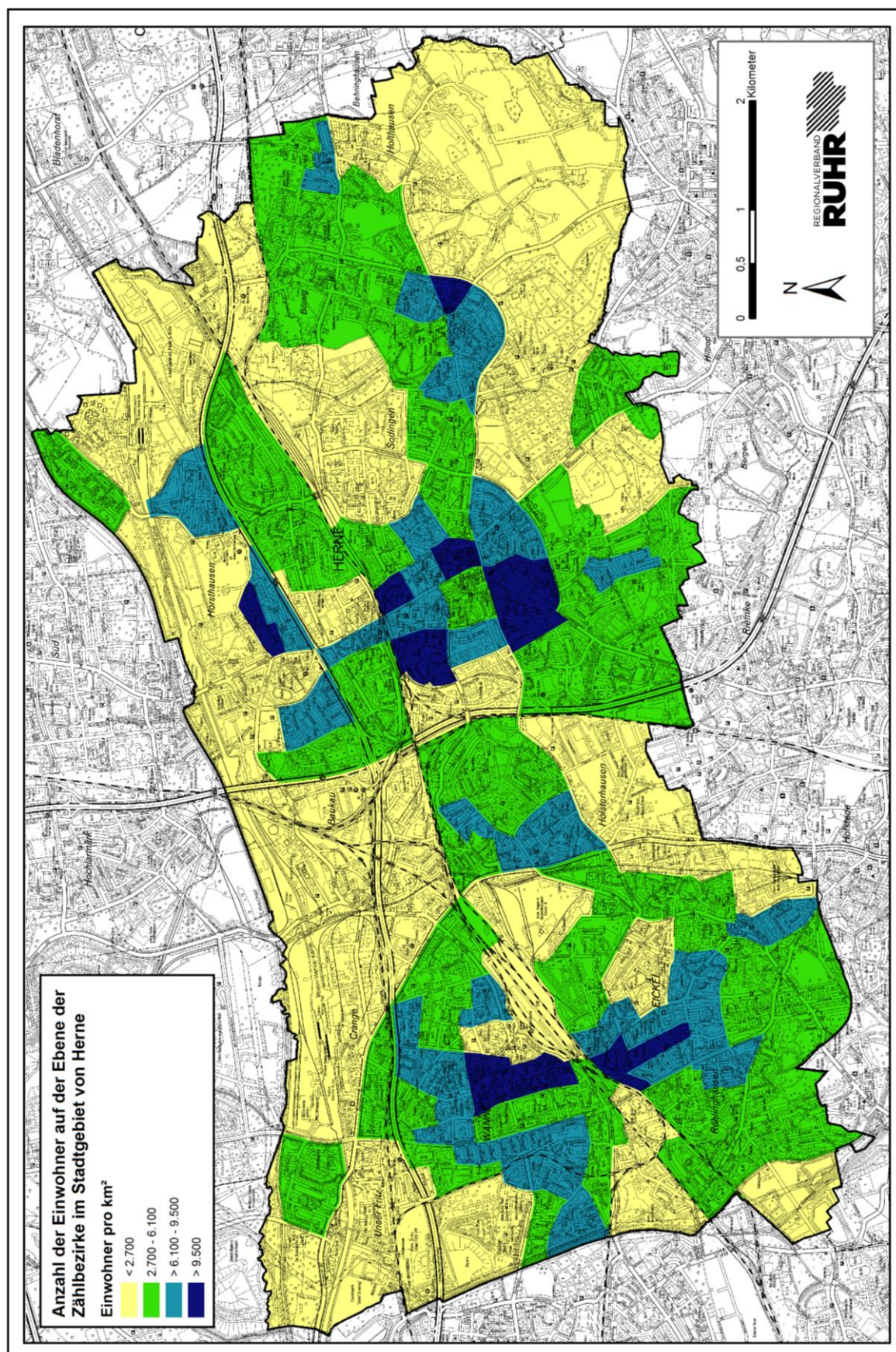
Die Daten der Bevölkerungsdichte und der Altersstruktur werden daher mit den gegenwärtigen Wärmeinseln (hier: die Innenstadt- und Stadtklimatope) verschnitten. Die räumliche Ausbreitung der Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Herne kann der Karte 8-5 entnommen werden.

Bevölkerungsdichte

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

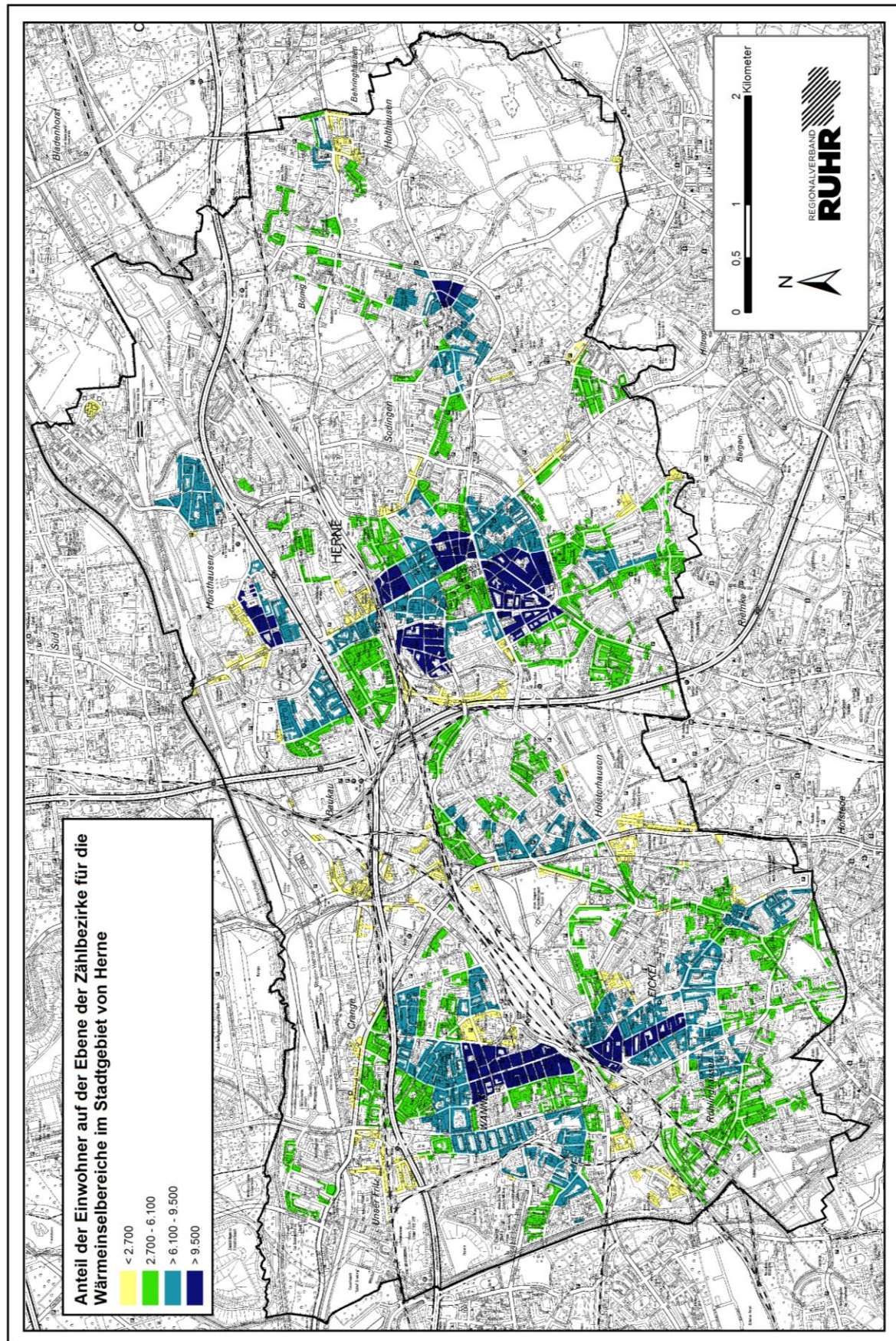
einen relativ geringen Anteil an Wohnbevölkerung aufweisen, können dadurch als Problemgebiete mit geringerer Anfälligkeitsstufe bewertet werden.

Grundsätzlich ist hierbei zu bedenken, dass bei einem temporären Aufenthalt in Innenstädten oder Nebenzentren tagsüber einer Hitzebelastung durch den Wechsel des Standortes und die bewusste Vermeidung von stark sonnenexponierten Plätzen aktiv entgegengewirkt werden kann. Wogegen die Bevölkerung in ihren Wohnquartieren insbesondere nachts einer Hitzebelastung durch mangelnde Abkühlung nicht ausweichen kann. Karte 9-1 zeigt die Bevölkerungsdichte in Einwohner pro km² (Einw./km²) für das gesamte Stadtgebiet von Herne auf der Ebene von Zählbezirken. Um eine regionale Vergleichbarkeit und einheitliche Bewertungsmaßstäbe zu gewährleisten, wurden die Werte zur Klasseneinteilung aus der Analyse des „Handbuch Stadtklima“ übernommen. Diese beruhen auf der Auswertung der Bevölkerungszahlen auf Ebene der Wohnquartiere des gesamte Ruhrgebiets (Quelle: infas GEOdaten, Stand 2007). Ausschließlich bezogen auf die Gebiete der Stadt- und Innenstadtklimatope im gesamten Ruhrgebiet ergibt sich eine mittlere Bevölkerungsdichte von rund 2.700 Einw./km². Die weiteren Klassenobergrenzen (6.100 bzw. 9.500 Einw./km²) ergeben sich aus der Addition der mittleren Bevölkerungsdichte mit der einfachen bzw. doppelten Standardabweichung. Die Flächen spiegeln bei dieser Darstellung Mittelwerte der Zählbezirke wider, d.h. es sind auch Gebiete ohne jegliche Wohnbevölkerung in die Darstellung miteinbezogen. Dies können Wald-, Landwirtschafts- und innerstädtische Grünflächen, aber auch bebaute Bereiche mit rein industrieller, gewerblicher oder öffentlicher Nutzung sein. Die mittlere Einwohnerdichte liegt mit über 3.000 Einw./km² in Herne über dem Durchschnitt des Ruhrgebietes (s. Kapitel 2). Die höchsten Werte der Einwohnerdichte mit über 9.500 Einw./km² treten in Herne-Mitte umliegend des Innenstadtbereiches und in den Kernbereichen von Eickel und Wanne sowie im zentralen Sodingen auf. Der Spitzenwert liegt im Zählbezirk Herne-Zentrum 3 mit über 13.800 Einwohner pro km². Der überwiegende Flächenanteil des Stadtgebietes besitzt Werte der Einwohnerdichte von unter 2.700 Einw./km².



Karte 9-1: Einwohnerdichte auf Zählbezirksebene im Stadtgebiet von Herne

Karte 9-2 zeigt die Einwohnerdichte auf Zählbezirksebene ausschließlich für die Bereiche der Stadt- und Innenstadtklimatope (bzw. die Wärmeinselsektoren) im Stadtgebiet von Herne. Erwartungsgemäß weist die Einwohnerdichte in diesen zumeist stark baulich überprägten Bereichen zum Großteil mit über 6.100 Einw./km² oder sogar mehr als 9.500 Einw./km² auch sehr hohe Werte auf. Lediglich einzelne Randbereiche verzeichnen geringe Einwohnerdichten unterhalb von 2.700 Einw./km². Hierbei handelt es sich in der Regel um Bereiche mit vorwiegend öffentlicher Nutzung. In den hier gezeigten Gebieten ist aufgrund der Überschneidung der hohen Einwohnerdichte und der Wärmeinselsektoren das Gefährdungspotenzial insbesondere durch eine starke Hitzebelastung am größten.

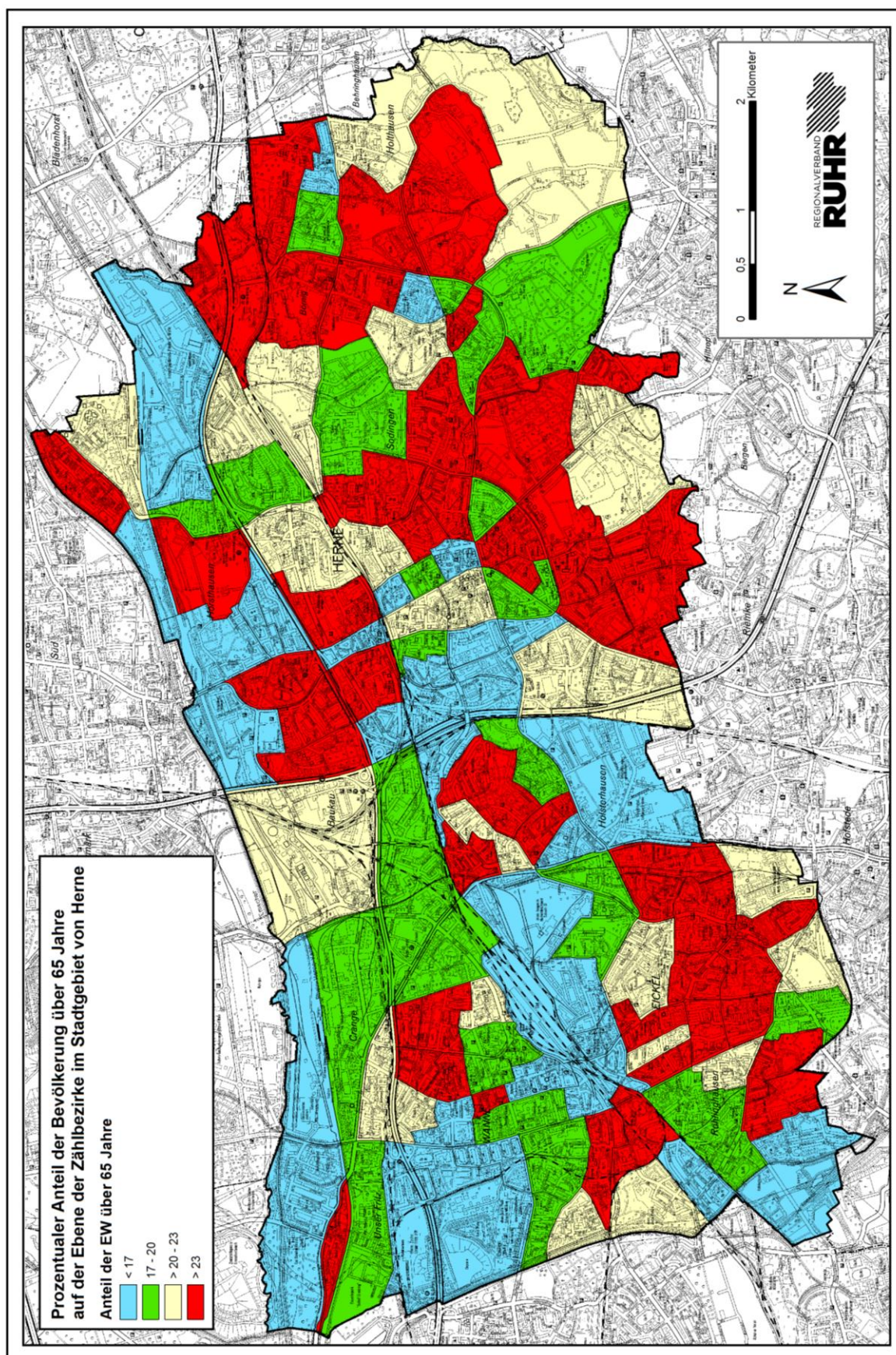


Karte 9-2: Einwohnerdichte auf Zählbezirksebene für die Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Herne

Altersstruktur

Für die Anfälligkeit eines Gebietes gegenüber einer klimatischen Belastung des Menschen spielen neben dem Hitzepotenzial und der Bevölkerungsdichte auch soziodemographische Faktoren wie die Altersstruktur der Bevölkerung eine Rolle. Ältere Menschen zeigen eine schlechtere Anpassung an extreme Hitze mit gesundheitlichen Folgen, die von Abgeschlagenheit bis hin zu Hitzschlag und Herzversagen reichen können. Gebiete mit einem hohen Anteil älterer Menschen können daher als anfälliger gegenüber Hitzestress charakterisiert werden. Aus diesem Grund wurde im „Handbuch Stadtklima“ (MUNLV 2010) analog zur Bevölkerungsdichte auch der Bevölkerungsanteil der über 65-jährigen Einwohner für die Wohnquartiere im gesamten Ruhrgebiet ermittelt. Im Ruhrgebiets-Mittel sind rund 20 % der Einwohner in den Gebieten der Stadt- und der Innenstadtklimatope über 65 Jahre alt (Standardabweichung 3 %). Die Klasseneinteilung ergibt sich aus der Addition und Subtraktion der Standardabweichung (3 %) vom Mittelwert (20 %) bezogen auf das gesamte Ruhrgebiet. Somit werden Flächen bzw. Zählbezirke mit Anteilen der über 65-jährigen an der Wohnbevölkerung von unter 17 % und 17-20 % als unterdurchschnittlich und von 20-23 % und über 23 % als überdurchschnittlich gewertet.

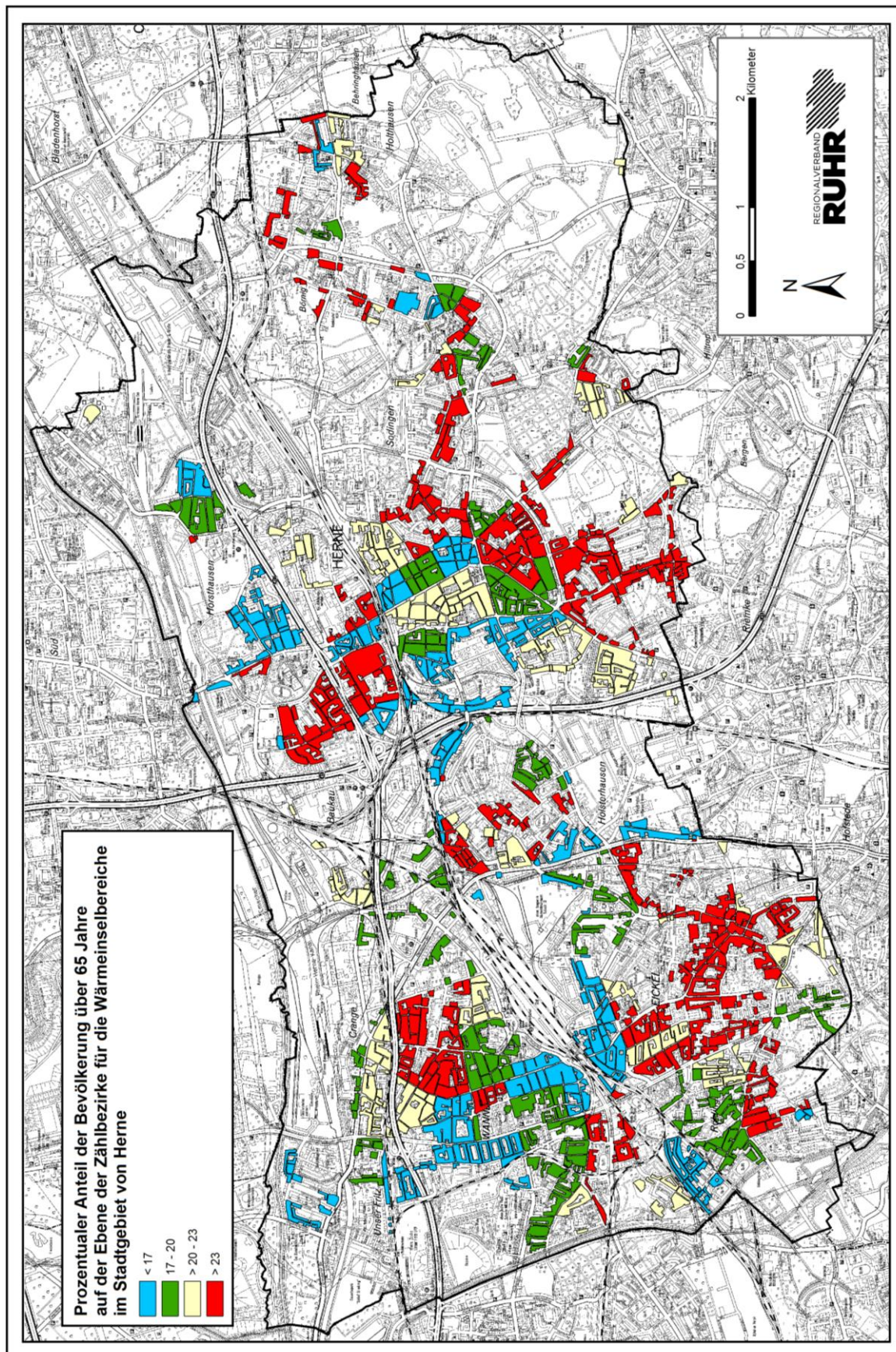
In *Karte 9-3* ist der prozentuale Anteil der Bevölkerung über 65 Jahre auf der Zählbezirksebene für das Stadtgebiet von Herne dargestellt. Ein hoher Anteil lässt sich hier eher nicht in den Kernbereichen, sondern in den um die Kernbereiche liegenden Siedlungsgebieten feststellen. So sind die höchsten Anteile im nördlichen und südlichen Herne-Mitte, im südlichen Eickel und insbesondere im östlichen Sodingen anzutreffen. Bezogen auf die Gesamtbevölkerung der Stadt Herne liegt der Anteil der über 65-jährigen Einwohner bei 21,6 % und weist somit im gesamtstädtischen Mittel einen im Vergleich zum Ruhrgebiets-Mittel der Stadt- und Innenstadtklimatope überdurchschnittlichen Wert auf.



Karte 9-3: Prozentualer Anteil der Bevölkerung über 65 Jahre auf Zählbezirksebene für das gesamte Stadtgebiet von Herne

Karte 9-4 visualisiert die prozentualen Anteile der Einwohner über 65 Jahre auf Zählbezirksebene ausschließlich für die Stadt- und Innenstadtklimatope (bzw. Wärmeinselbereiche) im Stadtgebiet von Herne. Es wird deutlich, dass ein Großteil der Gebiete in diesen Bereichen einen überdurchschnittlichen Anteil an Wohnbevölkerung über 65 Jahre umfasst.

Zu bedenken ist, dass aufgrund des zukünftigen demographischen Wandels der Anteil der über 65-Jährigen an der Bevölkerung voraussichtlich weiter zunehmen wird und sich gleichzeitig die Wärmeinselbereiche weiter ausdehnen werden. Durch diese Entwicklungen werden zukünftig noch mehr Einwohner betroffen und dementsprechend auch mehr ältere Menschen gefährdet sein.



Karte 9-4: Prozentualer Anteil der Bevölkerung über 65 Jahre auf Zählbezirksebene für die Wärmeinselbereiche im Stadtgebiet von Herne

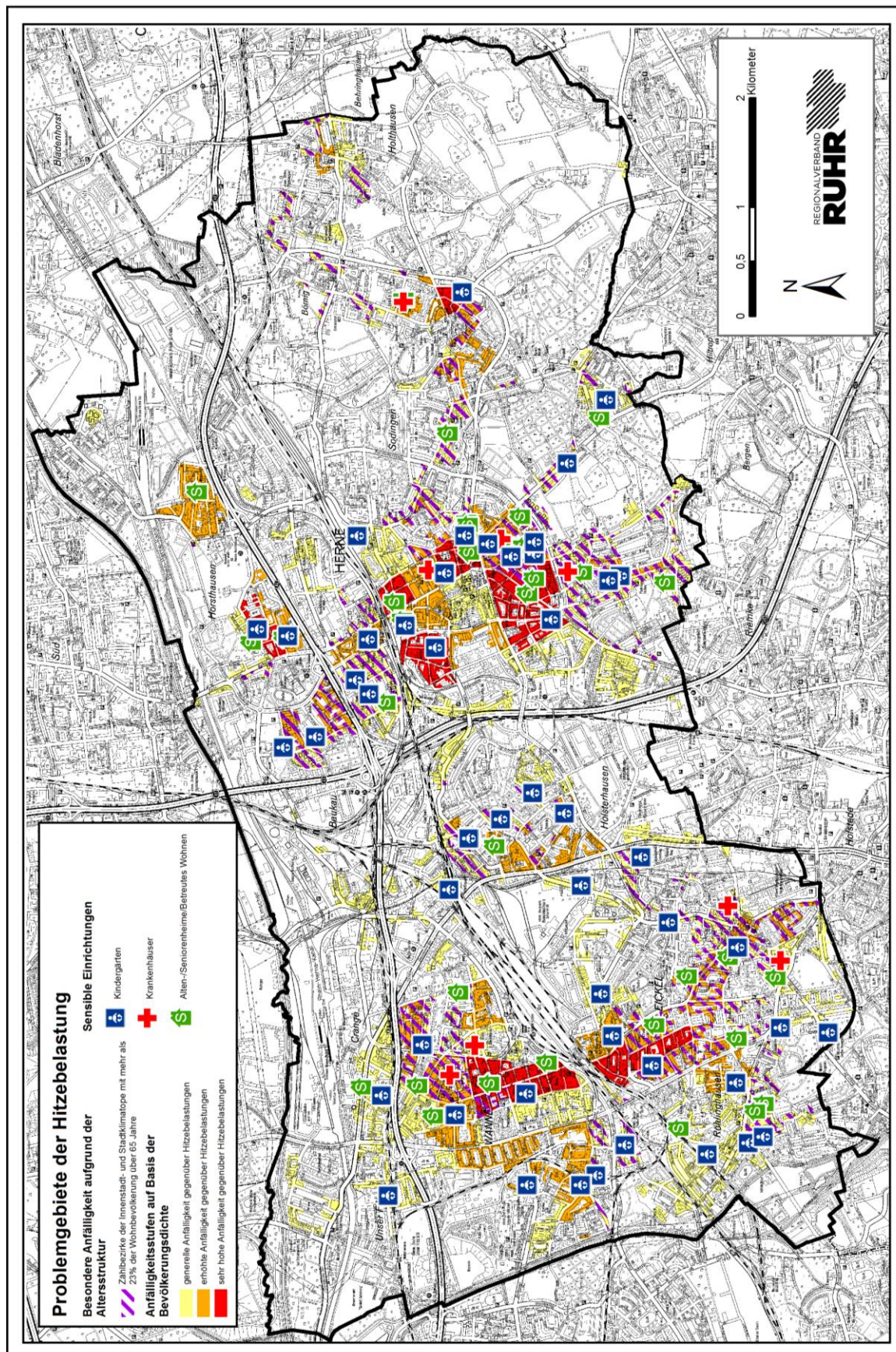
9.2 Lokalisierung und Bewertung der Problemgebiete

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

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

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

Das Vorhandensein solcher Problemgebiete mit Hitzebelastung im gesamten Stadtgebiet von Herne ist nun der Karte 9-5 zu entnehmen. Neben kleineren Bereichen im Stadtteil Sodingen ist (entsprechend der räumlichen Verteilung der Innenstadt- und Stadtklimatope) eine Konzentration der Problemgebiete im Innenstadtbereich bzw. den Stadtbezirken Herne-Mitte, Wanne und Eickel festzustellen. Zudem sind in Herne-Mitte und Wanne einzelne Bereiche zu verzeichnen, die sowohl eine sehr hohe Anfälligkeit aufgrund der Bevölkerungsdichte als auch einen überdurchschnittlich hohen Anteil an über 65-jähriger Wohnbevölkerung aufweisen. Gleichzeitig sind in diesen Gebieten zahlreiche sensible Einrichtungen angesiedelt.



Karte 9-5: Problemgebiete der Hitzebelastung im Stadtgebiet von Herne

10 Grün- und Freiflächenbewertung aus klimaökologischer Sicht

Auf Basis der Klimaanalysekarte (s. Kapitel 6), der Karte der klimaökologischen Funktionen (s. Kapitel 7) sowie der Ergebnisse der FITNAH-Modellierung (s. Kapitel 3) wird im Folgenden eine Flächenbewertung aus klimaökologischer Sicht für das Stadtgebiet von Herne 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 7) auf Grundlage der in Kapitel 6 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.

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

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

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

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

10.2 Ergebnisse der Flächenbewertung

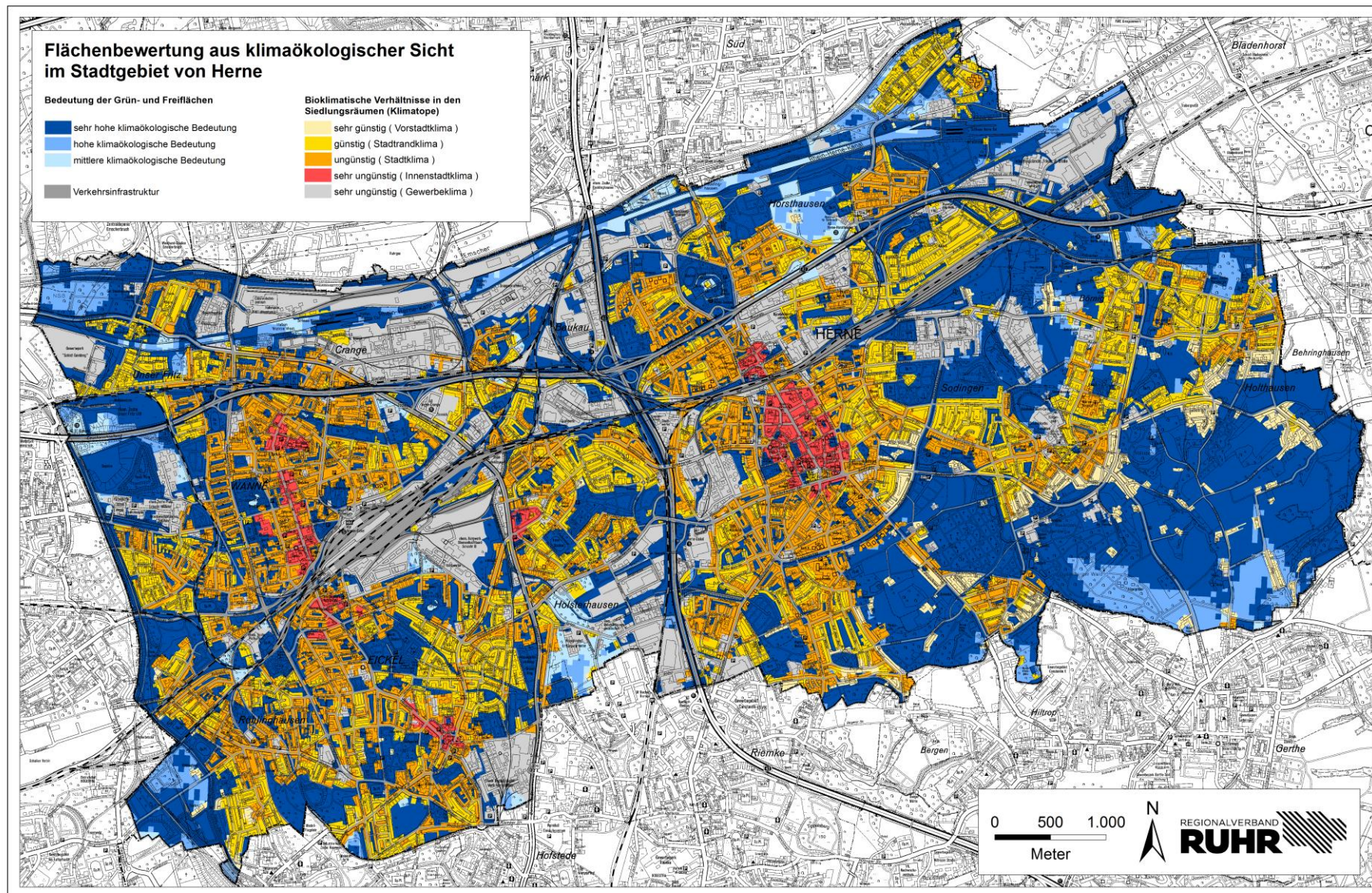
Die Karte 10-1 zeigt die Ergebnisse der Flächenbewertung des Stadtgebietes von Herne aus klimaökologischer Sicht. Dabei sind die Siedlungsflächen, wie bereits in der „Karte der klimaökologischen Funktionen“ (vgl. Karte 7-1), hinsichtlich der vorherrschenden bioklimatischen Verhältnisse auf Basis der 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 6.2 beschriebenen Klimatopausbreitung. Demnach ergeben sich in den Gewerbe- bzw. Industriebereichen sowie fast im gesamten Stadtbezirk Herne-Mitte und teilweise in den Stadtbezirken Eickel und Wanne aufgrund der hohen Versiegelung, der weitestgehend fehlenden zusammenhängenden Grünflächen und erhöhten Emissionen von Luftschadstoffen eher ungünstige bis sehr ungünstige bioklimatische Verhältnisse. Während in den anderen Stadtbezirken aufgrund der insgesamt aufgelockerten Bebauungsstruktur und einem höheren Anteil an zusammenhängenden Grünflächen vorwiegend günstige bis sehr günstige bioklimatische Bedingungen in den Siedlungsbereichen herrschen.

Bei Betrachtung der Bewertung der Grün- und Freiflächen im Stadtgebiet von Herne fällt zunächst ein relativ hoher Anteil an Flächen auf, denen eine sehr hohe klimaökologische Bedeutung zugeordnet wird. Hierunter fallen, wie bereits erläutert, alle innerstädtischen Grünflächen. Die Freiflächen in Holthausen weisen insgesamt zwar eine relativ hohe Kaltluftproduktionsrate auf (vgl. Karte 3-5), jedoch können die kühlen Luftmassen während austauscharmer Strahlungsnächte bebauungsbedingt nicht in die nördlich angrenzenden klimatischen Lasträume des Stadtbezirks Herne-Mitte eindringen (s. Kapitel 7). Somit sind die klimatischen Gunstfaktoren im Wesentlichen auf die Freiflächen in Horsthausen und Sodingen sowie deren unmittelbare Randbereiche begrenzt. Trotzdem wird der größten zusammenhängenden Grünfläche von Herne aufgrund der Filterfunktion gegenüber Luftschadstoffen und der Funktion als Rückzugs- und Regenerationsraum für die Bevölkerung eine sehr hohe klimaökologische Bedeutung zugeordnet. Ebenso wird den Flächen im nordöstlichen Sodingen in Verbindung mit den angrenzenden Flächen an den Rhein-Herne-Kanal eine sehr hohe klimaökologische Bedeutung beigemessen. Diese Flächen weisen relativ hohe Kaltluftproduktionsraten (vgl. Karte 3-5) und Kaltluftvolumenströme (vgl. Karte 3-4) auf und grenzen teils direkt an die hochversiegelten Stadtklimatope des Stadtbezirks Herne-Mitte an. Die Vernetzung unterschiedlicher Grünflächenstrukturen ist aus klimaökologischer Sicht besonders positiv entlang des Rhein-Herne-Kanals und entlang des Ostbaches zu bewerten, da über diese innerstädtischen Grünflächen die lokal produzierte Kaltluft der angrenzenden Freiflächen zumindest in die äußeren Siedlungsbereiche des Stadtbezirks Herne-Mitte vorstoßen und dort für nächtliche Abkühlung während sommerlicher Hitzeperioden sorgen kann.

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

Aus klimaökologischer Sicht ebenfalls sehr positiv zu bewerten sind die Park- und Friedhofsflächen im nördlichen Holsterhausen, welche einen positiven klimatischen Einfluss auf die umliegenden Siedlungsbereiche haben. Größere Freiflächen wie der Gysenberger Wald in Holthausen, landwirtschaftlich genutzte Flächen in Horsthausen und im südlichen Holsterhausen sowie die Halden in Eickel und Wanne werden relief- und nutzungsbedingt als klimaökologisch nicht ganz so hoch eingestuft.

Im Kerngebiet von Herne gibt es einen Überschuss an bioklimatisch ungünstigen Siedlungsräumen, die nur unzureichend mit zusammenhängenden Grünflächen durchzogen sind, welche für bessere klimaökologische Bedingungen in diesen Bereichen sorgen könnten.



Karte 10-1: Flächenbewertung aus klimaökologischer Sicht im Stadtgebiet von Herne

11 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 Herne 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 Herne gesichert werden. Die ausgewiesenen Planungsempfehlungen sind dabei als Rahmenvorgaben anzusehen, die der Bauleitplanung als Orientierung für eine nachhaltige Anpassung der Stadt an den Klimawandel dienen sollen. Das Ziel ist der Erhalt klimatisch positiver Raumstrukturen sowie die Aufwertung der aus klimaökologischer Sicht belasteten Siedlungsbereiche zum Wohle der städtischen Bevölkerung.

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

11.1 Planungshinweiskarte

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

11.1.1 Darstellungsebenen der Planungshinweiskarte

Die **erste Darstellungsebene** beinhaltet die flächenhafte Differenzierung des Stadtgebietes von Herne anhand von klimatischen Ausgleichs- und Lasträumen. Diese werden auf Basis der Klimatope ausgewiesen und stellen räumliche Einheiten mit vergleichbaren Eigenschaften bezüglich der Flächennutzung, der Bebauungsdichte, dem Versiegelungsgrad, der 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 konkreter Flächen, die sich aus klimatischer Sicht für eine weitere maßvolle Verdichtung oder Neubebauung eignen, werden Bereiche benannt, in denen auf eine weitere Verdichtung verzichtet werden sollte. Zudem werden u.a. an bestimmten Siedlungsrändern Empfehlungen zur Einhaltung von Baugrenzen 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.

11.1.1.1 Ausgleichs- und Lasträume

Im Stadtgebiet von Herne nehmen zahlreiche Flächen eine lokale, aber nur sehr wenige eine regionale Ausgleichsfunktion zu klimatischen bzw. lufthygienischen Belastungen ein. Die Ausgleichsräume können in die vier Flächentypen Gewässer, Freiland, Wald sowie Park- und Grünanlagen eingeteilt werden. Neben den Ausgleichsräumen wird das Stadtgebiet von Herne 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 Gewässer und Siedlungskörper von riegelförmiger Bebauung und Bepflanzung freigehalten werden. Gewässer und angrenzende Grünflächen stellen zudem wertvolle Zonen für die Naherholung dar und sollten als solche erhalten und gestaltet werden.

Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland

Die zumeist geringen Emissionen im Freiland werden großflächig verteilt und die Windgeschwindigkeiten durch geringe Bodenrauigkeiten erhöht. Durch die nächtliche Produktion von Kaltluftmassen können Kaltluftabflüsse begünstigt sowie bodennahe Flurwindssysteme bei einem starken Temperatur- bzw. Druckgefälle zur überwärmten Innenstadt angetrieben werden. Die ausgleichenden Funktionen können sich jedoch erst bei einer ausreichend großen Freilandfläche, einer geringen Emittentenzahl und im Falle von Kaltluftabflüssen durch eine ausreichende Reliefdynamik einstellen. Besonders günstige Durchlüftungsverhältnisse ergeben sich für Freilandbereiche in Kuppen- oder Hanglagen. In ebener Lage werden dagegen nächtlich produzierte Kaltluftmassen nur schlecht transportiert und Muldenlagen stellen sich als Kaltluftsammelgebiete dar. Die Ansammlung von Kaltluftmassen ist mit der Gefahr der Schadstoffanreicherung verbunden und führt zudem dazu, dass die Kaltluftmassen keine Wirkung in der Umgebung erzielen können.

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

Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen

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

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

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

Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald

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

Bepflanzung freizuhalten sind, da der Wald die Oberflächenrauigkeit erhöht und somit den Luftaustausch einschränkt.

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

Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete

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

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

Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete

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

der bioklimatischen Belastung in diesem Bereich herrscht ebenfalls ein höheres lufthygienisches 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.

11.1.1.2 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.

11.1.1.3 Lokale Hinweise

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

Weitere Bebauung möglich

Flächen, auf denen eine weitere Bebauung keine zusätzlichen oder nur vertretbare nachteilige Auswirkungen auf die Ausprägung der klimatischen Bedingungen hätten, sind in der Planungshinweiskarte durch das Symbol „Weitere Bebauung möglich“ hervorgehoben. Bei der Bebauung oder Schließung einzelner Baulücken auf diesen Flächen ist zu berücksichtigen, dass die vorhandene Bebauungsstruktur umliegender Wohngebiete weitgehend aufgegriffen und eine zu hohe Verdichtung vermieden werden sollte. Bei einer Bebauung am Siedlungsrand ist durch die Gebäudeausrichtung (keine Riegelbebauung zum Umland) die Belüftungssituation zu erhalten.

Keine weitere Verdichtung

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

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

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

Klimatische Baugrenzen

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

Anstreben klimatischer Baugrenzen

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

Begrünung im Wohnbereich

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

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

Die Begrünung im Wohnbereich wurde als Planungsempfehlung in erster Linie in Bereichen mit ungünstigen bioklimatischen und lufthygienischen Bedingungen ausgesprochen. Diese

Bereiche zeichnen sich in der Regel durch ein hohen Versiegelungsgrad und einen geringen Grünflächenanteil aus.

Begrünung Gewerbe und Industrie

In den Gewerbe- und Industriegebieten 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 ausreichendem Abstand anzupflanzen. Auf die Anlage von Alleen sollte insbesondere bei hohen bodennahen Emissionen verzichtet werden. Derartige Einschränkungen zur Begrünung mit Bäumen gelten natürlich nur dort, wo sich unterhalb der Baumkrone signifikante Emissionsquellen befinden. Wenig befahrene Straßenabschnitte, öffentliche Plätze und

Fußgängerzonen können durch eine Begrünung mit großkronigen Bäumen lokalklimatisch aufgewertet werden.

Bei der Auswahl von geeigneten Baumsorten für die Begrünung im innerstädtischen Raum - dies gilt für eine Begrünung von Straßenzügen ebenso wie bei Parkbäumen - sind aus stadtklimatischer Sicht zwei Dinge zu beachten: Zum einen emittieren verschiedene Baumarten unterschiedlich große Mengen an flüchtigen organischen Stoffen, die zur Bildung von Ozon beitragen. Diese Bäume können so zu einer Erhöhung der Ozonbelastung führen 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 gezielt ausgebaut werden.

11.1.1.4 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.

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 Grünverbünde zwischen Parkanlagen und umliegender Bebauung in Form von

Straßenbäumen, begrünten Hausgärten oder zu den Grünflächen hin geöffneten Innenhöfen verstärkt werden. Eine riegelförmige und dichte Bebauung im Übergangsbereich zu den Grün- und Freiflächen ist zu vermeiden.

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.

11.1.2 Gliederung der Stadt Herne anhand der Planungshinweiskarte

Der Großteil der Siedlungsbereiche im Stadtgebiet von Herne ist dem „Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete“ zuzuordnen (s. Karte 11-1). In allen Stadtbezirken entsprechen die Wohngebiete mindestens zu einem Großteil diesem Lastraum. Die Kernbereiche von Herne-Mitte, Wanne und teilweise auch Eickel sind den klimatisch stark belasteten Planräumen „Lastraum der hochverdichteten Innenstadt“ zugehörig. Im Stadtbezirk Sodingen sind die vielen Siedlungsbereiche angrenzend zu den Freiflächen dem „Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete“ 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 erhalten bleiben und insbesondere im Bereich von Belüftungsbahnen und/oder Grünvernetzungen kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen durchgeführt und gefördert werden.

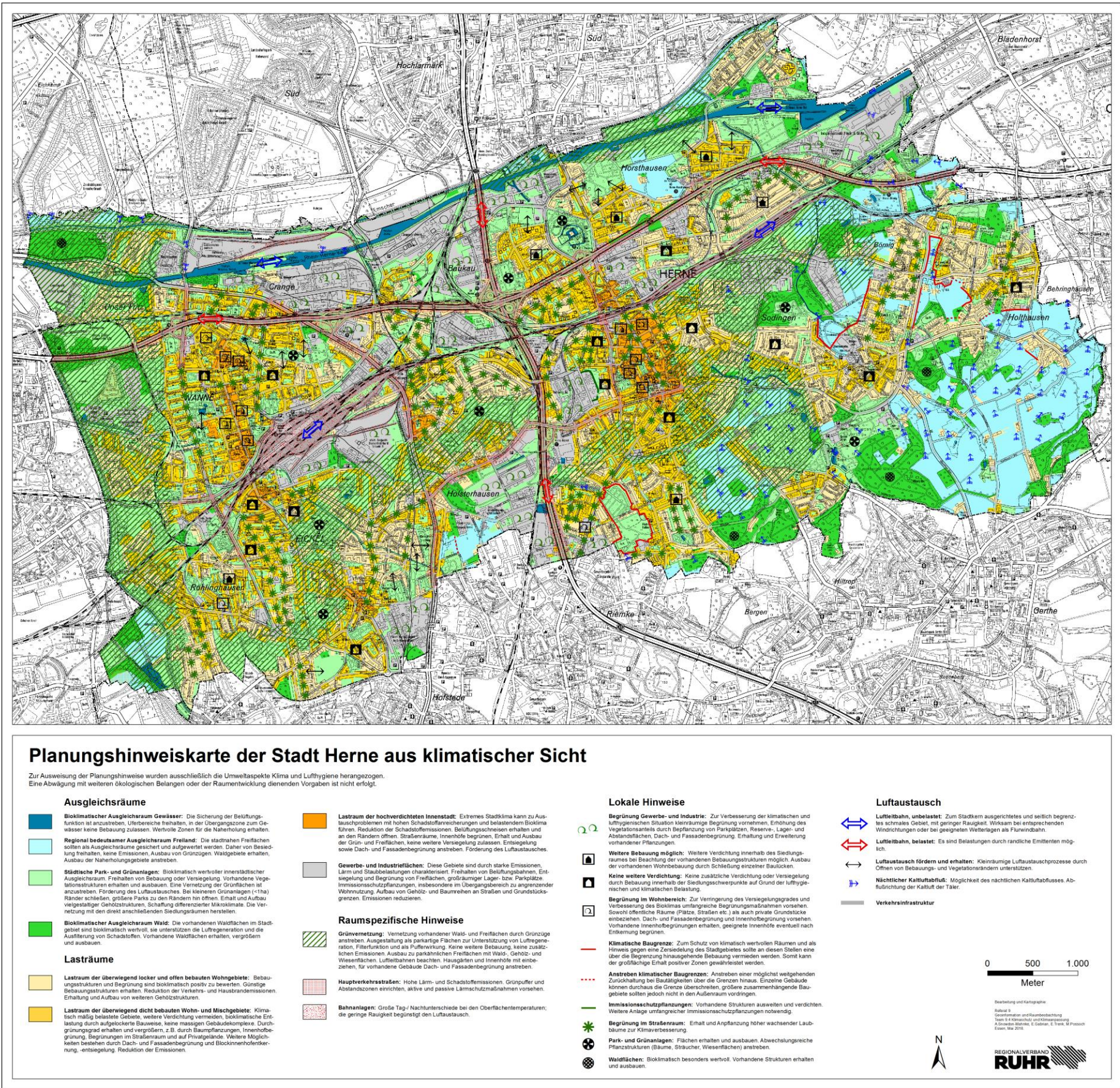
Deswegen sind im Stadtbezirk Sodingen vor allem im Norden (Horsthausen) Flächen identifizierbar, bei denen aus rein stadtklimatologischer Sicht eine maßvolle Nachverdichtung, die punktuelle Schließung von Baulücken oder die Ausweisung kleiner Neubaugebiete unter Beachtung der vorherrschenden lockeren Bebauungsstruktur und entsprechend hohem Grünflächenanteil vertretbar ist. Hingegen sollte im südlichen Eickel und Holsterhausen (Herne-Mitte) zur Wahrung der vorherrschenden positiven klimatischen Verhältnisse keine weitere Verdichtung erfolgen. Insbesondere bei Bauvorhaben an den Siedlungsrändern ist zum Erhalt der Austauschfunktionen zwischen den Last- und Ausgleichsräumen eine Riegelbebauung zu vermeiden. Zum Erhalt dieser Austauschfunktionen und zum Schutz relevanter klimatischer Ausgleichsflächen ist deswegen insbesondere an bestimmten Siedlungsrändern in Sodingen und Grünflächen im südlichen Herne-Mitte das Einhalten von Baugrenzen anzustreben.

In den klimatischen Lasträumen der „überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischbebauung“ sowie der „hochverdichteten Innenstadt“ treten die negativen Ausprägungen des Stadtklimas am deutlichsten hervor. Daher ist insbesondere im stark urban geprägten Stadtbezirk Herne-Mitte die Förderung des Luftaustausches mit klimatischen Ausgleichsräumen wie in Horsthausen (Sodingen) zu forcieren. Von einer weiteren Verdichtung der Bebauung in diesen klimatischen Lasträumen ist abzusehen, hingegen sollten nach Möglichkeit Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen erfolgen. Insbesondere die Schaffung (auch kleinräumiger) verdunstungsaktiver Flächen im Bereich der höher versiegelten Nebenzentren von Eickel und Wanne sowie fast im gesamten Stadtbezirk Herne-Mitte kann für lokale Abmilderung

thermischer Belastungen sorgen. Bei fehlender Entsiegelungs- und Rückbaumöglichkeiten können Dach- und Fassadenbegrünungen als Alternative zur Steigerung des Grünflächenanteils in diesen Bereichen umgesetzt werden. Zudem kann in hochversiegelten Straßenräumen der Innenstadt, der Nebenzentren sowie in Gewerbegebieten (z.B. in Crange und Holsterhausen) 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 Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen keine geschlossenen Kronendächer entwickeln, die zu eingeschränkten Austauschverhältnissen und einer Schadstoffanreicherung führen können.

Die klimatischen Ausgleichsräume des Freilandes im südöstlichen Stadtgebiet aber auch die landwirtschaftlich genutzten Freiflächen, die als Pufferzonen zwischen den Siedlungsbereichen fungieren, sollten gesichert und von weiterer Bebauung freigehalten werden. Von entscheidender Bedeutung für die Relevanz dieser Ausgleichsflächen ist die Vernetzung mit den klimatischen Lasträumen. Hierzu sind der Erhalt bestehender Belüftungsbahnen sowie die Schaffung neuer Schneisen durch eine Auflockerung und Beseitigung von Strömungshindernissen erforderlich. Bei der Grünvernetzung sollten innerstädtische Park- und Grünanlagen, wie im Bereich des Ostbaches, genutzt werden, um den Luftaustausch zwischen Umland und Siedlungsbereichen zu fördern. Durch Entsiegelungsmaßnahmen und eine Integration von mehr Grünflächen innerhalb der Bebauung können auch in hochverdichteten Stadtbereichen kleinere Parkanlagen wie in Eickel mit anderen Ausgleichsräumen in den Siedlungsrandbereichen vernetzt werden, wodurch nicht nur lokal begrenzte Abkühlungseffekte erzielt werden, sondern auch die Ausbreitung der städtischen Wärmeinsel insgesamt abgemildert werden kann.

Eine detailliertere Beschreibung der Planungshinweise für das Stadtgebiet von Herne wird im folgenden Kapitel 11.2 für die einzelnen Stadtbezirke gegeben.



Karte 11-1: Planungshinweiskarte der Stadt Herne

11.2 Planungshinweise auf Ebene der Stadtbezirke

Im Folgenden werden die raum- und nutzungsbezogenen Empfehlungen aus der Planungshinweiskarte auf der Ebene der einzelnen Stadtbezirke von Herne konkretisiert. Neben einer ausführlichen textlichen Beschreibung erfolgt eine tabellarische Aufbereitung für die einzelnen Last- und Ausgleichsräume eines jeden Stadtbezirks. 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 den Stadtbezirk bedeutsame Planungshinweise benannt.

Nimmt ein Last- oder Ausgleichsraum in einem Stadtbezirk 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.

11.2.1 Stadtbezirk Wanne

Der Stadtbezirk Wanne ist durch die relativ dichte Bebauung und einem hohen Anteil an Gewerbe- und Industrieflächen geprägt. Nur im westlichen Bereich des Stadtbezirkes gibt es überwiegend lockere Bebauung und größere Grünflächen. In den überwiegend locker und offen bebauten Wohngebieten sollte deswegen die aufgelockerte



und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten bleiben und kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen angestrebt werden. Der Erhalt und Neupflanzungen von Straßenbäumen wird entlang der Straße Schmiedes Hof, Vor dem Hofe und der Wiesenstraße empfohlen. In den überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebieten sollte keine weitere Bebauung durch Schließung von Baulücken zugelassen und die Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen angestrebt werden (z.B. durch Anpflanzungen von Bäumen am Wanner Markt). Darüber hinaus werden der Erhalt und Neupflanzungen von Straßenbäumen entlang der Heinitzstraße, der Rathausstraße, der Fred-Endrikat-Straße und der Kolpingstraße sowie der Hammerschmidtstraße und der Schlachthofstraße empfohlen.

Zur Verbesserung der klimatischen Verhältnisse sollte in der hochverdichteten Innenstadt (vorwiegend entlang der Hauptstraße) keine weitere Versiegelung oder Bebauung durch Schließung von Baulücken zugelassen und Rückbaumaßnahmen sollten als Chance zur

Integration von mehr Grün in das Stadtbild ergriffen werden. So ist die Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen wie z.B. Anpflanzungen schattenspendender Bäume auf Parkplätzen und öffentlichen Plätzen auf dem Wanner Markt erstrebenswert. Innerhalb der Gewerbe- und Industrieflächen sollte der Grünflächenanteil durch großkronige Bäume in Kombination mit der Begrünung industrieller Freiflächen sowie großräumiger Lager- und Parkplatzflächen und Dach- und Fassadenbegrünung erhöht werden. Die lokalklimatischen Verhältnisse, die sich infolge des sehr hohen Versiegelungsgrades sowie der Emissionen industrieller Abwärme durch eine nächtlich langanhaltende thermische Überwärmung (hoher Wärmeinseleffekt) sowie mögliche Belastungen durch Hitzestress und Schwüle auszeichnen, können dadurch im Stadtbezirk verbessert werden. Darüber hinaus sollten angrenzende Grün-, Frei- und Waldflächen sowie Pufferzonen zwischen industriell genutzten Flächen und der angrenzenden Wohnbebauung erhalten und im besten Fall aufgewertet werden.

Die wenigen Freilandbereiche im Nordwesten des Stadtbezirks sollten als kalt- und frischluftproduzierenden Ausgleichsräume weitestgehend von Bebauung freigehalten werden und die Grünvernetzung des südlichen Bereiches der Zentraldeponie Emscherbruch an der Emscher mit dem Naturschutzgebiet Resser Wäldchen sollte sinnvoll verstärkt werden. Jedoch ist aus diesem Grunde darauf zu achten, dass keine dichte, riegelförmige Bepflanzung entlang der Dammlage an der Emscher angelegt wird, sodass die ohnehin schon geringen Kaltluftabflüsse in Richtung Süden nicht noch stärker eingeschränkt werden. So sind auch die Gewässer (Rhein-Herne-Kanal, Emscher und kleinere Seen im Stadtbezirk) einschließlich der Ufervegetation als wertvolle Erholungs- und Freizeiträume zu erhalten und insbesondere im nordwestlichen Bereich des Stadtbezirks ist die Grün-, Frei- und Wasserflächenvernetzung des Rhein-Herne-Kanals und der Emscher, wenn möglich auszubauen. Es sollten weitergehend Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen durch den Schiffsverkehr auf dem Rhein-Herne-Kanal ergriffen werden. Die Offenhaltung der Übergangsbereiche zwischen großen Grün- und Parkanlagen und der angrenzenden Bebauung wird empfohlen (Vernetzung schaffen), bei kleineren Grün- und Parkanlagen jedoch sind die Ränder zu schließen (Klimaoasen schaffen). Die wichtigsten Park- und Grünflächen für den Stadtbezirk sind der Florapark, der Stadtgarten Wanne und die Grünfläche am Wananas bzw. Jugendtreff. Zusätzlich ist darauf zu achten, dass eine weitere Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen unterbunden wird. Insbesondere die kleineren Waldflächen auf der ehemaligen Zeche Unser Fritz I/IV im westlichen Stadtbezirk und angrenzend an den Rhein-Herne-Kanal sind als wichtige Pufferzonen (Lärm- und Sichtschutz, Filterfunktion) und generell als wertvolle Erholungsräume und Frischluftproduzenten zu erhalten und nach Möglichkeit aufzuwerten. Wie oben schon erwähnt, ist im Bereich der Frischluftzufuhr von den nördlichen Freiflächen der Zentraldeponie Emscherbruch die weitere Anpflanzung dichter Baumbestände

aufgrund der Barrierewirkung zu vermeiden. Im Bereich des Resser Wäldchen könnte durch eine gezielte Neustrukturierung der bestehenden Baumbestände und -reihen im nordöstlichen Gebiet so eine Barrierewirkung aufgehoben und eine Verbesserung des Kaltluftabflusses von der Zentraldeponie Emscherbruch über das Gut Steinhausen in die südöstlich angrenzende Bebauung erzielt werden.

Stadtbezirk Wanne: Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - aufgelockerte Wohnbebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. max. drei Geschosse) - teilweise große zusammenhängende Gartenareale innerhalb der Bebauung	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten ➤ kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben ➤ Erhalt und Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Straße Schmiedes Hof, Vor dem Hofe und der Wiesenstraße
	Gunstfaktoren ☀ Grünflächen und Gärten innerhalb der Bebauung dienen als kleinräumige Klimaoasen ☀ geringer bis mittlerer Wärmeinseleffekt ☀ hohe Variabilität der Mikroklimata durch das Nebeneinander versiegelter bzw. bebauter und begrünter Flächen ☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse	Ungunstfaktoren ☀ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad - hoher Grünflächenanteil - größtenteils Nähe zu Ausgleichsräumen - im Nordosten angrenzende Industriegebiete	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ grundsätzlich geringe Schadstoffbelastung durch relativ geringes Verkehrsaufkommen ☀ teilweise günstige Belüftungssituation aufgrund relativ geringer Rauigkeit der Bebauung und der Nähe zu Ausgleichsräumen	Ungunstfaktoren ☀ teilweise erhöhte Immissionen durch angrenzende Industriegebiete im Nordosten des Stadtbezirks möglich	

Stadtbezirk Wanne: Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Wohn- und Mischgebiete mit überwiegend drei- bis viergeschossiger Bebauung, vereinzelt auch Hochhäuser	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ keine weitere Bebauung durch Schließung von Baulücken zulassen ➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Anpflanzungen von Bäumen am Wanner Markt, Begrünung von Innenhöfen, Dach- und Fassadenbegrünungen ➤ Erhalt und Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Heinitzstraße, der Rathausstraße, der Fred-Endrikat-Straße und der Kolpingstraße sowie der Hammerschmidtstraße und der Schlachthofstraße
	Gunstfaktoren ☀ erhöhter Wärmeinseleffekt, der sich über eine verhältnismäßig kleine Fläche erstreckt ☀ teilweise lokale Verbesserung des Mikroklimas durch Grünflächen und Gärten im hausnahen Bereich	Ungunstfaktoren ☹ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich ☹ teilweise erhöhte Immissionen (insbesondere Lärm) durch angrenzende Gewerbegebiete und Gleisanlagen	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - teilweise hoher Versiegelungsgrad durch Parkplätze und überbaute Innenhöfe - beschränkt sich auf zwei kleinere Bereiche des Stadtbezirks	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ der Wärmeinseleffekt kann durch Konvektion zur Labilisierung der bodennahen Luftschicht beitragen	Ungunstfaktoren ☹ Windfeldmodifikationen durch Gebäudestrukturen möglich ☹ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit ☹ erhöhte Immissionen (insbesondere Lärm) durch im Süden angrenzende Gleisanlagen	

Stadtbezirk Wanne: Lastraum der hochverdichteten Innenstadt			
Funktion/Nutzungstyp:	Bioklima		Planungshinweise:
	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	
- Wohn- und Mischgebiete mit überwiegend drei- bis mehrgeschossiger Zeilen- und Blockbebauung, vereinzelt auch Hochhäuser möglich	☀ durch die geringe Abkühlung in den Abendstunden wird die mögliche Aufenthaltsdauer verlängert ☀ kleinere Grünflächen erfüllen Funktion als Klimaoasen	☀ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich ☀ hoher Wärmeinseleffekt	➤ keine weitere Versiegelung oder Bebauung durch Schließung von Baulücken zulassen ➤ Rückbaumaßnahmen sollten als Chance zur Integration von mehr Grün in das Stadtbild ergriffen werden; bei unvermeidbarer Neubebauung sollte ein erhöhter Grünflächenanteil realisiert werden ➤ Erhalt und Förderung kleinräumiger Grünanlagen ➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Versiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Anpflanzungen schattenspendender Bäume auf Parkplätzen und öffentlichen Plätzen auf dem Wanner Markt, Entkernung und Begrünung von Innenhöfen, Dach- und Fassadenbegrünungen
Klimarelevante Faktoren:	Immissionsklima		
	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	
- sehr hoher Versiegelungsgrad durch überbaute Innenhöfe und Parkplätze - kleinere zusammenhängende Ausdehnung im Stadtbezirk - keine direkte Anbindung an größere Ausgleichsräume	☀ in den Nachtstunden anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung)	☀ Windfeldmodifikationen durch Gebäudestrukturen möglich; Zunahme von Windturbulenzen, Böigkeit und Zugigkeit erhöhen den Winddiskomfort ☀ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschw. infolge erhöhter Rauigkeit ☀ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen durch den KFZ-Verkehr möglich; v.a. in Straßen mit Häuserschluchten und somit mit eingeschränkten Austauschverhältnissen	

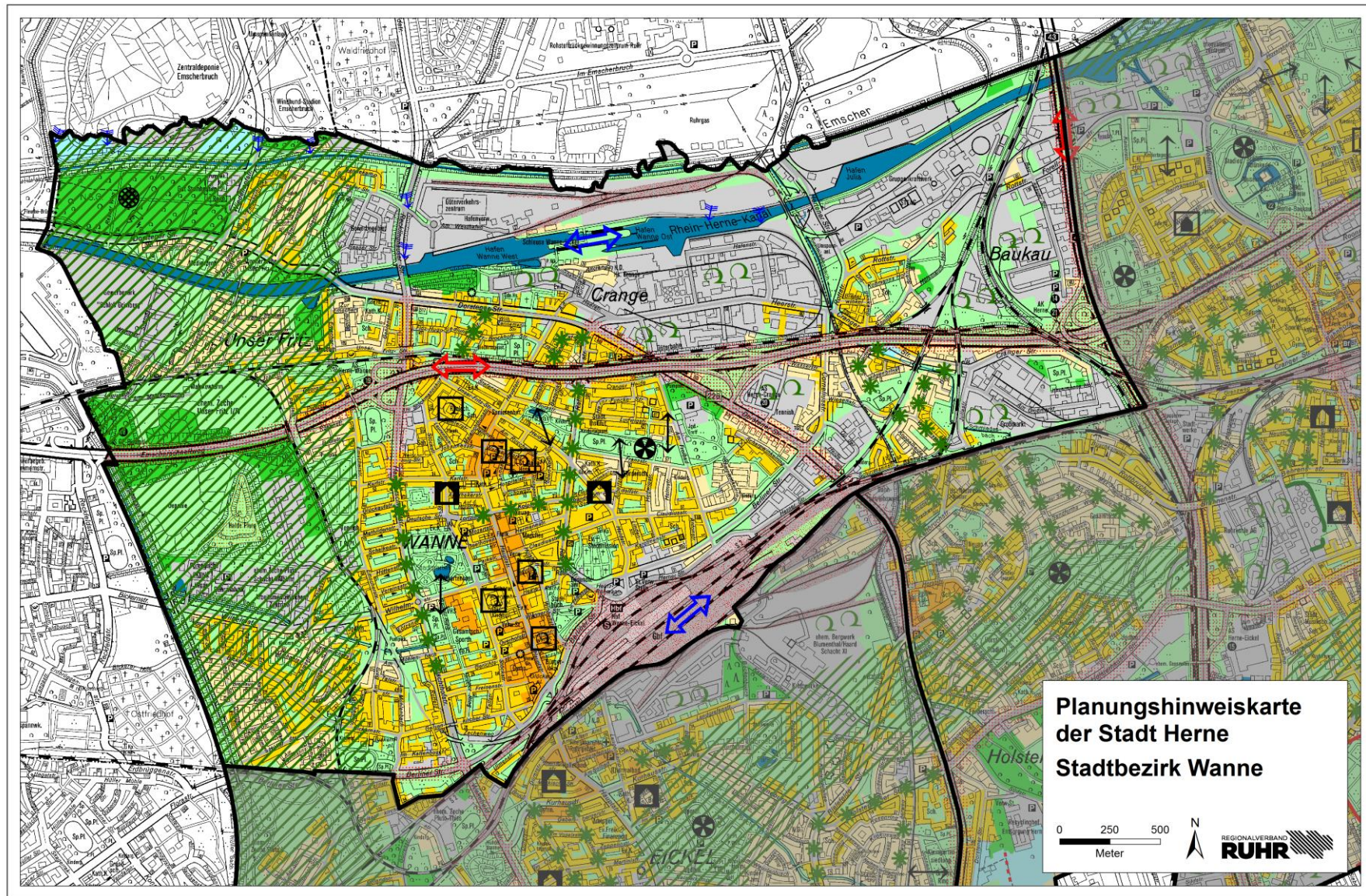
Stadtbezirk Wanne: Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Industriegebiete überwiegend im nordöstlichen Gebiet des Stadtbezirks - Gewerbegebiete überwiegend im östlichen Gebiet des Stadtbezirks - Hafenbereich des Rhein-Herne-Kanals, der Abfallwirtschaft, des Maschinen- und Anlagenbau und des Metallgewerbe zugehörige Firmen, Steinkohlekraftwerk der Firma STEAG GmbH	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume ➤ Begrünung von Dächern und Fassaden ➤ Begrünung industrieller Freiflächen und großräumiger Lager- und Parkplatzflächen ➤ Erhalt angrenzender Grün-, Frei- und Waldflächen ➤ Erhalt und Aufwertung der Pufferzonen zwischen industriell genutzten Flächen und der angrenzenden Wohnbebauung
	Gunstfaktoren	Ungunstfaktoren	
	☀ umliegende Grün-, Frei- und Waldflächen wirken der thermischen Belastung entgegen	☹ lang anhaltende nächtliche thermische Überwärmung (hoher Wärmeinseleffekt) ☹ Belastungen durch Hitzestress und Schwüle ☹ erhöhte Emissionen industrieller Abwärme	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - sehr hoher Versiegelungsgrad auf den industriell genutzten Flächen - Emissionen von Luftschadstoffen und industrieller Abwärme - direkt angrenzend an Wohnbebauung - teilweise durch Immissionsschutzpflanzungen umgeben	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren	Ungunstfaktoren	
	☀ natürlich anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung)	☹ Windfeldmodifikationen durch Gebäudestrukturen möglich ☹ erhöhte Emissionen von Luftschadstoffen	

Stadtbezirk Wanne: Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Wasserflächen des Rhein-Herne-Kanals und der Emscher sowie im Stadtgarten Wanne-Eickel und des Dorneburger Baches - Erholungs- und Freizeitfunktion	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ die Gewässer sind einschließlich der Ufervegetation als wertvolle Erholungs- und Freizeiträume zu erhalten ➤ insbesondere im nordwestlichen Bereich des Stadtbezirks ist die Vernetzung der Grün-, Frei- und Wasserflächen des Rhein-Herne-Kanals und der Emscher zu erhalten und auszubauen ➤ Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen durch den Schiffsverkehr
	Günstfaktoren ☀ stark gedämpfter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Erwärmung am Tage aufgrund der Verdunstungskühlung ☀ Luftleitfunktion für Kaltluftmassen	Ungünstfaktoren ☀ durch die hohe Wärmekapazität von Wasser geringere Abkühlung in der Nacht (dadurch Erwärmung überströmender Kaltluftmassen möglich) ☀ aufgrund der Größe der Wasserflächen sind die positiven bioklimatischen Effekte eher auf die unmittelbare Umgebung beschränkt; kaum Fernwirkung	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - spezifische Eigenschaften von Wasser - geringe Rauigkeit - Größe - umliegende Nutzung	Immissionsklima		
	Günstfaktoren ☀ lokal günstige Belüftungssituation aufgrund der geringen Rauigkeit der Wasserflächen	Ungünstfaktoren ☀ Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch den Schiffsverkehr auf dem Rhein-Herne-Kanal ☀ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch den Schiffsverkehr und den angrenzenden Gewerbe- und Industriegebieten	

Stadtbezirk Wanne: Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Frei- und Grünlandflächen der Zentraldeponie Emscherbruch - Kaltluftentstehungsgebiete - Frischluftproduzenten	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ Erhalt der kalt- und frischluftproduzierenden Ausgleichsräume, daher weitestgehend Freihalten von Bebauung ➤ Grünvernetzung des südlichen Bereiches der Zentraldeponie Emscherbruch an der Emscher mit dem Naturschutzgebiet Resser Wäldchen erhalten und ausbauen ➤ keine dichte, riegelförmige Bepflanzung entlang der Dammlage an der Emscher zur Förderung des Kaltluftabflusses in Richtung Süden
	Gunstfaktoren ☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und starker Abkühlung während der Nachtstunden ☀ hohe Kalt- und Frischluftproduktion ☀ Kaltluftmassentransport vom Freiland in Richtung Süden ☀ höhere Windgeschwindigkeiten begünstigen geringere bioklimatische Belastung durch Hitze und Schwüle	Ungunstfaktoren ☹ aufgrund des leicht nach Süden abfallenden Reliefs erfolgt ein Kaltluftmassentransport der nördlichen Freiflächen in Richtung des Resser Wäldchen und in die südöstlich angrenzende Bebauung	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - geringe Rauigkeit - Übergang in die Ausgleichsräume des angrenzenden Emscherbruches der Stadt Recklinghausen - Flächen grenzen teilweise direkt an Siedlungsbereiche an - im Zusammenhang mit dem Resser Wäldchen kleine Pufferzone zwischen den Siedlungsbereichen und den lokalen Ausgleichsräumen	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ sehr günstige Austauschverhältnisse ☀ kaum Emissionen ☀ bei überlagertem Windfeld aus nördlichen Richtungen Frischluftmassentransport in Richtung der südöstlich angrenzenden Siedlungsbereiche	Ungunstfaktoren ☹ teilweise erhöhte Bodeninversionshäufigkeit mit Nebelbildung ☹ Dammlage der Emscher und des Waldgebietes können eine Kaltluftansammlung verursachen; hierbei besteht die Gefahr einer Schadstoffanreicherung	

Stadtbezirk Wanne: Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Park- und Kleingartenanlagen, Friedhöfe, Grünflächen im Übergangsbereich zum Freiland, Sportplatzanlagen, Grünflächen im hausnahen Bereich sowie große zusammenhängende Gartenareale innerhalb der Bebauung, Deponie und Haldenbereiche - Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion - Abwechslungsreiche Strukturen mit offenen Grünflächen und dichter Bepflanzung	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ Erhalt und Sicherung, Schaffung von Grünverbundsystemen ➤ 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 Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen ➤ Förderung des Luftaustausches bei Park- und Grünanlagen, die an Freilandbereiche angrenzen (z.B. Zentraldeponie Emscherbruch) ➤ in Gärten und auf Grünflächen im hausnahen Bereich weitere Anpflanzung von Bäumen zur Schaffung von Schattenzonen
	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	
	☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit ☀ günstige bioklimatische Verhältnisse werden teilweise durch die Nähe zu Freilandbereichen (z.B. Zentraldeponie Emscherbruch) gefördert ☀ Abmilderung des Wärmeinseleffektes	☀ kleinere zu den Rändern offene Grünflächen werden durch das Klima umliegender dicht bebauter Siedlungsgebiete negativ beeinflusst ☀ positive Effekte zumeist lokal begrenzt; geringe Fernwirkung	
	Immissionsklima		
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - Größe und Ausstattung der Grün- und Parkanlage - Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an Wald- und Freilandflächen - angrenzende Nutzung	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	
	☀ die Luftruhe wirkt sich positiv auf die Aufenthaltsqualität aus ☀ insbesondere größere Park- und Grünflächen mit Baumbestand: Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe ☀ keine Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten		

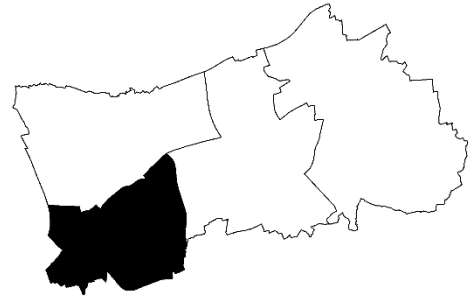
Stadtbezirk Wanne: Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald			
Funktion/Nutzungstyp:	Bioklima		Planungshinweise:
	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	
- mehrere kleine bis mittelgroße Waldbestände überwiegend im westlichen Teil des Stadtbezirks - z.T. Naherholungsfunktion - z.T. Naturschutzgebiete - Filterfunktion für Luftschadstoffe - z.T. Immissionschutz und Pufferfunktion	☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglichenen Stammraumklima ☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen ☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen	☀ durch die z.T. geringe Größe der Waldflächen keine Fernwirkung ☀ aufgrund der geringen Reliefausprägung nur eingeschränkte Kaltluftabflüsse	☀ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Erholungsräume und Frischluftproduzenten zu erhalten ☀ insbesondere die kleineren Waldflächen auf der ehemaligen Zeche Unser Fritz I/IV im westlichen Stadtbezirk und angrenzend an den Rhein-Herne-Kanal sind als wichtige Pufferzonen (Lärm- und Sichtschutz, Filterfunktion) zu erhalten und nach Möglichkeit auszuweiten bzw. aufzuwerten ☀ im Bereich der Frischluftzufuhr von den nördlichen Freiflächen der Zentraldeponie ☀ Emscherbruch ist die weitere Anpflanzung dichter Baumbestände aufgrund der Barrierewirkung zu vermeiden ☀ im Bereich des Resser Wäldchen könnte durch eine gezielte Neustrukturierung der bestehenden Baumbestände und -reihen im nordöstlichen Gebiet eine Barrierewirkung aufgehoben und eine Verbesserung des Kaltluftabflusses von der Zentraldeponie Emscherbruch über das Gut Steinhausen in die südöstlich angrenzende Bebauung erzielt werden
Klimarelevante Faktoren:	Immissionsklima		
	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	
- Größe und Lage des Waldgebietes - angrenzende Nutzungen	☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe ☀ keine Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten	☀ aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion; Barrierewirkung für Luftmassentransporte möglich	



Karte 11-2: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Herne für den Stadtbezirk Wanne

11.2.2 Stadtbezirk Eickel

Der Stadtbezirk Eickel besitzt einen höheren Anteil an locker und offen bebauten Wohngebieten und größeren Grün- und Parkanlagen als der Stadtbezirk Wanne. Deswegen sollte die aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur in den locker und offen bebauten Wohngebieten erhalten bleiben sowie kleinräumige Entsiegelungs-, Begrünungs-



und Verschattungsmaßnahmen angestrebt werden. Bauliche Nachverdichtungen durch Schließung einzelner Baulücken sind aus stadtklimatischer Sicht nur im Ortsteil Röhlinghausen möglich. Es wird empfohlen, geeignete Straßenbäume entlang der Gustavstraße und Friedastraße sowie der Koloniestraße und am Tulpenweg zu erhalten oder neu zu pflanzen. In der Westfalenstraße, am Eickeler Bruch, der Hartkortstraße, der Jägerstraße und der Straße An der Burg sowie der Baltzstraße, der Königstraße und der Holsterhauser Straße würde der Erhalt und Neupflanzungen von Straßenbäumen ebenfalls positive Effekte auf das lokale Stadtklima haben.

In und um die beiden hochversiegelten Innenstadtgebiete im Stadtbezirk hätten eine weitere Versiegelung und Bebauungsverdichtung einen starken negativen Effekt. Anpflanzungen schattenspendender Bäume sollten auf Parkplätzen und öffentlichen Plätzen an der Hauptstraße und am Schultenhof und entlang der Königstraße forciert werden, um eine Erhöhung des Grünflächenanteils durch Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen in den versiegelten Gebieten zu erreichen. Die Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume zur lokalen Klimaverbesserung infolge der Verschattungs- und Verdunstungseffekte sollte insbesondere dementsprechend auch auf den gewerblichen und industriellen Freiflächen und Lager- bzw. Parkplatzflächen der nordöstlichen und südöstlich gelegenen Gewerbe- und Industriegebiete angestrebt werden. Es ist darauf zu achten, dass angrenzende Grün- und Freiflächen als Pufferzonen zwischen den gewerblich genutzten Flächen und der angrenzenden Wohnbebauung erhalten bleiben oder sogar aufgewertet werden. Die wichtigsten Park- und Grünflächen für den Stadtbezirk sind der Dorneburger Park, der Sportpark Eickel und der Volksgarten Eickel.

Innerhalb der Grünflächenvernetzung sind die Seen im Südwesten des Stadtbezirks und im Dorneburger Park einschließlich der Ufervegetation als wertvolle Erholungs- und Freizeiträume zu erhalten. Im Südwesten des Stadtbezirks befinden sich auch die einzigen Freiflächen, die im westlichen Bereich der Wohnbebauung von Röhlinghausen für Kalt- und Frischluft sorgen könnten, deswegen ist dort die Anpflanzung dichter Baumbestände aufgrund einer Barrierewirkung zu vermeiden. Um eine sinnvolle und durchgehende Grünvernetzung

einzurichten, bedarf es eines Verzichts auf riegelförmige Bepflanzung innerhalb bzw. zwischen den einzelnen Grünflächen. Als wichtige Pufferzonen (Lärm- und Sichtschutz, Filterfunktion) und wertvolle Erholungsräume sind insbesondere die kleineren Waldflächen an den Industriegebieten im östlichen Stadtbezirk zu erhalten und nach Möglichkeit aufzuwerten.

Stadtbezirk Eickel: Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - aufgelockerte Wohnbebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. max. drei Geschosse) - teilweise große zusammenhängende Gartenareale innerhalb der Bebauung	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten ➤ kleinräumige Entsiegelungs-, Begrünungs- und Verschattungsmaßnahmen anstreben ➤ bauliche Nachverdichtungen durch Schließung einzelner Baulücken im Ortsteil Röhlinghausen möglich ➤ Erhalt und Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Gustavstraße und Friedastraße sowie der Koloniestraße und am Tulpenweg
	Gunstfaktoren ☀ Grünflächen und Gärten innerhalb der Bebauung dienen als kleinräumige Klimaoasen ☀ geringer Wärmeinseleffekt ☀ hohe Variabilität der Mikroklimata durch das Nebeneinander versiegelter bzw. bebauter und begrünter Flächen ☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse	Ungunstfaktoren ☀ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad - hoher Grünflächenanteil - größtenteils Nähe zu Ausgleichsräumen	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ grundsätzlich geringe Schadstoffbelastung durch relativ geringes Verkehrsaufkommen ☀ teilweise günstige Belüftungssituation aufgrund relativ geringer Rauigkeit der Bebauung und der Nähe zu Ausgleichsräumen	Ungunstfaktoren	

Stadtbezirk Eickel: Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Wohn- und Mischgebiete mit überwiegend drei- bis viergeschossiger Bebauung, vereinzelt auch Hochhäuser	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ keine weitere Bebauung durch Schließung von Baulücken zulassen, außer im Ortsteil Röhlinghausen, dort ist eine klimatisch verträgliche Nachverdichtung durch Schließung einzelner Baulücken möglich ➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entseelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Anpflanzungen von Bäumen, Begrünung von Innenhöfen, Dach- und Fassadenbegrünungen ➤ Erhalt und Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Westfalenstraße, am Eickeler Bruch, der Hartkortstraße, der Jägerstraße und der Straße An der Burg sowie der Baltzstraße, der Königstraße und der Holsterhauser Straße
	Gunstfaktoren ☀ erhöhter Wärmeinseleffekt, der sich über eine verhältnismäßig kleine Fläche erstreckt ☀ teilweise lokale Verbesserung des Mikroklimas durch Grünflächen und Gärten im hausnahen Bereich	Ungunstfaktoren ☹ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich ☹ teilweise erhöhte Immissionen (insbesondere Lärm) durch angrenzende Gewerbegebiete und Gleisanlagen	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - teilweise hoher Versiegelungsgrad durch Parkplätze und überbaute Innenhöfe - im Nordosten und Südosten jeweils angrenzendes Gewerbegebiet	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ der Wärmeinseleffekt kann durch Konvektion zur Labilisierung der bodennahen Luftschicht beitragen	Ungunstfaktoren ☹ Windfeldmodifikationen durch Gebäudestrukturen möglich ☹ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit ☹ teilweise erhöhte Immissionen (insbesondere Lärm) durch angrenzende Gewerbegebiete und Gleisanlagen	

Stadtbezirk Eickel: Lastraum der hochverdichteten Innenstadt			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Wohn- und Mischgebiete mit überwiegend drei- bis mehrgeschossiger Zeilen- und Blockbebauung, vereinzelt auch Hochhäuser möglich	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ keine weitere Versiegelung oder Bebauung durch Schließung von Baulücken zulassen ➤ Erhalt und Förderung kleinräumiger Grünanlagen ➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Anpflanzungen schattenspendender Bäume auf Parkplätzen und öffentlichen Plätzen an der Hauptstraße und am Schulenhof, Entkernung und Begrünung von Innenhöfen, Dach- und Fassadenbegrünungen ➤ Erhalt und Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Königstraße
	Günstfaktoren ☀ durch die geringe Abkühlung in den Abendstunden wird die mögliche Aufenthaltsdauer verlängert ☀ kleinere Grünflächen erfüllen Funktion als Klimaoasen	Ungünstfaktoren ☁ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich ☁ hoher Wärmeinseleffekt	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - sehr hoher Versiegelungsgrad durch überbaute Innenhöfe und Parkplätze - beschränkt sich auf zwei kleinere Bereiche des Stadtbezirks - indirekte Anbindung im südlichen Stadtbezirk an den Ausgleichsraum Volksgarten	Immissionsklima		
	Günstfaktoren ☀ in den Nachtstunden anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung)	Ungünstfaktoren ☁ Windfeldmodifikationen durch Gebäudestrukturen möglich; Zunahme von Windturbulenzen, Böigkeit und Zugigkeit erhöhen den Winddiskomfort ☁ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschw. infolge erhöhter Rauigkeit ☁ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen durch den KFZ-Verkehr möglich; v.a. in Straßen mit Häuserschluchten und somit mit eingeschränkten Austauschverhältnissen	

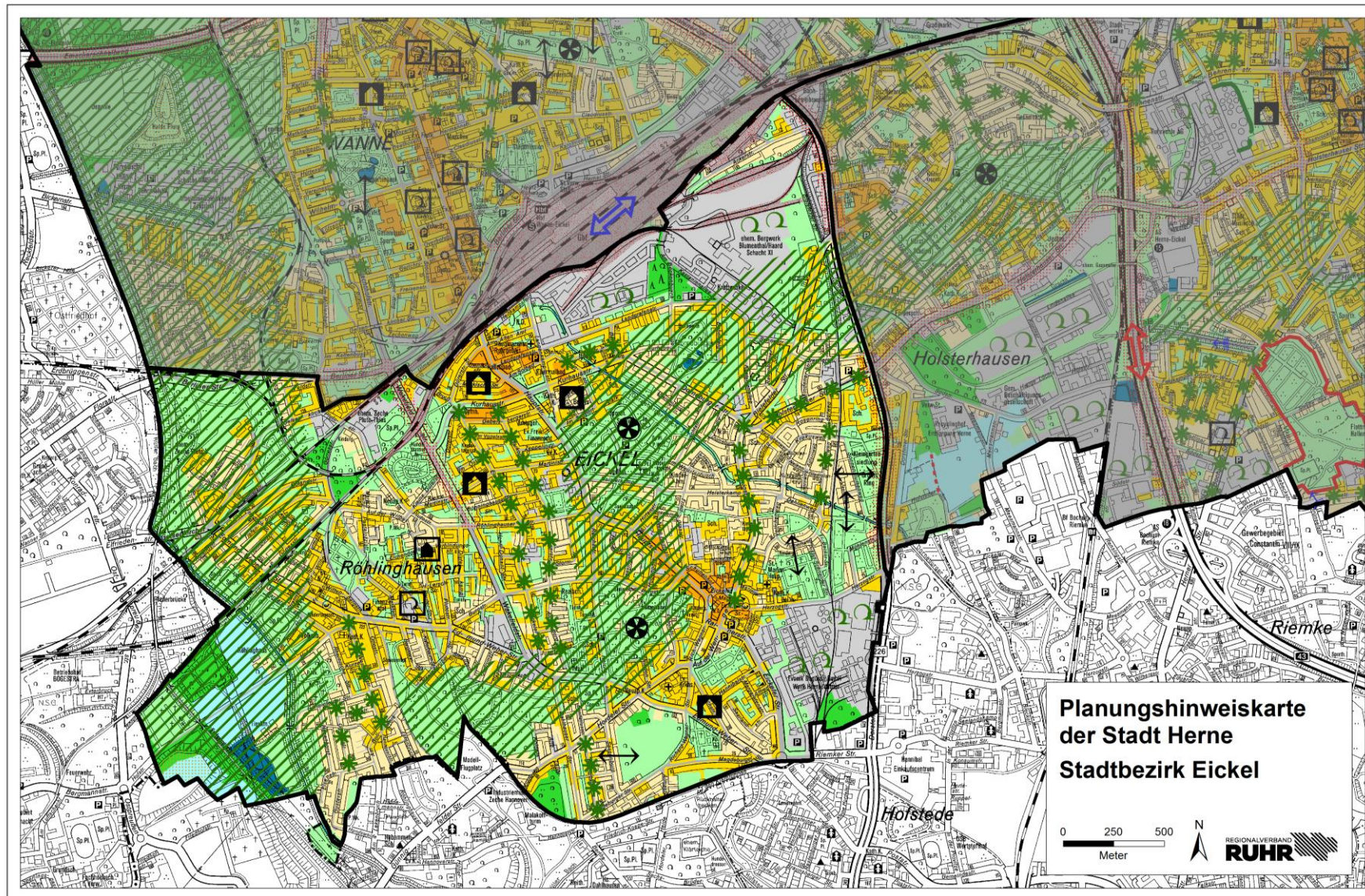
Stadtbezirk Eickel: Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Gewerbe- und Industriegebiete im Nordosten und im Südosten des Stadtbezirkes - Gleisanlagen für Güterverkehr - Ehemalige Zeche Pluto-Thies im Nordwesten des Stadtbezirks	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume zur lokalen Klimaverbesserung infolge der Verschattungs- und Verdunstungseffekte; insbesondere auf gewerblichen Freiflächen sowie großräumiger Lager- und Parkplatzflächen ➤ Begrünung von Dächern und Fassaden ➤ Erhalt nordöstlich angrenzender Grün- und Freiflächen ➤ Erhalt und Aufwertung der Pufferzonen zwischen der gewerblich genutzten Flächen und der angrenzenden Wohnbebauung
	Günstfaktoren ☀ östlich angrenzende Grün- und Freiflächen wirken der thermischen Belastung entgegen	Ungünstfaktoren ☁ lang anhaltende nächtliche thermische Überwärmung (hoher Wärmeinseleffekt) ☁ Belastungen durch Hitzestress und Schwüle	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - sehr hoher Versiegelungsgrad der gewerblich genutzten Flächen und Gleisareale - Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm - direkt angrenzend an Wohnbebauung	Immissionsklima		
	Günstfaktoren ☀ nächtlich anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung) ☀ geringe Rauigkeit der angrenzenden Gleisanlagen begünstigt Luftaustausch	Ungünstfaktoren ☁ erhöhte Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich	

Stadtbezirk Eickel: Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Wasserflächen im Südwesten des Stadtbezirks, im Dornburger Park und des Dornburger Baches - Erholungs- und Freizeitfunktion	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ die Gewässer im Südwesten des Stadtbezirks und im Dornburger Park sind einschließend der Ufervegetation als wertvolle Erholungs- und Freizeiträume zu erhalten ➤ Vernetzung der Grün-, Frei- und Wasserflächen erhalten und ausbauen
	Günstfaktoren ☀ stark gedämpfter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Erwärmung am Tage aufgrund der Verdunstungskühlung	Ungünstfaktoren ☁ durch die hohe Wärmekapazität von Wasser geringere Abkühlung in der Nacht (dadurch Erwärmung überströmender Kaltluftmassen möglich) ☁ aufgrund der geringen Größe der Wasserflächen sind die positiven bioklimatischen Effekte nur auf die unmittelbare Umgebung beschränkt; keine Fernwirkung	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - spezifische Eigenschaften von Wasser - geringe Rauigkeit - Größe - umliegende Nutzung	Immissionsklima		
	Günstfaktoren ☀ lokal günstige Belüftungssituation aufgrund der geringen Rauigkeit der Wasserflächen	Ungünstfaktoren	

Stadtbezirk Eickel: Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Ackerflächen im Südwesten des Stadtbezirks - Frischluftproduzent	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ Erhalt der kalt- und frischluftproduzierenden Freilandfläche ➤ Grünvernetzung im südlichen Röhlinghausen erhalten und ausbauen ➤ reliefbedingt keine Kaltluftabflüsse
	Gunstfaktoren ☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und starker Abkühlung während der Nachtstunden ☀ hohe Kalt- und Frischluftproduktion ☀ höhere Windgeschwindigkeiten begünstigen geringere bioklimatische Belastung durch Hitze und Schwüle	Ungunstfaktoren ☁ reliefbedingte Einschränkungen beim Kaltluftmassentransport	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - geringe Rauigkeit - Fläche grenzt direkt an Grünflächen, die wiederum an Siedlungsbereiche angrenzen	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ sehr günstige Austauschverhältnisse ☀ geringe Emissionen ☀ bei überlagertem Windfeld aus südwestlichen Richtungen Frischluftmassentransport in Richtung der Siedlungsbereiche von Röhlinghausen	Ungunstfaktoren ☁ teilweise erhöhte Bodeninversionshäufigkeit mit Nebelbildung	

Stadtbezirk Eickel: Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Park- und Grünflächen, Friedhöfe, Sportanlagen sowie große zusammenhängende Gartenareale innerhalb der Bebauung - Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion - Abwechslungsreiche Strukturen mit offenen Grünflächen und dichter Bepflanzung	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ Erhalt und Sicherung, Schaffung von Grünverbundsystemen ➤ in Gärten und auf Grünflächen im hausnahen Bereich weitere Anpflanzung von Bäumen zur Schaffung von Schattenzonen ➤ keine dichte, riegelförmige Bepflanzung innerhalb bzw. zwischen der Grünflächen
	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	
	☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit ☀ günstige bioklimatische Verhältnisse werden teilweise durch die Nähe zu größeren Freilandbereichen gefördert ☀ Abmilderung des Wärmeinseleffektes	☀ positive Effekte zumeist lokal begrenzt; geringe Fernwirkung	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - Größe und Ausstattung der Grün- und Parkanlage - Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an Grün- und Freilandflächen - angrenzende Nutzung	Immissionsklima		
	Günstfaktoren	Ungünstfaktoren	
	☀ die Luftruhe wirkt sich positiv auf die Aufenthaltsqualität aus ☀ keine Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten	☀ erhöhte Immissionen (insbesondere Lärm) durch angrenzende Gewerbegebiete und Gleisanlagen möglich	

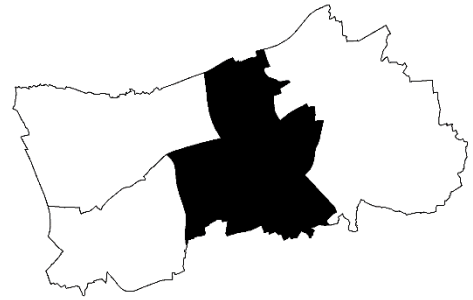
Stadtbezirk Eickel: Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - mehrere kleine Waldbestände verteilt über den Stadtbezirk - z.T. Naherholungsfunktion - Filterfunktion für Luftschadstoffe - z.T. Immissionsschutz und Pufferfunktion	Bioklima		Planungshinweise: ➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Erholungsräume und Frischluftproduzenten zu erhalten ➤ insbesondere die kleineren Waldflächen an den Industriegebieten im östlichen Stadtbezirk sind als wichtige Pufferzonen (Lärm- und Sichtschutz, Filterfunktion) zu erhalten und nach Möglichkeit auszuweiten bzw. aufzuwerten ➤ im Bereich der Frischluftzufuhr von den südwestlichen Freiflächen ist die Anpflanzung dichter Baumbestände aufgrund der Barrierewirkung zu vermeiden
	Günstfaktoren ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglichenen Stammraumklima ☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen ☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen	Ungünstfaktoren ☀ durch die z.T. geringe Größe der Waldflächen keine Fernwirkung ☀ aufgrund der geringen Reliefausprägung keine Kaltluftabflüsse	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - Größe und Lage des Waldgebietes - angrenzende Nutzungen	Immissionsklima		
	Günstfaktoren ☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe ☀ keine Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten	Ungünstfaktoren ☀ aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion; Barrierewirkung für Luftmassentransporte möglich	



Karte 11-3: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Herne für den Stadtbezirk Eickel

11.2.3 Stadtbezirk Herne-Mitte

Der Stadtbezirk Herne-Mitte besitzt überwiegend dicht bebaute Wohn- und Mischgebiete mit einem hochversiegelten zentralen Innenstadtbereich und mehrere Gewerbe- und Industriegebiete. Aufgrund des hohen Aufkommens an Flachdächern im Stadtbezirk, insbesondere entlang der



Bahnhofsstraße im Innenstadtbereich und in den Gewerbegebieten, eignen sich Dachbegrünungen zur Erhöhung des Grünanteils. Eine bauliche Nachverdichtung in den locker und offen bebauten Wohngebieten ist aus stadtklimatischer Sicht nur noch im Norden und Südwesten des Stadtbezirks möglich. Im Süden wird eine Einhaltung von Baugrenzen am Rand der Wohnbausiedlung um den Skulpturenpark Flottmann und des nördlich angrenzenden locker bebauten Wohngebietes empfohlen, um die lokalen klimatischen Verhältnisse nicht noch weiter zu belasten. Straßenbäume sollten entlang der Bielefelder Straße, der Straße Am Schmiedesbach und An der Ziegelei sowie der Altenhöfener Straße, Eiselenstraße, Karl-Fr.-Friesen-Straße und Auf dem Beil wie auch der Vödestraße erhalten oder neu gepflanzt werden. Wie oben erwähnt, wird aus stadtklimatologischer Sicht auch in den überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebieten keine weitere Versiegelung und Bebauung, außer im nördlichen und südöstlichen Teil des Stadtbezirks empfohlen. Im südlichen Holsterhausen sollte der Fokus auf Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen gelegt werden, um den Grünflächenanteil zu erhöhen. Im Stadtbezirk gibt es generell auch viele Straßenzüge, in denen Straßenbegrünung von Vorteil wäre. Entlang der Bismarckstraße, Sedanstraße und des Harpener Wegs sowie der Juliastraße, Herforder Straße und des Detmolder Rings wie auch des Grenzwegs, der Elisabethstraße, Brunnenstraße und der Mittelstraße, des Weiteren entlang der Bochumer Straße, des Allensteiner und des Liegnitzer Weg sollte der Erhalt und Neupflanzungen von Straßenbäumen in Betracht gezogen werden.

In der hochversiegelten Innenstadt sollte ausdrücklich keine zusätzliche Versiegelung oder Bebauung durch Schließung von Baulücken zugelassen werden. Bei Rückbaumaßnahmen oder bei unvermeidbarer Neubebauung wäre ein erhöhter Grünflächenanteil erstrebenswert. Der Erhalt und die Förderung kleinräumiger Grünanlagen und die generelle Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen wie z.B. Anpflanzungen schattenspendender Bäume auf Parkplätzen und öffentlichen Plätzen um den Friedrich-Ebert-Platz und die Entkernung und Begrünung von Innenhöfen sowie jede einzelne Dach- und Fassadenbegrünung leistet einen Beitrag zur Verbesserung des hochbelasteten

Stadtklimas in diesem Stadtbezirk. Zusätzlich sind der Erhalt und Neupflanzungen von Straßenbäumen entlang der Bebelstraße, Bahnhofsstraße und der Hermann-Lörs-Straße sehr wichtig. Im Rahmen des Erhalts und der Aufwertung der Pufferzonen zwischen den industriell bzw. gewerblich genutzten Flächen und der angrenzenden Wohnbebauung sind Immissionsschutzpflanzungen östlich angrenzend an das Gewerbegebiet von Ineos sehr zu empfehlen.

Schützenswert sind die wenigen Frei- und Grünflächen im Stadtbezirk wie z.B. der Schlosspark Strünkede, die Park- und Friedhofsfläche in Holsterhausen und der Herner Stadtgarten. So sind auch die Gewässer des Rhein-Herne-Kanals und der Emscher sowie des Schlossparks Strünkede im Norden und die kleineren Gewässer im Süden des Stadtbezirks und der Gracht hier ganz besonders aufgrund der hohen Versiegelung im Stadtbezirk als wertvolle Erholungs- und Freizeiträume zu erhalten. Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen durch den Schiffsverkehr sollten vor allem für die nördlichen Bereiche des Stadtbezirks ergriffen werden. Vor allem im Südosten des Stadtbezirks sollten der Erhalt und eine mögliche Ausweitung der Grünvernetzung der Freilandbereiche mit angrenzenden Grün- und Waldflächen in die Bebauung im Vordergrund stehen. Innerhalb der Siedlungsbereiche können private Hausgärten in diese Vernetzung einbezogen werden. Darüber hinaus ist das Anstreben von Baugrenzen am Rand der Wohnsiedlung östlich der Dorstener Straße im Südwesten des Stadtbezirks bezüglich der wenigen Freilandflächen zu verfolgen. Auf eine Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen ist zu verzichten. Der Luftaustausch bei Park- und Grünanlagen, die an größere Freilandbereiche angrenzen (insbesondere im Norden des Stadtbezirks), sollte zudem gefördert werden. Darüber hinaus sind insbesondere das größere Waldgebiet im Landschaftsschutzgebiet Constantin 4/5 sowie der kleinere Waldstreifen an der Südstraße als wichtige Pufferzonen zu erhalten.

Stadtbezirk Herne-Mitte: Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - überwiegend aufgelockerte Wohnbebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. max. drei Geschosse) - vereinzelt große zusammenhängende Gartenareale innerhalb der Bebauung bzw. größere Grünflächen im hausnahen Bereich	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten ➤ kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben ➤ aufgrund des hohen Aufkommens an Flachdächern im Stadtbezirk eignen sich Dachbegrünungen zur Erhöhung des Grünanteils, insbesondere auf den Flachdächern entlang der Bahnhofsstraße im Innenstadtbereich und in den Gewerbegebieten ➤ eine bauliche Nachverdichtung ist aus stadtklimatischer Sicht nur noch im Norden und im Südosten des Stadtbezirks möglich ➤ Einhaltung von klimatischen Baugrenzen am Rand der Wohnbausiedlung um den Skulpturenpark Flottmann und des nördlich angrenzenden locker bebauten Wohngebietes ➤ Erhalt und Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Bielefelder Straße, der Straße Am Schmiedesbach und An der Ziegelei sowie der Altenhöfener Straße, Eiselenstraße, Karl-Fr.-Friesen-Straße und Auf dem Beil wie auch der Vödestraße
	Gunstfaktoren ☀ Grünflächen und Gärten innerhalb der Bebauung dienen als kleinräumige Klimaoasen ☀ geringer bis mittlerer Wärmeinseleffekt ☀ hohe Variabilität der Mikroklimata durch das Nebeneinander versiegelter bzw. bebauter und begrünter Flächen ☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse	Ungunstfaktoren ☁ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad - weitestgehend hoher Grünflächenanteil - z.T. Nähe zu Ausgleichsräumen	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ teilweise günstige Belüftungssituation aufgrund der Nähe zu Ausgleichsräumen	Ungunstfaktoren ☁ teilweise erhöhte Immissionen durch angrenzende Industriegebiete in Holsterhausen möglich ☁ teilweise schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit ☁ Windfeldmodifikationen durch Gebäudestrukturen möglich ☁ relativ hohe Schadstoffbelastung durch hohes Verkehrsaufkommen im Stadtbezirk	

Stadtbezirk Herne-Mitte: Lastrum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Wohn- und Mischgebiete mit überwiegend drei- bis viergeschossiger Bebauung, auch Hochhäuser	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ keine weitere Versiegelung und Bebauung durch Schließung von Baulücken zulassen, außer im nördlichen und südöstlichen Teil des Stadtbezirks, dort ist eine klimatisch verträgliche Nachverdichtung durch Schließung einzelner Baulücken möglich ➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Anpflanzungen von Bäumen auf den Parkplätzen, Dach- und Fassadenbegrünungen, Schulhofbegrünung im südlichen Holsterhausen ➤ Erhalt und Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Bismarckstraße, Sedanstraße und des Harpener Wegs sowie der Juliastraße, Herforder Straße und des Detmolder Rings wie auch des Grenzwegs, der Elisabethstraße, Brunnenstraße und der Mittelstraße, des Weiteren entlang der Bochumer Straße, des Allensteiner und des Liegnitzer Weges
	Gunstfaktoren ☀ erhöhter Wärmeinseleffekt, der sich über eine verhältnismäßig kleine Fläche erstreckt	Ungunstfaktoren ☁ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - hoher Versiegelungsgrad durch Gebäude, Schulhöfe und Parkplätze	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ der Wärmeinseleffekt kann durch Konvektion zur Labilisierung der bodennahen Luftschicht beitragen	Ungunstfaktoren ☁ Windfeldmodifikationen durch Gebäudestrukturen möglich ☁ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit	

Stadtbezirk Herne-Mitte: Lastraum der hochverdichteten Innenstadt			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Wohn- und Mischgebiete mit überwiegend drei- bis mehrgeschossiger Zeilen- und Blockbebauung, auch Hochhäuser	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ keine weitere Versiegelung oder Bebauung durch Schließung von Baulücken zulassen ➤ Rückbaumaßnahmen sollten als Chance zur Integration von mehr Grün in das Stadtbild ergriffen werden; bei unvermeidbarer Neubebauung sollte ein erhöhter Grünflächenanteil realisiert werden ➤ Erhalt und Förderung kleinräumiger Grünanlagen ➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch kleinräumige Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Anpflanzungen schattenspendender Bäume auf Parkplätzen und öffentlichen Plätzen um den Friedrich-Ebert-Platz, Entkernung und Begrünung von Innenhöfen, Dach- und Fassadenbegrünungen ➤ Erhalt und Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Bebelstraße, Bahnhofstraße und der Hermann-Lörs-Straße
	Günstfaktoren ☀ durch die geringe Abkühlung in den Abendstunden wird die mögliche Aufenthaltsdauer verlängert ☀ kleinere Grünflächen erfüllen Funktion als Klimaoasen	Ungünstfaktoren ☹ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich ☹ hoher Wärmeinseleffekt	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - sehr hoher Versiegelungsgrad durch überbaute Innenhöfe und Parkplätze - größere zusammenhängende Ausdehnung im Stadtbezirk - keine direkte Anbindung an größere Ausgleichsräume	Immissionsklima		
	Günstfaktoren ☀ in den Nachtstunden anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung)	Ungünstfaktoren ☹ Windfeldmodifikationen durch Gebäudestrukturen möglich; Zunahme von Windturbulenzen, Böigkeit und Zugigkeit erhöhen den Winddiskomfort ☹ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschw. infolge erhöhter Rauigkeit ☹ erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen durch den KFZ-Verkehr möglich; v.a. in Straßen mit Häuserschluchten und somit mit eingeschränkten Austauschverhältnissen	

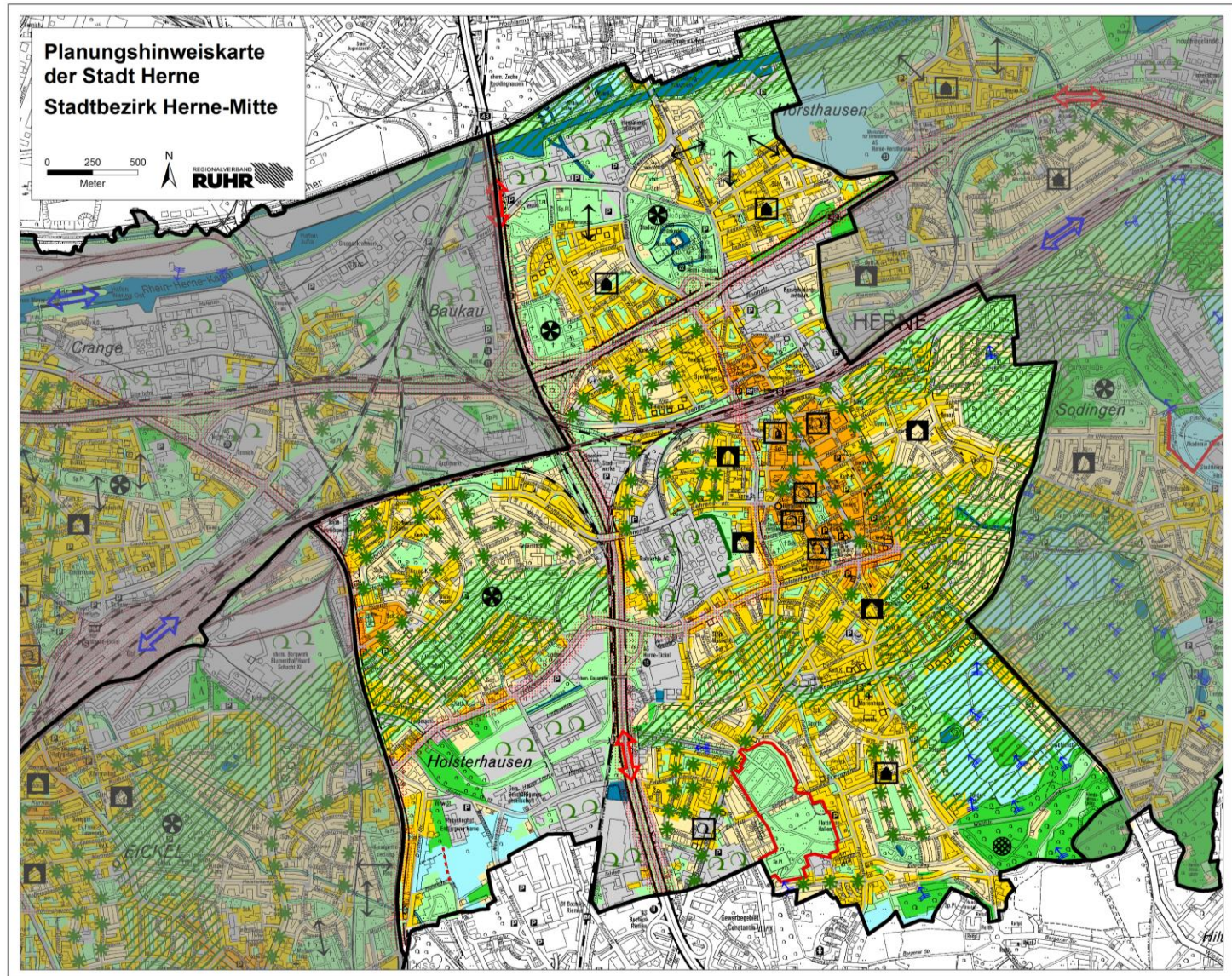
Stadtbezirk Herne-Mitte: Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - mehrere Gewerbe- und Industriegebiete im Stadtbezirk	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume ➤ Begrünung von Dächern und Fassaden ➤ Begrünung industrieller Freiflächen und großräumiger Lager- und Parkplatzflächen ➤ Erhalt angrenzender Grün-, Frei- und Waldflächen ➤ Erhalt und Aufwertung der Pufferzonen zwischen der industriell genutzten Flächen und der angrenzenden Wohnbebauung ➤ Immissionsschutzpflanzungen östlich angrenzend an das Gewerbegebiet von Ineos
	Gunstfaktoren ☀ umliegende Grün-, Frei- und Waldflächen wirken der thermischen Belastung entgegen	Ungunstfaktoren ☁ lang anhaltende nächtliche thermische Überwärmung (hoher Wärmeinseleffekt) ☁ Belastungen durch Hitzestress und Schwüle ☁ erhöhte Emissionen industrieller Abwärme	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - sehr hoher Versiegelungsgrad auf den industriell genutzten Flächen - Emissionen von Luftschadstoffen und industrieller Abwärme - direkt angrenzend an Wohnbebauung - teilweise durch Immissionsschutzpflanzungen umgeben	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ nächstlich anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung)	Ungunstfaktoren ☁ Windfeldmodifikationen durch Gebäudestrukturen möglich ☁ erhöhte Emissionen von Luftschadstoffen	

Stadtbezirk Herne-Mitte: Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Wasserflächen des Rhein-Herne-Kanals und der Emscher, im Schlosspark Strünkede, der Gracht, an der Südstraße und östlich des Schwimmbads Südpool sowie des Dornburger Baches - Erholungs- und Freizeitfunktion	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ die Gewässer des Rhein-Herne-Kanals und der Emscher, des Schlosspark Strünkede, der Gracht, an der Südstraße und östlich des Schwimmbads Südpool sowie des Dornburger Baches sind einschließlich der Ufervegetation als wertvolle Erholungs- und Freizeiträume zu erhalten ➤ Vernetzung der Grün-, Frei- und Wasserflächen des Rhein-Herne-Kanals erhalten und ausbauen ➤ Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen durch den Schiffsverkehr
	Günstfaktoren ☀ stark gedämpfter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Erwärmung am Tage aufgrund der Verdunstungskühlung ☀ Luftleitfunktion für Kaltluftmassen aus dem nordöstlich angrenzenden Bereich	Ungünstfaktoren ☁ durch die hohe Wärmekapazität von Wasser geringere Abkühlung in der Nacht (dadurch Erwärmung überströmender Kaltluftmassen möglich) ☁ aufgrund der eher geringen Größe der Wasserflächen sind die positiven bioklimatischen Effekte auf die unmittelbare Umgebung beschränkt; kaum Fernwirkung	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - spezifische Eigenschaften von Wasser - geringe Rauigkeit - Größe - umliegende Nutzung	Immissionsklima		
	Günstfaktoren ☀ lokal günstige Belüftungssituation aufgrund der geringen Rauigkeit der Wasserflächen	Ungünstfaktoren ☁ Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch den Schiffsverkehr auf dem Rhein-Herne-Kanal und angrenzende Gewerbe-/Industriegebiete ☁ im Bereich des Schlossparks Strünkede erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch die A42 möglich	

Stadtbezirk Herne-Mitte: Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Acker- und Grünlandflächen im Norden und Süden des Stadtbezirks - Kaltluftentstehungsgebiete - Frischluftproduzenten - teilweise Funktion als Belüftungsbahn - teils Natur- bzw. Landschaftsschutzgebiet	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ Erhalt der kalt- und frischluftproduzierenden Ausgleichsräume, daher weitestgehend Freihalten von Bebauung ➤ Anstreben von klimatischen Baugrenzen am Rand der Wohnsiedlung östlich der Dorstener Straße im Südwesten des Stadtbezirks ➤ Grünvernetzung der Freilandbereiche mit angrenzenden Grün- und Waldflächen in die Bebauung erhalten und ausbauen, vor allem im Südosten des Stadtbezirks
	Gunstfaktoren ☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Neigung zu Wärmebelastung in der Mittagszeit und starker Abkühlung während der Nachtstunden ☀ teils hohe Kalt- und Frischluftproduktion ☀ höhere Windgeschwindigkeiten begünstigen geringere bioklimatische Belastung durch Hitze und Schwüle	Ungunstfaktoren ☁ Kaltluftmassentransport der südöstlichen Freiflächen erfolgt nach Norden in Richtung der Siedlungsbereiche von Herne-Mitte; hohe Relevanz für die südliche Bebauung von Herne-Mitte	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - geringe Rauigkeit - Flächen grenzen überwiegend direkt an Siedlungsbereiche an - Freiflächen im Südosten von Herne-Mitte bilden gemeinsam mit dem südlich angrenzenden Waldgebiet eine Pufferzone zwischen den Siedlungsbereichen von Herne-Mitte und Sodingen	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ sehr günstige Austauschverhältnisse ☀ kaum Emissionen	Ungunstfaktoren ☁ teilweise erhöhte Bodeninversionshäufigkeit mit Nebelbildung; dadurch kann es in Teilbereichen zu Schadstoffanreicherungen kommen	

Stadtbezirk Herne-Mitte: Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen			
Funktion/Nutzungstyp:	Bioklima		Planungshinweise: ➤ Erhalt und Sicherung, Schaffung von Grünverbundsystemen ➤ 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 Ansiedlung von Emittenten im Umfeld von Park- und Grünanlagen ➤ Förderung des Luftaustausches bei Park- und Grünanlagen, die an größere Freilandbereiche angrenzen insbesondere im Norden des Stadtbezirks ➤ in Gärten und auf Grünflächen im hausnahen Bereich weitere Anpflanzung von Bäumen zur Schaffung von Schattenzonen ➤ Vernetzung der Grün-, Frei- und Waldflächen erhalten und ausbauen; innerhalb der Siedlungsbereiche unter Einbeziehung privater Hausgärten
	Gunstfaktoren	Ungunstfaktoren	
- Grünflächen im Übergangsbereich zum Freiland, Sportanlagen, Parkflächen, Grünflächen im hausnahen Bereich sowie zusammenhängende Gartenareale innerhalb der Bebauung - Klimaoasen mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion - Abwechslungsreiche Strukturen mit offenen Grünflächen und dichter Bepflanzung	☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit ☀ günstige bioklimatische Verhältnisse werden teilweise durch die Nähe zu größeren Freilandbereichen gefördert ☀ Abmilderung des Wärmeinseleffektes	☀ positive Effekte zumeist lokal begrenzt; geringe Fernwirkung	
Klimarelevante Faktoren:	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren	Ungunstfaktoren	
- Größe und Ausstattung der Grün- und Parkanlage - Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an Wald- und Freilandflächen - angrenzende Nutzung	☀ die Luftruhe wirkt sich positiv auf die Aufenthaltsqualität aus ☀ keine Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten		

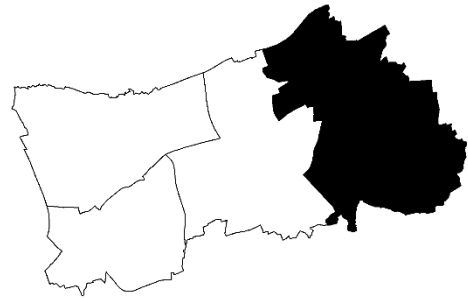
Stadtbezirk Herne-Mitte: Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - mehrere kleine bis mittelgroße Waldbestände verteilt über den Stadtbezirk - z.T. Naherholungsfunktion - Filterfunktion für Luftschadstoffe - z.T. Pufferfunktion	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle Erholungsräume und Frischluftproduzenten zu erhalten ➤ insbesondere das größere Waldgebiet im Landschaftsschutzgebiet Constantin 4/5 sowie der kleinere Waldstreifen an der Südstraße sind als wichtige Pufferzonen zu erhalten ➤ Vernetzung der Grün-, Frei- und Waldflächen erhalten und ausbauen
	Gunstfaktoren ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglichenen Stammraumklima ☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen ☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen	Ungunstfaktoren ☹ kaum Fernwirkung ☹ aufgrund der geringen Reliefausprägung kaum Kaltluftabflüsse	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - Größe und Lage des Waldgebietes - angrenzende Nutzungen	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe ☀ keine Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten	Ungunstfaktoren ☹ aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion; Barrierewirkung für Luftmassentransporte möglich	



Karte 11-4: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Herne für den Stadtbezirk Herne-Mitte

11.2.4 Stadtbezirk Sodingen

Der Stadtbezirk Sodingen ist überwiegend durch locker und offen bebaute Wohngebiete und große zusammenhängende Freiflächen geprägt. Die insgesamt aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur sollte erhalten bleiben. Bauliche Nachverdichtungen sind aus stadtklimatischer Sicht im Norden des Stadtbezirks unter Beachtung der



aufgelockerten, durchgrünten Struktur weiterhin möglich. Am nördlichen Siedlungsrand im zentralen Sodingen und am südlichen Siedlungsrand im Osten von Sodingen sollten zum Schutz der kalt- und frischluftproduzierenden Freilandflächen und der Bereiche zur Grünvernetzung klimatische Baugrenzen angestrebt und teilweise eingehalten werden. Zusätzlich wird empfohlen, geeignete Straßenbäume entlang der Straße Jürgens Hof, Schachtstraße, Wilh.-Meyer-Straße und des Zollvereinweges sowie der Kirchstraße, Am Kornfeld, Ringstraße und Vellwigstraße zu erhalten oder neuzupflanzen. In den wenigen zentralen dicht bebauten Wohn- und Mischgebieten sollte keine weitere Versiegelung und Nachverdichtung zugelassen werden und entlang der Börsinghauser und Bladenhorster Straße sollten zusätzlich Straßenbäume für ein weiterhin durchgrüntes Charakter im Stadtbezirk sorgen. Eine gemäßigte Nachverdichtung ist in den nördlichen Wohngebieten des Stadtbezirks möglich.

Den großen Freilandflächen wird eine hohe Bedeutung sowohl für den Stadtbezirk als auch für die gesamte Stadt Herne zugesprochen. Deswegen wird empfohlen, die großen kalt- und frischluftproduzierenden Ausgleichsräume weitestgehend von Bebauung freizuhalten. Es wird dazu geraten, dass im zentralen und östlichen Stadtbezirk an vielen Wohngebietsrändern Baugrenzen angestrebt oder eingehalten werden und somit eine sinnvolle Grünvernetzung der Freilandbereiche mit angrenzenden Grün- und Waldflächen in die Bebauung des Stadtbezirks gewährleistet werden kann. Im Bereich der Siedlungsränder ist die Anpflanzung dichter Baumbestände aufgrund der Barrierewirkung für die Kalt- und Frischluftmassentransporte vorwiegend aus Südosten zu vermeiden. Zur Pufferwirkung zwischen den gewerblich genutzten Flächen im Norden und der angrenzenden Wohnbebauung sollen die Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume, die Begrünung von Dächern und Fassaden sowie Entsiegelung und Begrünung industriell und gewerblich genutzter Freiflächen sowie der angrenzenden Grün-, Frei- und Waldflächen beitragen. So sind auch die kleineren Waldbestände um die Industrie- und Gewerbegebiete im zentralen Bereich des Stadtbezirks als wichtige Pufferzonen (Lärm- und Sichtschutz, Filterfunktion) zu beachten und die Waldbestände im Volkspark Sodingen und im Gysenberger Wald sollten entsprechend erhalten werden. Die wichtigsten

Park- und Grünflächen im Stadtbezirk sind der Park Uhlenbruch, der Südfriedhof und der Revierpark Gysenberg. Um den durchgrünten Charakter aufrecht zu erhalten, sollten auch die Gewässer des Rhein-Herne-Kanals, des Landwehrbaches, im Naturschutzgebiet Voßnacken, des Sodinger Baches, entlang des Ostbaches und am Reitplatz einschließlich ihrer Ufervegetation als wertvolle Erholungs- und Freizeiträume geschützt werden. Wie auch in den anderen Stadtbezirken, die vom Rhein-Herne-Kanal durchflossen werden, würden auch hier Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen durch den Schiffsverkehr insbesondere den nördlichen Wohngebieten des Stadtbezirks von Vorteil sein.

Stadtbezirk Sodingen: Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete			
Funktion/Nutzungstyp: - aufgelockerte Wohnbebauung mit geringer Geschossanzahl (i.d.R. max. drei Geschosse) - teilweise große zusammenhängende Gartenareale innerhalb der Bebauung	Bioklima		Planungshinweise: ➤ aufgelockerte und durchgrünte Bebauungsstruktur erhalten ➤ kleinräumige Entseelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben ➤ bauliche Nachverdichtungen sind aus stadtklimatischer Sicht im Norden des Stadtbezirks unter Beachtung einer aufgelockerten, durchgrünten Struktur möglich ➤ Einhaltung bzw. Anstreben von klimatischen Baugrenzen am nördlichen Siedlungsrand im zentralen Sodingen und am südlichen Siedlungsrand im Osten von Sodingen zum Schutz der kalt- und frischluftproduzierenden Freilandflächen und der Bereiche zur Grünvernetzung ➤ Erhalt und Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Straße Jürgens Hof, Schachtstraße, Wilh.-Meyer-Straße und des Zollvereinweges sowie der Kirchstraße, Am Kornfeld, Ringstraße und Vellwigstraße unter Vermeidung eines geschlossenen Kronendaches über dem Straßenraum
	Günstfaktoren ☀ Grünflächen und Gärten innerhalb der Bebauung dienen als kleinräumige Klimaoasen ☀ geringer Wärmeinseleffekt ☀ hohe Variabilität der Mikroklimata durch das Nebeneinander versiegelter bzw. bebauter und begrünter Flächen ☀ insgesamt positive bioklimatische Verhältnisse	Ungünstfaktoren ☀ punktuell kann die Wärmebelastung tagsüber im Sommer durch fehlende Verschattungselemente erhöht sein	
Klimarelevante Faktoren: - geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad - hoher Grünflächenanteil - größtenteils Nähe zu Ausgleichsräumen	Immissionsklima		
	Günstfaktoren ☀ grundsätzlich eher geringe Schadstoffbelastung durch moderates Verkehrsaufkommen ☀ größtenteils günstige Belüftungssituation aufgrund relativ geringer Rauigkeit der Bebauung und der Nähe zu Ausgleichsräumen	Ungünstfaktoren ☀ teilweise erhöhte Immissionen durch Industriegebiete im zentralen und östlichen Bereich des Stadtbezirks möglich, die aber überwiegend nicht direkt an die Wohnbebauung angrenzen	

Stadtbezirk Sodingen: Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Wohn- und Mischgebiete mit überwiegend drei- bis viergeschossiger Bebauung, vereinzelt auch Hochhäuser	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ keine weitere Versiegelung zulassen ➤ Erhöhung des Grünflächenanteils durch Entseelungs- und Begrünungsmaßnahmen anstreben, z.B. Anpflanzungen von Bäumen auf den Parkplätzen, Dach- und Fassadenbegrünungen, Schulhofbegrünung ➤ Erhalt und Neupflanzung von Straßenbäumen entlang der Börsinghauser und Bladenhorster Straße
	Gunstfaktoren	Ungunstfaktoren	
	☀ erhöhter Wärmeinseleffekt, der sich über eine verhältnismäßig kleine Fläche erstreckt	☁ im Sommer starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen im Bereich hochversiegelter und unverschatteter Flächen, daher Hitzestress und Schwülebelastungen möglich	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - hoher Versiegelungsgrad durch Gebäude, Schulhöfe und Parkplätze - beschränkt sich auf mehrere relativ kleine Bereiche des Stadtbezirks	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren	Ungunstfaktoren	
	☀ der Wärmeinseleffekt kann durch Konvektion zur Labilisierung der bodennahen Luftschicht beitragen	☁ Windfeldmodifikationen durch Gebäudestrukturen möglich ➤ insgesamt schlechtere Durchlüftungssituation durch herabgesetzte Windgeschwindigkeiten infolge erhöhter Rauigkeit	

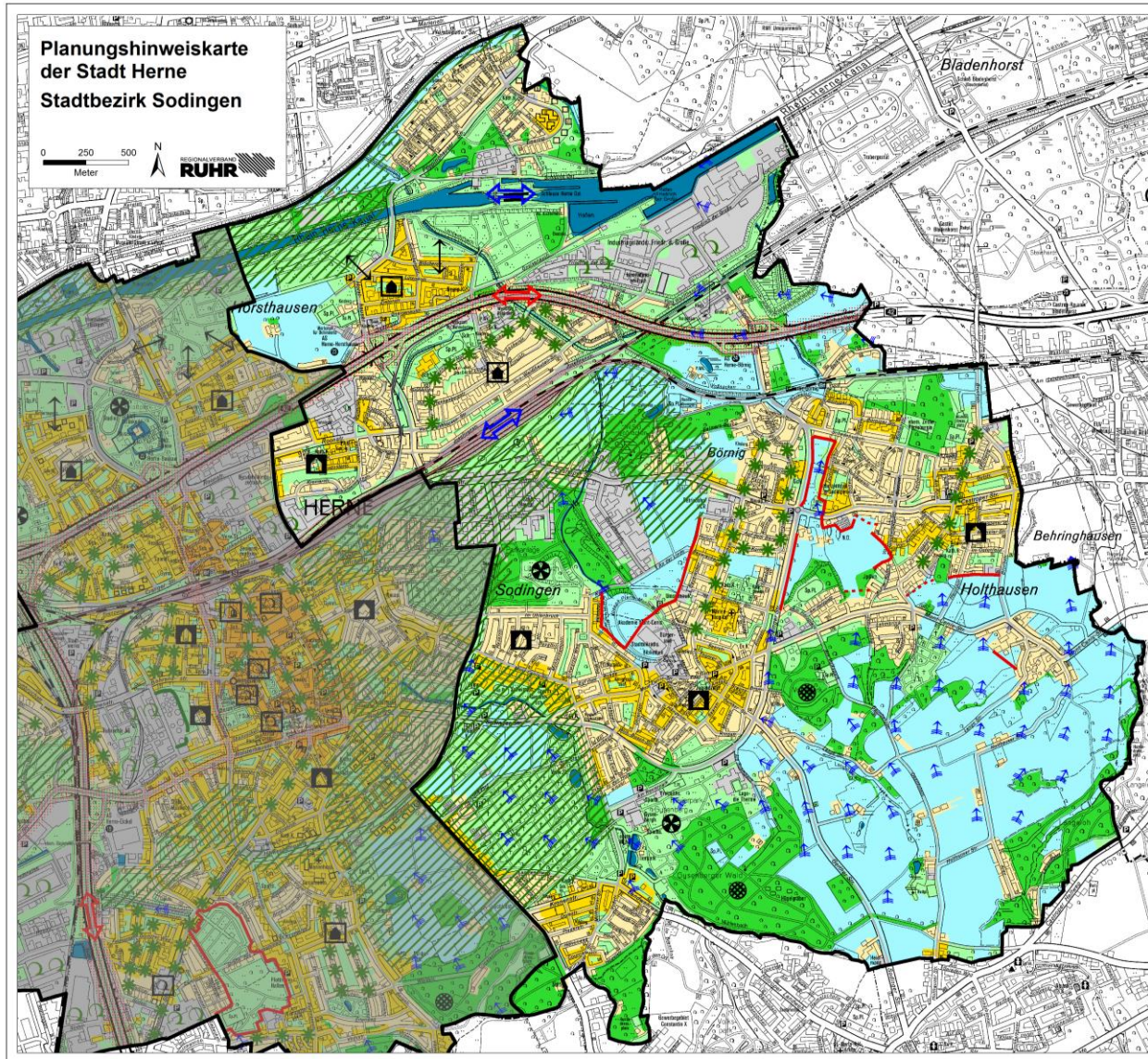
Stadtbezirk Sodingen: Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - mehrere Gewerbegebiete vorwiegend im Norden des Stadtbezirkes - ein Industriegebiet im Nordosten des Stadtbezirks	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ Erhöhung des Anteils großkroniger Bäume ➤ Begrünung von Dächern und Fassaden ➤ Entsiegelung und Begrünung industrieller Freiflächen und großräumiger Lager- und Parkplatzflächen ➤ Erhalt angrenzender Grün-, Frei- und Waldflächen ➤ Erhalt und Aufwertung grüner Pufferzonen zwischen den gewerblich genutzten Flächen im Norden und der angrenzenden Wohnbebauung
	Gunstfaktoren ☀ Turbulenz vergrößert den Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung)	Ungunstfaktoren ☁ lang anhaltende nächtliche thermische Überwärmung (hoher Wärmeinseleffekt) ☁ Belastungen durch Hitzestress und Schwüle ☁ erhöhte Emissionen industrieller Abwärme	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - sehr hoher Versiegelungsgrad auf den industriell und gewerblich genutzten Flächen - Emissionen von Luftschadstoffen und industrieller Abwärme	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ natürlich anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung)	Ungunstfaktoren ☁ Windfeldmodifikationen durch Gebäudestrukturen möglich ☁ erhöhte Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm möglich	

Stadtbezirk Sodingen: Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Wasserflächen des Rhein-Herne-Kanals, des Landwehrbaches, im Naturschutzgebiet Voßnacken, des Sodinger Baches, entlang des Ostbaches und am Reitplatz - Erholungs- und Freizeitfunktion - z.T. Naturschutzgebiete	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ die Gewässer des Rhein-Herne-Kanals, des Landwehrbaches, im Naturschutzgebiet Voßnacken, des Sodinger Baches, entlang des Ostbaches und am Reitplatz sind einschließlich der Ufervegetation als wertvolle Erholungs- und Freizeiträume zu erhalten ➤ Vernetzung der Grün-, Frei- und Wasserflächen erhalten und ausbauen ➤ Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen durch den Schiffsverkehr
	Günstfaktoren ☀ stark gedämpfter Tagesgang der Lufttemperaturen mit geringer Erwärmung am Tage aufgrund der Verdunstungskühlung ☀ Luftleitfunktion für Kaltluftmassen aus Bereich des Ostbaches und angrenzenden Freiflächen	Ungünstfaktoren ☁ durch die hohe Wärmekapazität von Wasser geringere Abkühlung in der Nacht (dadurch Erwärmung überströmender Kaltluftmassen möglich) ☁ aufgrund der relativ geringen Größe der Wasserflächen sind die positiven bioklimatischen Effekte eher auf die unmittelbare Umgebung beschränkt; kaum Fernwirkung	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - spezifische Eigenschaften von Wasser - geringe Rauigkeit - Größe - umliegende Nutzung	Immissionsklima		
	Günstfaktoren ☀ lokal günstige Belüftungssituation aufgrund der geringen Rauigkeit der Wasserflächen	Ungünstfaktoren ☁ Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch den Schiffsverkehr auf dem Rhein-Herne-Kanal ☁ im Bereich des Naturschutzgebietes Voßnacken erhöhte Immissionen von Luftschadstoffen und Lärm durch die A42 und angrenzendes Gewerbegebiet möglich	

Stadtbezirk Sodingen: Regional bedeutsamer Ausgleichsraum Freiland			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Acker- und Grünlandflächen - Kaltluftentstehungsgebiete vorwiegend im Südosten des Stadtbezirks - Frischluftproduzenten - Funktion als Belüftungsbahn	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ Erhalt der kalt- und frischluftproduzierenden Ausgleichsräume, daher weitestgehend Freihalten von Bebauung; insbesondere keine Ansiedlung bodennaher Emittenten ➤ Festlegung bzw. Anstreben einer klimatischen Baugrenze im zentralen und östlichen Stadtbezirk ➤ Grünvernetzung der Freilandbereiche mit angrenzenden Grün- und Waldflächen in die Bebauung erhalten und ausbauen
	Gunstfaktoren ☀ ausgeprägter Tagesgang der Lufttemp. mit geringer Neigung zur Wärmebelastung zur Mittagzeit und starker Abkühlung während der Nacht ☀ teils hohe Kalt- und Frischluftproduktion ☀ höhere Windgeschw. begünstigen geringere bioklimatische Belastung durch Hitze und Schwüle ☀ nächtliche Flurwinddynamik transportiert kühlere Luftmassen in die Bebauung des Stadtbezirks	Ungunstfaktoren	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - geringe Rauigkeit - große Ausdehnung im Südosten mit teilweisem Übergang in die Ausgleichsräume der angrenzenden Stadt Bochum - Flächen grenzen teilweise direkt an Siedlungs- bzw. Industrie- und Gewerbebereiche an	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ sehr günstige Austauschverhältnisse ☀ kaum Emissionen auf diesen Flächen ☀ bei überlagertem Windfeld aus westlichen Richtungen Frischluftmassentransport in Richtung der nordöstlich gelegenen Siedlungsbereiche des Stadtbezirks	Ungunstfaktoren ☀ teilweise erhöhte Bodeninversionshäufigkeit mit Nebelbildung; dadurch kann es in Teilbereichen zur Schadstoffanreicherungen von KFZ-Emissionen entlang der A42 kommen	

Stadtbezirk Sodingen: Lokal bedeutsamer Ausgleichsraum Park- und Grünanlagen			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - Grünflächen im Übergangsbereich zum Freiland, Sportanlagen, Grünflächen im haus- und gewerbenahen Bereich sowie zusammenhängende Gartenareale innerhalb der Bebauung - Klimaoasen teils mit wohnnaher Freizeit- und Erholungsfunktion - Abwechslungsreiche Strukturen mit offenen Grünflächen und dichter Bepflanzung	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ Erhalt und Sicherung, Schaffung von Grünverbundsystemen ➤ die Übergangsbereiche zwischen großen Grünflächen und der angrenzenden Bebauung sind offen zu halten (Vernetzung schaffen); bei kleineren Grün- und Parkanlagen sind die Ränder zu schließen (Klimaoasen schaffen) ➤ keine Ansiedlung von Emittenten im Umfeld der Grünflächen ➤ Förderung des Luftaustausches bei Park- und Grünanlagen, die an größere Freilandbereiche angrenzen; insbesondere in Horsthausen ➤ in Gärten und auf Grünflächen im haus- und gewerbenahen Bereich weitere Anpflanzung von Bäumen zur Schaffung von Schattenzonen ➤ Vernetzung der Grün-, Frei- und Waldflächen erhalten und ausbauen; innerhalb der Siedlungsbereiche unter Einbeziehung privater Hausgärten
	Gunstfaktoren	Ungunstfaktoren	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - Größe und Ausstattung der Grünflächen - Vernetzung der Flächen untereinander sowie die räumlich-funktionale Anbindung an Wald- und Freilandflächen - angrenzende Nutzung	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren	Ungunstfaktoren	
	☀ lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und Verdunstungseffekte ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit ☀ günstige bioklimatische Verhältnisse werden teilweise durch die Nähe zu größeren Freilandbereichen zusätzlich gefördert ☀ Abmilderung des Wärmeinseleffektes	☛ positive Effekte zumeist lokal begrenzt; geringe Fernwirkung	
	☀ die Luftruhe wirkt sich positiv auf die Aufenthaltsqualität aus ☀ größere Grünflächen mit Baumbestand haben eingeschränkte Funktion als Filter für gas- und partikelgebundene Luftschadstoffe ☀ keine Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten		

Stadtbezirk Sodingen: Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald			
<u>Funktion/Nutzungstyp:</u> - mehrere kleine bis große Waldbestände vorwiegend im Süden des Stadtbezirkes - Filterfunktion für Luftschadstoffe - z.T. Immissionsschutz und Pufferfunktion	Bioklima		<u>Planungshinweise:</u> ➤ die Waldflächen sind grundsätzlich als wertvolle lokale Frischluftproduzenten zu erhalten ➤ insbesondere die kleineren Waldbestände um die Industrie- und die Gewerbegebiete im zentralen Bereich des Stadtbezirks sind als wichtige Pufferzonen (Lärm- und Sichtschutz, Filterfunktion) zu erhalten und nach Möglichkeit auszuweiten bzw. aufzuwerten ➤ die Waldbestände im Volkspark Sodingen und im Gysenberger Wald erhalten bzw. aufwerten ➤ im Bereich der Siedlungsränder ist die Anpflanzung dichter Baumbestände aufgrund der Barrierewirkung für Kalt- und Frischluftmassentransporte zu vermeiden ➤ Vernetzung der Grün-, Frei- und Waldflächen erhalten und ausbauen
	Gunstfaktoren ☀ gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur bei allgemein relativ geringeren Temperaturen führt zu einem milden, ausgeglichenen Stammraumklima ☀ sehr geringe bioklimatische Belastungen ☀ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen	Ungunstfaktoren ☁ durch die geringe Größe der Waldflächen keine Fernwirkung	
<u>Klimarelevante Faktoren:</u> - Größe und Lage des Waldgebietes - angrenzende Nutzungen	Immissionsklima		
	Gunstfaktoren ☀ Filterfunktion durch Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe ☀ keine Emissionen ☀ lokale Frischluftproduzenten	Ungunstfaktoren	



Karte 11-5: Ausschnitt der Planungshinweiskarte der Stadt Herne für den Stadtbezirk Sodingen

12 Literatur

- BAUGB (2015):** Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), letzte Änderung durch Artikel 6 des Gesetzes vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1722).
- BAUMÜLLER, J.; HELBIG, A.; KERSCHGENS, M.J. (HRSG.) (1999):** Stadtklima und Luftreinhaltung. 2. Aufl., Springer-Verlag, Berlin & Heidelberg, 467 S.
- BauNVO (2013):** Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 132), letzte Änderung durch Artikel 2 des Gesetzes vom 11. Juni 2013 (BGBl. 1548).
- BauO NRW (2000):** Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen - Landesbauordnung - (BauO NRW) in der Fassung der Bekanntmachung vom 1. März 2000.
- DWD (2016/2017):** Monatlicher Witterungsreport, Offenbach.
- DWD (2017/2018):** WitterungsReport Express Jahreskurzübersicht 2017, Offenbach.
- DWD (2018A):** RCP-Szenarien. Deutscher Wetterdienst, Offenbach. Homepage. (https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/rcp-szenarien_node.html [Zugriff: 22.02.2018])
- DWD (2018B):** SRES-Szenarien. Deutscher Wetterdienst, Offenbach. Homepage. (https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/sres-szenarien_node.html [Zugriff: 22.02.2018])
- GROßMANN, K.; FRANK, U.; KRÜGER, M.; SCHLICK, U.; SCHWARZ, N. U. STARK, K. (2012):** Soziale Dimension von Hitzebelastung in Großstädten. disP - The Planning Review, 48:4, S. 56-68.
- GRUDZIELANEK, M.; BÜRGER, M.; EGGENSTEIN, J.; HOLMGREN, D.; AHLEMANN, D.; ZIMMERMANN, B. (2011):** Das Klima in Bochum. Über 100 Jahre stadtklimatologische Messungen. In: GeoLoge 1-2011: 34-42.
- HETZEL, I. (2013):** Physische Geographie von Bochum und Herne, Veröff. Bochumer Bot., Ver. 5(2), S. 7-32.
- HÜCKELHEIM, D. (2014):** Changes in temperature extremes in Bochum - Analysis of a 100-year time series. In: GeoLoge 1-2014: 4-18.
- 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.
- IPCC (2007):** Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen [Salomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor und H.L. Miller (Hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Großbritannien und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch ProClim, Österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn/Wien/Bern 2007.

- IPCC (2013A):** Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2013: Naturwissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex und P.M. Midgley (Hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Großbritannien und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim, Bonn/Wien/Bern 2014.
- IPCC (2013B):** Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex und P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC (2014):** Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn 2015.
- IT.NRW (2017):** Kommunalprofil Herne, Stadt. - Landesbetrieb für Information und Technik Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf. 27 S.
- JENDRITZKY, G. (2007):** Folgen des Klimawandels auf die Gesundheit. In: Endlicher, W.; Gerstengarbe, F.W. (Hrsg.): Der Klimawandel. Einblicke, Rückblicke und Ausblicke, S. 108-118. Potsdam: PIK 2007.
- 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.
- KUTTLER, W. (2010):** Das Ruhrgebiet im Klimawandel - Bestandsaufnahme und Prognose. = Essener Unikate - Berichte aus der Forschung und Lehre, 38, Beiträge zur „Ruhr 2010“, S. 40-51.
- KUTTLER, W.; DÜTEMEYER, D.; BARLAG, A.-B. (2013):** Handlungsleitfaden - Steuerungswerkzeug zur städtebaulichen Anpassung an thermische Belastungen im Klimawandel. dynaklim-Publikation Nr. 34, 50 S.
- KUTTLER, W.; MERSMANN, M.; BARLAG, A.-B. (2011):** Gesamtstädtische Klimaanalyse Gelsenkirchen – Darstellung und Bewertung der klimatischen und lufthygienischen Situation unter zusätzlicher Betrachtung des globalen Klimawandels. Unveröffentlichter Abschlussbericht, Essen, 204 S.
- LANUV NRW (2017):** Klimaatlas Nordrhein-Westfalen. Webdatenbank. - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen. (<http://www.klimaatlas.nrw.de> [Zugriff: 08.09.2017])
- LÜFTNER, H. (1996):** Das Regionalklima im Ruhrgebiet - Entwicklung, Analyse und Darstellungsmöglichkeiten des Klimas in einem urban-industriellen Verdichtungsraum. Europäische Hochschulschriften 42, Ökologie, Umwelt und Landespflege; Bd. 19. Peter Lang. Frankfurt am Main. 276 S.

- 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.
- MKULNV (2014):** Handbuch Stadtklima - Teil II Methoden. Unveröffentlichter Abschlussbericht. Essen, 60 S.
- MKULNV (Hrsg.) (2012):** Wald im Klimawandel - Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder und Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 52 S.
- MOSIMANN, TH.; TRUTE, P.; FREY, TH. (1999):** Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 4/99, S. 202-275.
- MUNLV (HRSG.) (2010):** Handbuch Stadtklima - Maßnahmen und Handlungsempfehlungen für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel (Langfassung). Düsseldorf, 268 S.
- MUNLV (HRSG.) (2010):** Handbuch Stadtklima - 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.
- SPEKAT, A. ; ENKE, W.; KREIENKAMP, F. (2007):** Neuentwicklung von regional hoch auflösenden Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. – Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 204, 41 138.
- STADT HERNE (2017):** Demografiemonitor (Herne In Tabellen & Schaubildern - HITS) - Stadt Herne, Herne. (<http://hits.herne.de/atlas.html> [Zugriff: 14.09.17])
- UBA (2008):** Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland - Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Forschungsbericht 204 41 138 UBA-FB 000969. Umweltbundesamt Dessau.
- VDI (2003):** Richtlinie VDI 3787 Blatt 5 Umweltmeteorologie - Lokale Kaltluft. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2008):** VDI-Richtlinie 3785 Blatt 1. Umweltmeteorologie - Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2015):** VDI-Richtlinie 3787 Bl. 1: Umweltmeteorologie. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Düsseldorf. 54 S.

WEMER, G.; KRESS, R.; MAI, H.; ROTH, D.; SCHULZ, V. (1979): Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. In: Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.) (1979): Raumordnung. Bonn, Heft 32, 116 S.

WERNER, P.C. & GERSTENGARBE, F.W. (2007): Welche Klimaänderungen sind in Deutschland zu erwarten) - In: Endlicher, W. & Gerstengarbe, F.W: (Hrsg.) (2007): Der Klimawandel - Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam, S. 56-59.

Anhang

Tab. A 1: Fläche, Einwohnerzahl und Bevölkerungsdichte in den Stadtbezirken (Stand: 31.12.2016; Stadt Herne 2017)

Stadtbezirk	Fläche in km ²	Einwohner	Einwohner/km ²
Wanne	12,21	34.582	2.832
Eickel	8,51	33.112	3.891
Herne-Mitte	13,22	58.718	4.442
Sodingen	17,47	34.769	1.990
Herne	51,41	161.181	3.135

Infobox 1: IPCC-Szenarien

Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) veröffentlicht aktuelle Informationen zum Klimawandel, zu den erwarteten Folgen und zu geeignete Minderungs- sowie Anpassungsstrategien in regelmäßigen Sachstandsberichten – den Assessment Reports (kurz: AR). Ein Fokus liegt hierbei auf den Projektionen des sich wandelnden, zukünftigen Klimas.

Für den IPCC-Sonderbericht zu Emissions-Szenarien (Special Report on Emission Szenario – SRES) im Jahr 2000 haben über 50 Wissenschaftler/innen weltweit die Ursachen der Treibhausgasemissionen untersucht und in sechs Szenarien – den SRES-Szenarien – zusammengefasst. Die SRES-Szenarien bildeten die Basis für die Klimaprojektionen im Rahmen des 3. und 4. IPCC-Sachstandsberichts (AR3 und AR4). Unter anderem aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und verbesserter Simulationsmodelle wurden für den 5. IPCC-Sachstandsbericht aus dem Jahr 2014 neue Szenarien für die Entwicklung der THG-Konzentrationen in der Atmosphäre erstellt – die sogenannten Repräsentativen Konzentrationspfade (Representative Concentration Pathways – RCP) (DWD 2016a; DWD 2016b).

SRES-Szenarien:

Ausgehend von der Auffassung, dass die Emissionen von Treibhausgasen in Abhängigkeit zur sozioökonomischen Entwicklung der globalen Gesellschaft stehen, wurden sechs Szenarien (A1B, A1FI, A1T, B1 und B2) entwickelt, welche sich hinsichtlich des Wirtschaftswachstums, der Bevölkerungsentwicklung, der Globalisierung, der Energie- und Landnutzung, sowie der Einführung neuer Technologien unterscheiden. Dabei wurde das Szenario A1B als das wahrscheinlichste und realistischste Szenario angesehen. Es geht von einem schnellen Wirtschaftswachstum und einer schnellen Einführung neuer Technologien aus. Das Bevölkerungswachstum in der zunehmend globalisierten Gesellschaft, die sich in kultureller, sozialer, technologischer und finanzieller Hinsicht weitgehend angleicht, wird ab Mitte des 21. Jahrhunderts abnehmen. Bezüglich der Energienutzung beschreibt das Szenario A1B eine Mischform aus fossilen und regenerativen Energieträgern (MUNLV 2010).

Auf Basis dieser sozioökonomischen Entwicklungstendenzen wurden die daraus resultierenden THG-Emissionen abgeschätzt und die atmosphärischen THG-Konzentrationen zum Ende des 21. Jahrhunderts berechnet. Diese bildeten dann die Grundlage für die Klimamodelle (DWD 2016a; DWD 2016b).

RCP-Szenarien:

Die vier RCP-Szenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5) wurden basierend auf vordefinierten und namensgebenden Strahlungsantrieben (= Maß für die Veränderung der globalen Energiebilanz durch externe Faktoren in W/m^2 ; z.B. RCP2.6 = $2,6 W/m^2$) zu Ende des 21. Jahrhunderts entwickelt. Zunächst wurden die potentiellen Bandbreiten und zeitlichen Verläufe des Strahlungsantriebes abgeschätzt und daraus die THG-Konzentrationen in der Atmosphäre berechnet. Im Gegensatz zu den SRES-Szenarien werden bei den RCPs jedoch nicht nur die THG-Emissionen berücksichtigt, sondern u.a. auch Änderungen in der Albedo durch Landnutzungsänderungen und die Auswirkungen möglicher Minderungs- und Anpassungsstrategien (z.B. die Ziele des Kyoto-Protokolls) (DWD 2016a; DWD 2016b).

Die Ausführungen zum globalen Klimawandel (Kapitel 8.1) beziehen sich auf die im aktuellen IPCC-Bericht (AR5) verwendeten RCP-Szenarien, während die in Kapitel 8.2 vorgestellten Modellergebnisse für die Region Ruhr auf den SRES-Szenarien des AR4 aus

Infobox 2: Kriterien zur klimaökologischen Grün- und Freiflächenbewertung

Kaltlufteinzugsgebiet der Kategorie 1:

Alle Kaltlufteinzugsgebiete, die an zusammenhängende Siedlungen mit Innenstadt- und Stadtklimatope 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 keinen direkten Bezug zu Siedlungsräumen aufweisen, aber an die Kaltlufteinzugsgebiete der Kategorie 1 angrenzen. Aufgrund der größeren Entfernung zu den Lasträumen haben sie eine geringere Bedeutung als die direkt an die Siedlungen angrenzenden Einzugsgebiete, so dass ihre Bewertung zum Teil eine Stufe heruntergesetzt 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 Stadtrandklima 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