

Erstellung eines Konzeptes zur städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel in Gelsenkirchen

Stufe III:

Handlungsstrategien und Maßnahmenkatalog zur Mitigation und Adaptation möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf das Stadtklima Gelsenkirchens

Durchgeführt im Auftrag der Stadt Gelsenkirchen, Referat Umwelt

vorgelegt von:

Prof. Dr. rer. nat. W. Kuttler

Dr. rer. nat. D. Dütemeyer

Dr. rer. nat. A.-B. Barlag

**Universität Duisburg Essen, Campus Essen
Fakultät für Biologie
Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie**

Essen, im April 2012

Prolog zum städtebaulichen Klimawandelanpassungskonzept in Gelsenkirchen

Es gilt als gesichert, dass der Klimawandel stattfindet. Auch in Deutschland werden in einigen Jahrzehnten die Folgen des Klimawandels deutlich zu spüren sein. Als eines der Problemfelder werden sommerliche Hitzewellen genannt, die in Zukunft häufiger und intensiver auftreten werden. Für die bevölkerungsreichen und hochversiegelten Städte, die ohnehin als Wärmeinseln in Erscheinung treten, ist als eine von vielen möglichen negativen Folgen der zunehmenden Hitzewellen die hohe Wärmebelastung der Bevölkerung zu nennen.

Das Referat Umwelt der Stadt Gelsenkirchen hat sich daher entschlossen, ein Konzept zur städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel mit dem Ziel zu entwickeln, durch langfristig planbare städtebauliche Maßnahmen der Wärmebelastung in hitzegefährdeten Quartieren entgegenzuwirken.

Das Anpassungskonzept umfasst drei aufeinander aufbauende Themenkomplexe:

- Stufe I: Bestandsaufnahme und Bewertung der aktuellen klimatischen und lufthygienischen Situation für die Stadt Gelsenkirchen durch eine gesamtstädtische **Klimaanalyse**, die im Jahr 2010/2011 erstellt wurde (Kuttler et al. 2011a).
- Stufe II: Erstellung und Einführung eines **GIS-basierten Stadtklimamanagementsystems** zur stadtklimatischen Bewertung und Steuerung von Flächenumwidmungen mit dem Ziel der Verbesserung der klimatischen-lufthygienischen Situation in städtischen Last- und Ungunsträumen sowie dem Schutz und Erhalt stadteigener klimatischer Gunst- und Ausgleichsräume (Kuttler et al. 2011b).
- Stufe III: Darstellung des **Klimawandels** für Gelsenkirchen und darauf basierende Erarbeitung einer **Anpassungsstrategie**, die auf Grundlage einer flächennutzungsspezifischen und demografischen Raumanalyse die anpassungs- und schutzbedürftigen Stadtgebiete darstellt und dazu konkrete Anpassungsmaßnahmen aufzeigt (vorliegende Arbeit).

Das Klimawandelanpassungskonzept erlaubt die Steuerung und Kontrolle von Flächenumwidmungen nicht nur im Referat Umwelt, sondern kann in Zusammenarbeit mit anderen Ressorts mit Flächenbezug (Planung, Boden, Grün, Gesundheit, Soziales, etc.) auch für ressortübergreifende Planungsaufgaben, wie z. B. das Freiflächenmonitoring genutzt werden.

5	Untersuchung ausgewählter Modellquartiere mittels numerischer Simulation	50
5.1	Methodik und Datengrundlage	52
5.1.1	Methodik	52
5.1.2	Datengrundlage	53
5.2	Modellgebiet M1 - Elisabeth-Stift Erle	55
5.2.1	Untersuchungsgebiet.....	55
5.2.2	Ergebnisse Ist-Zustand.....	57
5.2.2.1	Tagsituation (16 Uhr MEZ) eines heißen Tages	57
5.2.2.2	Nachtsituation (23 Uhr MEZ) eines heißen Tages	62
5.2.3	Ergebnisse Plan-Zustand	65
5.2.3.1	Tagsituation (16 Uhr MEZ) eines heißen Tages	65
5.2.3.2	Nachtsituation (23 Uhr MEZ) eines heißen Tages	68
5.3	Modellgebiet M2 - Luitpoldstraße Schalke	72
5.3.1	Untersuchungsgebiet.....	72
5.3.2	Ergebnisse.....	72
5.3.2.1	Tagsituation (16 Uhr MEZ) eines heißen Tages	72
5.3.2.2	Nachtsituation (23 Uhr MEZ) eines heißen Tages	76
5.4	Zusammenfassung der Simulationsergebnisse.....	79
6	Literatur	81
	Anhang A – Katalog der Handlungsmaßnahmen.....	83

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Projektion der Lufttemperatur für die Region Gelsenkirchen der Dekaden 1991 – 2000 und 2051 – 2060.....	7
Abb. 2:	Projektion der Änderung der mittleren jährlichen Auftretshäufigkeit klimatologischer Ereignistage für die Region Gelsenkirchen der Dekaden 1991 – 2000 und 2051 – 2060.	8
Abb. 3:	Projektion der mittleren jährlichen Auftretshäufigkeit und Andauer von Hitzetagen und Hitzewellen für die Region Gelsenkirchen für der Dekaden 1991 – 2000 und 2051 – 2060.	8
Abb. 4:	Projektion der mittleren jährlichen Niederschlagssumme für die Region Gelsenkirchen der Dekaden 1991 – 2000 und 2051 – 2060.	10
Abb. 5:	Projektion der mittleren jährlichen Anzahl von regenreichen Tagen mit Mindestniederschlagsmengen ab 20 mm/d für die Region Gelsenkirchen der Dekaden 1991 – 2000 und 2051 – 2060.	11
Abb. 6:	Heutige und zukünftige stadtklimatische Schutz- und Problemgebiete bei Hitzestress in Gelsenkirchen (Datengrundlage: Klimaanalyse Gelsenkirchen 2010/2011 (Kuttler et al. 2011a, erweitert).	13
Abb. 7:	Karte des aus Hitzeanfälligkeit, Einwohnerdichte und Seniorenanteil berechneten, relativen Anpassungsbedarfs an Hitzestress im Klimawandel für Baublöcke inklusive Vorranggebiete in der Stadt Gelsenkirchen. (Datengrundlage: Klimamanagementsystem Gelsenkirchen (Kuttler et al. 2011 b))	19
Abb. 8:	Klimawandelanpassungsvorranggebiete in 2030 in Gelsenkirchen (Datengrundlage: Klimaanalyse Gelsenkirchen (Kuttler et al. 2011 a) und Bevölkerungsatlas Gelsenkirchen (Stadt Gelsenkirchen 2011).....	21
Abb. 9:	Lagekarte der Modellquartiere M1 – „Elisabeth-Stift Erle“ und M2 – „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen. (Kartengrundlage: Klimaanalyse Gelsenkirchen 2010/2011 (Kuttler et al. 2011a, erweitert.)	51
Abb. 10:	Luftbildkarte (links) sowie Gebäude- und Vegetationsmodell (rechts) des Ist-Zustandes des ENVI-met-Modellgebietes M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen. (Luftbildquelle: IT-NRW 2012).....	56
Abb. 11:	Luftbildkarte (links) sowie Gebäude- und Vegetationsmodell (rechts) des Plan-Zustandes des ENVI-met-Modellgebietes M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen. (Luftbildquelle: IT-NRW 2012).....	58

Abb. 12: Verteilung der potenziellen Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. im Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	59
Abb. 13: Verteilung des Strömungsfeldes in 2 m ü. Gr. im Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	60
Abb. 14: Verteilung der thermischen Behaglichkeit PMV in 2 m ü. Gr. im Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	61
Abb. 15: Verteilung der potenziellen Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. im Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	62
Abb. 16: Verteilung des Strömungsfeldes in 2 m ü. Gr. im Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	63
Abb. 17: Verteilung der thermischen Behaglichkeit PMV in 2 m ü. Gr. im Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	64
Abb. 18: Differenz der potenziellen Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. zwischen Plan- und Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	65
Abb. 19: Differenz des Strömungsfeldes in 2 m ü. Gr. zwischen Plan- und Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	67
Abb. 20: Differenz der thermischen Behaglichkeit PMV in 2 m ü. Gr. zwischen Plan- und Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	68
Abb. 21: Differenz der potenziellen Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. zwischen Plan- und Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	69
Abb. 22: Differenz des Strömungsfeldes in 2 m ü. Gr. zwischen Plan- und Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	70
Abb. 23: Differenz der thermischen Behaglichkeit PMV in 2 m ü. Gr. zwischen Plan- und Ist-Zustand des Modellquartieres M1	

„Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	71
Abb. 24: Luftbildkarte (links) sowie Gebäude- und Vegetationsmodell (rechts) des ENVI-met-Modellgebietes M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen. (Luftbildquelle: IT-NRW 2012)	73
Abb. 25: Verteilung der potenziellen Temperatur in 2 m ü. Gr. des Modellquartieres M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Sommertages (21. Juni).	74
Abb. 26: Verteilung des Strömungsfeldes in 2 m ü. Gr. des Modellquartieres M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	75
Abb. 27: Verteilung der thermischen Behaglichkeit PMV in 2 m ü. Gr. des Modellquartieres M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	76
Abb. 28: Verteilung der potenziellen Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. des Modellquartieres M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	77
Abb. 29: Verteilung des Strömungsfeldes in 2 m ü. Gr. des Modellquartieres M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	78
Abb. 30: Verteilung der thermischen Behaglichkeit PMV in 2 m ü. Gr. des Modellquartieres M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).	79

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Projektion der Lufttemperatur und des Niederschlages für die Region Gelsenkirchen der Dekaden 1991 – 2000 und Dekade 2051 – 2060.	6
Tab. 2: Projektion der geschätzten Periodizität und Intensität von Extremniederschlägen in Mitteleuropa von 2005 auf 2100 (nach De Greef 2009).	11
Tab. 3: Exemplarischer Auszug aus dem Baublockkataster Gelsenkirchen mit den 20 vom Klimawandel höchstbetroffenen Baublocken (Stadt Gelsenkirchen 2011).	18
Tab. 4: Übersicht der städtebaulichen Handlungsmaßnahmen zur Anpassung an Hitzestress im Klimawandel (aus MUNLV 2010).	24

Tab. 5:	Katalog der hitzemindernden Handlungsmaßnahmen zur stadtklimatischen Klimawandelanpassung in Gelsenkirchen und ihrer rechtlichen Festsetzungsmöglichkeiten (nach MUNLV 2010, ergänzt und aktualisiert mit Stand Februar 2012).....	25
Tab. 6	Tabellarische Übersicht der problemspezifischen Anpassungslösungen gegen Hitzestress (MUNLV 2010, verändert).....	31
Tab. 7:	Übersicht der raumbezogenen Handlungsmaßnahmen zu stadtklimatischen Klimawandelanpassungen in Gelsenkirchen.	33
Tab. 8	Skala der PMV- und PET-Werte für thermisches Empfinden und zugehörige Behaglichkeitsstufen nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 (VDI 2008) und Mayer (2006).....	52
Tab. 9	Initialisierungsparameter für das Simulationsmodell ENVI-met zur Untersuchung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel für die Gelsenkirchener Modellquartiere M1 „Elisabeth-Stift Erle“ und M2 „Luitpoldstraße Schalke“.....	54

Zusammenfassung

Mit Vertrag vom 24.08./10.09.2010 wurde die Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie der Universität Duisburg-Essen beauftragt, für die Stadt Gelsenkirchen ein Konzept zur städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel mit Fokus auf der Reduzierung von Hitzestress während Hitzeepisoden zu entwickeln. Das Konzept umfasst für das Stadtgebiet Gelsenkirchens die Darstellung des Klimawandels, die Ermittlung der vom Klimawandel betroffenen Problemgebiete, die Darstellung von Handlungsmaßnahmen gegen Hitzestress sowie die Untersuchung des Hitzeproblems an zwei Modellquartieren.

Die Projektionen des regionalen Klimamodells STAR II zeigen für Gelsenkirchen bis 2060 eine Zunahme der Jahresmitteltemperatur von ca. 2 K auf 12,4 °C. Extremereignisse wie Sommertage und heiße Tage werden sich mit 55 Tage pro Jahr mehr als verdoppeln, so dass die Reduzierung der Hitze in urbanen Quartieren von hoher Relevanz ist. Der Jahresniederschlag wird um 18 % auf 960 mm ansteigen. Das jährliche Niederschlagsmaximum wird sich vom Sommer auf den Winter verlagern.

Zu den vom Hitzestress besonders betroffenen Bereichen Gelsenkirchens zählen die den Innenstadtklimatopon und den Klimatopon der verdichteten Bebauung zuzurechnenden Quartiere, zu denen in Zukunft auch die Bereiche der Stadtklimatope hinzugezählt werden müssen. Hierzu gehören insbesondere die Stadtkerne Altstadt und Buer sowie Teilbereiche der Nebenzentren Erle, Hasel, Horst, Resse und Ückendorf. Unter Berücksichtigung der Einwohnerdichte und der Altersstruktur sind die Stadtteile Altstadt/Schalke, Buer, Bulmke-Hüllen und Erle als Vorranggebiete für Anpassungsbedarf einzustufen.

Der Katalog der Minderungsmaßnahmen umfasst 22 hitzemindernde städtebauliche Maßnahmen, insbesondere zur objekt- und flächenbezogenen Begrünung, Verschattung, Durchlüftung und Bewässerung. Für die verschiedenen Flächennutzungstypen werden spezifische Maßnahmenbündel inklusive rechtlicher Anwendungshinweise zusammengestellt, die in der Bauplanung unmittelbar angewendet werden können.

Die Untersuchung der Hitzeproblematik in den zwei Modellquartieren „Elisabeth-Stift Erle“ und „Luitpoldstraße Schalke“ zeigt, dass Wärmebelastung im Freien nur während der Tagstunden heißer Tage aufgrund hoher Sonneneinstrahlung von Relevanz ist. Während offene, sonnenexponierte Flächen (Wie-

sen) besonders betroffen sind, ist die Wärmebelastung im Schattenbereich der Gebäude und Bäume wesentlich weniger kritisch. Nachts stellt die Wärmebelastung hingegen im Freien kein Problem dar, wenngleich in Gebäuden aufgrund der am Tage aufgespeicherten und nachts abgegebenen Wärme die Wärmebelastung weiterhin hoch sein kann.

Die Verschattung von offenen Flächen und sonnenexponierten Gebäudefassaden zählt zu den effizientesten Hitzeminderungsmaßnahmen. Hinsichtlich der Durchlüftung ist leeseits von Gebäuden eine Windgeschwindigkeitsreduktion zu beobachten, die zu Wärmestagnation zwischen engstehenden Gebäuden sowie im Straßenraum führen kann. Die Ventilation wird verbessert, wenn Gebäude in Längsrichtung zur Anströmrichtung positioniert oder ihre Abstandsflächen vergrößert werden.

1 Aufgabenstellung und Einleitung

Mit Vertrag vom 24.08./10.09.2010 wurde die Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie der Universität Duisburg-Essen beauftragt, für die Stadt Gelsenkirchen ein Konzept zur städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel zu entwickeln.

Aufbauend auf der Klimaanalyse Gelsenkirchen (Stufe I (Kuttler et al. 2011a)) und dem Klimamanagementsystem (Stufe II (Kuttler et al. 2011b)) stehen in dieser Arbeitsstufe (Stufe III) die Darstellung des **Klimawandels** und seine human-bioklimatischen **Folgen** für Gelsenkirchen sowie eine darauf basierende **Anpassungsstrategie** im Vordergrund.

Der Anpassungsbedarf resultiert aus der zu erwartenden zukünftigen Zunahmen von Hitzewellen hinsichtlich Häufigkeit, Andauer und Intensität. Da die hochverdichtete Bebauung in Gelsenkirchen bereits heute eine Wärmeinsel mit hoher Wärmebelastung während sommerlicher austauscharmer Wetterlagen darstellt, wird sich das Problem der Hitzebelastung für die Bevölkerung zukünftig verschärfen. Die betroffenen Quartiere sind an derartige Belastungen aufgrund der historisch bedingten, an gemäßigte Klimazonen angepassten Bauweisen bisher nur unzureichend angepasst, im Gegensatz zur historischen Städtebauweise der trockenheißen Klimazonen.

Eine Möglichkeit, die Hitzebelastung in urbanen Quartieren einzudämmen, ist daher die optimierte Anpassung der Bebauung und Flächennutzungsstruktur mittels geeigneter städtebaulicher Anpassungsmaßnahmen. Für optimale Effekte sollten die Maßnahmen in den betroffenen Quartieren flächendeckend angewendet werden. Dieser Modernisierungsprozess wird aufgrund der bestehenden Bebauungsstruktur und Eigentums- sowie Rechtsverhältnisse nur langsam umzusetzen sein. Daher ist es notwendig, bereits heute Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen und in eine langfristige städtebauliche Planung zu integrieren.

Allgemeine städtebauliche Lösungsansätze zur Klimawandelanpassung wurden in den letzten beiden Jahren für NRW (MBV-NRW 2009) und im speziellen für das Ruhrgebiet (MUNLV-NRW 2010) erarbeitet. Die wissenschaftstheoretischen Hintergrundinformationen zum Stadtklima und zum Klimawandel sind dort ebenfalls ausführlich beschrieben, so dass hier eine eingehende thematische Einführung entfällt.

Der vorliegende Leitfaden stützt sich auf diese beiden Werke und wendet die dortigen Handlungsempfehlungen, konkretisiert durch die lokalen Planungshin-

weise aus der Stadtklimaanalyse Gelsenkirchen (Kuttler et al. 2011a), auf die Stadt Gelsenkirchen an.

Die Erarbeitung des Anpassungskonzeptes für Gelsenkirchen erfolgt in mehreren Arbeitsschritten:

- Darstellung der durch den **Klimawandel** bedingten stadtklimatischen Auswirkungen auf die thermischen und hydrologischen¹⁾ Verhältnisse in Gelsenkirchen (Kap. 2).
- Verortung der heutigen und zukünftigen Gelsenkirchener **Stadtgebiete** mit dem höchsten Anpassungs- oder Schutzbedarf (Kap. 3) auf Basis der aktuellen synthetischen Klimafunktions- und Planungshinweiskarten für Gelsenkirchen (Stufe I (Kuttler et al. 2011a)) und dem flächenbezogenen Klimamanagementsystem (Stufe II (Kuttler et al. 2011b)). Hierbei werden auch die **demografischen Trends** der Einwohnerdichte und Altersstruktur berücksichtigt (Kap. 3.3), welche die Ausweisung anpassungsbedürftiger Vorranggebiete erlauben.
- Aufzeigen der problem- oder flächenspezifischen städtebaulichen **Anpassungsmaßnahmen** anhand des Handlungskataloges für das Ruhrgebiet (MUNLV-NRW 2010) (Kap. 4) einschließlich Hinweisen zu formellen Instrumenten der planungsrechtlichen Festsetzungsmöglichkeiten.

Im abschließenden Kap. 5 werden anhand zweier von der Hitzebelastung betroffener Gelsenkirchener Modellquartiere die Anwendung ausgewählter Anpassungsmaßnahmen mittels numerischer Simulation demonstriert. Während beim ersten Modellquartier die Bebauung einer innerstädtischen Grünfläche im Vordergrund steht, liegt der Fokus des zweiten Modellquartiers auf bestehenden, hochverdichteten Baublöcken.

¹⁾ **Hinweis:** *Dieser Berichtsteil behandelt ausschließlich den humanbiometeorologischen Aspekt der Wärmebelastung während Hitzeepisoden im sich wandelnden Klima. Das Problemfeld des Niederschlages wird im separaten Berichtsteil „wasserwirtschaftliche Folgen des Klimawandels“ der Stadt Gelsenkirchen (2012a) ausführlich behandelt und daher hier nur in den Grundlagenkapiteln 2 und 3 kurz erläutert.*

2 Klimawandel im Großraum Gelsenkirchen

Um für Gelsenkirchen die aus dem Klimawandel resultierenden stadtklimatischen Probleme abschätzen und diesbezüglich notwendige Handlungsmaßnahmen ableiten zu können, werden Angaben zur potenziellen Ausprägung des Klimawandels in Gelsenkirchen benötigt. Entsprechende Daten sind im „Handbuch Stadtklima“ (MUNLV 2010) verarbeitet worden, in dem der Klimawandel auf regionaler Ebene für das Ruhrgebiet mit beispielhafter lokaler Fokussierung auf die Städte Dortmund und Bottrop untersucht wurde. In dem dort u. a. benutzten **Regionalklimamodell** STAR II des Potsdam Institutes für Klimafolgenforschung (Kreienkamp und Spekat 2008) sind Daten für den Raum Gelsenkirchen verfügbar. Diese Daten stellen hier die Grundlage zur weiteren Verarbeitung dar.

Bei dem Modell STAR II werden bereits bestehende Klimamessreihen über statistische Trendfunktionen in die Zukunft projiziert. Der Trendverlauf wird dabei aus den Ergebnissen des globalen Simulationsmodells ECHAM5 des Max-Planck-Institutes für Meteorologie (Hamburg) gewonnen. Als Trendfunktion für STAR II dienen die mit dem Globalmodell für die Region Europa berechneten Temperatur- und Niederschlagskurven der nächsten Dekaden, auf die die lokalen Messreihen projiziert werden. Als Ergebnis erhält man synthetische Zeitreihen des Jahresganges der Lufttemperatur und des Niederschlages, basierend auf fließenden Dekadenmittelwerten. Genaue Jahres- oder Tagesgänge für einzelne zukünftige Jahre können hingegen nicht berechnet werden.

Die Trendfunktionen wurden für die sechs verschiedenen Treibhausgasemissionsszenarien des IPCC (2007) separat bestimmt. Für die hiesige Untersuchung wird das **Szenario A1B** verwendet. Dieses „moderate“ Szenario geht davon aus, dass auf globaler Ebene die fossilen Energieträger sukzessiv durch regenerative Energieerzeugung ersetzt werden und das Wachstum der Weltbevölkerung ab Mitte des Jahrhunderts zurückgeht. Entsprechend werden auch die Treibhausgasemissionen zurückgehen. Die hierdurch bedingte globale Erwärmung wird zum Ende des Jahrhunderts auf ca. 2,8 K geschätzt. Das Szenario A1B wird vor dem Hintergrund der derzeitigen globalpolitischen Bestrebungen als das realistischste Szenario angesehen, so dass aktuell die öffentliche Diskussion über die Auswirkungen des Klimawandels auf Basis von Klimasimulationen mit diesem Szenario stattfindet.

Für die regionalen Projektionen des STAR II-Modells liegen derzeit Berechnungsergebnisse bis zur Dekade 2051 bis 2060 vor. Diese Dekade wird hier als **Zukunftsszenario** benutzt. Als Vergleichszeitraum für die **heutige klimatische Situation** wird die Dekade 1991 bis 2000 herangezogen. Aus der Ergebnisdar-

tenbank von STAR II wurden die Daten für Gelsenkirchen für die genannten Dekaden ausgewertet. Die Ergebnisse erlauben keine Stadt-Umland-Differenzierung, spiegeln jedoch die Situation für den „Großraum“ Gelsenkirchen wider. Die Ergebnisse für die Jahregänge der Lufttemperatur und des Niederschlages sind in Tab. 1 dargestellt.

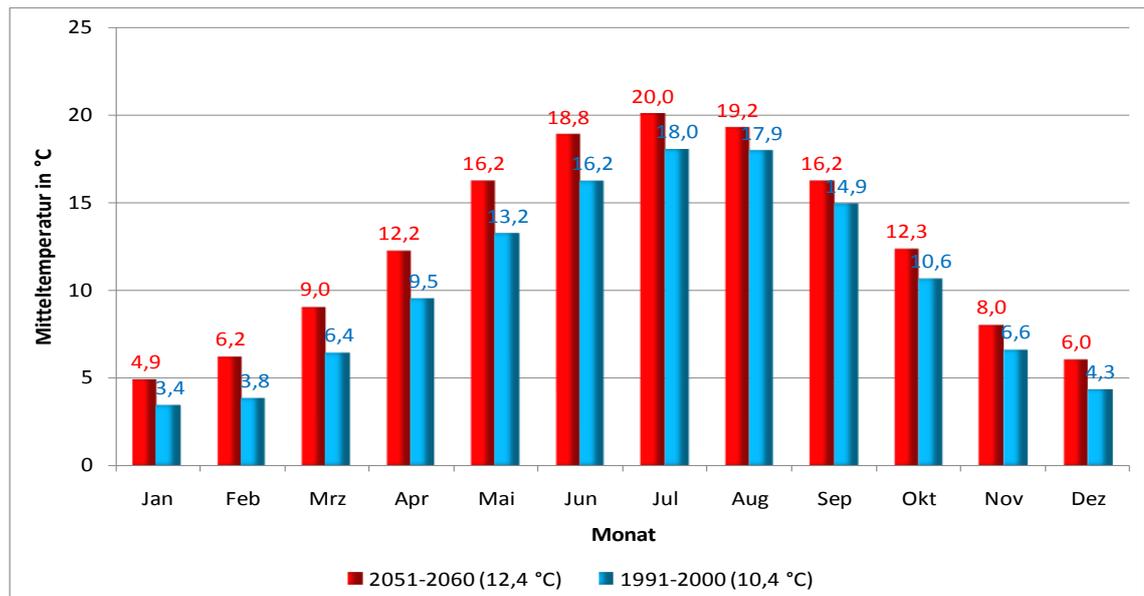
Tab. 1: Projektion der Lufttemperatur und des Niederschlages für die Region Gelsenkirchen der Dekaden 1991 – 2000 und Dekade 2051 – 2060.

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. (Mittelwerte)													
1991-2000 °C	3,4	3,8	6,4	9,5	13,2	16,2	18,0	17,9	14,9	10,6	6,6	4,3	10,4
2051-2060 °C	4,9	6,2	9,0	12,2	16,2	18,8	20,0	19,2	16,2	12,3	8,0	6,0	12,4
Änderung °C	1,5	2,4	2,6	2,7	3,0	2,6	2,0	1,3	1,3	1,7	1,4	1,7	2,0
Niederschlag (Summenwerte)													
1991-2000 mm	70,6	46,7	59,9	51,1	61,2	62,6	94,6	69,6	74,0	67,1	73,3	79,2	810
2051-2060 mm	103,9	85,7	81,4	63,1	68,4	62,9	73,3	81,5	73,2	81,8	76,1	107,8	959
Änderung mm	33,3	39,0	21,5	12,0	7,2	0,3	-21,3	11,9	-0,8	14,7	2,8	28,6	149,0
Prozent	+47%	+84%	+36%	+23%	+12%	0%	-23%	+17%	-1%	+22%	+4%	+36%	+18%
IPCC-Treibhausgasemissionsszenario A1B, Modell STAR II / ECHAM5. Datenquelle: PIK/CEC (Kreienkamp und Spekat 2008).													

2.1 Projektionen der thermischen Veränderungen

Nach Tab. 1 und Abb. 1 ist bis zur Dekade 2051 bis 2060 gegenüber der Dekade 1991 bis 2000 in Gelsenkirchen mit einem Anstieg der **Lufttemperatur** im Jahresmittel um 2 K von 10,4 °C auf 12,4 °C zu rechnen. Obwohl der Temperaturanstieg bis zum Ende des Jahrhunderts vom Modellbetreiber noch nicht berechnet wurde, ist davon auszugehen, dass das Gelsenkirchener Klima bis zum Jahr 2100 mit dem heutigen Klima südlich der Alpen vergleichbar sein wird (Beispiel Mailand mit einer Jahresmitteltemperatur von 13,1 °C).

Auffällig an der jährlichen Temperaturverteilung ist die deutliche Zunahme der Monatsmitteltemperaturen in der ersten Jahreshälfte, insbesondere im Frühjahr und Frühsommer für die Monate Februar bis Juni, in denen der Temperaturanstieg zwischen 2,4 K und 3,0 K beträgt. Die sommerliche warme Witterung wird somit zwei bis drei Monate früher beginnen.



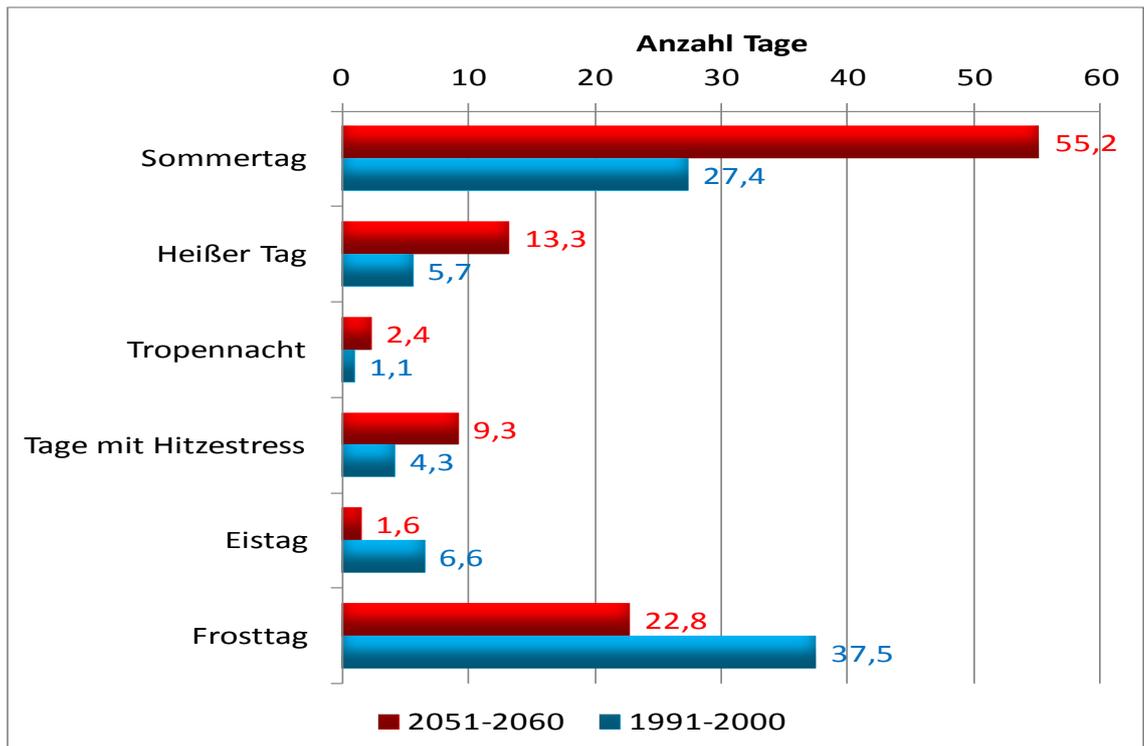
IPCC-Treibhausgasemissionsszenario A1B, Modell STAR II / ECHAM5. Datenquelle: PIK/CEC (Kreienkamp und Spekat 2008).

Abb. 1: Projektion der Lufttemperatur für die Region Gelsenkirchen der Dekaden 1991 – 2000 und 2051 – 2060.

Obwohl der Temperaturanstieg von 2 K im Jahresmittel moderat erscheint, werden markante oder extreme Ereignisse gegenüber heute deutlich zunehmen. Hieraus resultiert auch der Handlungsbedarf für Anpassungsmaßnahmen. Um diesen Sachverhalt zu verdeutlichen, zeigt Abb. 2 für Gelsenkirchen die zu erwartende Veränderung ausgewählter klimatologischer Ereignistage.

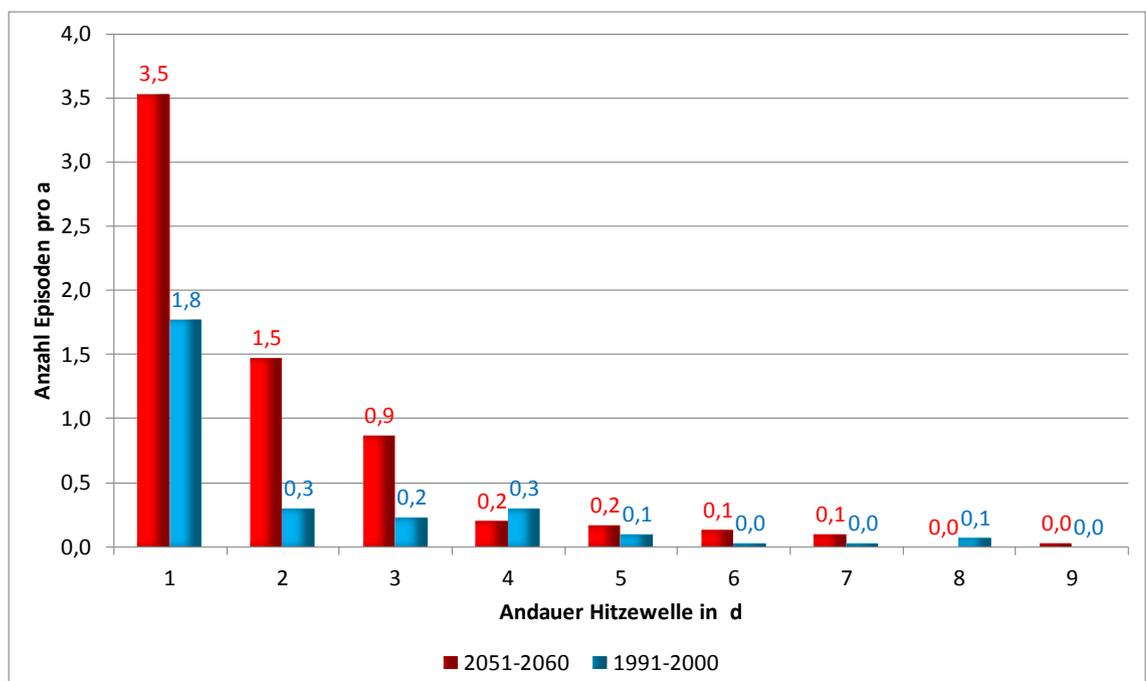
Als Indikator für die **Wärmebelastung** können die Sommertage sowie insbesondere die heißen Tage, die Tropennächte und die Tage mit Hitzestress herangezogen werden. Für alle vier Ereignistage wird sich die Auftrittshäufigkeit mehr als verdoppeln. Allein die Verdoppelung der Sommertage auf 55 Ereignisse bedeutet, dass in der Jahressumme kumulativ knapp 2 Monate mit Tageshöchsttemperaturen von mindestens 25°C überschritten werden. Auch die Summen der Heißen Tage (13,3 Tage) und der Tage mit Hitzestress (9,3 Tage) sind in Anbetracht des hiesigen Bezugs zum Dekadenmittel als sehr hoch einzuschätzen, da davon auszugehen ist, dass einzelne, extreme Jahre zu noch höheren Auftrittshäufigkeiten von Tagen mit Wärmebelastung führen werden (vergleichbar mit dem „Jahrhundertsommer“ 2003 der letzten Dekade 2001 bis 2010).

Bezüglich der Wärmebelastung ist neben der Anzahl der heißen Tage auch ihr Vorkommen in Form von Hitzetagen und **Hitzewellen** von Interesse. Abb. 3 zeigt die Änderungen der Häufigkeiten von Hitzetagen bzw. Hitzewellen unterschiedlicher Andauer.



IPCC-Treibhausgasemissionsszenario A1B, Modell STAR II / ECHAM5. Datenquelle: PIK/CEC (Kreienkamp und Spekat 2008).
 Sommertag: $t_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$, HeißerTag: $t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$, Tropennacht: $t_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$, Tage mit Hitzestress: Wasserdampfdruck $e \geq 18,5 \text{ hPa}$, Eistag: $T_{\max} \leq 0^{\circ}\text{C}$, Frosttag: $t_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$,

Abb. 2: Projektion der Änderung der mittleren jährlichen Auftrittshäufigkeit klimatologischer Ereignistage für die Region Gelsenkirchen der Dekaden 1991 – 2000 und 2051 – 2060.



IPCC-Treibhausgasemissionsszenario A1B, Modell STAR II / ECHAM5. Datenquelle: PIK/CEC (Kreienkamp und Spekat 2008).
 Hitzewelle = lückenlose Abfolge von Tagen mit $t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$.

Abb. 3: Projektion der mittleren jährlichen Auftrittshäufigkeit und Andauer von Hitzetagen und Hitzewellen für die Region Gelsenkirchen für der Dekaden 1991 – 2000 und 2051 – 2060.

Gegenüber der Bezugsdekade werden sich in der Dekade 2051 bis 2060 die eintägigen Hitzeereignisse mit einem Anstieg von jährlich durchschnittlich 1,8 Fällen auf 3,5 Fälle verdoppeln. Bei Hitzewellen mit einer Andauer von zwei Tagen wird eine Verfünffachung der Auftrittshäufigkeiten von 0,3 auf 1,5 Fällen pro Jahr eintreten. Dieses entspricht einer Auftrittshäufigkeit von ein bzw. fünf Ereignissen in drei Jahren. Bei den dreitägigen Hitzewellen ist alle fünf Jahre eine Vervierfachung von einem auf vier Fälle zu erwarten. Viertägige Hitzewellen werden alle fünf Jahre auftreten. Das Vorkommen von Hitzewellen mit einer Dauer von mehr als vier Tagen ist mit durchschnittlich zwei Ereignissen pro Dekade (0,2 Fälle pro Jahr) sowohl im Bezugszeitraum als auch im Auswertzeitraum relativ selten. Allerdings wird die erwartete maximale Andauer von fünf auf sieben Tage ansteigen.

Die Klimaänderung wird sich auch auf das thermische Niveau im **Winter** auswirken. Nach Abb. 2 werden sich die Frosttage von 37,5 auf 22,8 Tage um ein Drittel verringern. Die Eistage reduzieren sich um 75% auf 1,6 statt 6,6 Tage. Entsprechend werden auch die Tage mit Schneefall reduziert. Es wird somit deutlich, dass der thermische Aspekt des Klimawandels ambivalent zu beurteilen ist, was bei Planungsstrategien berücksichtigt werden sollte.

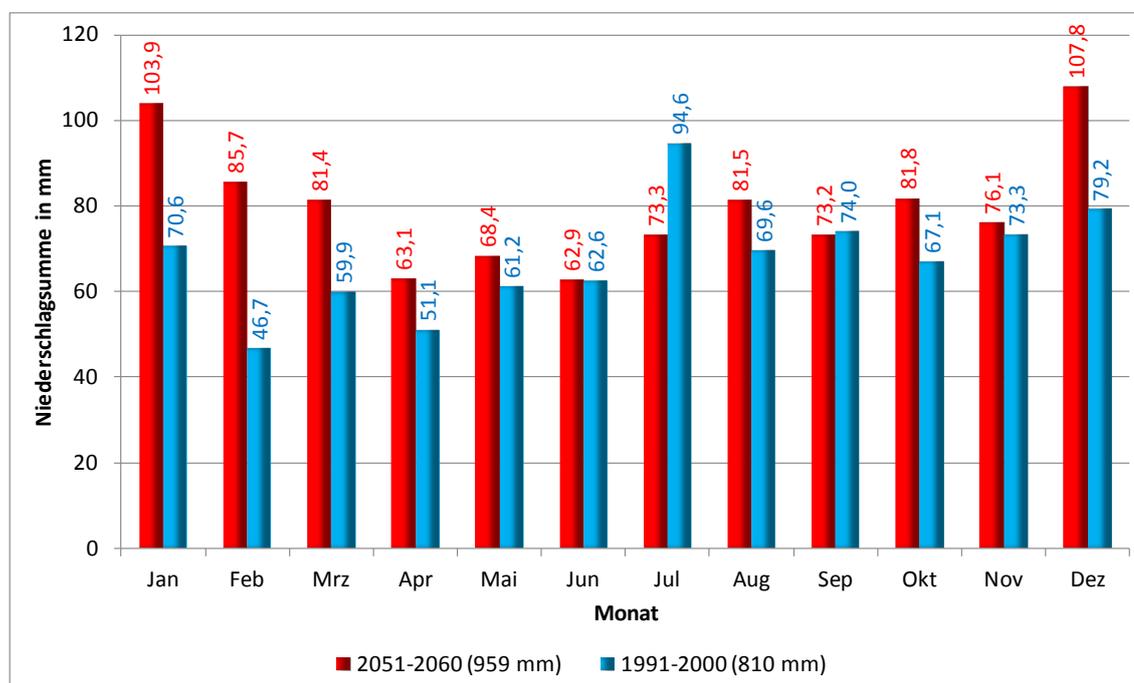
2.2 Projektionen der hydrologischen Veränderungen

Auch beim **Niederschlag** sind durch den Klimawandel deutliche Veränderungen zu erwarten. Nach Tab. 1 (siehe S. 6 .) wird der Jahresniederschlag um 18% bzw. 149 mm von derzeit 810 mm auf 959 mm in der Dekade 2051 bis 2060 ansteigen.

In Verbindung mit Abb. 4 zeigt Tab. 1 ferner, dass sich auch die jahreszeitliche Niederschlagsverteilung stark ändern wird. Während für die Sommermonate Juni bis September nur geringe Veränderungen der Niederschlagssummen verzeichnet werden, ist der Zuwachs für die Winter- und Frühlingsmonate Dezember bis April sehr hoch. Der Aufschlag beträgt bis zu 84% (Februar). Der Gesamtzuwachs für diese Monate beträgt 122 mm bzw. 17% des heutigen Jahresniederschlags von 810 mm. Dies entspricht einer Verschiebung des derzeitigen Klimas hin zu einem Winterregenklima.

Aus Sicht der Siedlungswasserwirtschaft sind die Auftrittshäufigkeiten und Intensitäten von Extremniederschlägen von Interesse. Diesbezügliche Informationen können aus dem STAR II-Modell nicht gewonnen werden, da es als mittel-

wertbasiertes Modell derart hohe zeitliche Auflösungen von höchstens einigen Stunden, die für Starkregenereignisse typisch sind, nicht abbilden kann.



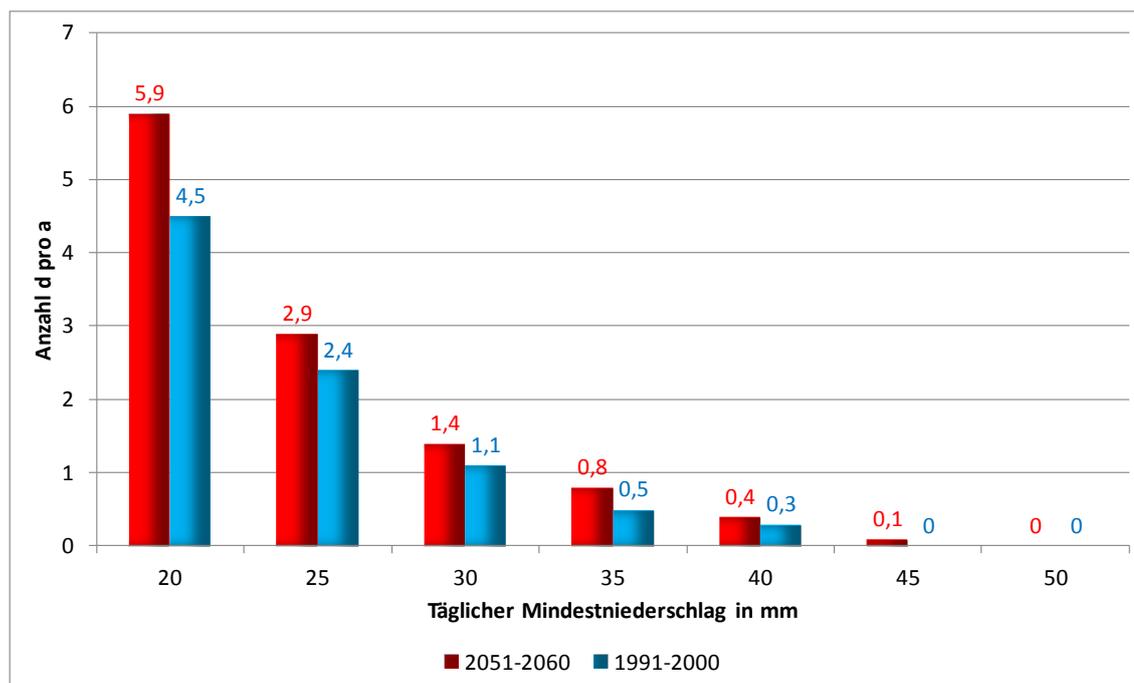
IPCC-Treibhausgasemissionsszenario A1B, Modell STAR II / ECHAM5. Datenquelle: PIK/CEC (Kreienkamp und Spekat 2008).

Abb. 4: Projektion der mittleren jährlichen Niederschlagssumme für die Region Gelsenkirchen der Dekaden 1991 – 2000 und 2051 – 2060.

Als Anhaltspunkt können aus dem STAR II-Modell die Tagessummen des Niederschlages herangezogen werden. In Abb. 5 ist für Gelsenkirchen die jährliche Auftrittshäufigkeit von **regenreichen Tagen** mit Mindestniederschlagssummen von 20 mm d^{-1} bis 50 mm d^{-1} dargestellt. Dieser Wertebereich umfasst auch Tage mit Dauerregen (30 bis 50 mm d^{-1}).

Gegenüber der Bezugsdekade (1991-2000) sind in der Zukunftsdekade (2021-2100) bei den Tagen mit 20 bis 35 mm Mindesttagesniederschlag Zuwächse zwischen 21% bzw. 60% zu erwarten. In beiden Dekaden sind Regentage mit mindestens 40 mm oder mehr Niederschlag relativ selten. Während Tage mit mindestens 40 mm Niederschlag noch alle zwei Jahre zu erwarten sind, treten die Tage mit noch höheren Niederschlägen nur alle zehn Jahre auf.

Für **Extremregenereignisse** gibt es derzeit keine genauen Prognosen für Gelsenkirchen oder das Ruhrgebiet. Schätzungen von De Greef (2009) für Mitteleuropa zeigen jedoch, dass Extremregenereignisse in ihrer Häufigkeit und Intensität zunehmen werden (Tab. 2).



IPCC-Treibhausgasemissionsszenario A1B, Modell STAR II / ECHAM5. Datenquelle: PIK/CEC (Kreienkamp und Spekat 2008).

Abb. 5: Projektion der mittleren jährlichen Anzahl von regenreichen Tagen mit Mindestniederschlagsmengen ab 20 mm/d für die Region Gelsenkirchen der Dekaden 1991 – 2000 und 2051 – 2060.

Tab. 2: Projektion der geschätzten Periodizität und Intensität von Extremniederschlägen in Mitteleuropa von 2005 auf 2100 (nach De Gref 2009).

Periodizität (Wiederkehr)	2005	2100
3 Jahre	< 22 mm $\frac{1}{2}h^{-1}$	22 mm $\frac{1}{2}h^{-1}$
10 Jahre	22 mm $\frac{1}{2}h^{-1}$	33 mm $\frac{1}{2}h^{-1}$
100 Jahre	33 mm $\frac{1}{2}h^{-1}$	48 mm $\frac{1}{2}h^{-1}$

Auswirkungen:

22 mm $\frac{1}{2}h^{-1}$: Flutung von Gebäudekellern und Kanalisation

33 mm $\frac{1}{2}h^{-1}$: zusätzlich Teilüberschwemmungen im Außenbereich,

48 mm $\frac{1}{2}h^{-1}$: zusätzlich großräumige Überflutung

3 Identifikation von Problemgebieten in Gelsenkirchen

Das Ausmaß der human-bioklimatischen Wärmebelastung in Städten ist primär vom Grad der Überbauung urbaner Flächen abhängig. Mit zunehmender **Ver-siegelung und Bebauungsdichte** nehmen die thermischen Belastungen und damit die Anfälligkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels zu. Entsprechende Quartiere sind für Gelsenkirchen als Problemgebiete mit **Anpassungsbedarf** auszuweisen. Gleichzeitig sind diejenigen Flächen im Stadtgebiet auszuweisen, die aufgrund ihrer positiven klimatisch-lufthygienischen Eigenschaften einen Gunst- oder Ausgleichsraum darstellen und eine klimatisch ausgleichende Funktion für die belasteten Quartiere übernehmen können. Diese Flächen weisen einen hohen **Schutzbedarf** auf.

Bei den anpassungsbedürftigen Quartieren resultiert die Betroffenheit nicht nur aus dem Flächennutzungs- und damit Klimatoptyp, sondern auch aus der Einwohnerdichte und der demografischen Struktur. Die **Einwohnerdichte** ist von besonderer Relevanz, da in betroffenen Quartieren die Wärmebelastung ein Flächenphänomen darstellt, das nicht nur auf wenige Hot Spots beschränkt ist. In den innerstädtischen und innenstadtnahen, hoch verdichteten Wohn- und Mischquartieren sind daher aufgrund der üblicherweise hohen Bevölkerungsdichte überproportional viele Einwohner betroffen. Die Betroffenheit kann durch eine hohe Präsenz von **Risikogruppenangehörigen** (Senioren, Schwangere, Säuglinge und Kranke) weiter erhöht werden.

Zur Ausweisung der Gelsenkirchener Gebiete mit Anpassungsbedarf werden zunächst auf FNP-Ebene (Maßstab 1:20.000) die betroffenen Klimatope und Klimafunktionsräume anhand der aktuellen Klimafunktions- sowie der Planungshinweiskarten (Stufe I, Kuttler et al. 2011a) aufgezeigt. Anschließend erfolgt eine demographische Analyse bezüglich Einwohnerdichte und Altersstruktur, deren Daten auf Baublockebene vorliegen. Da sowohl die Planungshinweiskarte als auch die demografischen Daten in verschiedenen Maßstäben vorliegen, sowie ferner die später zu beschreibenden Handlungsmaßnahmen auf Quartiersebene oder der Ebene der Realnutzungskartierung (RNK) angewendet werden, erfolgt im nächsten Schritt ein Downscaling der Daten auf die Ebene der Realnutzungskartierung (RNK-Ebene, 1:5.000) mittels des Klimamanagementsystems (Stufe II, Kuttler et al. 2011b).

Die drei Merkmale Klimatoptyp (d. h. Überwärmungsgrad), Einwohnerdichte und Altersstruktur werden anschließend kartografisch miteinander verschnitten, um auf RNK-Ebene die Quartiere mit dem dringendsten Anpassungsbedarf zu definieren.

3.1 Areale mit dem höchsten Anpassungsbedarf

Grundsätzlich stellen die in der Planungshinweiskarte Gelsenkirchen (Stufe I, Kuttler et al. 2011a) ausgewiesenen Last- und Ungunsträume die Gebiete mit dem höchsten Anpassungsbedarf dar. Die Lage dieser Gebiete für die **heutige Situation** ist in Abb. 6-links dargestellt.

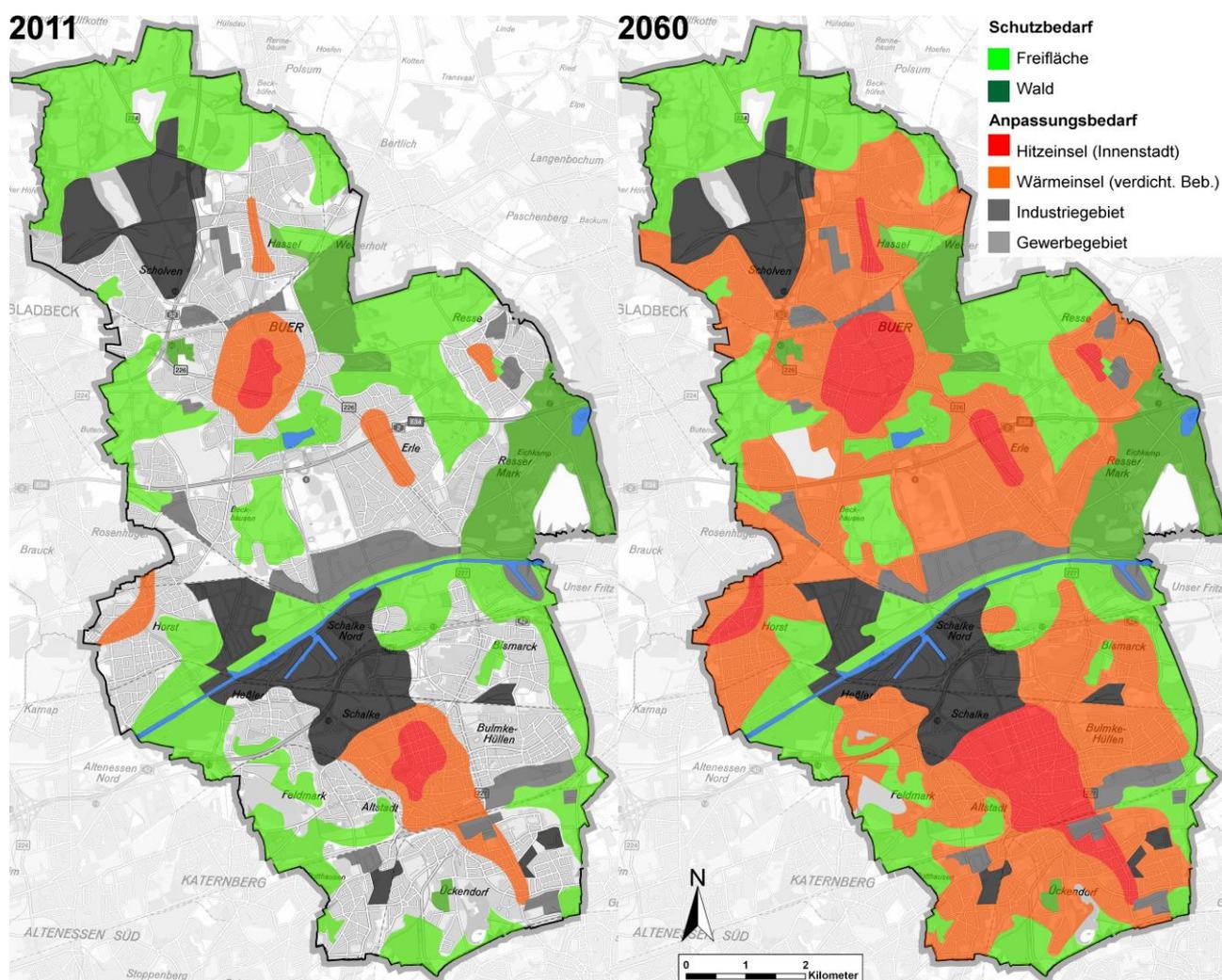


Abb. 6: Heutige und zukünftige stadtklimatische Schutz- und Problemgebiete bei Hitzestress in Gelsenkirchen (Datengrundlage: Klimanalyse Gelsenkirchen 2010/2011 (Kuttler et al. 2011a, erweitert).

Die anpassungsbedürftigen **Lasträume** umfassen 8% des Gelsenkirchener Stadtgebietes (820 ha) und werden hauptsächlich durch die Innenstadtklimatope sowie die Klimatope der verdichteten Bebauung repräsentiert. Diese Quartiere weisen bereits heute die höchsten Versiegelungsgrade und die stärksten Wärmeinseln auf (rote und orange Flächen). Die Temperaturanomalien gegenüber dem Umland betragen in Strahlungsnächsten absolut betrachtet bis zu 6,5

K. Die Gebiete beschränken sich auf die beiden Stadtkerne Altstadt und Buer sowie Teilbereiche der Nebenzentren Erle, Hassel, Horst, Resse und Ückendorf.

In Hinblick auf den Klimawandel ist zu berücksichtigen, dass in **Zukunft** während Hitzeepisoden das thermische Niveau der ganzen Stadt angehoben sein wird. Da die heutigen *mittleren* Temperaturunterschiede *zwischen* benachbarten Klimatopen mit < 2 K geringer sind, als der für die Zukunft zu erwartende mittlere Temperaturanstieg (≥ 2 K), ist davon auszugehen, dass Stadtgebiete, die heute als noch moderat wärmebelastet gelten, in Zukunft als hoch bis stark wärmebelastet einzustufen sind. Von dieser Problematik sind die sog. klimatischen **Ungunsträume** betroffen, die an die Lasträume angrenzen und vornehmlich die Stadtklimatope abbilden. Diese zusätzlichen, 4.170 ha großen Gebiete (40% Stadtfläche) sind in Abb. 6-rechts für das **Zukunftsszenario 2060** berücksichtigt. Bei der Darstellung wird davon ausgegangen, dass sich die Stadtklimatope in thermischer Hinsicht zukünftig wie die heutigen Klimatope der verdichteten Bebauung verhalten werden. Entsprechend sind die erweiterten Stadtklimatopflächen als orange Flächen der Klimatope der verdichteten Bebauung dargestellt. Analog dazu werden die heutigen Stadtklimatopflächen für die Zukunft auf das thermische Niveau der Innenstadtklimatope angehoben (rote Flächen).

Die für 2060 erweiterte Zone der anpassungsbedürftigen Gebiete umfasst u. a. große Teile der Siedlungsgebiete von Scholven, Heßler, Beckhausen, Feldmark, Bulmke-Hüllen, Bismarck und Rotthausen. Damit erhöht sich die zukünftig im Klimawandel von Hitzestress betroffene Fläche auf insgesamt 48% der Stadtgebietsfläche bzw. 5.000 ha. Die zukünftige demografische Entwicklung in den betroffenen Quartieren ist hierbei allerdings noch nicht berücksichtigt (siehe hierzu Kap. 3.3).

Die **Industrie-** und **Gewerbegebiete** (1.510 ha bzw. 14% des Stadtgebietes, siehe graue Signaturen) sind ebenfalls als Lasträume zu klassifizieren, haben aber in Hinblick auf den Klimawandel eine geringere Handlungsrelevanz, da die Wärmebelastung hauptsächlich in Arbeitsstätten während der Tagstunden und weniger bezüglich der Erholungsfunktion von Wohnungen oder der Anzahl betroffener Einwohner von Bedeutung ist. Neben dem BP-Werk in Gelsenkirchen-Scholven und vereinzelt im gesamten Stadtgebiet auftretenden, kleineren Industrie- und Gewerbegebieten sind große und zum Teil zusammenhängende industriell bzw. gewerblich genutzte Areale hauptsächlich nördlich sowie südlich der Emscher bzw. des Rhein-Herne-Kanals in den Stadtteilen Schalke, Schal-

ke-Nord, Heßler, Horst und südlich von Erle vorzufinden. Da diese Komplexe weitestgehend innerhalb der Emscherniederung gelegen sind, dem Gebiet in Gelsenkirchen mit einer erhöhten Inversionshäufigkeit, ist während entsprechender Wetterlagen potenziell von einer Gefahr der Spurenstoffakkumulation auszugehen.

3.2 Areale mit dem höchsten Schutzbedarf

Die klimatischen **Ausgleichsräume** umfassen mit einer Gesamtfläche von 3.700 ha (24% des Stadtgebietes) die größeren zusammenhängenden suburbanen Freiräume mit positiven klimatischen und lufthygienischen Verhältnissen (2.900 ha = 28%) sowie die innerstädtischen Frei- und Grünflächen (760 ha = 7%). Sie sind in Abb. 6 (s.o.) als grüne Signaturen dargestellt.

Zu den **Freiräumen** zählen die landwirtschaftlichen Nutzflächen im Norden des Stadtgebietes, das Waldgebiet Löchterheide in Verbindung mit den Acker- und Wiesenflächen im Bereich Eckerresse sowie die Resser Mark in Verbindung mit den südlich angrenzenden Freiflächen im Bereich der Stadtgrenze zu Herne.

Größere geschlossene **Wald- und Forstgebiete**, wie im Bereich Resser Mark und Löchterheide dienen als Frisch- und Kaltluftproduzenten.

Innerstädtische Frei- und Grünflächen, wie das Sutumer Feld, die Parkanlage um das Schloss Berge, die ehemalige Galopprennbahn am Schloss Horst, der Stadtgarten oder der Consol Park stellen lokalklimatische Ausgleichsflächen innerhalb der Siedlungsstrukturen dar.

3.3 Vorranggebiete

In Anbetracht der Größe der Flächen mit Anpassungsbedarf ist es vor dem Hintergrund der begrenzten kommunalen administrativen und finanziellen Ressourcen hinsichtlich der Planung des Einsatzes von Handlungsmaßnahmen sinnvoll, räumliche Prioritäten zu setzen. Hoher Handlungsbedarf besteht in den anpassungsbedürftigen Gebieten mit hoher Einwohnerdichte und hohem Anteil an Risikogruppen.

Die Ermittlung derartiger **heutiger** Vorranggebiete in Gelsenkirchen erfolgt über ein dreistufiges Selektionsverfahren:

1. **Hitzesensible Wohnquartiere:** Im Klimamanagementsystem (Stufe II, Kuttler et al. 2011b) werden auf RNK-Ebene die Flächentypen mit überwiegender Wohnnutzung innerhalb der in Abb. 6-links (s. o.) dargestellten Wärmeinseln selektiert. Hierbei handelt es sich um die RNK-Klimatope „Innenstadt“ und „Verdichtete Bebauung“. Diese beiden Klima-

toptypen implizieren auch die Problemfelder Luftschadstoffbelastung und Lärm.

Hinweis: Die Verwendung der Klimatopklassifikation auf RNK-Ebene (Klimamanagementsystem, Stufe II) als Selektionsgrundlage resultiert aus dem Anwendungsmaßstab der später beschriebenen Handlungsmaßnahmen, die in der Regel nur auf Quartiersebene oder RNK-Ebene sinnvoll anwendbar sind. Daher unterscheiden sich die RNK-Klimatope bezüglich der räumlichen Lage z. T. deutlich von der (stadtklimatischen) Planungshinweiskarte (Stufe I, Kuttler et al. 2011a), die nur flächenun-scharfe, generalisierte Aussagen auf FNP-Ebene (Maßstab 1:20.0000) erlaubt.

2. **Demografie:** Für die selektierten hitzesensiblen Wohnquartiere wird die Betroffenheit anhand der Einwohneranzahl ermittelt. Der Handlungsbedarf steigt mit der Einwohnerdichte.
3. **Risikogruppen:** Bei den Risikogruppen, zu denen Personen mit hitzebedingter Gesundheitsbeeinträchtigung zählen, wird repräsentativ der Einwohneranteil der Senioren herangezogen. Da der Begriff der Senioren medizinisch nicht eindeutig definiert ist, wird hier der Definition der deutschen Rentenversicherung gefolgt, nach der Menschen mit einem Alter ≥ 65 Jahren als Rentner und somit sinngemäß als Senioren bezeichnet werden.

Die Daten für die Einwohneranzahl und den Seniorenanteil liegen für Gelsenkirchen auf Baublockebene für das Jahr 2010 vor (Stadt Gelsenkirchen 2012b). Bei den Baublöcken handelt es sich um Raumeinheiten des Gelsenkirchener Referates „Vermessung u. Kataster 62/3“, die Parzellen der Realnutzungskartierung (RNK) mit vergleichbarer Nutzung zu lokalen Clustern (Quartieren) von wenigen ha Größe zusammenfassen. Für die hiesige Untersuchung werden nur diejenigen Baublöcke berücksichtigt, die eine vollständige oder teilweise Wohnfunktion beinhalten.

Für die Quantifizierung der Klimawandelbetroffenheit werden zunächst die Klimatope „Innenstadt“ und „Verdichtete Bebauung“ hinsichtlich ihrer Malität quantifiziert, indem die Klimaqualitätswerte anhand des geringsten Wertes relativ referenziert werden. Somit wird das „Innenstadtklimatop“ mit dem Klimaqualitätswert von 20% auf 100% Malität gesetzt, während das Klimatop der „verdichteten Bebauung“ (Klimaqualitätswert 32%) eine Malität von 62,5% erhält.

Im zweiten Schritt werden die Baublöcke auf die RNK-Klimatope „Innenstadt“ und „Verdichtete Bebauung“ eingegrenzt (2.648 Baublöcke).

Anschließend erfolgt die flächengewichtete Quantifizierung der Einwohneranzahl. Dazu wird die Anzahl der Einwohner der einzelnen Baublöcke mit der jeweiligen Baublockgrundfläche verrechnet, um die Einwohnerdichte (Einwohner/km²) zu erhalten. Diese wird anhand des Baublocks mit der höchsten Einwohnerdichte (100%) relativiert.

Schließlich wird für jeden Baublock der Seniorenanteil aus dem Verhältnis der Seniorenanzahl zur Einwohneranzahl bestimmt.

Für die Berechnung der Betroffenheit stehen somit die drei relativen Indikatoren Klimatoptyp (d. h. Überwärmungsgrad), Einwohnerdichte und Seniorenanteil zur Verfügung. Die Betroffenheit jedes Baublocks wird durch einfache Addition der drei Indikatorwerte zu gleichen Anteilen (jeweils 1/3) berechnet. Daher kann die maximale Betroffenheit den Wert von 100% erreichen. Dieses wäre theoretisch ein Baublock in Innenstadtlage, in dem ausschließlich einige hundert Senioren leben würden. In der Realität ist die Zusammensetzung der Indikatoren jedoch erwartungsgemäß heterogener verteilt. So erreicht der Baublock mit der höchsten Anfälligkeit eine Betroffenheit bzw. Vulnerabilität von knapp 70%, wie Tab. 3 exemplarisch zeigt.

In Abb. 7 ist die heutige Anfälligkeit bzw. der Anpassungsbedarf aller betroffenen Baublöcke mit vollständiger oder teilweiser Wohnfunktion dargestellt. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Baublöcke mit den höchsten Anfälligkeiten in der Regel innerhalb oder in Nähe der Stadtteilzentren liegen, die aus mehrgeschossigen Gebäuden bestehen und eine hohe Einwohneranzahl mit großem Seniorenanteil haben.

Die Ermittlung der **Vorranggebiete** erfolgt mittels der Analyse der räumlichen Verteilung der Anfälligkeiten der Baublöcke. Dabei werden Gebiete, die eine auffällig hohe Anzahl und Lagedichte von Baublöcken mit hohen Anfälligkeiten $\geq 50\%$ aufweisen, zu Clustern zusammengefasst. Für Gelsenkirchen wurden so vier Vorranggebiete ermittelt. Hierbei handelt es sich um Gebiete in den Stadtteilen Altstadt/Schalke, Buer, Bulmke-Hüllen und Erle.

Bei der Darstellung ist zu berücksichtigen, dass sie den Zustand der Indikatoren für das Jahr 2010/2011 abbildet. Für die **Zukunft** ist davon auszugehen, dass sich die Vorranggebiete aufgrund sich wandelnder Flächennutzung, inter- oder intraurbaner Migration sowie Änderung des Seniorenanteils verlagern könnten.

Tab. 3: Exemplarischer Auszug aus dem Baublockkataster Gelsenkirchen mit den 20 vom Klimawandel höchstbetroffenen Baublöcken (Stadt Gelsenkirchen 2011).

Nr.	Baublock Nr.	Klimatop	Klimaqualität %?	Fläche In m ²	Einwohner (Ew.)	Ew. ≥ 65J.	Ew.-Dichte Ew./km ²	Rel. Klimamalität	Rel. Seniorenanteil	Rel. Ew.-Dichte	Vulnerabilität %
1	40546	Innenstadt	20	29.506,42	457	286	15.488	100,0	62,6	46,5	69,7
2	40227	Innenstadt	20	15.404,52	415	79	26.940	100,0	19,0	80,9	66,6
3	10214	Verdichtete Bebauung	32	7.889,49	100	98	12.675	62,5	98,0	38,1	66,2
4	20473	Innenstadt	20	35.889,37	468	257	13.040	100,0	54,9	39,2	64,7
5	10221	Innenstadt	20	20.700,16	242	130	11.691	100,0	53,7	35,1	62,9
6	10221	Innenstadt	20	20.700,16	242	130	11.691	100,0	53,7	35,1	62,9
7	40541	Innenstadt	20	11.997,31	253	64	21.088	100,0	25,3	63,3	62,9
8	22324	Innenstadt	20	19.620,43	183	100	9.327	100,0	54,6	28,0	60,9
9	20474	Innenstadt	20	51.037,88	579	265	11.345	100,0	45,8	34,1	60,0
10	14165	Innenstadt	20	32.287,52	556	155	17.220	100,0	27,9	51,7	59,9
11	14165	Innenstadt	20	32.287,52	556	155	17.220	100,0	27,9	51,7	59,9
12	11134	Innenstadt	20	25.178,47	407	123	16.165	100,0	30,2	48,6	59,6
13	14162	Innenstadt	20	29.218,23	456	145	15.607	100,0	31,8	46,9	59,6
14	51451	Innenstadt	20	26.706,90	319	129	11.944	100,0	40,4	35,9	58,8
15	14163	Innenstadt	20	31.647,78	501	144	15.830	100,0	28,7	47,6	58,8
16	15155	Innenstadt	20	14.030,23	254	54	18.104	100,0	21,3	54,4	58,6
17	52163	Verdichtete Bebauung	32	14.797,92	162	130	10.947	62,5	80,2	32,9	58,5
18	11136	Verdichtete Bebauung	32	25.059,54	260	212	10.375	62,5	81,5	31,2	58,4
19	13394	Innenstadt	20	17.050,61	190	78	11.143	100,0	41,1	33,5	58,2
20	11152	Innenstadt	20	14.459,29	256	53	17.705	100,0	20,7	53,2	58,0

Für die beiden letzteren Sachverhalte liegen grobe Prognosen bis zum Jahre 2030 für Gelsenkirchen in kartografischer Form vor (Stadt Gelsenkirchen 2011). Allerdings sind sowohl die räumliche Auflösung mit 40 statistischen Raumeinheiten (sog. REGE-Bezirke (Stadt Gelsenkirchen 2011)) als auch die lediglich fünfstufigen Indikatorenklassifizierungen sehr grob, so dass hier nur eine tendenzielle Abschätzung der zukünftigen Situation möglich ist.

Die Änderung der Bevölkerungsdichte zeigt stadtweit eine Schrumpfung auf. Die REGE-Bezirke mit der geringsten Schrumpfung ($\leq 5,2\%$) werden hier vorrangig betrachtet. Beim Seniorenanteil (der im Gegensatz zur Auswertung des Ist-Zustandes in Kap. 3.3 in der Zukunftsprojektion lediglich für Personen ≥ 60 Jahre definiert ist) wird nur die höchste Anteilsklasse ($\geq 38\%$ Senioren) berücksichtigt.

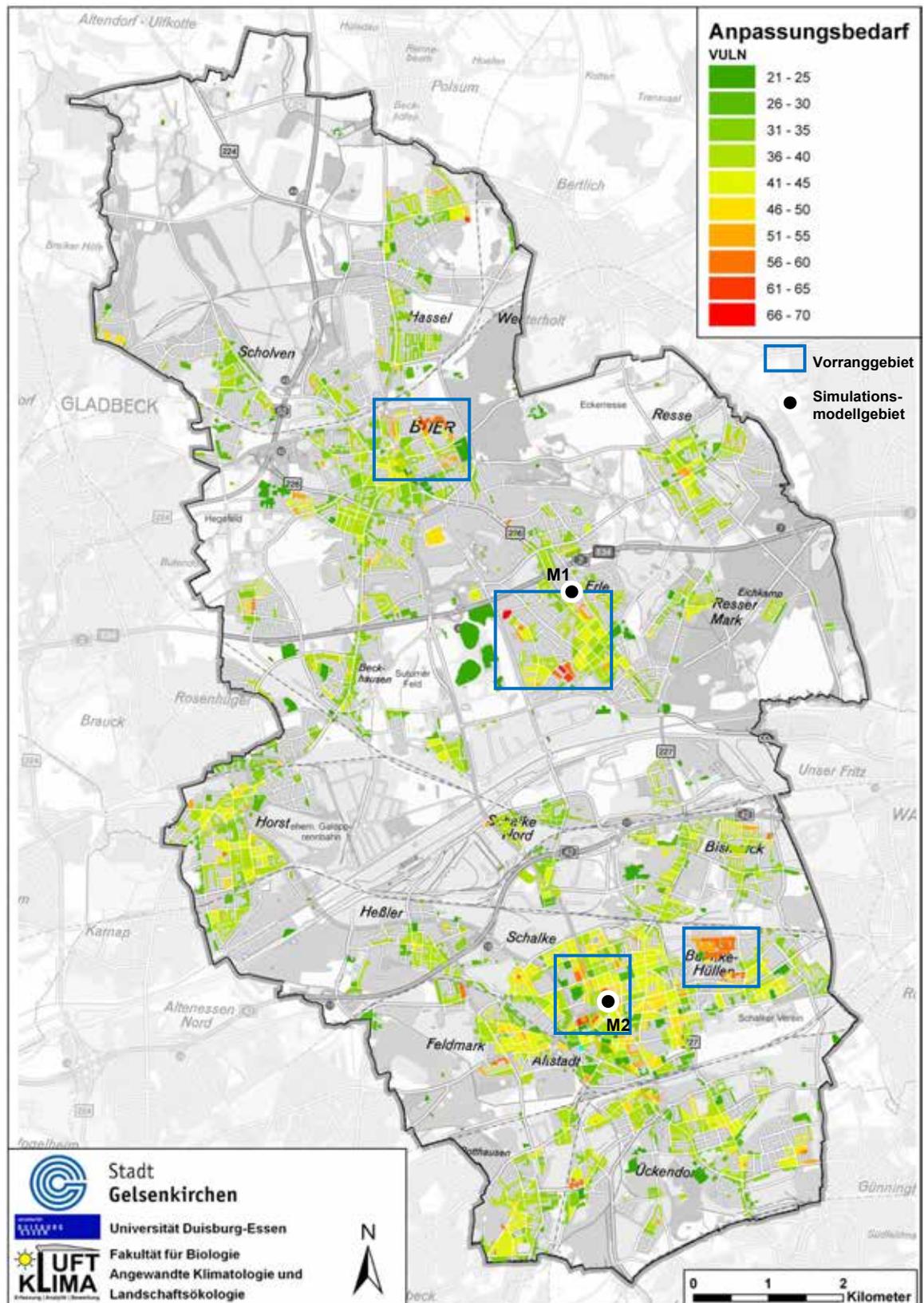


Abb. 7: Karte des aus Hitzeanfälligkeit, Einwohnerdichte und Seniorenanteil berechneten, relativen Anpassungsbedarfs an Hitzestress im Klimawandel für Baublöcke inklusive Vorranggebiete in der Stadt Gelsenkirchen. (Datengrundlage: Klimamanagementsystem Gelsenkirchen (Kuttler et al. 2011 b))

Die so ermittelten Vorranggebiete der REGE-Bezirke mit hohem Anpassungsbedarf sind in Abb. 8 dargestellt. Die Karte zeigt zusätzlich in generalisierter Form die für das Jahr 2060 projizierten hitzeanfälligen Stadtgebiete gemäß Abb. 6-rechts (siehe Kap. 3.1, S. 13). Die räumliche Verschneidung der drei Indikatoren zeigt keine primären Cluster, in denen alle Betroffenheitsmerkmale gleichzeitig auftreten. Auch die heutigen Vorranggebiete aus Abb. 7 sind nicht mehr anzutreffen. Lediglich in Hassel und Buer-West gibt es eine Verschneidung der Hitzequartiere mit hoher Bevölkerungsdichte bzw. hohem Seniorenanteil. Auch die südliche Altstadt kann aufgrund der räumlichen Nähe der drei Indikatorengebiete noch als relativ vorrangig eingestuft werden.

Es ist darauf hinzuweisen, dass diese Zukunftsprognosen mit Unsicherheiten hinsichtlich der räumlichen Genauigkeit behaftet sind. Auch der Projektionszeitpunkt auf das Jahr 2030 liegt eher in der nahen Zukunft und damit weit entfernt von den Zeithorizonten der mittleren und fernen Zukunft (Dekaden 2050-2060 bzw. 2090-2100), die für die Klimawandelfolgen von Interesse sind. Die Betrachtung der nahen Zukunft kommt aber dem Zeithorizont kommunaler Planungsstrategien nahe. Die Projektionen können jedoch nur als erste Anhaltspunkte für eine mögliche zukünftige Betroffenheit der Gelsenkirchener Wohnquartiere dienen. Allerdings wird deutlich, dass auch in Zukunft eher die hoch verdichteten Wohnquartiere der Stadtteilzentren vom Klimawandel betroffen sein werden als die aufgelockerten Randbebauungen.

4 Anpassungsmöglichkeiten

4.1 Intention

Die Lösungsansätze zur Anpassung an Hitzewellen im Klimawandel haben zum Ziel, die human-biometeorologische Belastung der städtischen Bevölkerung zu reduzieren. Hierbei wird von der Prämisse ausgegangen, dass sich weder heutige noch zukünftige Hitzewellen praktisch vermeiden oder stoppen lassen, da sich das Witterungsgeschehen nicht beeinflussen lässt. Sämtliche Lösungsmöglichkeiten, die auf eine Reduzierung der human-bioklimatischen Wärmebelastung zielen, können daher nur als Reaktion auf unvermeidliche Hitzeepisoden verstanden werden. Es handelt sich somit um **Anpassungsmaßnahmen (Adaptation)**.

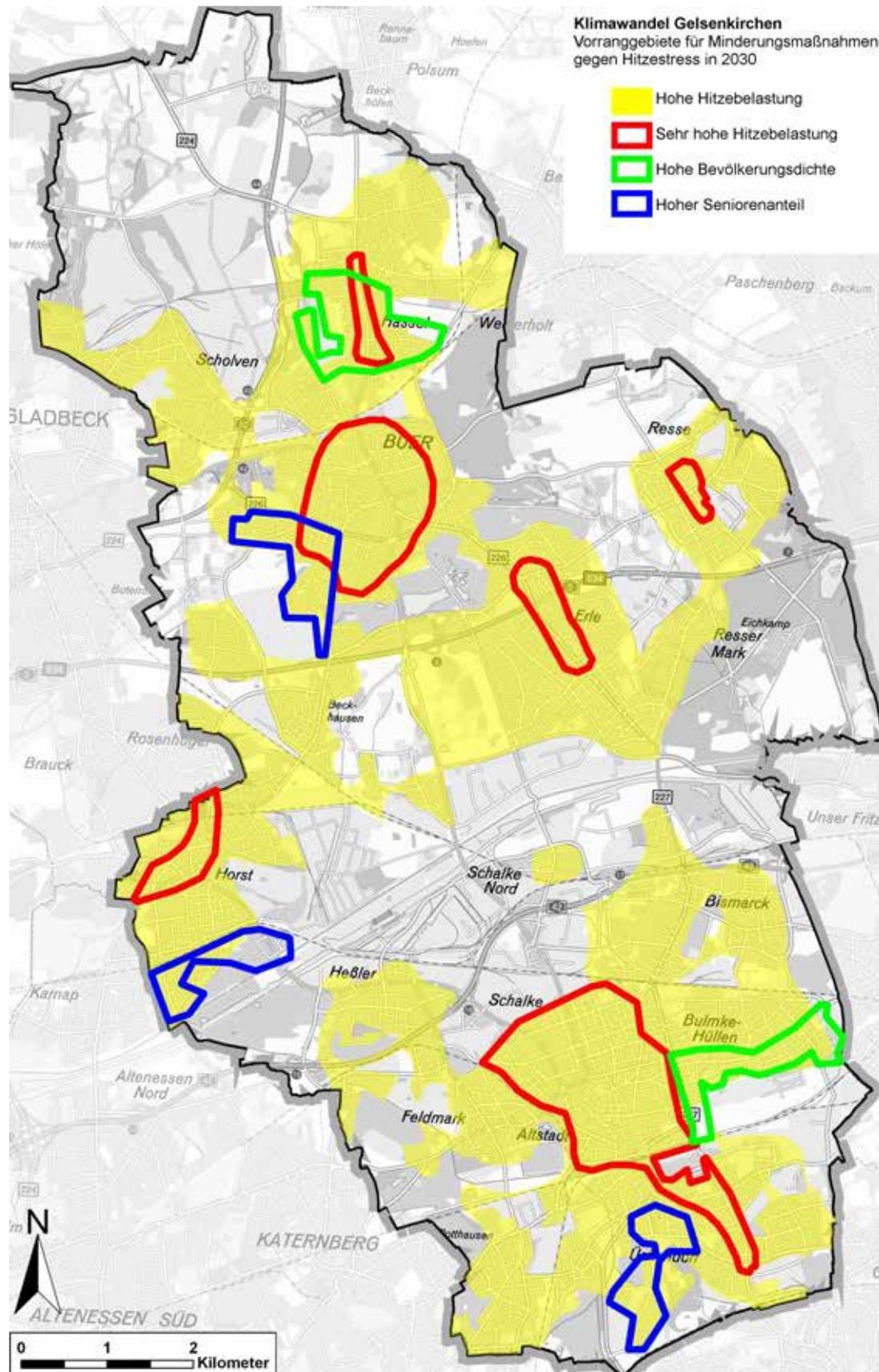


Abb. 8: Klimawandelanpassungsvorranggebiete in 2030 in Gelsenkirchen (Datengrundlage: Klimaanalyse Gelsenkirchen (Kuttler et al. 2011 a) und Bevölkerungsatlas Gelsenkirchen (Stadt Gelsenkirchen 2011).

Das zukünftige Problem der städtischen Wärmebelastung während Hitzeepisoden unterscheidet sich nicht grundlegend von heutigen Hitzeepisoden, abgesehen davon, dass Hitzewellen in Zukunft häufiger und mit längerer Andauer sowie höheren Spitzentemperaturen auftreten werden (siehe Kap. 2.1). Der Handlungsbedarf zeichnet sich somit nicht erst in der Zukunft ab, sondern ist bereits heute vorhanden. Daher ist bereits die heutige Anwendung von Minderungsmaßnahmen sinnvoll. Dieses bedeutet, dass selbst bei Nichteintreten der Klimawandelfolgen die Maßnahmen einen langfristigen Nutzen haben und damit nicht „umsonst“ durchgeführt werden. Derartige Maßnahmen werden als „**No-regret**“-**Maßnahmen**, d. h. „nicht zu bereuende“ Maßnahmen bezeichnet.

Die Notwendigkeit des *heutigen* Hinweises auf die Anpassung besteht darin, dass in einer historisch gewachsenen Stadt wie Gelsenkirchen für den Großteil der Bausubstanz bisher sowohl Klimaschutz- als auch Anpassungsmaßnahmen nur in geringem Maße „*in der Fläche*“ angewendet wurden, da die kurzfristigen Aktionsmöglichkeiten begrenzt sind. Dieses liegt u. a. am derzeitigen Eigentums-, Bau-, Energie- und Umweltrecht, welche eine Erzwingung von Anpassungsmaßnahmen an Bauobjekten verhindern, solange es sich nicht um Neubaugebiete, vereinzelte Neubauten oder Gebäudesanierungen handelt. Da die jährliche Erneuerungsrate von Städten schätzungsweise nur 2% der bestehenden Bausubstanz beträgt (Stadt Zürich 2009), sollten die hier vorgestellten städtebaulichen Handlungsmaßnahmen als langfristig umzusetzende Ziele aufgefasst werden, die sich durch sukzessive Umsetzung in der FN- und Bauleitplanung erreichen lassen.

Die in diesem Leitfaden vorgestellten Lösungsmöglichkeiten beinhalten **städtebauliche Maßnahmen**, die zur Reduzierung der Wärmebelastung bei Hitzewellen dienen. Hierbei handelt es sich ausschließlich um Lösungen, die ihre Wirkung ohne den Einsatz von zusätzlicher Energie erzielen, so dass energieintensive technische Lösungen wie beispielsweise Gebäudeklimatisierungen hier nicht berücksichtigt werden. Zwar wäre der Einsatz von Gebäudeklimatisierungen prinzipiell möglich, jedoch widerspricht diese Lösung dem „Klimaschutz“-Gedanken der deutschen Anpassungsstrategie (DAS, Bundesregierung 2008), die u. a. auf die Vermeidung energie- und damit treibhausgasemissionsintensiver Haustechnik abzielt.

Leitziel einer stadtklimatischen Anpassungsstrategie an Hitzestress im Klimawandel ist daher das städtebauliche Konzept einer klimagerechten Stadt, die einen optimalen Kompromiss aus maßvoller Bebauungsverdich-

tung und den hitzemindernden Merkmalen der Durchgrünung, Bewässerung, Durchlüftung und Verschattung darstellt.

4.2 Katalog der Handlungsmaßnahmen

Bei den Lösungsmöglichkeiten gegen Hitzestress handelt es sich um etablierte städtebauliche Maßnahmen aus der planungsrelevanten Stadtklimatologie, die sich seit Jahrzehnten bewährt haben (Kuttler 2011). Tab. 4 enthält eine Übersicht von 22 Maßnahmen, die zur Minderung des Hitzestresses in der Stadt besonders geeignet sind und im Rahmen einer detaillierten Anpassungsuntersuchung für das Ruhrgebiet im „Handbuch Stadtklima“ MUNLV (2010) empfohlen wurden. Diese Lösungsvorschläge umfassen sowohl flächen- als auch problembezogene Maßnahmen, die auf unterschiedlichen Maßstabsebenen realisiert werden können.

Auf Ebene der Realnutzungskartierung (RNK) als unterste Maßstabsebene stehen Maßnahmen zur Verfügung, die an konkreten städtebaulichen Objekten wie z. B. einzelnen Gebäuden vorgenommen werden können. Hierzu zählen u. a. Wärmedämmungen, Begrünungen oder Verschattungen.

Auf der mittleren Maßstabsebene (Quartiersebene) können städtebauliche Anpassungskonzepte der Quartiersgestaltung (z. B. Gebäudearrangements, Freiflächengestaltungen, etc.) angewendet werden.

Auf der höchsten Maßstabsebene (1:20.000) kommen Maßnahmen zur Nutzung quartierübergreifender Klimafunktionen zwischen ruralen Ausgleichsräumen und urbanen Lasträumen, wie beispielsweise der Erhalt von Kaltluftventilationsbahnen, zum Tragen.

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Maßnahmen befindet sich als Originalauszug des „Handbuchs Stadtklima“ MUNLV (2010) im hiesigen Anhang A.

Für die Umsetzung der Handlungsmaßnahmen in die Planungspraxis werden formelle Rechtsinstrumente benötigt, die es erlauben, die Maßnahmen entweder im Planungsprozess direkt festzusetzen oder aber im Abwägungsprozess zu begründen. Die in Tab. 4 genannten Lösungen werden daher in Tab. 5 soweit spezifiziert, dass sie in der Fachplanung unmittelbar berücksichtigt und – sofern vorhanden – mit Bezug auf rechtliche Festsetzungsmöglichkeiten angewendet werden können. Neben dem BauGB (2011), das zahlreiche Festsetzungsmöglichkeiten aufzeigt und seit 2011 explizit Klimawandelanpassungsmaßnahmen in der Bauplanung einfordert, finden auch BauNVO (1993), BauO NRW (2000) oder BNatSchG (2011) Anwendung.

Tab. 4: Übersicht der städtebaulichen Handlungsmaßnahmen zur Anpassung an Hitzestress im Klimawandel (aus MUNLV 2010).

Hinweis: Die H-Kennziffern verweisen auf die detaillierten Maßnahmenerläuterungen im „Handbuch Stadtklima“ (MUNLV 2010), siehe hier im Anhang A.

Gebäudeoptimierung
H8 Dachbegrünung
H10 Fassadenbegrünung
H14 Hauswandverschattung, Wärmedämmung
H18 Verschattungselemente an Gebäuden
H15 Geeignete Baumaterialien verwenden
Quartiergestaltung
<i>städtebauliche Infrastruktur</i>
H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
H12 Offene Wasserflächen schaffen
H13 Gebäudeausrichtung optimieren
H22 Beschattung relevanter Flächen
H24 Neubau/Sanierungen: Verfüllen der Leitungsgräben mit geeigneten Materialien mit reduzierten Wärmeleit- und -speicherfähigkeiten
H23 Verkehrsflächen mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit
H26 Nutzung von Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung
<i>Grünflächen und Vegetation</i>
H6 Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten
H7 Begrünung von Straßenzügen
H19 Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation
H20 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten
H21 Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen
H28 Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)
Quartierübergreifende Hinweise
H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen
H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
H17 Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten

Tab. 5: Katalog der hitzemindernden Handlungsmaßnahmen zur stadtklimatischen Klimawandelanpassung in Gelsenkirchen und ihrer rechtlichen Festsetzungsmöglichkeiten (nach MUNLV 2010, ergänzt und aktualisiert mit Stand Februar 2012).

Hinweis: Die H-Kennziffern verweisen auf die detaillierten Maßnahmenerläuterungen im „Handbuch Stadtklima“ (MUNLV 2010), siehe hier im Anhang A.

Lösungen	Ziele, Maßnahmen	Erläuterungen / Hinweise	Planungsmaßstab	
			<ul style="list-style-type: none"> • FNP • Synth. Klimafunktionskarte • Stadtklimatol. Planungshinweiskarte 	<ul style="list-style-type: none"> • Realnutzungskartierung oder B-Plan • Klimamanagementsystem
Allgemein				
Allgemeine Rechtsgrundlage für städtebauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel		<ul style="list-style-type: none"> • Seit 2011 explizite Einforderungen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel 	<ul style="list-style-type: none"> • § 1 a Abs. 5 BauGB: Klimaschutzmaßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken und der Anpassung an den Klimawandel dienen, erforderlich • § 171a BauGB: Stadtumbaumaßnahmen aufgrund allgemeiner Anforderungen an den Klimaschutz und die Klimaanpassung möglich 	
Gebäudeoptimierung				
H8 Dachbegrünung	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderung der Aufheizung von Gebäuden 	<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzungen zur Begrünung und Bepflanzung von Stellplätzen und zur Begrünung baulicher Anlagen können auch durch Satzung als örtliche Bauvorschrift nach § 86 (1) Nr. 4 BauO NRW erlassen werden 		<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein B-Plangebiet oder Teile davon nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB
H10 Fassadenbegrünung	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderung der Aufheizung von Gebäuden 	<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzungen zur Begrünung und Bepflanzung von Stellplätzen und zur Begrünung baulicher Anlagen können auch durch Satzung als örtliche Bauvorschrift nach § 86 (1) Nr. 4 BauO NRW erlassen werden 		<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein B-Plangebiet oder Teile davon nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB
H14 Hauswandverschattung, Wärmedämmung	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderung der Aufheizung von Gebäuden durch Fassadenbeschattung oder -begrünung oder Wärmedämmung 			<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB
H15 Geeignete Baumaterialien verwenden	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Materialien mit hellem Anstrich vermindern die Gebäudeaufheizung 			
H18 Verschattungselemente einbauen	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderung der Aufheizung von Gebäuden 			<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB

Lösungen	Ziele, Maßnahmen	Erläuterungen / Hinweise	Planungsmaßstab		
			<ul style="list-style-type: none"> • FNP • Synth. Klimafunktionskarte • Stadtklimatol. Planungshinweiskarte 	<ul style="list-style-type: none"> • Realnutzungskartierung oder B-Plan • Klimamanagementsystem 	
Quartiergestaltung - Städtebauliche Infrastruktur					
H5	<p>Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grünraumvernetzung, Trennung von Wohn- und Industrie-/Gewerbegebieten • Schutz innerstädtischer Regenerationsflächen vor zusätzlicher Bebauung • Erhaltung der ruralen/suburbanen Kalt- und Frischluftproduktion • Erhaltung von unversiegelten Freiflächen, Landwirtschafts- und Forstflächen, Parks, Grünzügen, Ventilationsbahnen 	<ul style="list-style-type: none"> • Einflussnahme durch BauNVO: Im Abschnitt „Maß der baulichen Nutzung“ sind Obergrenzen für den versiegelten Flächenanteil bebauter Grundstücke festgelegt • Nachrichtliche Übernahme der Flächen für den Natur- und Landschaftsschutz (§ 1 (2) Nr. 4 BNatSchG) • Nachrichtliche Übernahme und Vermerk von Flächen für den Hochwasserschutz • Im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffs-/Ausgleichsregelung (B-Plan siehe rechte Spalte letzter Punkt): Flächen zum Ausgleich im Sinne des § 1 a Abs. 3 BauGB im Geltungsbereich des FNP können den Flächen, auf denen Eingriffe in Natur und Landschaft zu erwarten sind, ganz oder teilweise zugeordnet werden (§ 5 (2 a) BauGB) 	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellen von Grünflächen, wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe nach § 5 (2) Nr. 5 BauGB • Darstellen von Wasserflächen und Flächen, die im Interesse des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses freizuhalten sind nach § 5 (2) Nr. 7 BauGB • Darstellen von Flächen als landwirtschaftliche Flächen und Waldflächen nach § 5 (2) Nr. 9 BauGB • Darstellen von Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft nach § 5 (2) Nr. 10 BauGB 	<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Mindestmaßen der Baugrundstücke und von Höchstmaßen für Wohnbaugrundstücke nach § 9(1) Nr.3 BauGB, konkretisiert durch BauNVO • Festsetzen, dass Stellplätze und Garagen außerhalb der überbaubaren Grundstücksflächen nur unter der Geländeoberfläche hergestellt (§ 9 (1) Nr. 4 BauGB i. V. m. § 12 (4) BauNVO) oder dass sie auf den nicht überbaubaren Grundstücksflächen nicht hergestellt werden dürfen (§ 23 (5) BauNVO) • Festsetzen der Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind, und ihrer Nutzung nach § 9 (1) Nr. 10 BauGB • Festsetzen von öffentlichen und privaten Grünflächen, wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB • Festsetzen von Wasserflächen nach § 9 (1) Nr. 16 BauGB • Festsetzen von Flächen für die Landwirtschaft und Waldflächen nach § 9 (1) Nr. 18 BauGB • Festsetzen der Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft nach § 9 (1) Nr. 20 BauGB • Festsetzen von Flächen oder Maßnahmen zum Ausgleich im Sinne des § 1a Abs. 3 BauGB auf den Grundstücken auf denen Eingriffe in Natur und Landschaft zu erwarten sind, oder an anderer Stelle sowohl im sonstigen Geltungsbereich des B-Plans als auch in einem anderen B-Plan
H12	<p>Offene Wasserflächen schaffen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • thermischer Ausgleich in wärmebelasteter Bebauung 	<ul style="list-style-type: none"> • Der Vorrang der Fachplanung bei Vorhaben von überörtlicher Bedeutung nach §38 BauGB sowie die materiellen und formellen Erfordernisse nach WHG und Landeswassergesetzen sowie Wasserstraßengesetz sind zu beachten 	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellen von Wasserflächen nach § 5 (2) Nr. 7 BauGB 	<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Wasserflächen nach § 9 (1) Nr. 16 BauGB • Festsetzen von Bindungen für Bepflanzungen und für die Erhaltung von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen sowie von Gewässern nach § 9 (1) Nr. 25 b) BauGB

Lösungen	Ziele, Maßnahmen	Erläuterungen / Hinweise	Planungsmaßstab		
			<ul style="list-style-type: none"> • FNP • Synth. Klimafunktionskarte • Stadtklimatol. Planungshinweiskarte 	<ul style="list-style-type: none"> • Realnutzungskartierung oder B-Plan • Klimamanagementsystem 	
H13	Gebäudeausrichtung optimieren	<ul style="list-style-type: none"> • Minimierung sonnexponierter Gebäudefassaden zur Verminderung der Gebäudeaufheizung • Gewährleistung einer effizienten Quartiersdurchlüftung • Bei Ventilationsbahnen Verbesserung der Eindringtiefe ruraler Kaltluftströme in die Bebauung 			<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen der Bauweise, der überbaubaren und der nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie der Stellung der baulichen Anlagen nach § 9 (1) Nr. 2 BauGB
H22	Beschattung relevanter Flächen	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderung der Aufheizung des Bodens im Bereich von Trinkwasserleitungen durch Baumpflanzungen, Arkaden oder Vordächer 			<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB
H24	Neubau/Sanierungen: Verfüllen der Leitungsgräben mit geeigneten Materialien mit reduzierten Wärmeleit- und -speicherfähigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderung der Aufheizung des Bodens im Bereich von Trinkwasserleitungen 			
H23	Neubau: Verkehrsflächen mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderung der Aufheizung des Bodens im Bereich von Trinkwasserleitungen 			
H26	Nutzung von Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung	<p>Höhere Jahresniederschläge führen zum Anstieg des Grundwasserspiegels, so dass vermehrt Wasser zu Verfügung steht...</p> <ul style="list-style-type: none"> • zur städtebaulichen Gestaltung (künstliche Wasserläufe, Brunnen, Fontänen), • zur Bewässerung weitläufiger städtischer Grünanlagen, • zur Speisung von neuen Wasserflächen (Kühlungspunkten) z. B. in Parks 			
Quartiergestaltung - Grünflächen und Vegetation					
H6	Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten	<ul style="list-style-type: none"> • thermischer Ausgleich in wärmebelasteter Bebauung • Vernetzung intraurbaner Grünflächen zu Grünzügen 		<ul style="list-style-type: none"> • Darstellen von Grünflächen, wie Parkanlagen, nach §5 (2) Nr. 5 BauGB 	<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen der öffentlichen und privaten Grünflächen, wie Parkanlagen, nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB
H7	Begrünung von Straßenzügen	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderung der Aufheizung von Straßenzügen durch Bäume und Sträucher • Reduktion von Ozonvorläufersubstanzen durch Bevorzugung von „Low-Emitter-Pflanzen“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzungen zur Begrünung und Bepflanzung von Stellplätzen und zur Begrünung baulicher Anlagen können auch durch Satzung als örtliche Bauvorschrift nach § 86 (1) Nr. 4 BauO NRW erlassen werden 		<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein B-Plangebiet oder Teile davon nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB

Lösungen	Ziele, Maßnahmen	Erläuterungen / Hinweise	Planungsmaßstab	
			<ul style="list-style-type: none"> • FNP • Synth. Klimafunktionskarte • Stadtklimatol. Planungshinweiskarte 	<ul style="list-style-type: none"> • Realnutzungskartierung oder B-Plan • Klimamanagementsystem
H19	Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation	<ul style="list-style-type: none"> • thermischer Ausgleich in wärmebelasteter Bebauung durch Verdunstung 		
H20	Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzung von Pflanzen, die an Hitze- und Trockenstress angepasst sind, sowie wenig Ozonvorläufer-substanzen emittieren („Low-Emitter-Pflanzen“) 		<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB
H21	Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderung der Erwärmung der Atmosphäre in Bodennähe • Verminderung der Austrocknung von Böden • Verminderung der Aufheizung von Böden 		<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB
H28	Geeignete Bepflanzung zur Verbesserung der Bodendurchlässigkeit (Durchwurzelung)	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Wasserspeicherung von Böden 		<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB
Quartierübergreifende Klimafunktionen				
H4	Festlegen von Bebauungsgrenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Schutz des Außenraumes vor weitergehender Bebauung • Schutz innerstädtischer Regenerationsflächen vor zusätzlicher Bebauung • Erhaltung der ruralen/suburbanen Kalt- und Frischluftproduktion • Erhaltung von unversiegelten Freiflächen, Landwirtschafts- und Forstflächen, Parks, Grünzügen, Ventilationsbahnen 	<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen der überbaubaren Grundstücksflächen (B-Plan) bzw. Festsetzen/Darstellen der von der Bebauung freizuhaltenden Flächen (B-Plan und FNP) 	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellen von Bauflächen und Baugebieten sowie dem allgemeinen Maß der baulichen Nutzung nach §5 (2) Nr. 1 BauGB, konkretisiert durch §§ 22 und 23 BauNVO • Festsetzen von Art und Maß der baulichen Nutzung nach § 9 (1) Nr. 1 BauGB, konkretisiert durch §§ 22 und 23 BauNVO • Festsetzen der Bauweise, der überbaubaren und der nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie der Stellung der baulichen Anlagen nach § 9 (1) Nr. 2 BauGB, konkretisiert durch §§ 22 und 23 BauNVO
H11	Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen	<ul style="list-style-type: none"> • Erhaltung der ruralen/suburbanen Kalt- und Frischluftproduktion, insbesondere in den regionalen Grünzügen C und D • Erhaltung von unversiegelten Freiflächen, Landwirtschafts- und Forstflächen, Parks, Grünzügen, Ventilationsbahnen 	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellungsmöglichkeiten siehe H5 	<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von öffentlichen und privaten Grünflächen, wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zeltund Badeplätze, Friedhöfe nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB • Weitere Festsetzungsmöglichkeiten siehe H5

Lösungen	Ziele, Maßnahmen	Erläuterungen / Hinweise	Planungsmaßstab	
			<ul style="list-style-type: none"> • FNP • Synth. Klimafunktionskarte • Stadtklimatol. Planungshinweiskarte 	<ul style="list-style-type: none"> • Realnutzungskartierung oder B-Plan • Klimamanagementsystem
H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen	<ul style="list-style-type: none"> • Gewährleistung des Transportes ruraler Kaltluft in die Bebauung • Gewährleistung einer effizienten Quartiersdurchlüftung 	<ul style="list-style-type: none"> • Nachrichtliche Übernahme der Flächen für den Natur- und Landschaftsschutz (§ 1 (2) Nr. 4 BNatSchG) • Frischluftschneisen als zeichnerische Darstellung in den FNP übernehmen (im Ermessen der Gemeinde, keine rechtliche Begründung erforderlich im vorbereitenden BLP, erleichtert Begründung für Freihaltung im B-Plan) • Im Erläuterungsbericht zum FNP (§ 5 (5) BauGB) bzw. in der Begründung zum B-Plan (§ 9 (8) BauGB) auf die lokalklimatische Bedeutung der betreffenden Flächen für die Frischluftversorgung des Siedlungsraumes besonders eingehen 	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellung von Grünflächen, wie Parkanlagen, nach § 5 (2) Nr. 5 BauGB • Weitere Darstellungsmöglichkeiten siehe H5 	<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Mindestmaßen der Baugrundstücke und von Höchstmaßen für Wohnbaugrundstücke nach § 9 (1) Nr. 3 BauGB • Festsetzen der Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind, und ihrer Nutzung nach § 9 (1) Nr. 10 BauGB • Festsetzen von öffentlichen und privaten Grünflächen, wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB • Festsetzen von Flächen für die Landwirtschaft und Waldflächen nach § 9 (1) Nr. 18 BauGB
H17 Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freigehalten	<ul style="list-style-type: none"> • Erhaltung der ruralen/suburbanen Kalt- und Frischluftproduktion • Gewährleistung des Transportes ruraler Kaltluft in die Bebauung 	<ul style="list-style-type: none"> • Die überbaubaren Grundstücksflächen sollten eng ausgewiesen werden, um die Überbauung ganzer Baugrundstücke zu vermeiden 	<ul style="list-style-type: none"> • Festsetzen von Art und Maß der baulichen Nutzung nach § 9 (1) Nr. 1 BauGB, konkretisiert insbesondere durch §§ 16 (3), 17, 19 BauNVO • Festsetzen der Bauweise, der überbaubaren und der nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie der Stellung der baulichen Anlagen nach § 9 (1) Nr. 2 BauGB, konkretisiert durch BauNVO • Festsetzen von Mindestmaßen der Baugrundstücke und von Höchstmaßen für Wohnbaugrundstücke nach § 9 (1) Nr. 3 BauGB 	
Zitierte Gesetze: BauGB (2011): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22. Juli 2011 (BGBl. I S. 1509) geändert worden ist. BauNVO (1993): Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 132), die durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. April 1993 (BGBl. I S. 466) geändert worden ist BauO NRW (2000) Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen - Landesbauordnung(BauO NRW), Bekanntmachung der Neufassung vom 1. März 2000 (Fn 1). BNatSchG (2011): Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 6. Dezember 2011 (BGBl. I S. 2557) geändert worden ist.				

4.3 Anwendungsmöglichkeiten

Ziel der Anpassungsmaßnahmen ist der flächenhafte Schutz urbaner Quartiere vor übermäßiger Wärmebelastung. Für diese Zwecke ist der vereinzelt Einsatz der genannten Maßnahmen ungeeignet. Gerade weil die Maßnahmen sehr spezifisch sind, können sie in der Einzelanwendung auf konkrete Bauobjekte, Raumpunkte oder definierte Gebietsausschnitte angewendet werden. Allerdings führen Einzelmaßnahmen nicht zum gewünschten flächenhaften Hitzeminderungseffekt, da ihre räumliche Wirkung in der Regel begrenzt ist. Um eine quartierweite Wirkung der Hitzeminderung zu erzielen, sind daher in Abhängigkeit des Gefährdungsgrades bzw. des Anpassungsbedarfs verschiedene geeignete Maßnahmen zu effizienten Bündeln zusammenzufassen und konsequent auf ein lokales Hitzeproblem oder in der Fläche anzuwenden.

Nachfolgend werden die kombinatorischen Anwendungsmöglichkeiten der Handlungsmaßnahmen aufgezeigt. Dabei erfolgt eine Unterscheidung zwischen ortsunabhängigen, problemspezifischen Anwendungen (Kap. 4.3.1), welche die Handlungsmöglichkeiten bei Auftritt von bestimmten hitzebelastenden Effekten aufzeigen, und flächennutzungsspezifischen, präventiven Anwendungen (Kap. 4.3.2), die für typische Gelsenkirchener urbane Flächennutzungen Lösungen zum jeweiligen Anpassungs- oder Schutzbedarf darlegen.

4.3.1 Problemspezifische Anwendungsmöglichkeiten

Tab. 6 enthält eine Zusammenstellung von problemspezifischen Lösungen, die im Falle bereits länger beobachteter, lokaler Hitzebelastungen angewendet werden können. Ziel ist die unmittelbare, kurzfristige Abschaffung der Hitzebelastung mit Maßnahmen, die gezielt auf die einzelnen Glieder der Kausalkette bzw. des Wirkungsgefüges der Hitzebelastungen einwirken. Hierbei wird unterschieden zwischen den unterschiedlichen Belastungsformen, ihren Ursachen sowie deren Folgen bzw. Auswirkungen.

Zu den **Belastungserscheinungen** zählen primär die hohen Lufttemperaturen („Hitzewelle“), von denen die Bevölkerung betroffen ist, aber auch die an Hitzeepisoden gekoppelte Austrocknung und Überwärmung von Erdoberflächen und Böden, von denen insbesondere die Verdunstung durch Wasseroberflächen und Vegetation betroffen ist.

Als **Ursachen** dieser Belastungen sind die Aufheizung von Bebauungsstrukturen in Verbindung mit mangelnder nächtlicher Abkühlung sowie schlechter Durchlüftung zu nennen.

Tab. 6 Tabellarische Übersicht der problemspezifischen Anpassungslösungen gegen Hitzestress (MUNLV 2010, verändert).

Hinweis: Die H-Kennziffern verweisen auf die detaillierten Maßnahmen Erläuterungen im „Handbuch Stadtklima“ (MUNLV 2010), siehe hier im Anhang A.

Belastungen/Phänomene	Sensitivitäten/Betroffenheit	Lösungen
Hitzewellen	Versiegelungsrate, Vegetationsanteil	H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln H6 Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten H7 Begrünung von Straßenzügen H8 Dachbegrünung
	Bevölkerungsdichte	H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
Austrocknung unversiegelter Flächen	Verdunstungsaktive urbane Vegetation mit erhöhtem Wasserbedarf	H19 Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation H20 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten
	Bewachsene und unbewachsene Flächen und Böden mit begrenztem eigenem Schutz gegen Austrocknung	H19 Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation H21 Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen H22 Beschattung relevanter Flächen
Aufheizung von Böden (unter teil- oder voll- versiegelten Flächen)	Hoher Anteil teil- oder vollversiegelter Flächen aus stark wärmeleitenden und -speichernden Materialien	H23 Neubau: Verkehrsflächen mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit H22 Beschattung relevanter Flächen
	Wärmeleitende und -speichernde Bodenschichten in Oberflächennähe	H24 Neubau/Sanierungen: Verfüllen der Leitungsgräben mit geeigneten Materialien mit reduzierten Wärmeleit- und -speicherfähigkeiten
Ursachen		Lösungen
Aufheizung von Bebauungsstrukturen		H6 Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten H7 Begrünung von Straßenzügen H8 Dachbegrünung H10 Fassadenbegrünung H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen H12 Offene Wasserflächen schaffen H13 Gebäudeausrichtung optimieren H14 Hauswandverschattung, Wärmedämmung H15 Geeignete Baumaterialien verwenden
Mangelnde nächtliche Abkühlung		H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
Schlechte Durchlüftung		H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen H17 Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten
Geringe Grundwasserneubildung aufgrund stark verminderter Durchlässigkeit trockener Böden		H28 Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)
(Aus-) Wirkungen		Lösungen
Herabgesetzte Aufenthaltsqualität, herabgesetzte Produktivität		H18 Verschattungselemente einbauen H12 Offene Wasserflächen schaffen H6 Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten
Beeinträchtigung der Gesundheit		H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
Erhöhter Nutzwasserverbrauch (zur Bewässerung im öffentlichen Raum und auf Privatgrundstücken)		H26 Nutzung von Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung

Die **Auswirkungen** auf die Zivilgesellschaft äußern sich in der Beeinträchtigung der Gesundheit, reduzierter Produktivität (z. B. im Arbeitsprozess), herabgesetzter Aufenthaltsqualität im Freien sowie erhöhter Nutzwasserverbrauch zur Bewässerung der Vegetation und Grünflächen.

Wie der Aufstellung zu entnehmen ist, stehen für die einzelnen Problemsegmente in der Regel mehrere Handlungsoptionen zur Verfügung. Um den größtmöglichen Minderungseffekt zu erzielen, sollten neben der zu ermittelnden effizientesten Maßnahme nach Möglichkeit auch die anderen Lösungswege ausgeschöpft werden.

Bei der Reduzierung der Gebäudeaufheizung ist beispielsweise zu prüfen, ob neben einer favorisierten Dachbegrünung auch Fassadenbegrünungen, die Pflanzung schattenspendender Bäume oder Fassadendämmungen genutzt werden können.

Kurzfristig umzusetzende Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung im städtischen Bereich sind Begrünungsmaßnahmen im Straßenraum sowie Dach- und Fassadenbegrünungen. Ebenfalls kurzfristig umsetzbar ist die Schaffung von kleineren offenen Wasserflächen im Stadtbereich.

Veränderungen im Gebäudedesign, wie die Gebäudeausrichtung, Hauswandverschattung, Wärmedämmung und der Einsatz von geeigneten Baumaterialien können als mittelfristige Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zusammengefasst werden.

4.3.2 Raumbezogene Anwendungsmöglichkeiten

Die raumbezogenen Anwendungsmöglichkeiten der Handlungsmaßnahmen dienen der mittel- bis langfristigen Planung der Klimawandelanpassung an Hitzestress. Dabei stehen nicht einzelne Problembereiche im Vordergrund, sondern die Flächennutzungsstruktur, die einem stetigen Wandel unterliegt. Für die in Kap. 3 für Gelsenkirchen ausgewiesenen heutigen und zukünftigen Gebiete mit Anpassungs- oder Schutzbedarf können zur Klimaanpassung die jeweils geeigneten Anpassungsmaßnahmen ermittelt und ggf. effizient gebündelt werden. Die raumspezifischen Handlungsoptionen sind in Tab. 7 dargestellt.

Die raumbezogene Anwendung der Handlungsmaßnahmen in Gelsenkirchen stützt sich auf die Klimatopklassifizierung in den Maßstabsebenen sowohl des FNP (M 1:20.000) zur groben Anpassungsplanung als auch der Planung auf RNK-Ebene (M 1:5.000) des Klimamanagementsystems (Stufe II) zur konkreten Anpassungsplanung. Ferner werden klimatopübergreifende Klimafunktionen aus der Planungshinweiskarte (Stufe I) berücksichtigt.

Die Entscheidungsmatrix in Tab. 7 stellt für die einzelnen Klimatotypen und klimatopübergreifenden Klimafunktionen die jeweils geeigneten Anpassungsmaßnahmen aus dem Handlungskatalog (Kap. 4.2, Tab. 4 und Tab. 5) dar. Da aus der Klimaanalyse 2011 (Stufe I) und dem Klimamanagementsystem (Stufe II) für Gelsenkirchen Informationen zur Klimasituation flächendeckend vorliegen, können für sämtliche Areale der Stadt klimatotypisierte Handlungsstrategien erarbeitet werden, welche nachfolgend kurz erläutert werden. Dabei werden die aus der Klimaanalyse 2011 übernommenen Klimatopbeschreibungen durch Miniaturstadtkarten zur schnellen Verortung der Klimatope unterstützt.

4.3.2.1 Planräume mit Anpassungsbedarf

Klimatischer Lastraum

(Innenstadtklimatop)

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Heute:	Altstadt, Buer, Erle, Hassel, Horst, Resse, Ückendorf
2060 zusätzlich:	Scholven, Heßler, Beckhausen, Feldmark, Bulmke-Hüllen, Bismarck, Rotthausen



Beschreibung:

In den klimatischen Lasträumen treten die negativen Ausprägungen des Stadtklimas, insbesondere die Überwärmung während Hitzeepisoden, am deutlichsten in Erscheinung. Zur Verbesserung der klimatisch-lufthygienischen Situation in diesen stark urban geprägten Siedlungsgebieten ist es notwendig, die Be- und Entlüftung durch Verbindung mit klimatischen Ausgleichsräumen im Umland in Form von Luftleitbahnen und Grünflächenvernetzungen zu fördern. Zu diesem Zweck sollte der Anteil verdunstungsaktiver Flächen, dazu gehören Grün-, Frei- und Wasserflächen, erhöht werden. Von einer weiteren Verdichtung der Bebauung innerhalb der klimatischen Lasträume ist abzusehen, hingegen sollten nach Möglichkeit Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen (z. B. von Innenhöfen) erfolgen. Bei fehlender Entsiegelungs- und Rückbaumöglichkeiten können Dach- und Fassadenbegrünungen als Alternative zur Steigerung des Grünflächenanteils dienen. Insbesondere in stark frequentierten Straßen mit eingeschränkten atmosphärischen Austauschbedingungen sind zudem eine Emissionsminderung sowie die Auflockerung der Randstrukturen zu forcieren, um der Spurenstoffanreicherung in diesen Bereichen entgegen zu wirken.

Handlungsoptionen:

- H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H6 Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten
- H7 Begrünung von Straßenzügen
- H8 Dachbegrünung
- H10 Fassadenbegrünung
- H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen
- H12 Offene Wasserflächen schaffen
- H13 Gebäudeausrichtung optimieren
- H14 Hauswandverschattung, Wärmedämmung
- H15 Geeignete Baumaterialien verwenden
- H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
- H18 Verschattungselemente an Gebäuden
- H19 Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation
- H20 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten
- H21 Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen
- H22 Beschattung relevanter Flächen
- H23 Neubau: Verkehrsflächen mit geringerer Wärmeleit- und –speicherfähigkeit
- H24 Neubau/Sanierungen: Verfüllen der Leitungsgräben mit geeigneten Materialien mit reduzierten Wärmeleit- und -speicherfähigkeiten
- H26 Nutzung von Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung
- H28 Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)

Klimatischer Ungunstraum
(Klimatop der verdichteten Bebauung)

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Scholven, Heßler, Beckhausen, Feldmark, Bulmkehüllen, Bismarck, Rotthausen

Beschreibung:

Auch in diesen von Wärmebelastung besonders betroffenen Gebieten ist eine zunehmende Verdichtung der vorhandenen Bebauungsstruktur generell zu ver-



meiden. Bei unabwendbaren Bebauungsmaßnahmen sollten jedoch bestehende Luftleitbahnen und Grünflächenvernetzungen erhalten bleiben und ein Frei- und Grünflächenausgleich unter Einsatz von Dach-, Fassaden- und Straßenraumbegrünungen geschaffen werden. Des Weiteren sind in diesen Bereichen ebenfalls die Entsiegelung und Begrünung von Innenhöfen sowie die Auflockerung von Randstrukturen und eine Emissionsminderung in Straßen mit erhöhtem Verkehrsaufkommen und/oder eingeschränkten atmosphärischen Austauschbedingungen anzustreben. Die Vernetzung mit Freiflächen im städtischen Umland ist für die Be- und Entlüftung der klimatischen Ungunsträume von großer Bedeutung, insbesondere da diese das Bindeglied zwischen den Last- und Ausgleichsräumen darstellen.

Handlungsoptionen:

- H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H6 Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten
- H7 Begrünung von Straßenzügen
- H8 Dachbegrünung
- H10 Fassadenbegrünung
- H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen
- H12 Offene Wasserflächen schaffen
- H13 Gebäudeausrichtung optimieren
- H14 Hauswandverschattung, Wärmedämmung
- H15 Geeignete Baumaterialien verwenden
- H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
- H18 Verschattungselemente an Gebäuden
- H19 Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation
- H20 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten
- H21 Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen
- H22 Beschattung relevanter Flächen
- H23 Neubau: Verkehrsflächen mit geringerer Wärmeleit- und –speicherfähigkeit
- H24 Neubau/Sanierungen: Verfüllen der Leitungsrinnen mit geeigneten Materialien mit reduzierten Wärmeleit- und -speicherfähigkeiten
- H26 Nutzung von Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung
- H28 Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)

Industrieklimatischer und gewerblicher Lastraum (Industrie-/Gewerbeklimatop)

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Scholven, Horst, Schalke, Schalke Nord, Rotthausen, Schalker Verein, Gewerbegebiet Emscherstrasse

Beschreibung:

In Industrie- und Gewerbegebieten ist, insbesondere wenn sich diese in unmittelbarer Umgebung und in Luv von Wohnsiedlungen befinden, auf eine Ansiedlung möglichst emissionsarmer Betriebe zur Vermeidung von Ozonvorläufersubstanzen zu achten. Zudem sollten die Emissionen aus dem Schwerlastverkehr und der Abwärme reduziert werden. Eine Erhöhung des Grünflächenanteils, auch in Form von Dach- und Fassadenbegrünungen, ist ebenso erstrebenswert wie die Entsiegelung und Begrünung großflächiger Industrie- und Gewerbebrachen.



Handlungsoptionen:

- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H7 Begrünung von Straßenzügen
- H8 Dachbegrünung
- H10 Fassadenbegrünung
- H13 Gebäudeausrichtung optimieren
- H15 Geeignete Baumaterialien verwenden
- H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
- H20 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten
- H21 Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen
- H23 Neubau: Verkehrsflächen mit geringerer Wärmeleit- und –speicherfähigkeit
- H24 Neubau/Sanierungen: Verfüllen der Leitungsgräben mit geeigneten Materialien mit reduzierten Wärmeleit- und -speicherfähigkeiten
- H26 Nutzung von Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung
- H28 Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)

4.3.2.2 Planräume mit Schutzbedarf

Übergangsbereich zwischen Last- und Ausgleichsraum (Stadttrand-/Gartenstadt-/Dorfklimatop)

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Scholven, Hassel, Buer, Resse, Resser Mark, Erle, Beckhausen, Horst, Heßler, Felmark, Rotthausen, Bismarck, Bulmke-Hüllen, Ückendorf



Beschreibung:

Als mäßig überwärmte Übergangsbereiche mit sowohl positiven als auch negativen klimatisch-lufthygienischen Ausprägungen sind weiträumig die zumeist locker bebauten und mit erhöhtem Grün- und Freiflächenanteil versehenen Siedlungsbereiche anzusehen, welche sich um die klimatischen Last- und Ungunsträume erstrecken. Insbesondere am Siedlungsrand ist zur Erhaltung und Verbesserung des Austausch zwischen den Last- und Ausgleichsräumen eine Riegelbebauung zu vermeiden. Bei weiteren Bebauungsmaßnahmen ist unbedingt die Vernetzungsfunktion der Grünflächen zu beachten und zu bewahren. Insgesamt sollte der vorhandene Grün- und Freiflächenanteil sowie deren Vernetzung in Richtung Siedlungskerne erhalten bleiben bzw. ausgebaut werden.

Handlungsoptionen:

- H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H6 Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten
- H8 Dachbegrünung
- H10 Fassadenbegrünung
- H12 Offene Wasserflächen schaffen
- H13 Gebäudeausrichtung optimieren
- H14 Hauswandverschattung, Wärmedämmung
- H15 Geeignete Baumaterialien verwenden
- H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
- H17 Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten
- H18 Verschattungselemente an Gebäuden
- H19 Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation
- H20 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten

- H21 Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen
- H22 Beschattung relevanter Flächen
- H26 Nutzung von Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung
- H28 Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)

Klimatischer Ausgleichsraum
(Freiflächenklimatop (Wiese, Acker, Brache))

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Scholven, Hassel, Resse/Eckerresse, Buer West, Beckhausen/Sutumer Feld, Heßler, Ückendorf; Entwicklungsprojekt Graf Bismarck

Beschreibung:

Die klimatischen Ausgleichsräume umfassen größere innerstädtische Freiflächen und die hauptsächlich landwirtschaftlich genutzten Freiräume im Umland der urban geprägten Siedlungskörper. Sie stellen wichtige klimatische und lufthygienische Ausgleichspotentiale, insbesondere hinsichtlich der strahlungsächtlichen Kaltluftproduktion, dar und sollten daher möglichst erhalten bleiben und ausgebaut werden. Von entscheidender Bedeutung ist jedoch die Vernetzung dieser Ausgleichsräume mit den klimatischen Last- und Ungunsträumen innerhalb des Stadtgebietes. Hierzu ist die Erhaltung bestehender Luftleitbahnen, die Schaffung neuer Be- und Entlüftungsschneisen sowie die Auflockerung und Beseitigung von Strömungshindernissen erforderlich. Zudem sollte die Ansiedlung weiterer Emittenten in diesen Bereichen verhindert werden.

Handlungsoptionen:

- H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen
- H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
- H17 Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten



Wald- und Forstgebiete (Waldklimatop (Laub-/Nadel-/Mischwald)

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Buer/Löchterheide, Resser Mark

Beschreibung:

Größere geschlossene Wald- und Forstgebiete dienen ebenfalls als Frisch- und Kaltluftproduzenten. Sie können bei entsprechender Vernetzung mit den klimatischen Last- und Ungunsträumen daher ebenfalls als klimatische Ausgleichsräume fungieren. Die bestehenden Bestände und deren Vernetzung mit den angrenzenden Siedlungskörpern von Buer, Hassel, Erle und Resse anhand von Luftleitbahnen sind daher zu erhalten und auszubauen. Eine Ansiedlung von Emittenten kann die Funktion der Frischluftproduktion beeinträchtigen und ist daher zu vermeiden.



Handlungsoptionen:

- H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen
- H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
- H17 Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten

Innerstädtische Grünflächen (Park-/Baumwiesenklimatop)

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Schloß Berge, Galopprennbahn Horst, Stadtgarten, Consol Park, Nordsternpark

Beschreibung:

Innerstädtische Grünflächen stellen lokal-klimatische Ausgleichsflächen mit geringerem thermischen Niveau innerhalb der Siedlungsstrukturen dar. Zur Förderung der ausgleichenden Wirkung ist eine Vernetzung von Grünflächen erforderlich. Hierzu sollten bestehende Grünflächen erweitert und wo möglich auch eine Neuanlage von Parks, beispielsweise auf alten Industrie- und Gewerbebrachen, als Ziel gesetzt werden. Dichte, geschlossene Randstrukturen sollten vermieden bzw. aufgelockert werden, um die Verzahnung mit der angrenzenden Be-



bauung zu fördern bzw. herzustellen. Auf eine Versiegelung und Ansiedlung von Emittenten in diesen Bereichen sollte verzichtet werden.

Handlungsoptionen:

- H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H6 Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten
- H7 Begrünung von Straßenzügen
- H13 Gebäudeausrichtung optimieren
- H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
- H19 Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation
- H20 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten
- H21 Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen
- H26 Nutzung von Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung
- H28 Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)

Gewässer

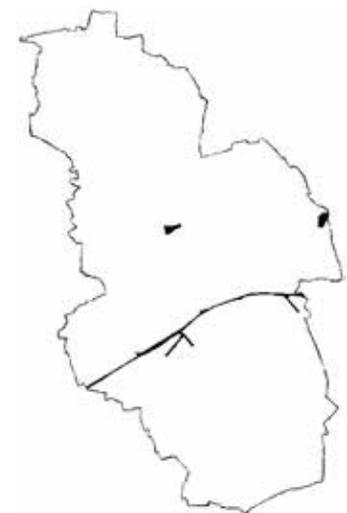
(Gewässerklimatop)

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Rhein-Herne-Kanal, Berger See, Ewaldsee, Stadtwald (See)

Beschreibung

Wasserkörper haben insbesondere eine thermisch ausgleichende Wirkung. Diese gilt es durch die Vernetzung mit angrenzenden Bebauungsstrukturen zu nutzen. Hierzu sollte auf eine weitere Riegelbebauung in den Randbereichen der Gewässer verzichtet und bestehende Strömungshindernisse beseitigt oder aufgelockert werden. Zudem sollte die Neuanlage offener Wasserflächen in hochversiegelten Bereichen zur Verbesserung der mikroklimatischen Verhältnisse angestrebt werden.



Handlungsoptionen:

- H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H12 Offene Wasserflächen schaffen

H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen

4.3.2.3 Weitere Planräume und klimatopübergreifende Klimafunktionsgebiete

Halden

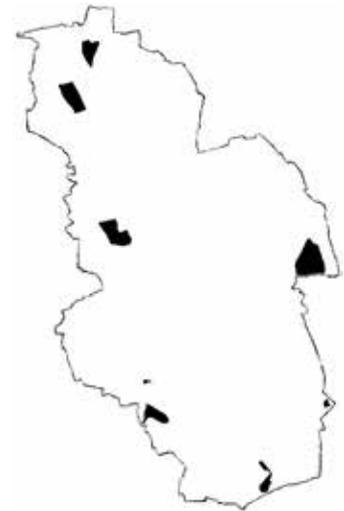
(Haldenklimatop)

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Scholven, Beckhausen, Resser Mark, Feldmark, Ückendorf

Beschreibung:

Insbesondere bei größeren Vollformen (Haldenkörpern) sind in den Hangfußbereichen Luftleitbahnen mit einer Vernetzung zu klimatischen Last- und Ungunsträumen für die nächtlich abfließende Kaltluft zu schaffen bzw. zu erhalten. Bestehende Strömungshindernisse und Geländehohlformen können zur Kaltluftakkumulation führen. Dort sind weitere bodennahe Emittenten zu vermeiden.



Handlungsoptionen:

- H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen
- H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen

Luftleitbahn erhalten

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Emscherniederung

Beschreibung:

Die bestehende, bereits im Rahmen der Gesamtstädtischen Klimaanalyse Gelsenkirchen aus dem Jahre 2000 nachgewiesene (Kuttler et al. 2000), Luftleitbahn innerhalb der Emscherniederung sollte erhalten bleiben. Von einer Riegelbebauung in den Be- und Entlüftungsschneisen sowie einer Ansiedlung weiterer Emittenten sollte abgesehen werden. Hingegen ist eine Förderung bzw.

Herstellung der Vernetzung mit den angrenzenden Siedlungsgebieten zu realisieren.

Handlungsoptionen:

- H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen
- H13 Gebäudeausrichtung optimieren
- H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
- H17 Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten

Austausch und Vernetzung fördern bzw. herstellen

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Scholven, Hassel, Resse, Horst, Heßler, Bismarck, Feldmark, Schalker Verein

Beschreibung:

Hierdurch werden Bereiche innerhalb des Stadtgebietes von Gelsenkirchen gekennzeichnet in denen durch gezielte Maßnahmen, wie der Schaffung und Freihaltung von Luftleitbahnen oder der Auflockerung und Vermeidung von Strömungshindernissen, der Austausch und die Vernetzungsfunktion zwischen den klimatischen Last- bzw. Ungunsträumen und klimatischen Ausgleichsräumen gefördert bzw. hergestellt werden kann.

Handlungsoptionen:

- H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H11 Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen
- H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
- H17 Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten

**Industrie- und Gewerbebrachen mit potentieller Vernetzung
(Klimatop der ungenutzten versiegelten Fläche)**

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Kokerei Hassel, Zeche Hugo, Schalker Verein

Beschreibung:

Industrie- und Gewerbebrachen innerhalb des Stadtgebietes von Gelsenkirchen beinhalten potentielle Vernetzungsfunktionen zwischen den klimatischen Last- bzw. Ungunsträumen und den klimatischen Ausgleichsräumen. Soweit noch nicht geschehen werden der Rückbau alter industrieller oder gewerblicher Gebäude und Anlagen sowie die Entsiegelung dieser Flächen zugunsten einer Begrünung zur Hitzeminderung und zur Förderung der Vernetzungsfunktionen empfohlen.

Handlungsoptionen:

- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H7 Begrünung von Straßenzügen
- H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
- H20 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten
- H21 Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen
- H28 Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)

Verkehrsvermeidung**(Verkehrsflächenklimatop)****Betroffene Stadtteile oder Gebiete:**

Altstadt Zentrum, Buer Zentrum

Beschreibung:

Durch diesen Planungshinweis werden Bereiche herausgestellt, in denen vermehrt Straßenabschnitte mit erhöhten Immissionskonzentrationen (insbesondere von Ozonvorläufersubstanzen) festgestellt werden konnten. Von den Empfehlungen ausgenommen sind die Bundesautobahnen 2 und 42 sowie die Bundesstraße 224, da es sich hier um überregionale Verkehrsachsen handelt, bei denen eine Verkehrssteuerung auf kommunaler Ebene kaum realisierbar ist. Die Straßenzüge sind ausnahmslos in den klimatischen Last- und Ungunsträumen angesiedelt und zeichnen sich i.d.R. durch ein erhöhtes Verkehrsaufkommen und/oder eingeschränkte atmosphärische Austauschbedingungen aus. Eine Reduzierung des Verkehrsaufkommens bzw. eine Vermeidung der Verkehrszunahme wird empfohlen. Zudem sollten nach Möglichkeit die Randstrukturen zur Förderung des atmosphärischen Austausches aufgelockert werden. Im Einzelfall kann auch ein geschlossenes Kronendach im Straßenraum den

Grund für eine Spurenstoffakkumulation darstellen. Derartige Vegetationsstrukturen sind in hochfrequentierten Straßen zu vermeiden.

Handlungsoptionen:

- H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H13 Gebäudeausrichtung optimieren
- H16 Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen
- H20 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten
- H23 Neubau: Verkehrsflächen mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit

Keine Bebauung oder Emittenten

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Bauernschaften Scholven, Resser Mark, Landschaftspark Mechtenberg.

Beschreibung:

In den nachgewiesenen Kaltluftammelgebieten im Norden des Stadtgebietes sowie im Bereich Resser Mark und dem Landschaftspark Mechtenberg ist aufgrund einer potentiellen Spurenstoffanreicherung von einer weiteren Ausweitung und Ausweitung von Wohngebieten sowie der Ansiedlung von Emittenten abzusehen.

Handlungsoptionen:

- H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen
- H5 Freiflächen erhalten, schaffen, Flächen entsiegeln
- H17 Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten

Immissionsschutz einrichten

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Stadtteile an den Autobahnen BAB 52, 2 und 42 sowie an Bundesstraße 224

Beschreibung:

Aufgrund während der lufthygienischen Messfahrten festgestellter erhöhter Immissionswerte verschiedener Spurenstoffe entlang der Bundesautobahnen 2 und 42 und 52 sowie der Bundesstraße 224, sollte, soweit noch nicht vorhanden, ein Immissionsschutz gegenüber den angrenzenden Wohngebieten und

Freiflächen errichtet werden. Dieser kann wahlweise aus Immissionsschutzpflanzungen, -wällen oder -wänden bestehen.

Handlungsoptionen:

H20 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten

Gebiete mit erhöhtem Flachdachvorkommen

Betroffene Stadtteile oder Gebiete:

Buer, Altstadt, Schalke

Beschreibung:

In der Planungshinweiskarte (Stufe I) werden Gebiete ausgewiesen, die ein erhöhtes Aufkommen an Flachdachbauten aufweisen. Flachdächer eignen sich zur Installation von Dachbegrünungen, welche insbesondere in hochverdichteten Stadtgebieten eine Alternative zur Integration von mehr Grünflächen in der Stadt darstellen. Dachbegrünungen fungieren bei ausreichender Wasserversorgung als verdunstungsaktive Flächen und sind in der Lage ein Vielfaches der jährlichen Depositionsrates an Feinstäuben zu binden. Aufgrund dieser Eigenschaften können Gründächer zur Verbesserung des Mikroklimas beitragen. Darüber hinaus dienen Flachdächer als Standorte für Photovoltaik- und Solarthermieanlagen, wodurch eine Verringerung der Emissionen erzielt werden kann. Innerhalb des Stadtgebietes von Gelsenkirchen treten Gebiete mit erhöhtem Anteil an Flachdächern vorwiegend in den Industrie- und Gewerbegebieten mit den typischen Produktions- und Lagerhallen sowie in einigen Bereichen der klimatischen Last- und Ungunsträume in den Stadtteilen Buer, Altstadt, Schalke, Horst etc. auf. Insbesondere in diesen Bereichen sind Dachbegrünungen aufgrund der hohen Versiegelung, des geringen Grünflächenanteils und dem fehlenden Platzangebot für die Integration neuer begrünter Freiflächen eine sinnvolle und platzsparende Alternative.



Handlungsoptionen:

H8 Dachbegrünung

4.4 Zielkonflikte und Synergien von Maßnahmen

Bei der Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel im Rahmen der Stadtplanung und -entwicklung können Zielkonflikte oder Synergieeffekte auftreten, die sich aus den Anliegen der unterschiedlichen kommunalen Aufgabenbereiche ergeben. Daher erfordert sowohl die Abwehr von Zielkonflikten als auch die Nutzung von Synergieeffekten eine integrierte Stadtplanung auf Basis der ressortübergreifenden Zusammenarbeit, um die unterschiedlichen Belange und Ziele gegeneinander abzuwägen und Entscheidungen nach dem Grundsatz einer nachhaltigen Stadtplanung und -entwicklung zu treffen.

4.4.1 Zielkonflikte

Zielkonflikte zwischen Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und anderen politischen Zielen in der Freiraumplanung ergeben sich vor allem aufgrund konkurrierender Flächen- und Raumnutzungsansprüche:

- **Klimaschutz:** Dem Ziel der Hitzeminderung durch Schaffung hoher Freiflächenanteile und Frischluftschneisen steht das Klimaschutzkonzept der kompakten, verkehrs- und energiesparenden Siedlungsstrukturen entgegen.
Ebenfalls unvereinbar mit den Klimaschutzzielen ist die Nutzung von Klimaanlage zur Gebäudekühlung, sofern deren Energiebedarf nicht durch regenerative Energiequellen gedeckt wird.
- **Nutzungskonkurrenz:** Bei Frei- und Brachflächen besteht ein Zielkonflikt zwischen klimawirksamer Entsiegelung und Begrünung sowie der wirtschaftlichen oder öffentlichen Nutzung (z. B. Parkplatz oder Veranstaltungsplatz).
Ferner stehen Pflanzungen tief wurzelnder Baumarten im Straßenraum in Konkurrenz zu den oberflächennahen, unterirdischen Verteilungsnetzen der unterschiedlichen Versorgungsleistungen (Strom, Gas, Trinkwasser, Abwasser, Telekommunikation, etc.).
- **Lärmschutz:** Die Auflockerung der Blockrand- oder Zeilenbebauung durch klimawirksame Freiflächen begünstigt in der Umgebung stark befahrener Straßen, Bahntrassen sowie Industrie- und Gewerbebetriebe die Ausbreitung von Lärm in die Quartiere.
- **Umlegungsverfahren:** Eine lockere Bebauung mit hohem Freiflächenanteil widerspricht dem Ziel der Erhaltung bebaubarer Grundstücke im Rahmen von Umlegungsverfahren (vgl. § 45 Satz 1 BauGB).
- **Vereinfachte Bauleitplanung:** Die nach §13(a) BauGB zulässige Vereinfachung der B-Planung mit dem Ziel der innerstädtischen Nachver-

dichtung steht im Gegensatz zum Ziel der Schaffung oder Erhaltung klimatisch hochwertiger, unversiegelter Freiflächen im Innenbereich.

Auch bei Begrünungsmaßnahmen können verschiedene Zielkonflikte vor allem im Zusammenhang mit der Belüftungssituation im städtischen Raum auftreten:

- **Straßenraum:** Bäume im Straßenraum dienen sowohl als hitzemindernde Schattenspende als auch als Spurenstoffsенke. Gleichzeitig reduzieren sie als Strömungshindernisse insbesondere in geschlossenen Straßenschluchten die Durchlüftung. Daher sollte in Straßen mit starkem Verkehrsaufkommen der Abstand der Bäume so gewählt werden, dass ein Kronenschluss vermieden wird, um zusätzliche Spurenstoffbelastungen zu vermeiden.
Ferner kann dichter Baumbestand die Effizienz von Photovoltaikanlagen durch Verschattung beeinträchtigen.
- **Ventilationsbahnen:** Die Transportfunktion von Ventilationsbahnen kann durch riegelbildende Hecken oder Gehölze beeinträchtigt werden.
- **Grünflächenbewässerung:** Die während Hitzeepisoden durchgeführte künstliche Bewässerung von Grünflächen zur Aufrechterhaltung der hitzemindernden Verdunstung kann im Konflikt mit der Trink- und Brauchwasserversorgung stehen. Eine Lösungsmöglichkeit ist die Nutzung lokalen Grundwassers (Brunnen). Alternativ ist die Anpflanzung trockenresistenter Arten, welche längere Trockenperioden aushalten, in Betracht zu ziehen
- **Dachbegrünung:** Zwischen der Begrünung von Dächern und einer möglichen Installation von Solarkollektoren bzw. Photovoltaikanlagen kann bei einer ungenügenden Gebäudestatik ein Zielkonflikt entstehen.

4.4.2 Synergieeffekte

Neben den Zielkonflikten gibt es Anwendungsbereiche, in denen die Anpassungsmaßnahmen nicht nur für die Klimawandelfolgenanpassung, sondern auch für andere kommunale oder wirtschaftliche Handlungsfelder von Nutzen sind. Diese Synergieeffekte können genutzt werden, um die Belange des Klimas effektiv in der formellen und informellen Planung zu berücksichtigen.

Im Zusammenhang mit Begrünungsmaßnahmen können folgende Synergieeffekte auftreten:

- Pflanzmaßnahmen führen sowohl zu Kühlungseffekten in den Innenstädten als auch zum Regenrückhalt und tragen somit zur Minimierung des

Überschwemmungsrisikos bei. Zugleich verringert innerstädtische Begrünung die Windböigkeit und verhindert so im Winter eine zu starke Auskühlung der Gebäude, was wiederum den Heizenergieverbrauch senkt (Fleischhauer & Bornefeld 2006).

- Ein höherer Vegetationsanteil im Innenstadtbereich führt zu einer Verbesserung der lufthygienischen Situation sowie zu einer Steigerung der Aufenthalts- und Lebensqualität. Parkanlagen und Grünflächen ermöglichen darüber hinaus ein verbessertes thermisches Niveau und eine Spurenstofffilterung der Außenluft.
- Fassaden- und Dachbegrünung dient als Puffer für Niederschlagsspitzenabflüsse, so dass Flächen für die Regenrückhaltung eingespart werden können. Durch Verdunstungseffekte kann darüber hinaus das thermische Niveau im Außenbereich gesenkt werden. Zugleich vermindern Fassaden- und Dachbegrünung im Sommer eine Aufwärmung des Gebäudes und sorgen im Winter für eine zusätzliche Dämmung. So tragen sie zu einer Verbesserung des Innenraumklimas bei und führen zu Energieeinsparungen im Gebäude, die gleichzeitig dem Klimaschutz dienen.

Auch Maßnahmen zur Flächenentsiegelung und zum Regenrückhalt können verschiedene Synergien aufweisen:

- Die Flächenentsiegelungen ermöglichen die Versickerung von Niederschlagswasser, wodurch sowohl die Bildung von Boden- und Grundwasser zur Verdunstung und damit zur Minderung von Wärmebelastungen als auch der schnelle Abfluss von Spitzenniederschlägen und damit die Reduzierung der Überschwemmungsgefahr ermöglicht wird,
- Maßnahmen zur Regenrückhaltung steigern die Freiraumqualität und verringern die Hitzebelastung. In Form offener Wasserflächen führen sie darüber hinaus zu ausgeglicheneren Temperaturen und tragen schließlich auch zum Freizeitwert einer Stadt bei.

Viele Maßnahmen beim Hausbau, die der Energieeinsparung und damit dem Klimaschutz dienen, haben auch einen positiven Effekt auf die Klimaanpassung. Eine gute Wärmedämmung gegen Energieverluste im Winter wirkt auch als Hitzeschutz gegen eine übermäßige Aufheizung der Wohnungswände im Sommer. Allgemein führt eine Wärmedämmung an Gebäuden zu einer Reduzierung der Wärmeabgabe und damit zu einer Verringerung des Wärmeinseleffektes und gleichzeitig zu Synergien mit dem Schallschutz. Auch Passivhäuser mit einem hohen Potential an Energieeinsparung sind im Sommer aufgrund des serienmäßigen Lüftungssystems angenehm kühl.

Auch Stadterneuerungsprozesse können genutzt werden, um Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel umzusetzen. Bei der Ausnutzung von Schrumpfungsprozessen aufgrund des demografischen Wandels kann eine Entwicklung städtischer Freiräume klimawirksam und zur Steigerung der Umwelt- und Lebensqualität stattfinden. Rückbaumaßnahmen im Rahmen des Stadtumbaus können genutzt werden, um brachliegende bauliche Strukturen einer Grünflächennutzung zuzuführen.

5 Untersuchung ausgewählter Modellquartiere mittels numerischer Simulation

Wie in Kap. 4.3 dargelegt wurde, kommen zur Anwendung hinsichtlich einer effektiven Anpassung an den Hitzestress je nach Quartiertyp und Betroffenheit unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen in Betracht. In diesem Zusammenhang wurde darauf hingewiesen, dass zur Optimierung der Anpassungseffekte sowohl verschiedene Maßnahmen kombiniert werden als auch flächenhaft angewendet werden sollten.

Die Wirkung ausgewählter Anpassungsmaßnahmen soll nachfolgend an zwei von Hitzebelastung betroffenen Gelsenkirchener Modellquartieren demonstriert werden. Beide Quartiere sind den Gelsenkirchener klimatischen Lasträumen zuzuordnen (Abb. 9), jedoch unterscheiden sie sich hinsichtlich der heutigen Nutzung und der zukünftigen Entwicklung.

- Das Modellgebiet M1 – „Elisabeth-Stift“ in Erle stellt heute eine Freifläche im Klimatop der verdichteten Stadtbebauung dar, das in Teilen einer neuen Nutzung als Wohnbebauung für Senioren zugeführt wird. An diesem Beispiel lassen sich die Möglichkeiten der freien und optimalen Auswahl von Anpassungsmaßnahmen bei einer Flächenumwidmung aufzeigen, zumal hier auch die Betroffenheit der zukünftigen Anwohner (Senioren) eine besondere Rolle spielt.
- Das Modellgebiet M2 – „Luitpoldstraße“ in Schalke liegt im Stadtkernklimatop und stellt eine hochverdichtete, innerstädtische Blockrandbebauung dar, bei der die Möglichkeiten von Anpassungsmaßnahmen ohne bauliche Änderung dargestellt werden.

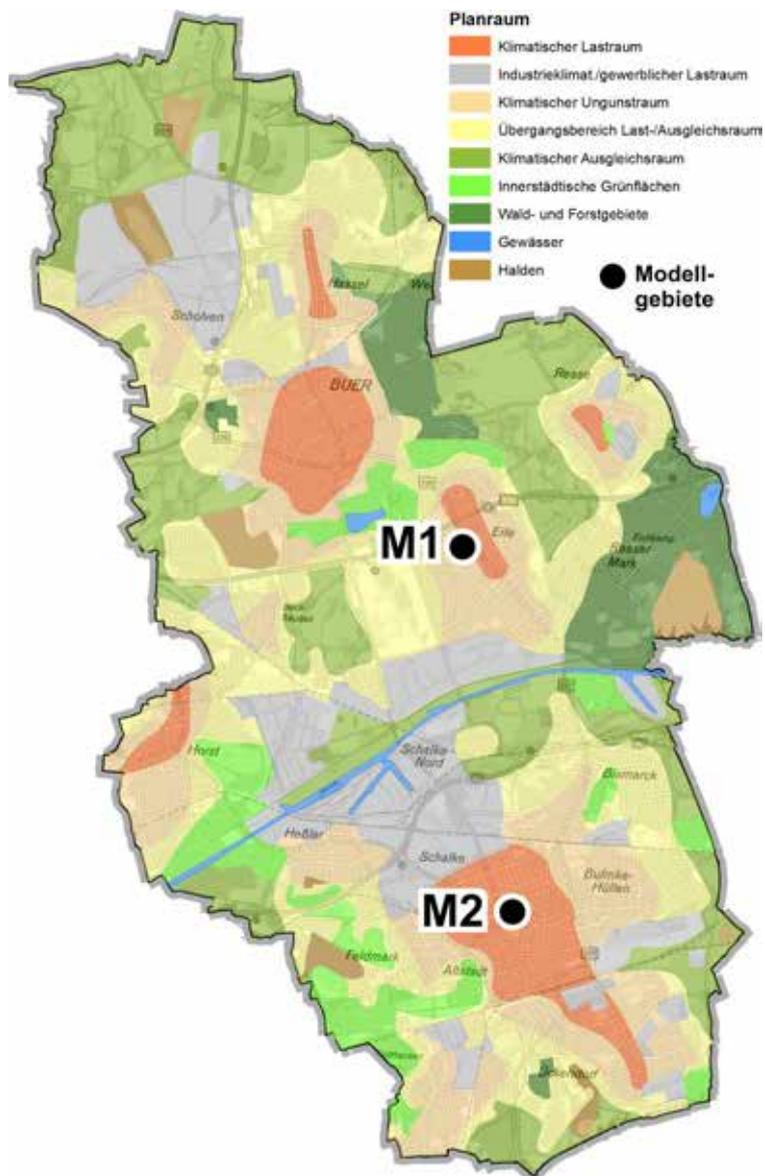


Abb. 9: Lagekarte der Modellquartiere M1 – „Elisabeth-Stift Erle“ und M2 – „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen. (Kartengrundlage: Klimaanalyse Gelsenkirchen 2010/2011 (Kuttler et al. 2011a, erweitert.)

Die Untersuchung erfolgt mit Hilfe einer numerischen mikroklimatischen Simulation. Bevor die Modellgebiete und ihre Ergebnisse in den Kapiteln 5.2 und 0 vorgestellt werden, erfolgt zunächst eine kurze Beschreibung der Methodik und der Datengrundlage.

5.1 Methodik und Datengrundlage

5.1.1 Methodik

Da in den beiden Quartieren u. a. bauliche Veränderungen hypothetisch untersucht werden, kommt als Verfahren das rechnergestützte Atmosphärenmodell ENVI-met (Bruse & Fleer 1998) zum Einsatz. Bei dem **mikroklimatischen Simulationsverfahren** werden sowohl die atmosphärischen Prozesse als auch ihre Interaktion mit der Erdoberfläche (Topografie) über physikalisch-mathematische Gleichungssysteme beschrieben. Dazu werden für das Untersuchungsgebiet zunächst die Topografien (Flächennutzungsstruktur) der Quartiere digitalisiert und in ein numerisches Atmosphärenmodell überführt. Dieses besteht aus einem dreidimensionalen, mathematischen Raumgitter, in dem für jede Gitterzelle die atmosphärischen Zustände des Impulses (Wind, Transport), der Wärme und der Feuchte berechnet wird. Durch die Berücksichtigung der physikalisch-mathematischen Interaktion benachbarter Gitterzellen sowohl untereinander als auch mit der digitalisierten Erdoberfläche (Topografie) sowie durch die Berechnung der zeitlichen Änderung der atmosphärischen Zustandsgrößen in diskreten Zeitschritten kann der atmosphärische Zustand abgebildet werden.

Um eine konkrete atmosphärische Situation zu simulieren, wird eine Ausgangssituation vorgegeben (meteorologische Randbedingung, siehe nächste Kapitel), unter deren Einfluss die atmosphärischen Prozesse bis zum Erreichen des gewünschten Untersuchungszeitpunktes simuliert werden. Die Ergebnisse werden bezüglich des thermischen Niveaus, der Durchlüftung sowie der humanbioklimatischen, thermischen Belastung (PMV, siehe Tab. 8) bewertet.

Tab. 8 Skala der PMV- und PET-Werte für thermisches Empfinden und zugehörige Behaglichkeitsstufen nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 (VDI 2008) und Mayer (2006).

PMV / 1	PET / °C	Thermisches Empfinden	Belastungsstufe	Physiologische Wirkung
-3,5	4	sehr kalt	extreme Belastung	Kältestress
-2,5	8	kalt	starke Belastung	
-1,5	13	kühl	mäßige Belastung	
-0,5	18	leicht kühl	schwache Belastung	
0,5	23	behaglich	keine Belastung	Wärmebelastung
1,5	29	leicht warm	schwache Belastung	
2,5	35	warm	mäßige Belastung	
3,5	41	heiß	starke Belastung	
		sehr heiß	extreme Belastung	

5.1.2 Datengrundlage

Da in der vorliegenden Untersuchung insbesondere die Frage nach der thermischen Behaglichkeit im Vordergrund steht, wird als Szenario eine **sommerliche Schönwettersituation** (sog. autochthone Wetterlage) gewählt, da hier die thermische Belastung besonders deutlich in Erscheinung tritt. In diesem Szenario wird ein typischer Tag einer lang anhaltenden Hitzewelle im Hochsommer abgebildet und ist daher aus bioklimatischer Sicht bezüglich der Wärmebelastung als **Worst-Case** zu betrachten. Die meteorologischen Bedingungen für diese Situation können der aktuellen Klimaanalyse Gelsenkirchen (Stufe I (Kuttler et al. 2011a)) entnommen werden. Demnach sind die Windverhältnisse mit Geschwindigkeiten von ca. 1,5 m/s aus östlichen Richtungen äußerst schwach. Fehlende Bewölkung führt am Tage zu hoher Sonneneinstrahlung und damit zur Aufheizung der urbanen Oberflächen. Es werden Tageshöchsttemperaturen von mindestens 30 °C („**heißer Tag**“) erreicht. Nächtliche Abkühlung findet kaum oder nur langsam statt. Mangelnde Durchlüftung führt zu Hitzestau im Quartier. Hitzestress ist somit in dieser Situation gegeben.

Für dieses Szenario werden die meteorologischen Bedingungen zum Zeitpunkt der Sommersonnenwende angenommen (Tab. 9). Das Datum, mittels dessen der astronomisch bedingte Strahlungshaushalt (welcher den Energie-/Wärmehaushalt im System Erdoberfläche-Atmosphäre maßgeblich bestimmt) errechnet wird, wird auf den 21. Juni festgesetzt, da hier der solare Strahlungsantrieb am größten ist. Die zur Berechnung des Strahlungs- und Wärmehaushaltes ergänzend erforderliche Angabe der geographischen Position, von welcher der Einstrahlungswinkel der solaren Einstrahlung abhängt, wird für Gelsenkirchen mit 51,55° N / 7,04° E festgesetzt.

Aufgrund der Variabilität der atmosphärischen Zustandsgrößen im Tagesgang ist eine Unterscheidung zwischen Tag- und Nachtsituation erforderlich, so dass ein kompletter **Tageszyklus** in Form von 24 numerisch aufeinander aufbauenden Stundendatensätzen berechnet wird.

Bei der Auswertung werden zwei bioklimatisch markante Tageszeiten untersucht. Der Zeitpunkt für die **Tagsituation** wird auf 16 Uhr MEZ festgesetzt, da hier die wärmste Stunde des Tages vorherrscht und damit an heißen Tagen die **Wärmebelastung** am größten ist. Als Zeitpunkt der **Nachtsituation** wird 23 Uhr gewählt, da dann der Bedarf nach **Nachtruhe** am größten ist, so dass es an heißen Tagen zu bioklimatischen Problemen kommen kann.

Tab. 9 Initialisierungsparameter für das Simulationsmodell ENVI-met zur Untersuchung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel für die Gelsenkirchener Modellquartiere M1 „Elisabeth-Stift Erle“ und M2 „Luitpoldstraße Schalke“.

Unterschiede der Modellgebiete M1 und M2 in gelben Feldern

Parameter	Wert	Anmerkungen
Position		
Geografische Lage Gelsenkirchens	51,5°N, 7,04°E	beeinflusst Strahlungs- und Energiebilanz
Dimensionierung (3D)		
Gebietsgröße (x, y, z) / m	M1: 334, 428, 40 M2: 250, 308, 40	
Gitteranzahl (x, y, z) / n	M1: 167, 214, 20 M2: 125, 154, 20	
Gittergröße (x, y, z) / m	2, 2, 2	
Übergangsgitterzellen (Nesting Grids) (x, y, z)	10, 10, 10	
Rotation des Modells im Uhrzeigersinn / Grad	M1: -41,0 M2: -19,0	Gebäudekantenoptimierung
Meteorologische Randbedingungen		Vorgabe Wetterlage/Witterung
Dauer Modelllauf / h	36	24h-Tagesgang, zzgl. Einschwingphase (12h)
Start Simulation am Tag (DD.MM.YYYY)	20.06.2011	Astronomischer Sonnenstand, beeinflusst Strahlungs- und Energiebilanz
Start Simulation zur Ortszeit (HH:MM:SS MEZ)	05:00:00	Startzeitpunkt Einschwingphase (11h)
Zeitschritte des Modelllaufes / h	1,0	
Windgeschwindigkeit in 10 m ü. Gr. / m/s	1,5	Quelle: Kuttler et al. 2011a (Stufe I)
Übergeordnete Windrichtung / Grad	90	Quelle: Kuttler et al. 2011a (Stufe I)
Rauhigkeitslänge z_0 am Referenzpunkt / m	0,1	
Initiallufttemperatur (2 m ü. Gr.) / K (°C)	294,15 (21,0)	Quelle: Kuttler et al. 2011a (Stufe I)
Relative Initialluftfeuchte (2 m ü. Gr.) / %	68,0	Quelle: Kuttler et al. 2011a (Stufe I)
Bewölkung		beeinflussen Energiebilanz
Untere Atmosphäre (x/8)	0	
Mittlere Atmosphäre (x/8)	0	
Obere Atmosphäre (x/8)	0	
Bodenparameter		beeinflussen Energiebilanz
Bodenart	Sandiger Bod.	Standardvorgabe
Initialtemperatur obere Schicht (0-20 cm) / K (°C)	296,6 (23,4)	Quelle: Kuttler et al. 2009
Initialtemperatur mittlere Schicht (20-50 cm) / K (°C)	295,0 (21,9)	Quelle: Kuttler et al. 2009
Initialtemperatur untere Schicht (< 50 cm) / K (°C)	291,8 (18,7)	Quelle: Kuttler et al. 2009
Bodenwassergehalt obere Schicht (0-20 cm) / %	45,0	Quelle: Kuttler et al. 2009
Bodenwassergehalt mittl. Schicht (20-50 cm) / %	45,0	Quelle: Kuttler et al. 2009
Bodenwassergehalt untere Schicht (< 50 cm) / %	50,0	Quelle: Kuttler et al. 2009
Gebäudeparameter		beeinflussen Energiebilanz
Gebäudeinnentemperatur / K (°C)	296,0 (23,0)	
Wärmeübergangskoeffizient Fassaden / W/m ² K	1,94	Standardvorgabe
Wärmeübergangskoeffizient Dächer / W/m ² K	6,0	Standardvorgabe
Albedo Fassaden / 1	0,2	Standardvorgabe
Albedo Dächer / 1	0,3	Standardvorgabe
Thermisches Bioklima (PMV)		beeinflussen metabol. Energiebilanz
Fortbewegungsgeschwindigkeit / m/s	1,0	Bewegungsmodus: normal
Wärmeaustausch / W/m ²	116	Metabol. Wärmeaustausch: normal
Mech. Faktor / 1	0,0	Bewegungsmodus: normal
Wärmedurchgangswiderstand der Bekleidung, clo / 1	0,5	Bekleidungsindex: 0,5: sommerlich

Da das Modell die atmosphärische Situation in diskreten Zeitschritten iterativ generieren muss, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, wird der Initialisierungszeitpunkt des Modellstarts um 36 Stunden vorverlegt, um nach einer modellseitigen Einschwing- und Stabilisierungsphase von 12 Stunden einen kompletten Tag-Nacht-Zyklus berechnen zu können.

Der Startzeitpunkt der Simulation ist somit auf 5 Uhr MEZ des Vortages festgelegt. Zu diesem Zeitpunkt beträgt die Bodentemperatur 23,4 °C bei einem Bodenfeuchtegehalt von 45 %. Die potentielle Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. liegt bei 21,0 °C bei einem Luftfeuchtegehalt von 68 %. Der übergeordnete Wind in 10 m ü. Gr. weht mit einer Geschwindigkeit von 1,5 m/s aus Ost (90°). Die Gebäudeinnentemperatur beträgt 23 °C. Bezüglich der humanphysiologischen Vorgaben zur Bewertung der thermischen Behaglichkeit wird in dem Szenario eine Durchschnittsperson angenommen, die sich mit normalem Tempo (1 m/s) bewegt und leichte Sommeroberbekleidung (Wärmedurchgangswiderstand der Bekleidung $clo = 0,5$) trägt.

Die topografischen Inputdaten zur Erzeugung der digitalen Geländemodelle wurden von der Stadt Gelsenkirchen in Form von aktuellen (2011) digitalen Realnutzungsplänen, Gebäudemodellen, Luftbildkarten und Baumkatastern zur Verfügung gestellt (Stadt Gelsenkirchen 2012c, IT-NRW 2011). Um das Modell operabel zu halten, wurde für die Geländemodelle eine Rechengittermaschenweite von 2 m als kleinste differenzierbare Raumeinheit gewählt. Damit ist eine hinreichend genaue räumliche Differenzierung der klimatologischen Sachverhalte gewährleistet.

5.2 Modellgebiet M1 - Elisabeth-Stift Erle

5.2.1 Untersuchungsgebiet

Das in Abb. 10 links dargestellte Untersuchungsgebiet M1 umfasst das Gelände des Elisabeth-Stiftes in Gelsenkirchen-Erle, eines Krankenhauses mit karitativer Pflegeeinrichtung. Das 5,3 ha große Areal liegt im Zentrum Erles westlich der Cranger Straße und ist laut Klimaanalyse Gelsenkirchen (Stufe I (Kuttler et al. 2011a)) als Lastraum dem Klimatop der „verdichteten Stadtbebauung zuzuordnen (vgl. Abb. 9). Das Umfeld des Areals umfasst im Westen und Norden drei- bis fünfgeschossige Zeilenbebauung mit Höhen zwischen 10 und 15 m, während im Osten und Süden zwei- bis dreigeschossige Doppel- und Einzelhäuser (8 bis 10 m Höhe) überwiegen.

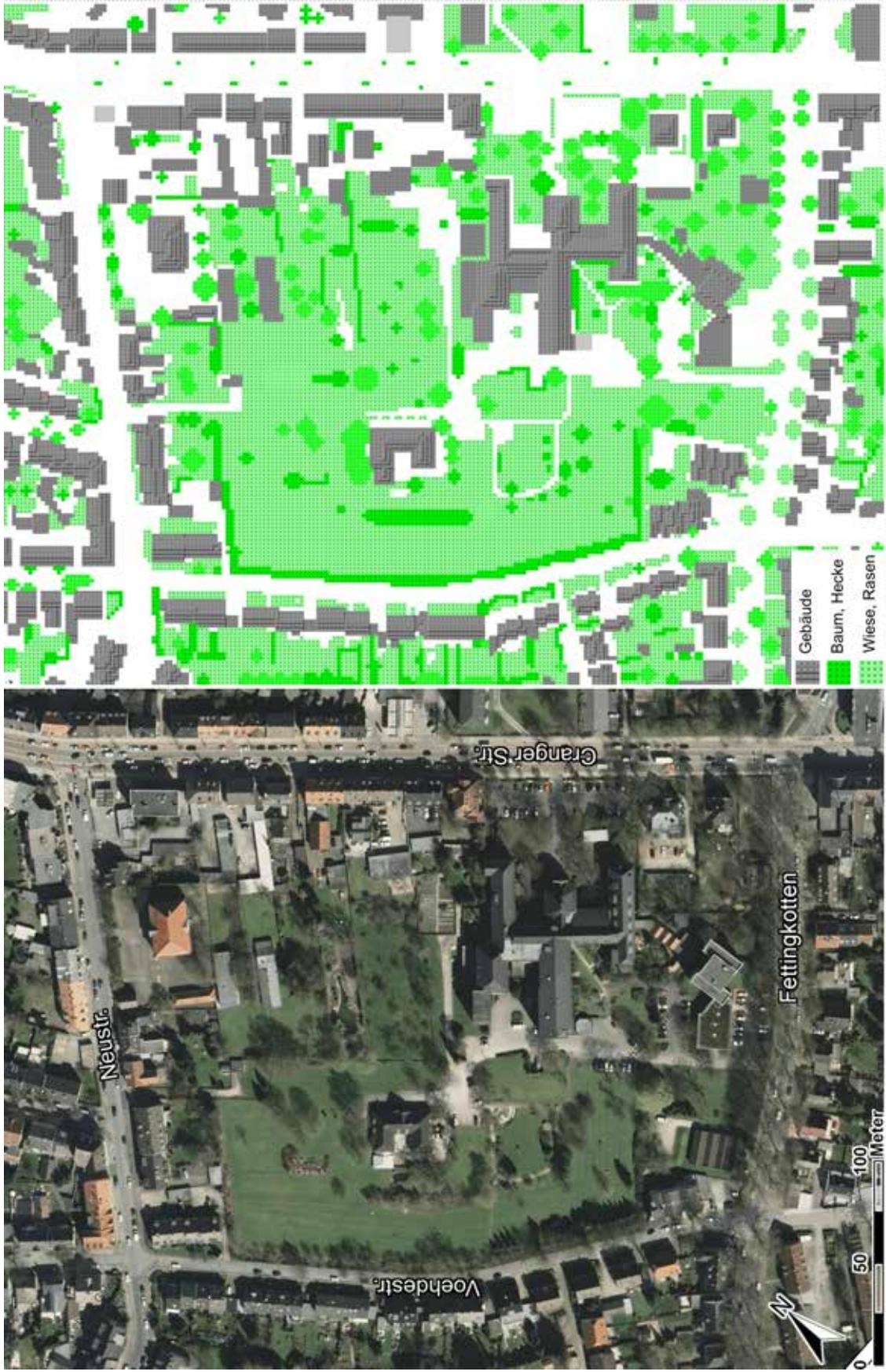


Abb. 10: Luftbildkarte (links) sowie Gebäude- und Vegetationsmodell (rechts) des Ist-Zustandes des ENVI-met-Modellgebietes M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Geisenkirchen. (Luftbildquelle: IT-NRW 2012)

Kennzeichnend für den Ist-Zustand des Gebietes ist der ca. 3,1 ha große Park des Stiftes, der durch offene Grünflächen mit vereinzelt Baumgruppen geprägt ist. Der Park wird im Westen durch eine ca. 10 bis 20 m hohe Baumreihe zum Wohngebiet an der Voehdestraße abgegrenzt. Innerhalb des Parks liegt das 18 m hohe, fünfgeschossige Hauptgebäude des Stifts als größtes und höchstes Gebäude des Modellgebietes.

Im westlichen Bereich des Parks ist der Bau von Seniorenwohnungen auf einer Fläche von 0,4 ha vorgesehen (Abb. 11 links). Dieses entspricht 13% der Parkfläche. Bei den Gebäuden handelt es sich um zwei große, dreigeschossige Wohnblöcke mit Innenhöfen sowie um drei kleinere, zwei- bis dreigeschossige Häuser.

Anhand des Plan-Zustandes kann untersucht werden, wie die Bebauung die bioklimatischen Verhältnisse beeinflusst.

Für das Simulationsmodell ENVI-met wird das Plangebiet an den Rändern erweitert, um den Einfluss der umliegenden Flächennutzungen auf das Gebiet zu berücksichtigen. Das digitale Geländemodell deckt daher eine Fläche von 334 m x 428 m (14,3 ha) mit 167 x 214 Gitterzellen bei 2 m Modellgittermaschenweite ab. Die digitalen Geländemodelle des Ist- und Plan-Zustandes sind in Abb. 10 und Abb. 11 jeweils rechts dargestellt.

5.2.2 Ergebnisse Ist-Zustand

5.2.2.1 Tagsituation (16 Uhr MEZ) eines heißen Tages

Die Verteilung der **potenziellen Lufttemperatur** in 2 m ü. Gr. für 16 Uhr MEZ eines heißen Tages ist in Abb. 12 dargestellt. Zu diesem Zeitpunkt scheint die Sonne aus Richtung 240° (SW), d.h. lotrecht zum linken Modellgebietsrand.

Im Bereich der nordöstlichen und südlichen Randbebauung liegen die Lufttemperaturen deutlich über 28,5 °C. Insbesondere in der Straßenschlucht im nördlichen Bereich der Cranger Straße werden an den sonnenexponierten Straßenseiten Temperaturen von > 29 °C erreicht. Im Park des Elisabeth-Stiftes liegen die Temperaturen mit ca. 27,5 °C um 1 K niedriger als in der Umgebung. Im Schattenbereich der Westfassade des Stiftsgebäudes wird die Temperatur um weitere 0,5 K auf 27 °C gesenkt. Damit tritt innerhalb des Gebietes zwischen Stiftsgebäude und dem nördlichen Abschnitt der Cranger Straße auf einer relativ kurzen Distanz von ca. 150 m der höchste Temperaturkontrast von ca. 3 K auf.

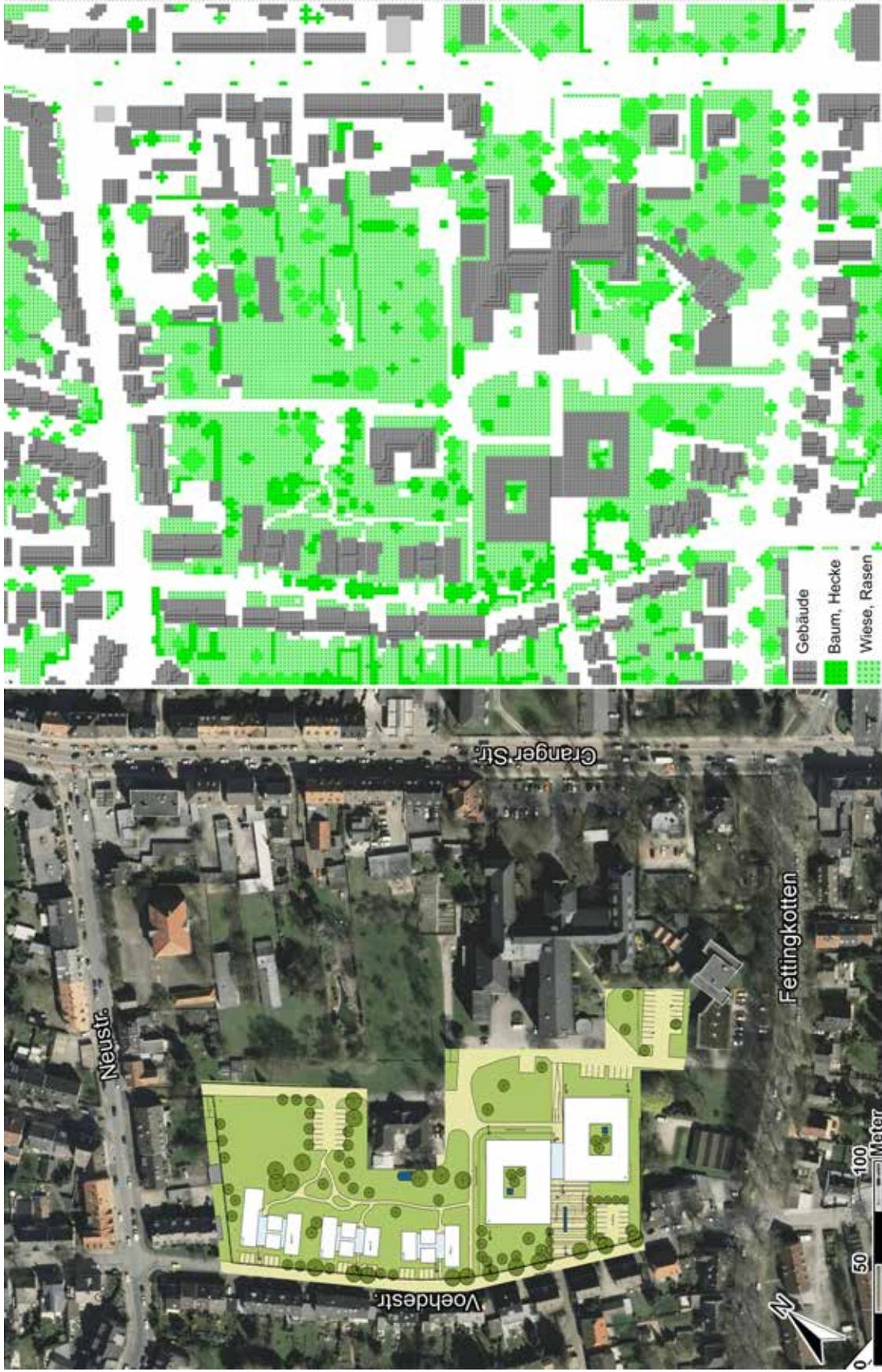


Abb. 11: Luftbildkarte (links) sowie Gebäude- und Vegetationsmodell (rechts) des Plan-Zustandes des ENVI-met-Modellgebietes M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Geisenkirchen. (Luftbildquelle: IT-NRW 2012)

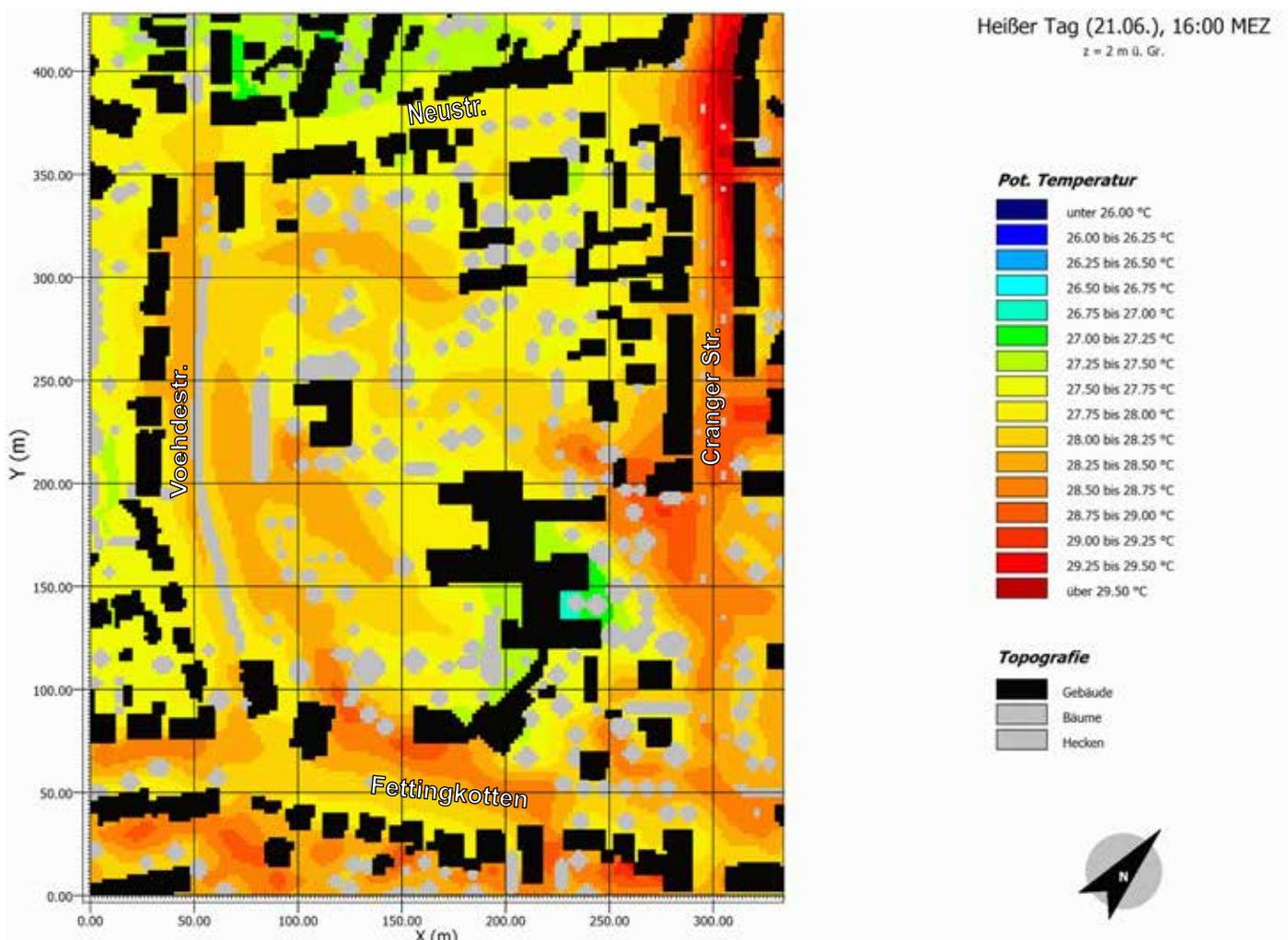


Abb. 12: Verteilung der potenziellen Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. im Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

Anhand des **Windfeldes** in 2 m ü. Gr. in Abb. 13 lässt sich zeigen, dass die hohen Temperaturen überwiegend in Bereichen mit hoher Windgeschwindigkeit auftreten und hauptsächlich auf die Advektion warmer Luft aus dem östlichen Gebietsrand (d. h. entsprechend der Bedingungen der Initialatmosphäre) zurückzuführen sind. Der Wind tritt aus Richtung 90°, d. h. von unten rechts des Simulationsgebietes, in das Untersuchungsgebiet ein und wird sowohl im Bereich der offenen Parkfläche durch geringe Rauigkeit als auch im nördlichen Teil der Cranger Straße durch Düseneffekte auf Geschwindigkeiten von bis zu 1,6 m/s beschleunigt.

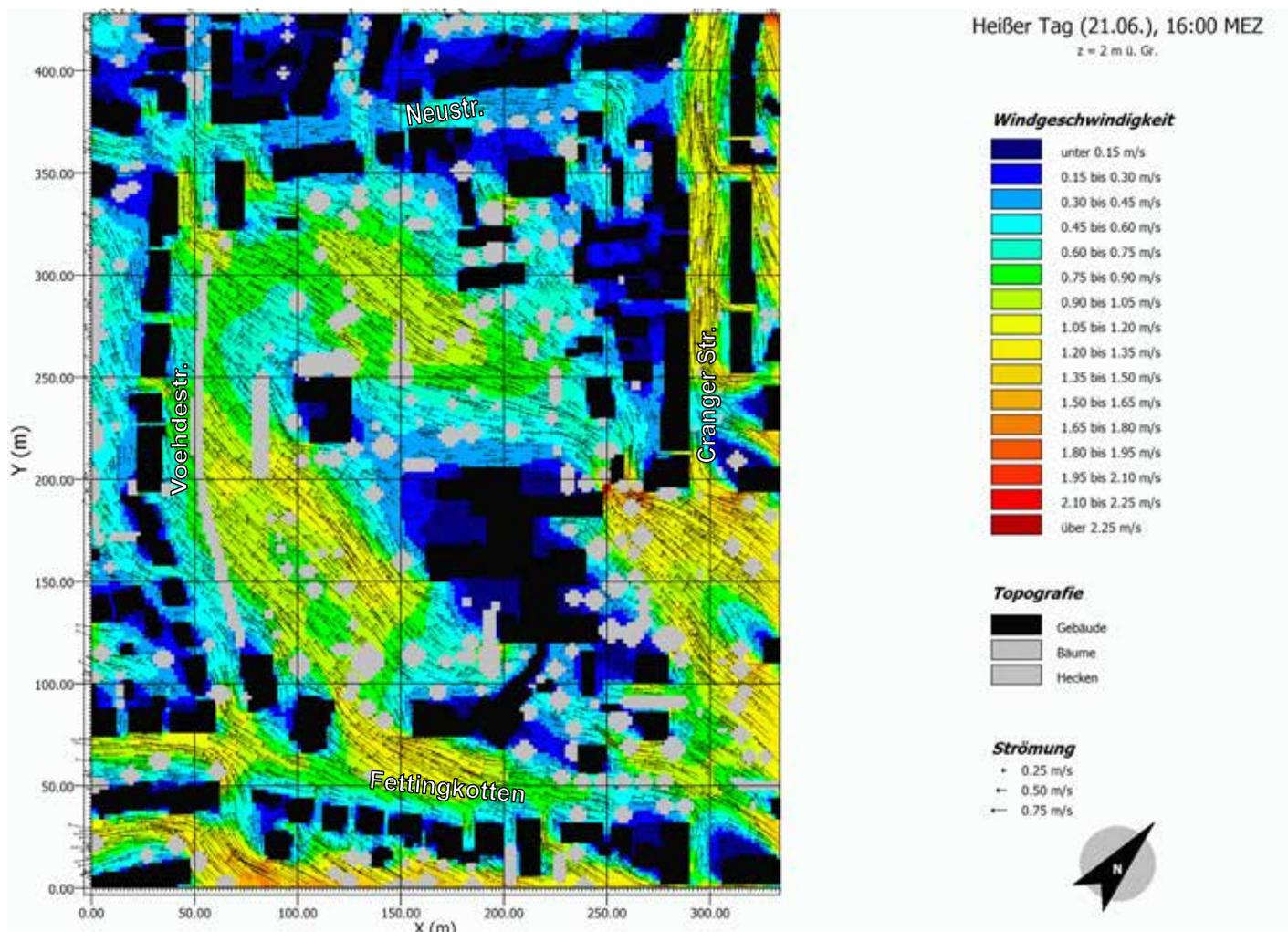


Abb. 13: Verteilung des Strömungsfeldes in 2 m ü. Gr. im Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

Das Stiftsgebäude sowie die Häuserzeilen in der Neustraße und Voehdestraße bilden hingegen Strömungshindernisse bzw. Strömungsriegel, in deren Leebereich die Windgeschwindigkeit auf < 1 m/s reduziert wird.

Die **Wärmebelastung** in 2 m ü. Gr. um 16 Uhr MEZ ist für das Plangebiet in Abb. 14 dargestellt. Entsprechend der heißesten Stunde des Tages und der hohen Sonneneinstrahlung liegen die PMV-Werte im gesamten Gebiet im positiven Bereich, d. h. im Bereich der Wärmebelastung (vgl. Tab. 8, S. 52). Hinsichtlich des Grades der Wärmebelastung sind deutliche Unterschiede zu verzeichnen. In den Arealen der offenen, baumfreien Flächen herrschen mit $PMV > 2,5$ heiße bis sehr heiße Bedingungen vor, entsprechend einer starken bis extremen Hitzebelastung. Gleiches gilt für die sonnenexponierten Süd- bis Westfassaden sämtlicher Gebäude. Im Gegenzug sind in den Schattenbereichen der Bäume und Gebäude PMV-Werte von lediglich 0,5 bis 1,0 entsprechend eines

leicht warmen Empfindens mit nur schwacher Belastung zu verzeichnen. Die Differenz zu den sonnenexponierten Bereichen beträgt somit ca. 2,5 Behaglichkeitsstufen.

Es wird deutlich, dass Wärmebelastung hauptsächlich durch die Sonnenexposition hervorgerufen wird und daher als effizienteste Minderungsmaßnahme die Verschattung zu nennen ist.

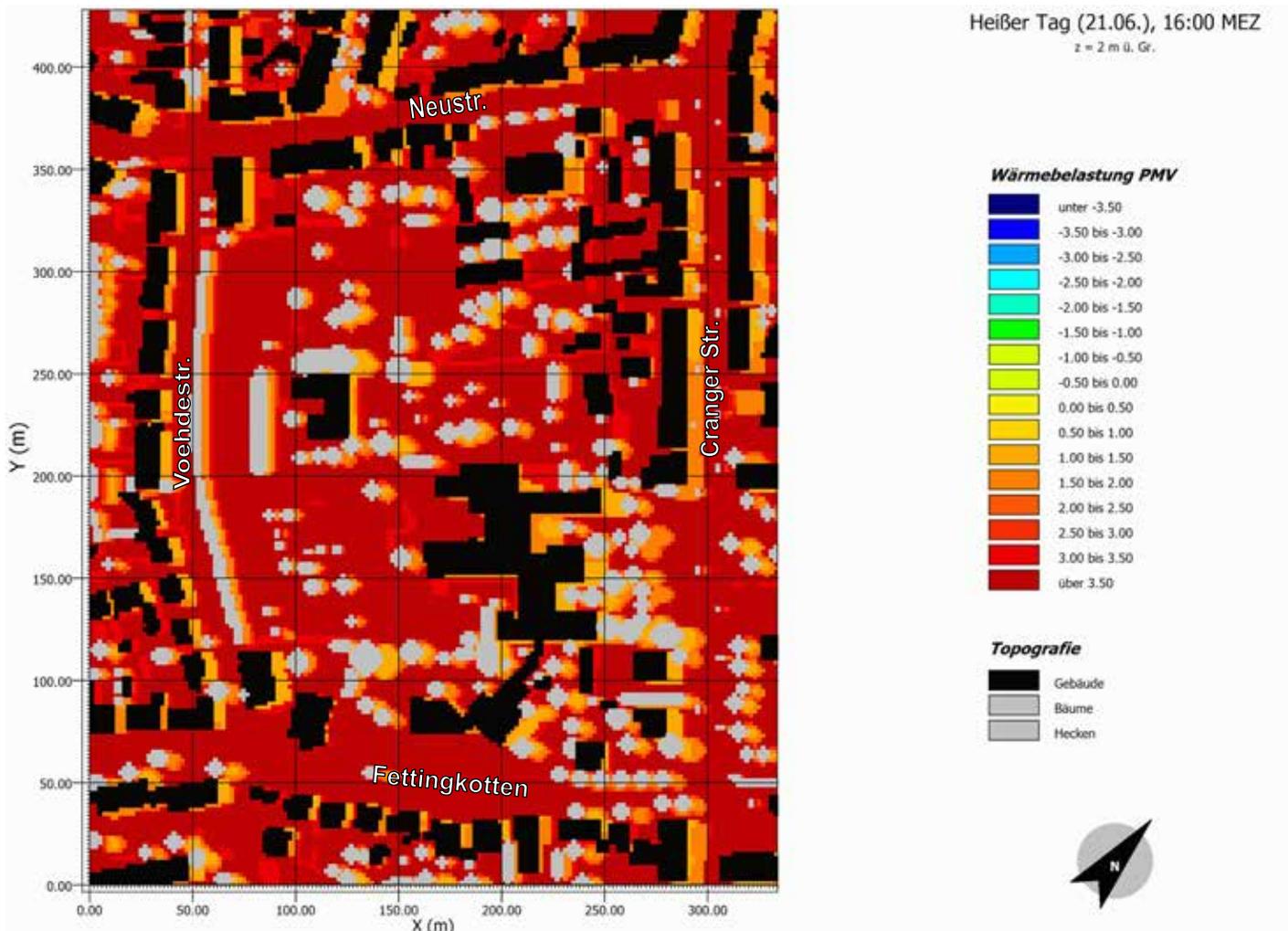


Abb. 14: Verteilung der thermischen Behaglichkeit PMV in 2 m ü. Gr. im Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

5.2.2.2 Nachtsituation (23 Uhr MEZ) eines heißen Tages

Abb. 15 zeigt die **Temperaturverteilung** in 2 m ü. Gr. für die Nachtsituation um 23 Uhr MEZ.

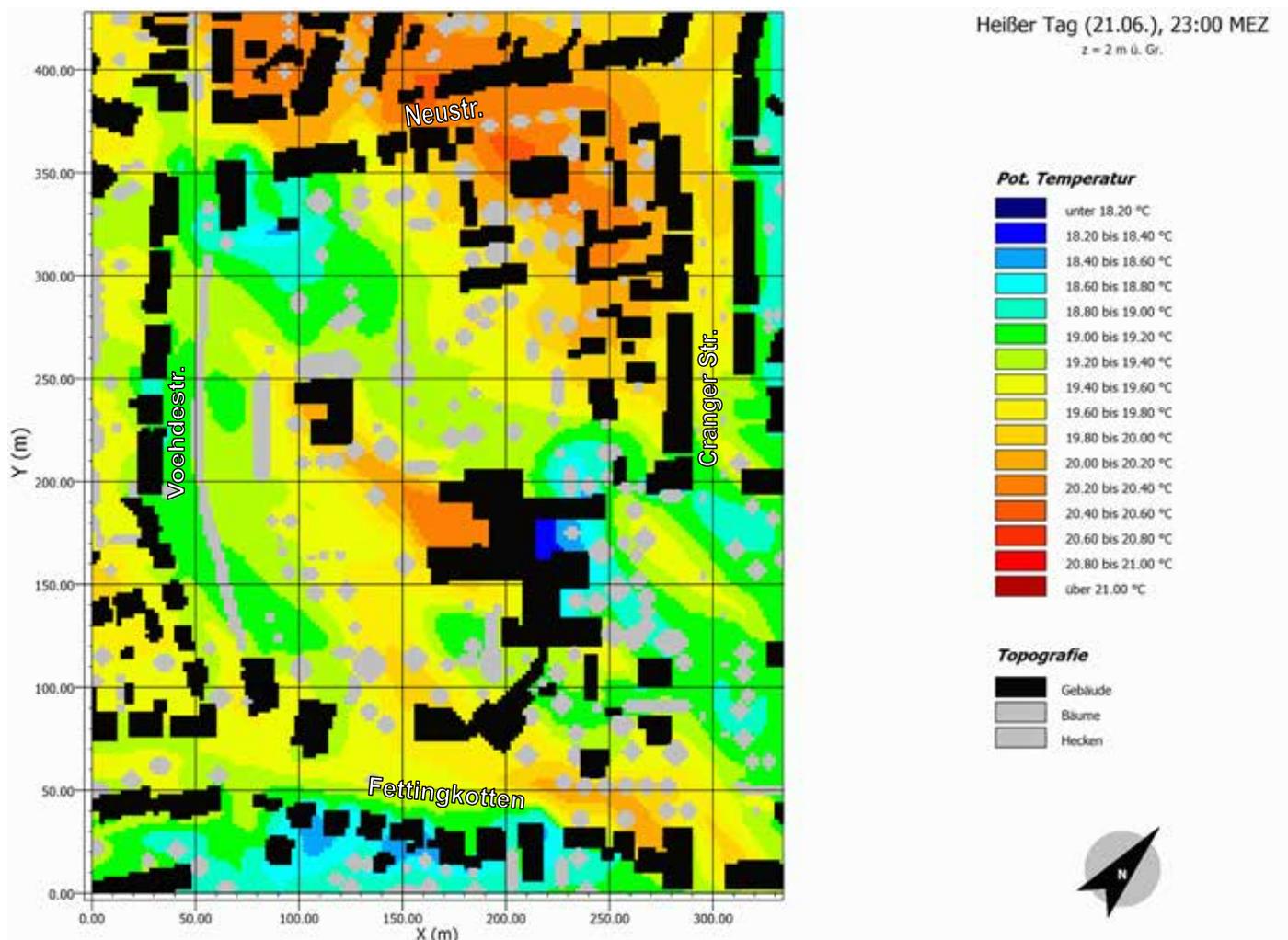


Abb. 15: Verteilung der potenziellen Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. im Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

Die gebietsweite Temperaturspanne reicht von 18,5 °C bis 21°C. Ein für die Nacht relativ hohes thermisches Niveau von 20 °C bis 21 °C herrscht im nördlichen Bereich (Neustraße) mit seinen eng stehenden Häusern und vielen versiegelten Flächen vor. Gleiches gilt für den Westflügel des Stiftsgebäudes. Im Bereich des Parks mit seinen offenen Grünflächen liegen die Temperaturen mit 19 °C bis 20 °C im mittleren Bereich, lediglich am südlichen Gebietsrand sowie östlich des Stiftsgebäudes werden noch etwas geringere Temperaturen von bis zu 18,5 °C simuliert.

Die Temperaturverteilung ist auf das Zusammenwirken der nächtlichen Ausstrahlung der Gebäude und des **Windfeldes** (Abb. 16) zurückzuführen. In den Bereichen, in denen die Temperaturen ein höheres Niveau erreichen, beträgt die Windgeschwindigkeit $< 0,5$ m/s, so dass die von den Gebäuden abgestrahlte Wärme nur langsam abtransportiert wird. Im Gegenzug ist in den besser durchlüfteten Bereichen ($> 0,9$ m/s) die Temperatur um bis 2 K niedriger.

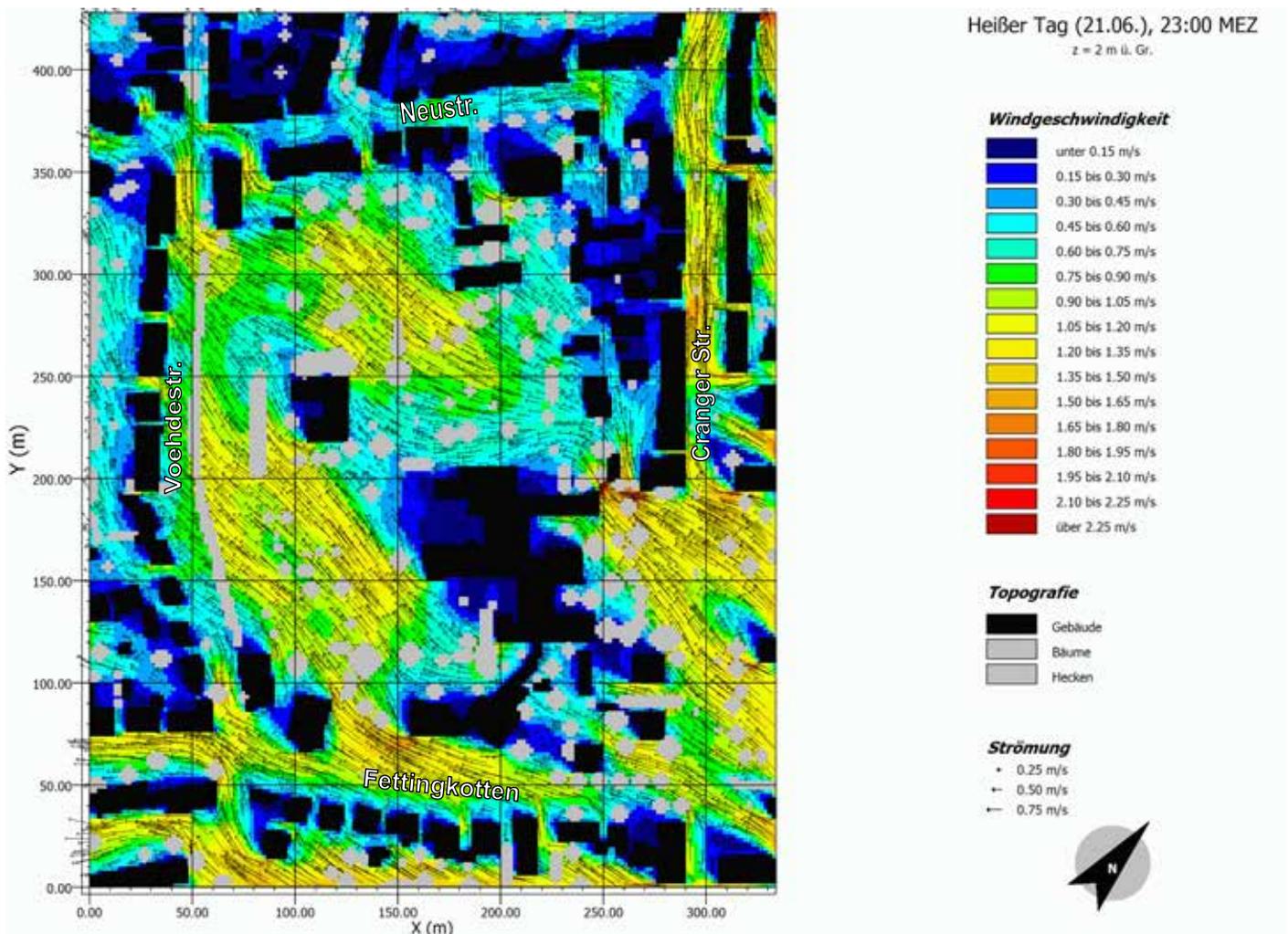


Abb. 16: Verteilung des Strömungsfeldes in 2 m ü. Gr. im Ist-Zustand des Modellquartiers M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

Insgesamt sind das thermische Niveau sowie die Durchlüftungsverhältnisse im Vergleich zur Tagsituation erwartungsgemäß relativ niedrig. Entsprechend stellt sich die **thermische Behaglichkeit** dar (Abb. 17). Die PMV-Werte liegen zwischen -1,5 im Bereich der Freiflächen und 0,5 im Bereich der wärmeren Gebäudebereiche. Das thermische Empfinden ist damit als leicht kühl bis behaglich zu bezeichnen und als schwacher Kältereiz einzustufen. Unter Berücksichtigung der Modelleinschränkung, dass auch für die Nachtsituation eine leichte

Sommerbekleidung ($clo = 0,5$) im Freien angenommen wird, ist die thermische Behaglichkeit als behaglich bzw. ausgeglichen zu bewerten.

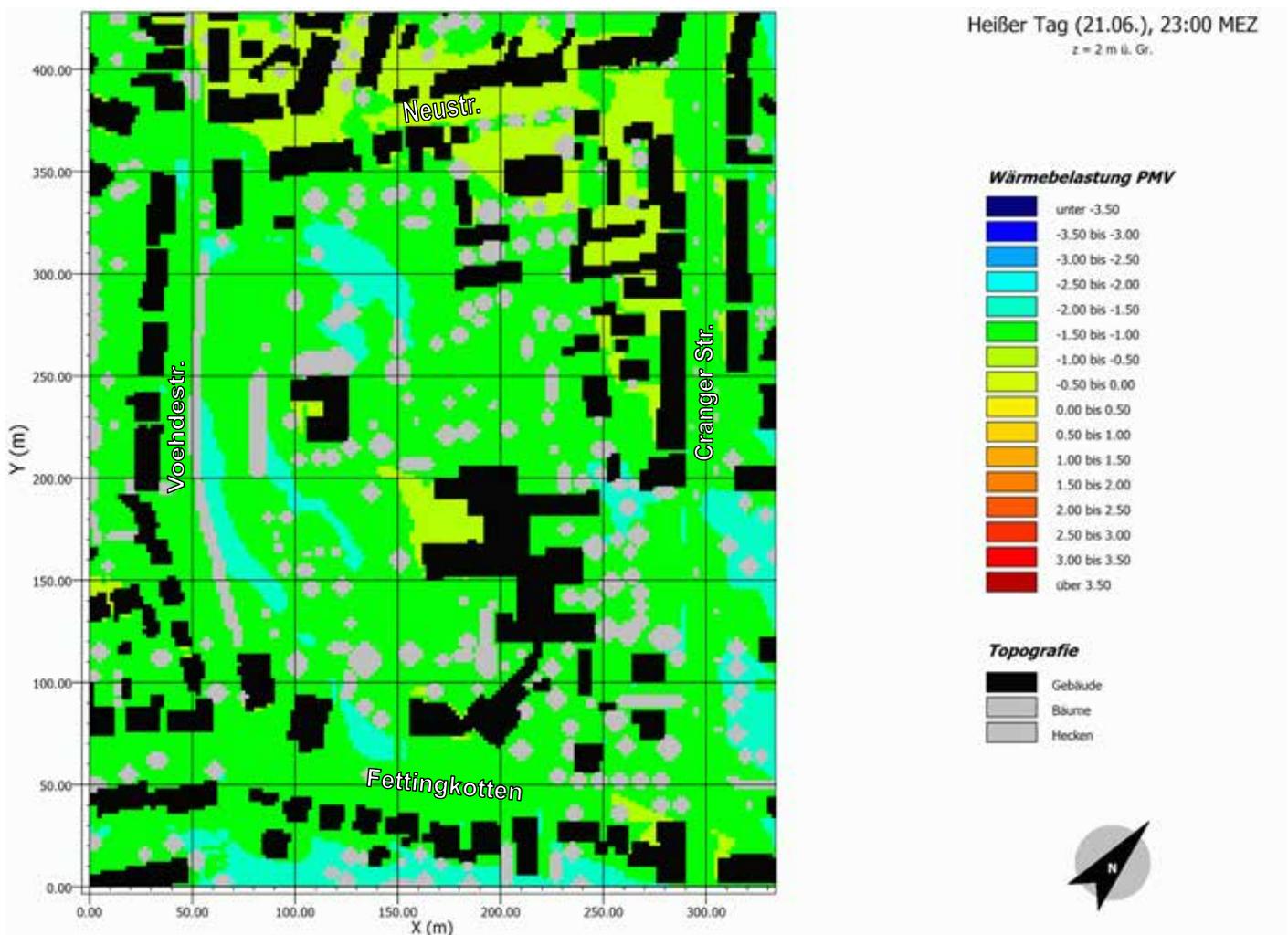


Abb. 17: Verteilung der thermischen Behaglichkeit PMV in 2 m ü. Gr. im Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

Somit wird auch hier deutlich, dass Wärmebelastung hauptsächlich am Tage durch die Sonnenexposition hervorgerufen wird und nachts zumindest im Außenbereich keine besondere Rolle spielt. Dieses schließt jedoch nicht aus, dass in den Gebäuden die Wärmebelastung infolge der Aufheizung am Tage und der nur schwachen Auskühlung in der Nacht ein großes Problem darstellt.

5.2.3 Ergebnisse Plan-Zustand

Die Veränderungen des Plan-Zustandes gegenüber dem Ist-Zustand werden aus Gründen der Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit im Folgenden als Differenzkarten dargestellt, welche die Unterschiede zwischen beiden Planungsstadien hervorheben. So sind die Veränderungen mit einem Blick zu erfassen. Die nachfolgenden Differenzkarten sind so gestaltet, dass Verbesserungen mit grünen Signaturen, Verschlechterungen hingegen mit roten Signaturen angezeigt werden.

5.2.3.1 Tagsituation (16 Uhr MEZ) eines heißen Tages

Die durch den Plan-Zustand bedingten Veränderungen der **potenziellen Temperatur** in 2 m ü. Gr. um 16 Uhr MEZ sind in Abb. 18 dargestellt.

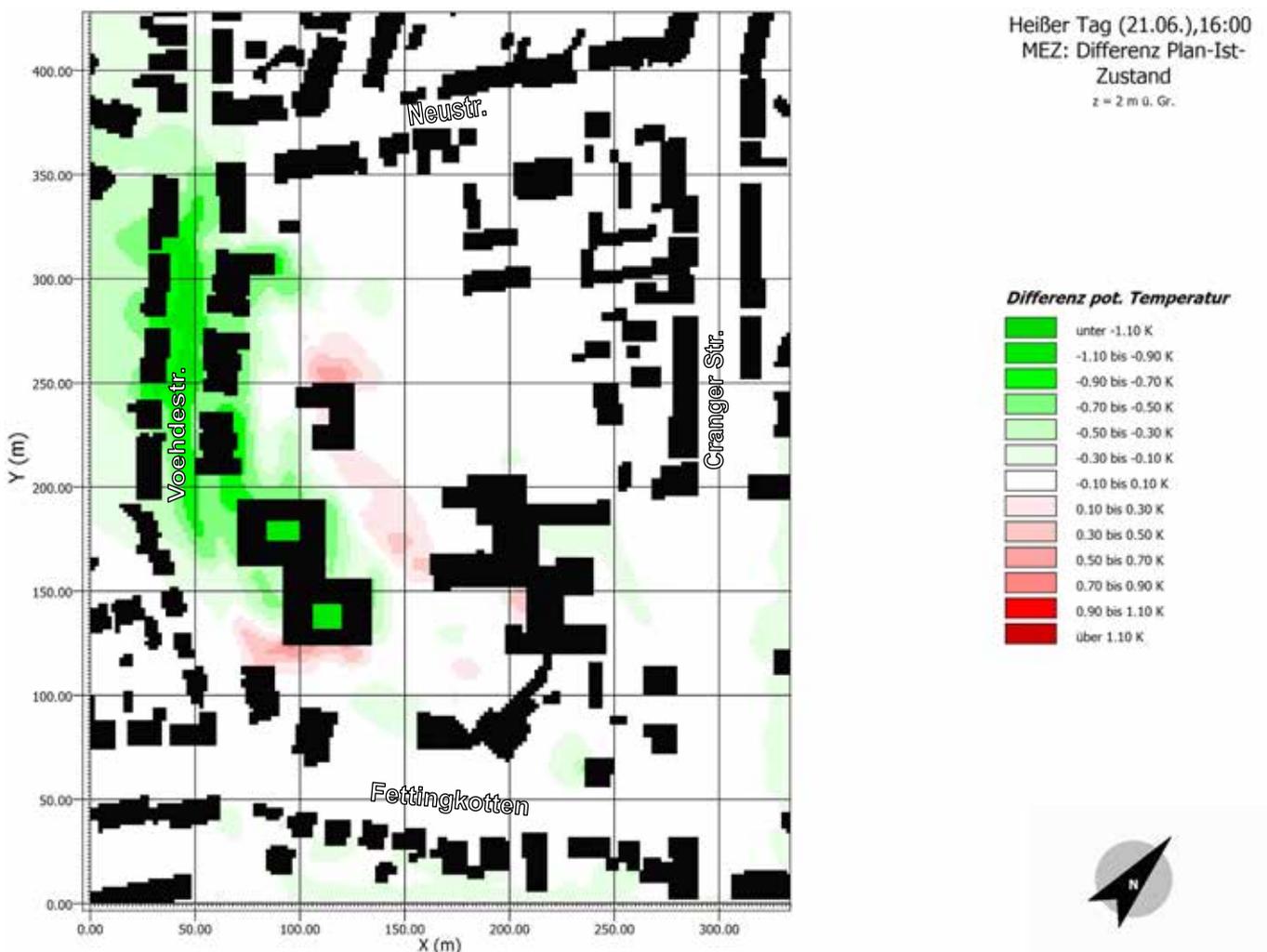


Abb. 18: Differenz der potenziellen Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. zwischen Plan- und Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

Die Änderungen beschränken sich hauptsächlich auf geringe Temperatursenkungen von max. 1,1 K in der nordwestlichen Umgebung der neuen Gebäude. Als Primäre Ursache sind die Verschattungszonen auf der ehemaligen Grünfläche zu nennen, welche durch die neuen Gebäude sowie die dazugehörigen Baumpflanzungen entlang der Voehdestr. verursacht werden.

Beim **Windfeld** bewirken die neuen Gebäude um 16 Uhr MEZ eine leeseitige Reduktion der Windgeschwindigkeit um bis zu 0,5 m/s in 2 m ü. Gr. (Abb. 19). Die resultierende Windgeschwindigkeit beträgt in diesem Bereich 0,3 m/s bis 0,6 m/s. Insbesondere an den beiden südlichen Blockgebäuden ist die leeseitige Zone des ventilationsarmen Windschattens deutlich sichtbar. Der Windschatten erstreckt sich bis zu den kleineren Neubauten, die ihrerseits Windschatten bilden. Die Durchlüftung wäre weniger kritisch, wenn der Abstand der Gebäude vergrößert würde.

Bezüglich der **Wärmebelastung** um 16 Uhr MEZ ist in Abb. 20 zu erkennen, dass im östlichen Schattenbereich der neuen Gebäude und Bäume diese um bis zu drei Behaglichkeitsstufen in Richtung eines „behaglichen“ oder nur „leicht warmen“ Klimas verbessert wird (Reduzierung um -2,7 PMV). Andererseits ist zu erkennen, dass an den Stellen, an denen Bäume entfernt wurden, die Wärmebelastung um den gleichen Betrag (+ 2,7 PMV) ansteigt und damit zu „extremer Wärmebelastung“ führt. Auch hier wird deutlich, dass die Verschattung ein zentrales Element der Hitzeminderung darstellt.

[Fortsetzung Text auf S. 68]

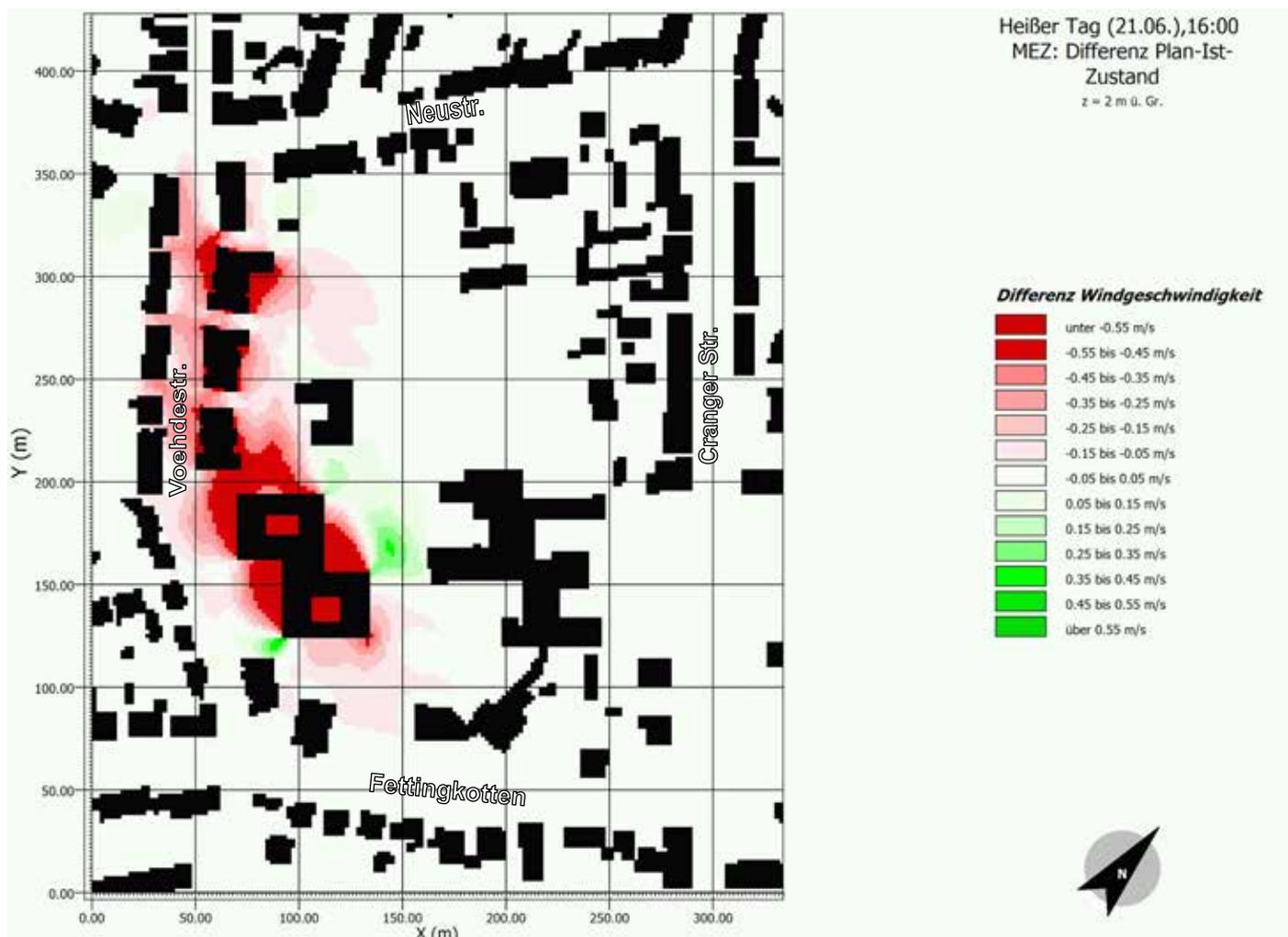


Abb. 19: Differenz des Strömungsfeldes in 2 m ü. Gr. zwischen Plan- und Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

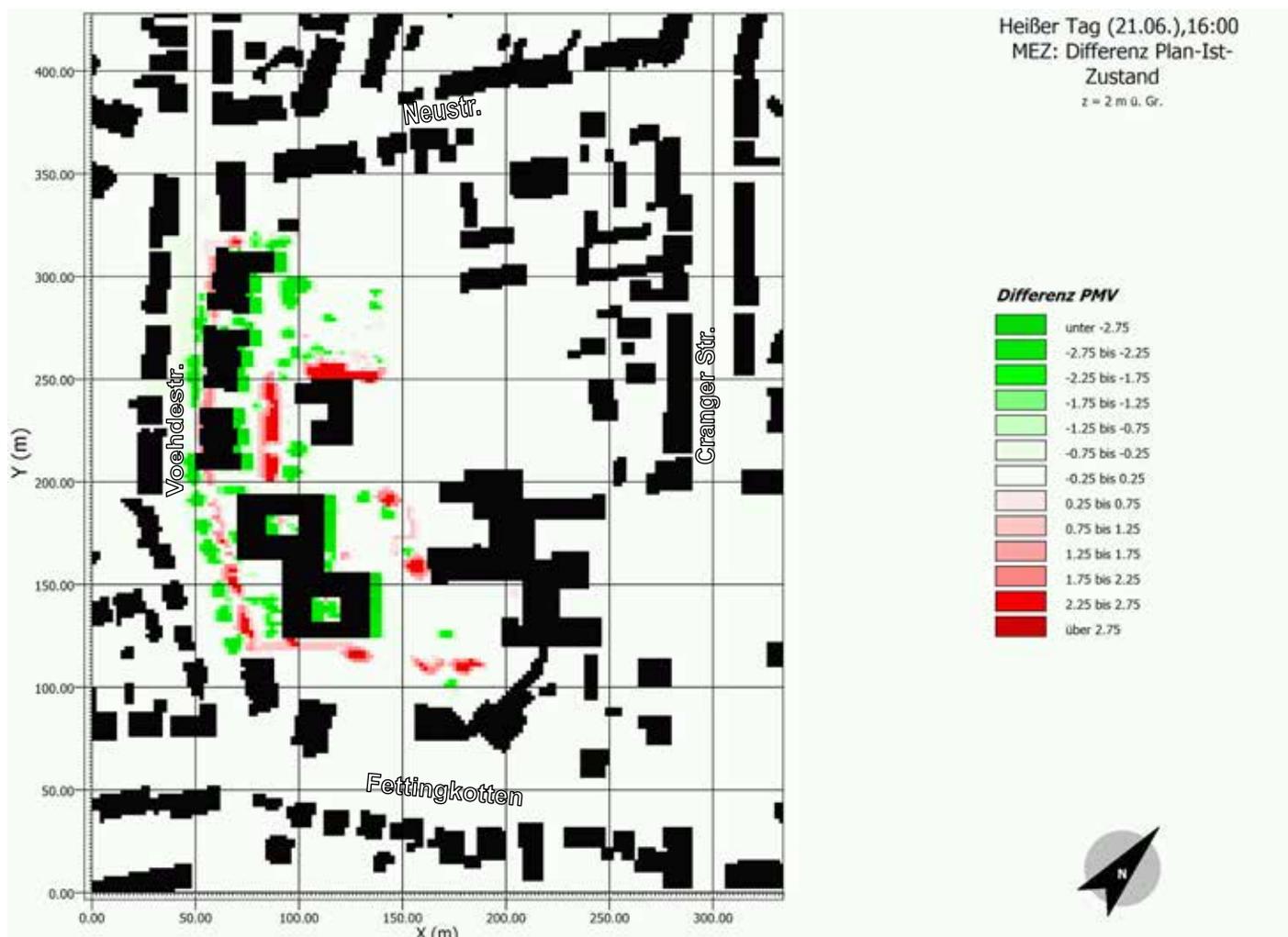


Abb. 20: Differenz der thermischen Behaglichkeit PMV in 2 m ü. Gr. zwischen Plan- und Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

5.2.3.2 Nachtsituation (23 Uhr MEZ) eines heißen Tages

Die durch den Plan-Zustand bedingten Veränderungen der **potentiellen Temperatur** in 2 m ü. Gr. um 23 Uhr MEZ sind in Abb. 21 dargestellt. Die Änderungen beschränken sich hauptsächlich auf geringe Temperaturerhöhungen von max. 0,8 K in der nordwestlichen Umgebung der neuen Gebäude, die auf das Zusammenwirken der nächtlichen Ausstrahlung der Gebäude und des schwachen **Windfeldes** (Abb. 22) zurückzuführen sind. Die Gebäude strahlen die am Tage gespeicherte Wärme langsam wieder ab, während sie als Strömungshindernisse zu einer leeseitigen Reduktion der Windgeschwindigkeit um bis zu 0,8 m/s führen.

[Fortsetzung Text auf S. 71]

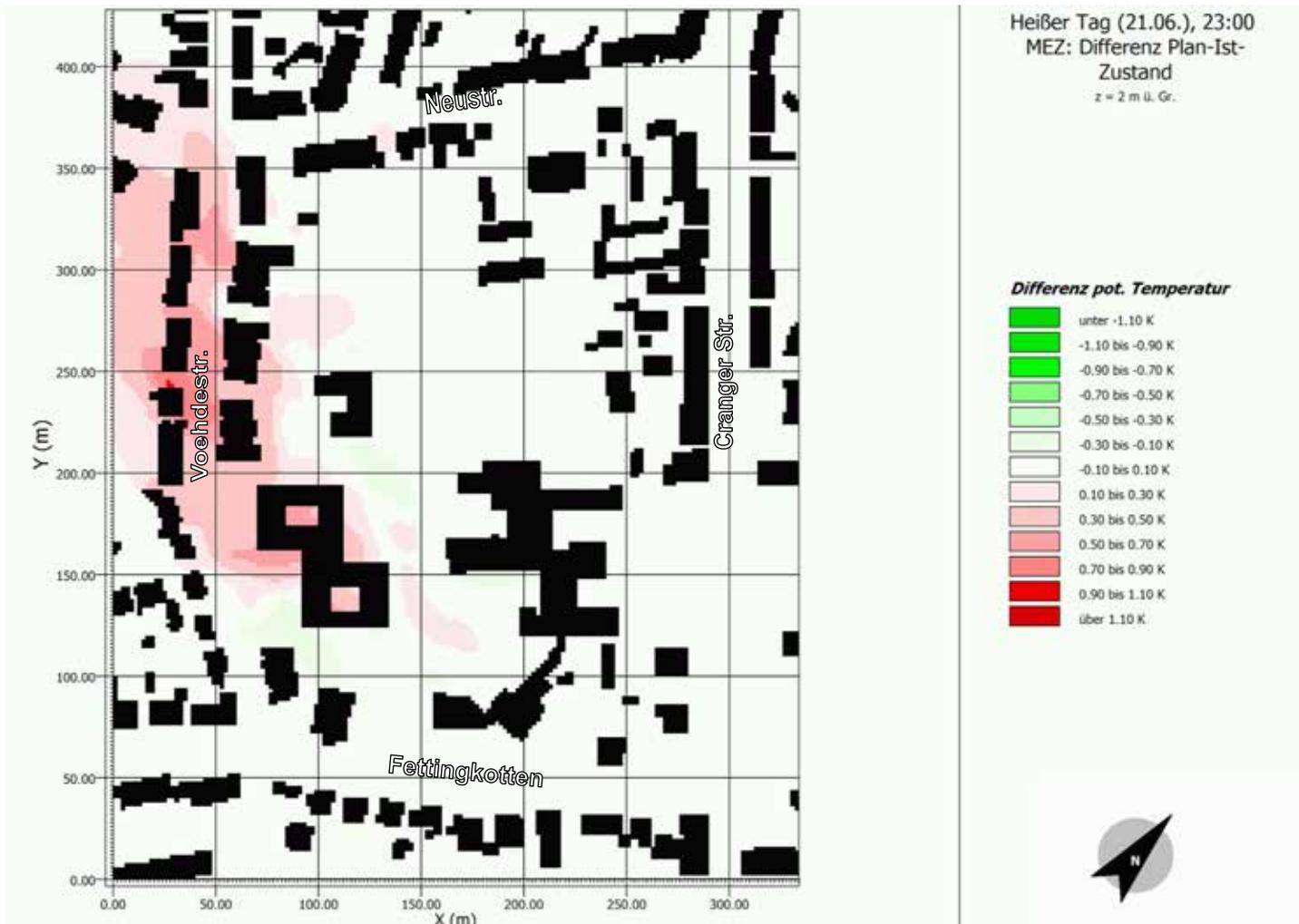


Abb. 21: Differenz der potenziellen Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. zwischen Plan- und Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

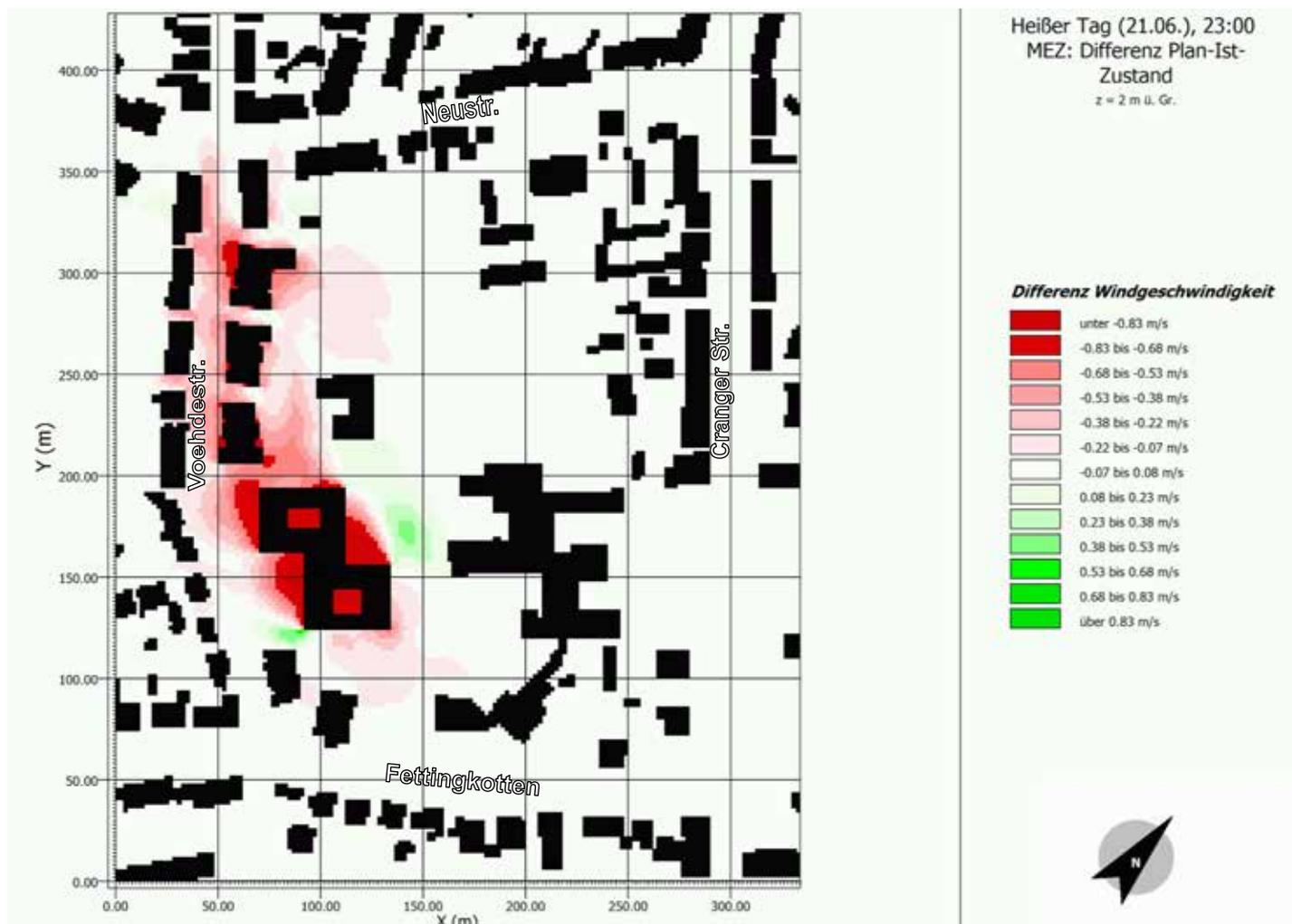


Abb. 22: Differenz des Strömungsfeldes in 2 m ü. Gr. zwischen Plan- und Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

Bezüglich der **thermischen Behaglichkeit** sind nachts keine auffälligen Veränderungen durch die neuen Gebäude zu verzeichnen. Da bereits im Ist-Zustand (vgl. Abb. 17) nachts die thermische Behaglichkeit ausgeglichen ist, ändert sich durch die neuen Gebäude an dieser Situation nur wenig. Wie Abb. 23 zeigt, steigt in der unmittelbaren Umgebung der Gebäude die thermische Behaglichkeit lediglich um 0,3 bis 0,5 PMV bzw. Behaglichkeitsstufen an und ist somit kaum wahrnehmbar.

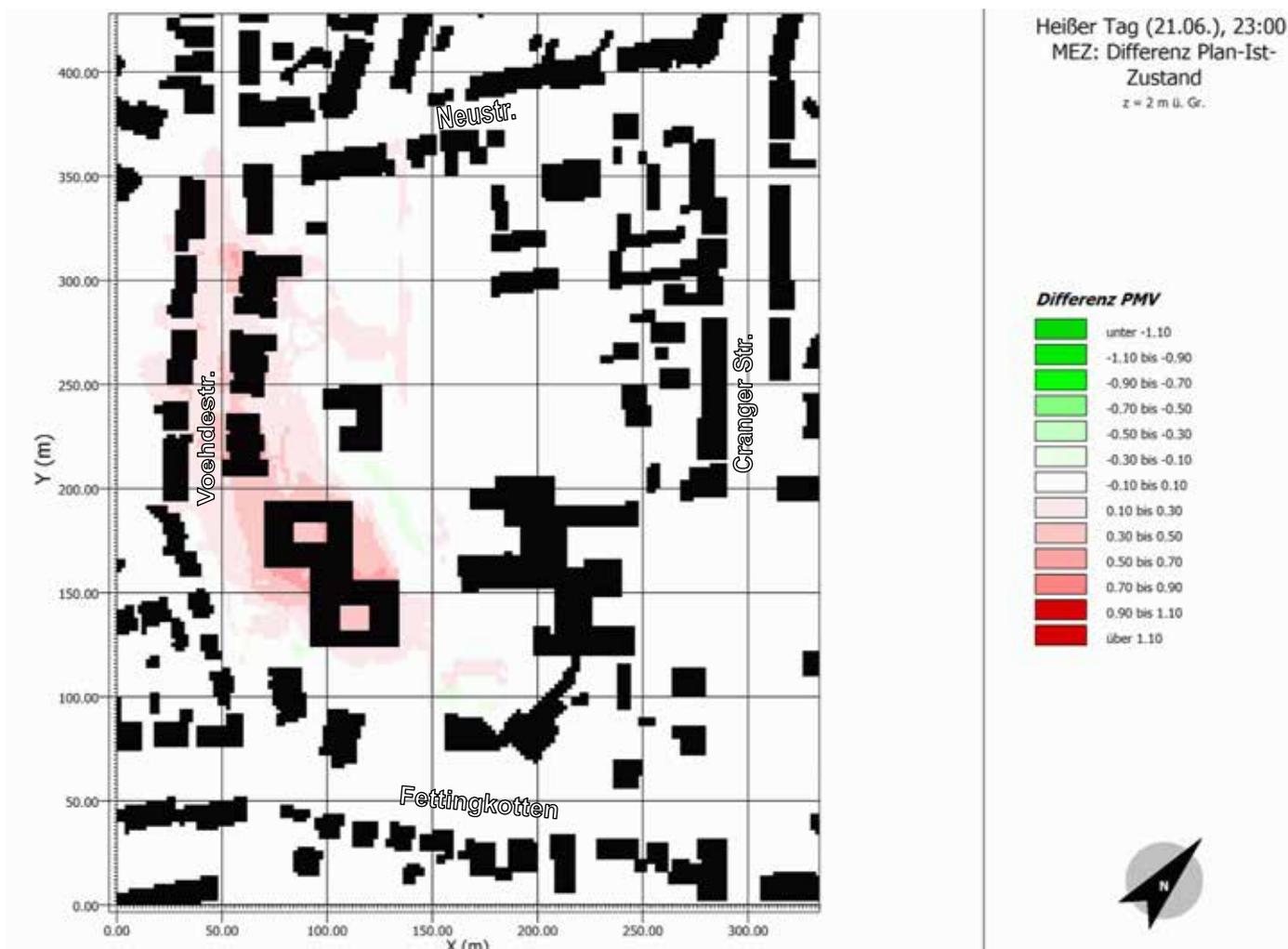


Abb. 23: Differenz der thermischen Behaglichkeit PMV in 2 m ü. Gr. zwischen Plan- und Ist-Zustand des Modellquartieres M1 „Elisabeth-Stift Erle“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

5.3 Modellgebiet M2 - Luitpoldstraße Schalke

5.3.1 Untersuchungsgebiet

Das in Abb. 24 links dargestellte Untersuchungsgebiet M2 umfasst drei Baublöcke der innerstädtischen geschlossenen Blockrandbebauung am nördlichen Rand der Altstädter Einkaufzone. Das ca. 3 ha große Areal und ist laut Klimanalyse Gelsenkirchen (Stufe I (Kuttler et al. 2011a)) als Lastraum dem Klimatop des „Stadtkernklimas“ zuzuordnen (vgl. Abb. 9). Das Umfeld des Areals umfasst im Westen, Norden und Osten eine vier- bis sechsgeschossige, fast geschlossene Blockrandwohnbauung (14 m bis 18 m Höhe), während im Süden Richtung Florastraße eine mit Bäumen bestandene Grünfläche sowie die Kirche St. Georg anschließen.

Besonderes Merkmal des Quartiers ist die unterschiedliche Gestaltung der Innenhöfe der Blockrandbauungen. Während im nördlichen und östlichen Baublock Grünflächen bzw. Gärten dominieren, ist der südwestliche Baublock hauptsächlich durch Garagen und Schuppen sowie versiegelte Zufahrtswege und -flächen geprägt. In diesem Gebäudeensemble lässt sich untersuchen, wie sich die Innenhofbegrünung auf die thermische Behaglichkeit auswirkt.

Für das Simulationsmodell ENVI-met wird das Plangebiet an den Rändern erweitert, um den Einfluss der umliegenden Flächennutzungen auf das Gebiet zu berücksichtigen. Das digitale Geländemodell deckt daher eine Fläche von 250 m x 308 m (7,7 ha) mit 125 x 154 Gitterzellen bei 2 m Modellgittermaschenweite ab. Das digitale Geländemodell ist in Abb. 24 rechts dargestellt.

5.3.2 Ergebnisse

5.3.2.1 Tagsituation (16 Uhr MEZ) eines heißen Tages

Die Verteilung der **potenziellen Temperatur** in 2 m ü. Gr. für 16 Uhr MEZ eines heißen Tages ist in Abb. 25 dargestellt. Innerhalb des Gebietes beträgt der Temperaturunterschied max. 3 K. Hohe Temperaturen zwischen 28 °C und 29 °C werden im sonnenexponierten Bereich der südlichen Freifläche erreicht. Innerhalb der drei Baublöcke ist das thermische Niveau ca. 1,5 K niedriger (ca. 27 °C), dessen Ursache in der Verschattung sowohl durch die Blockrandhäuser, als auch durch die Hinterhofgebäude und -bäume liegt.



Abb. 24: Luftbildkarte (links) sowie Gebäude- und Vegetationsmodell (rechts) des ENVI-met-Modellgebietes M2 „Luitpoldstraße Schalker“ in Gelsenkirchen. (Luftbildquelle: IT-NRW 2012)

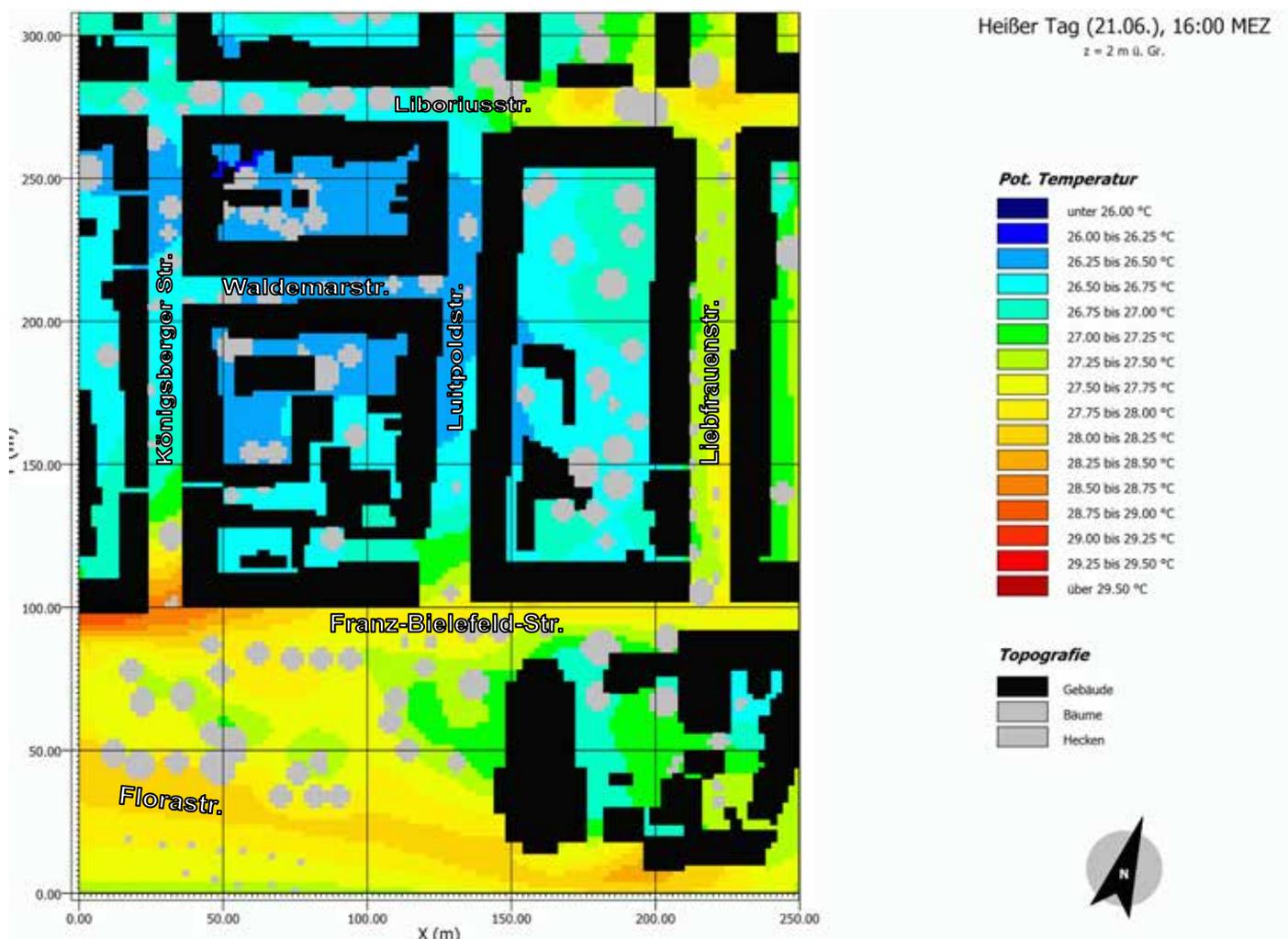


Abb. 25: Verteilung der potenziellen Temperatur in 2 m ü. Gr. des Modellquartieres M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Sommertages (21. Juni).

Die **Durchlüftungsverhältnisse** im Bodenniveau (2 m ü. Gr.) werden durch die Bebauung nachteilig beeinflusst. Wie in Abb. 26 zu erkennen ist, herrschen im Bereich der frei anströmbaren Freifläche Windgeschwindigkeiten von $> 1,3$ m/s vor. Auch im östlichen Randbereich der Franz-Bielefeld-Straße und Liboriusstraße sind aufgrund der östlichen Anströmung Düseneffekte zu erkennen. Davon abgesehen ist aber die Windgeschwindigkeit in den Straßenschluchten sowie insbesondere in den Innenhöfen auf Werte $< 0,3$ m/s reduziert. Ursache ist die weitgehende Geschlossenheit der Blockrandbebauung.

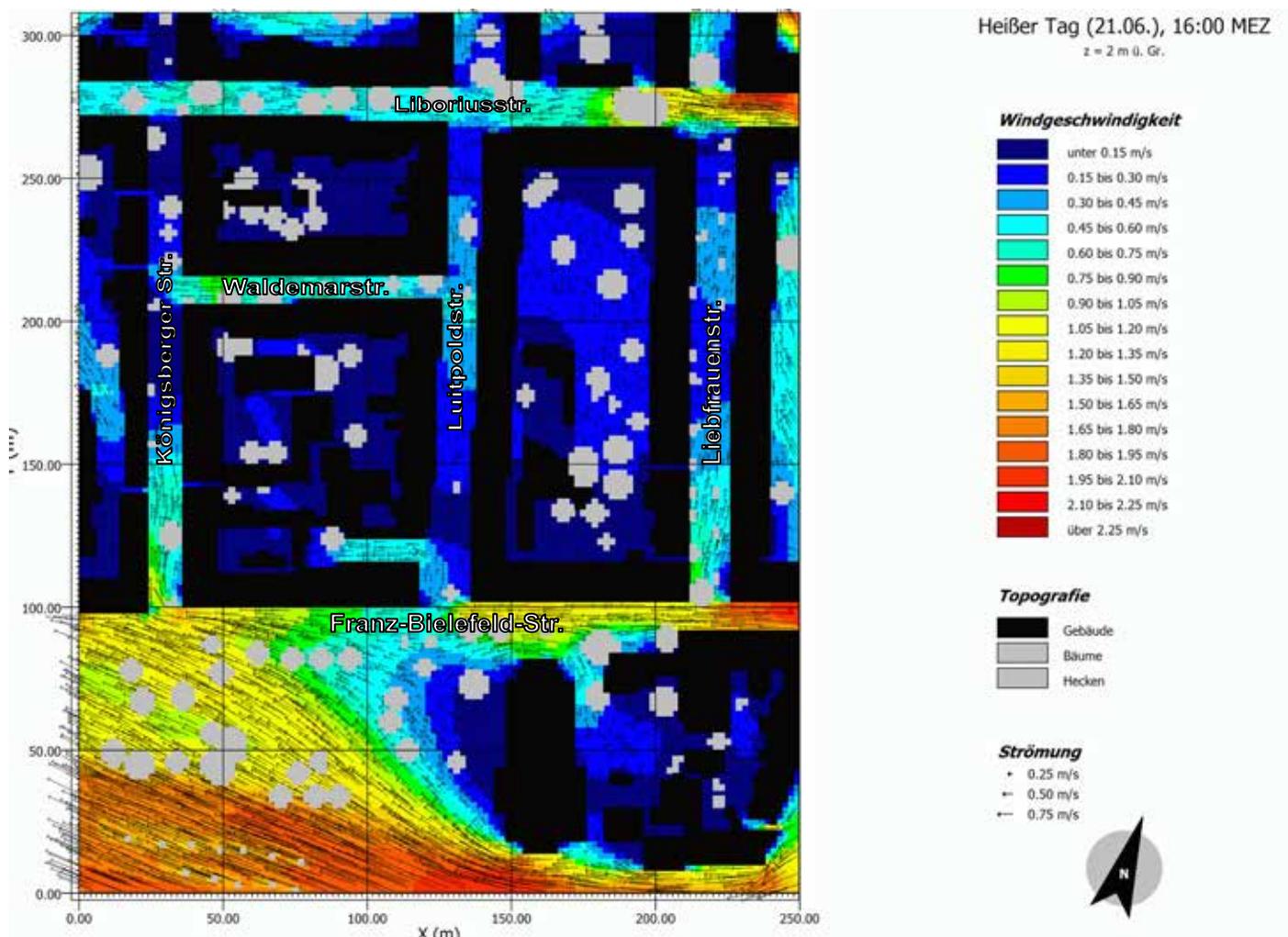


Abb. 26: Verteilung des Strömungsfeldes in 2 m ü. Gr. des Modellquartieres M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

Die **Wärmebelastung** in 2 m ü. Gr. um 16 Uhr MEZ ist in Abb. 27 dargestellt. Entsprechend der heißesten Stunde des Tages und der hohen Sonneneinstrahlung liegen die PMV-Werte im gesamten Gebiet im positiven Bereich, d. h. innerhalb der Kategorie Wärmebelastung (vgl. Tab. 8, S. 52). Hinsichtlich des Grades der Wärmebelastung sind deutliche Unterschiede zu verzeichnen. In den Bereichen der offenen, baumfreien Flächen herrschen mit $PMV > 3,0$ heiße bis sehr heiße Bedingungen vor, entsprechend einer starken bis extremen Hitzebelastung. Gleiches gilt für die sonnenexponierten Westfassaden sämtlicher Gebäude. Im Gegenzug sind in den Schattenbereichen der Bäume und Gebäude PMV-Werte von lediglich 0,5 bis 1,0 entsprechend eines leicht warmen Empfindens mit nur schwacher Belastung zu verzeichnen. Die Differenz zu den sonnenexponierten Bereichen beträgt somit ca. 2,5 Behaglichkeitsstufen.

Somit wird deutlich, dass Wärmebelastung hauptsächlich durch die Sonnenexposition hervorgerufen wird und daher als effizienteste Minderungsmaßnahme wiederum die Verschattung zu nennen ist.

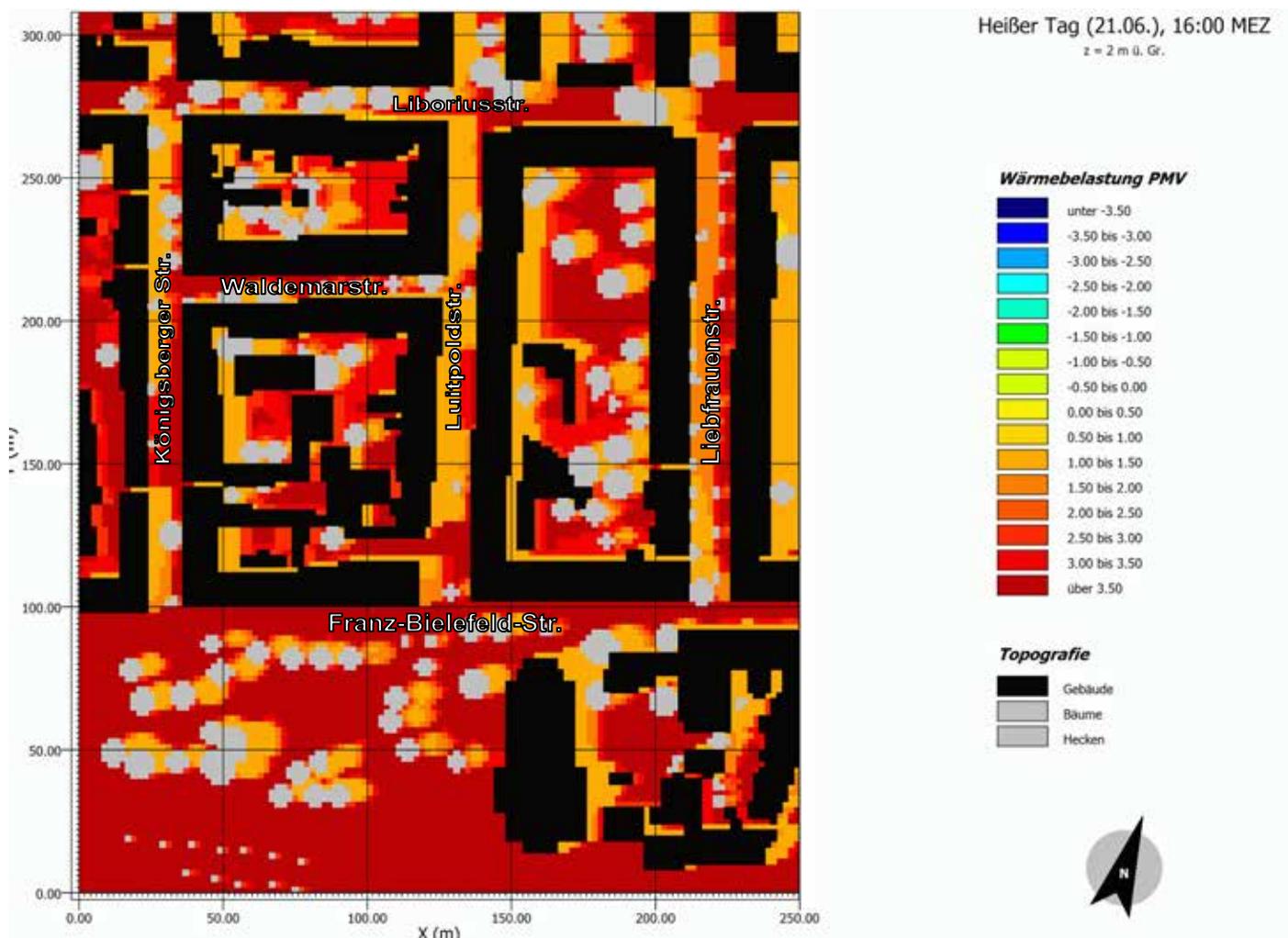


Abb. 27: Verteilung der thermischen Behaglichkeit PMV in 2 m ü. Gr. des Modellquartiers M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen für 16 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

5.3.2.2 Nachtsituation (23 Uhr MEZ) eines heißen Tages

In der Nacht ist das **thermische Niveau** nur gering ausdifferenziert. Laut Abb. 28 betragen die gebietsweiten Unterschiede lediglich 2,0 K (18,5 °C bis 20,5 °C). Die höheren Temperaturen von 20,0 °C bis 20,5 °C treten im Bereich der versiegelten Innenhöfe der beiden westlichen Baublöcke auf, während im Innenhof des östlichen Baublocks, im Bereich des Gartens die Temperaturen ca. 1 K niedriger sind. Die Gebäude strahlen die am Tage gespeicherte Wärme langsam wieder ab, während in den Innenhöfen aufgrund der baulichen Ge-

geschlossenheit die Ventilation zum Erliegen kommt. Dabei sind die nächtlichen **Durchlüftungsverhältnisse** im Bodenniveau (2 m ü. Gr.) (Abb. 29) mit der Tagsituation identisch.

Aufgrund der weitgehenden Geschlossenheit der Blockrandbebauung ist in den Straßenschluchten sowie insbesondere in den Innenhöfen die Windgeschwindigkeit äußerst gering ($< 0,3$ m/s), während in den frei anströmbaren südlichen Freiflächen die Durchlüftung mit Windgeschwindigkeiten $> 1,3$ m/s relativ effizient ist.

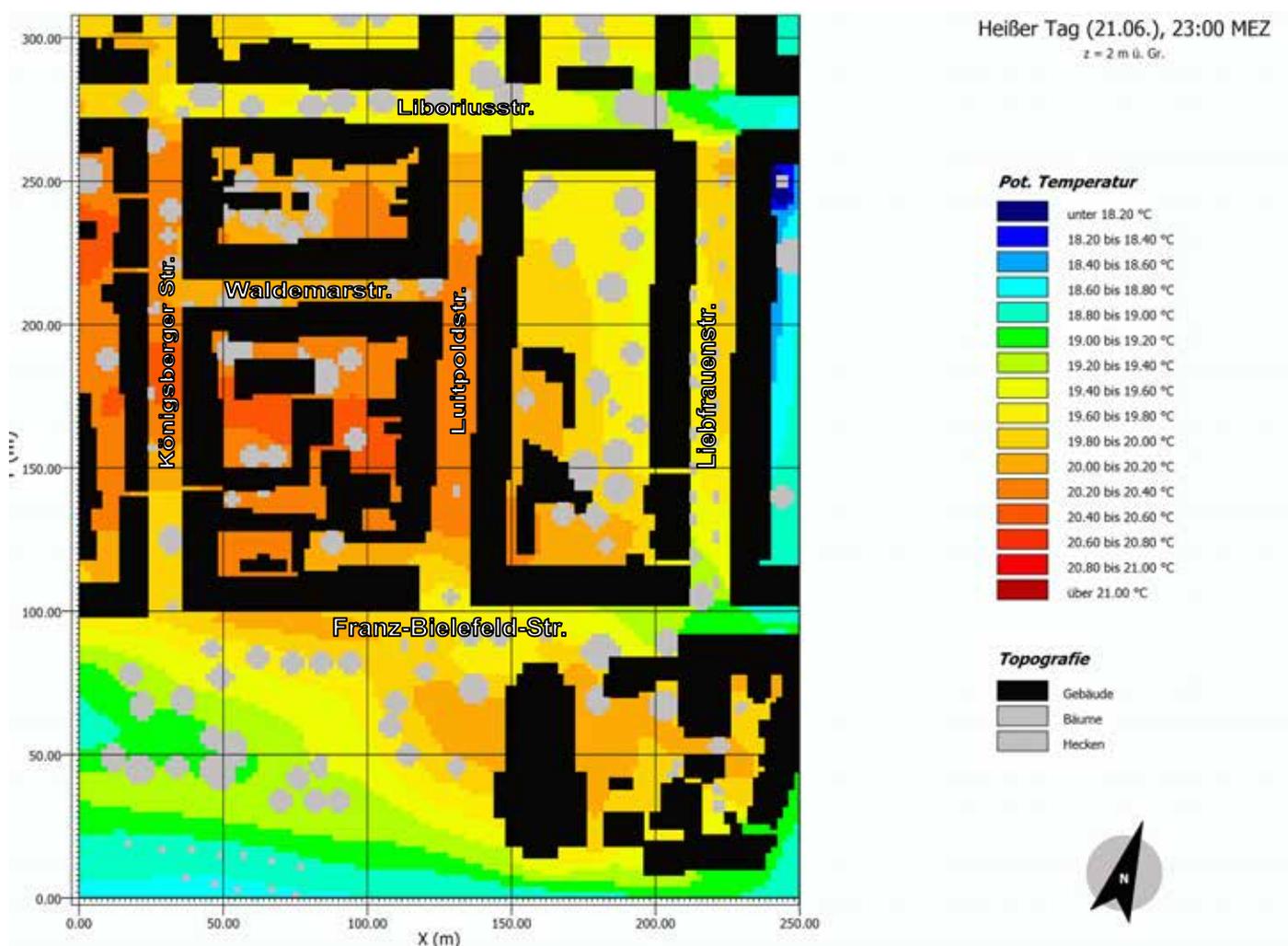


Abb. 28: Verteilung der potenziellen Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. des Modellquartieres M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

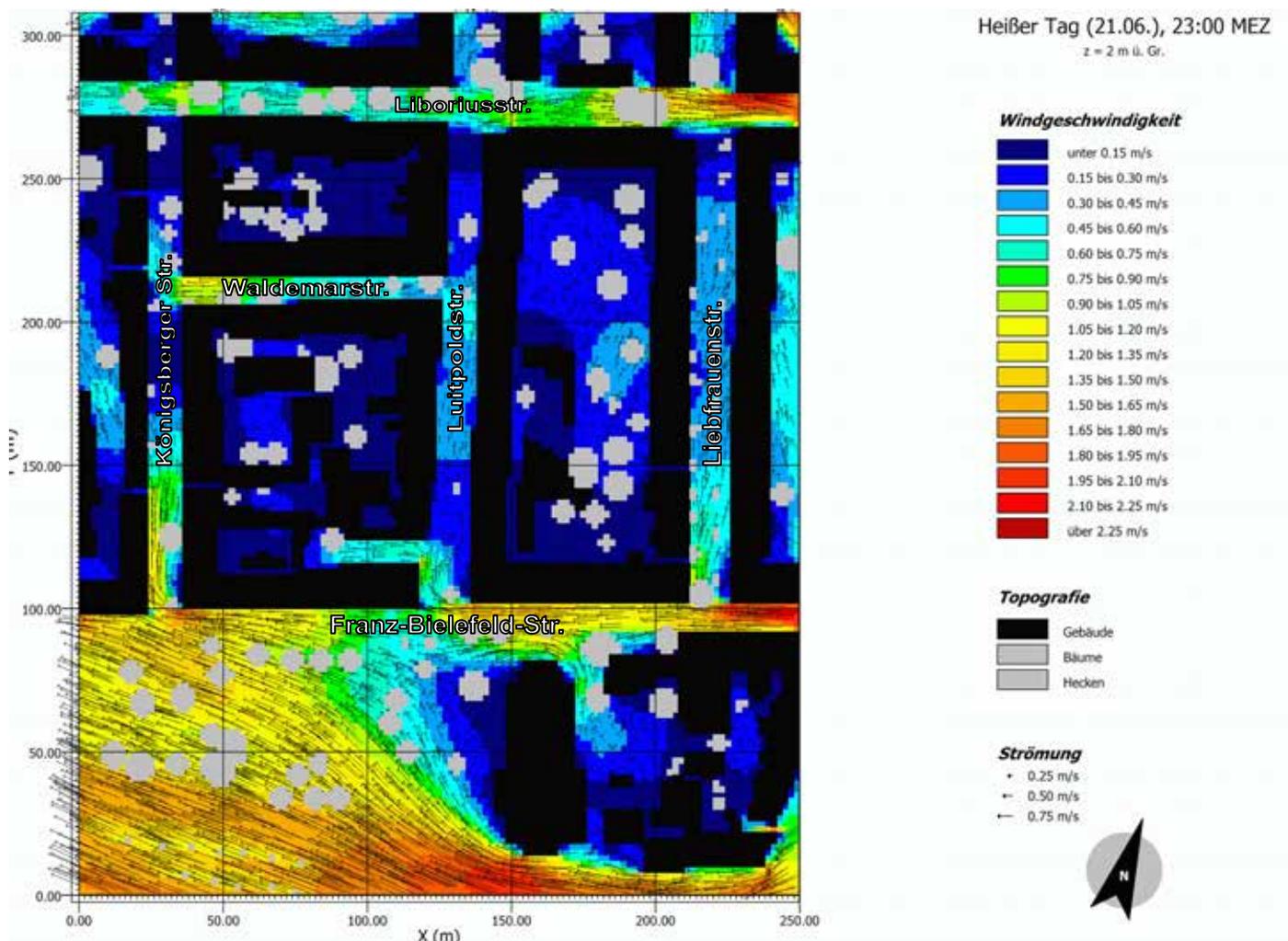


Abb. 29: Verteilung des Strömungsfeldes in 2 m ü. Gr. des Modellquartieres M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

Das **thermische Niveau** stellt sich nachts insgesamt als behaglich dar (Abb. 30). Die PMV-Werte liegen zwischen -2,0 im Bereich der Freiflächen und 0,0 im Bereich der wärmeren Gebäudebereiche. Das thermische Empfinden ist damit als leicht kühl bis behaglich zu bezeichnen und als schwacher Kältereiz einzustufen. Unter Berücksichtigung der Modelleinschränkung, dass auch für die Nachtsituation eine leichte Sommerbekleidung ($clo = 0,5$) im Freien angenommen wird, ist die thermische Situation als behaglich bzw. ausgeglichen zu bewerten.

Somit wird auch hier deutlich, dass Wärmebelastung hauptsächlich am Tage durch die Sonnenexposition hervorgerufen wird und nachts zumindest im Außenbereich keine besondere Rolle spielt. Dieses schließt jedoch nicht aus, dass in den Gebäuden die Wärmebelastung infolge der Aufheizung am Tage und der nur schwachen Auskühlung in der Nacht ein großes Problem darstellt.

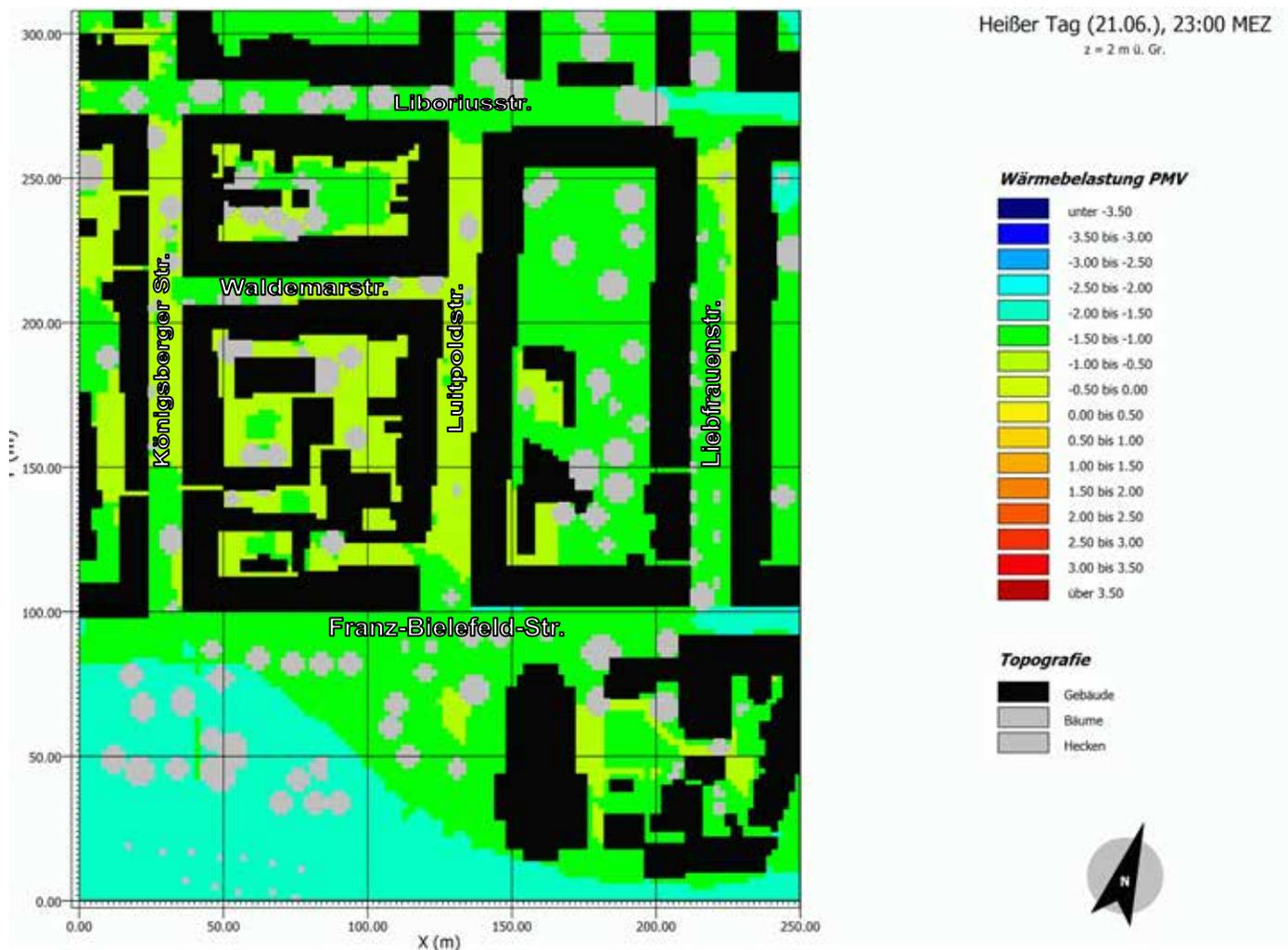


Abb. 30: Verteilung der thermischen Behaglichkeit PMV in 2 m ü. Gr. des Modellquartieres M2 „Luitpoldstraße Schalke“ in Gelsenkirchen für 23 Uhr MEZ eines windschwachen heißen Tages (21. Juni).

5.4 Zusammenfassung der Simulationsergebnisse

Die Wärmebelastung im Freien ist nur während der Tagstunden möglicher heißer Tage aufgrund hoher Sonneneinstrahlung von Relevanz. Offene, sonnenexponierte Flächen (Wiesen, Marktplätze, etc.) sind besonders betroffen, während im Schattenbereich der Gebäude und Bäume die Wärmebelastung wesentlich weniger kritisch ist. Nachts stellt die Wärmebelastung hingegen kein Problem dar, wenngleich in Gebäuden aufgrund der am Tage aufgespeicherten und nachts abgegebenen Wärme die Wärmebelastung weiterhin hoch sein kann.

Es wird deutlich, dass die Verschattung von offenen Flächen und sonnenexponierten Gebäudefassaden zu den effizientesten Hitzeminderungsmaßnahmen in den simulierten Quartieren zählen.

Hinsichtlich der Durchlüftung ist leeseits der geplanten Gebäude eine Windgeschwindigkeitsreduktion zu beobachten, die zu Wärmestagnation zwischen den Gebäuden und im Straßenraum führen kann. Die Ventilation könnte verbessert werden, wenn die Gebäude in Längsrichtung zur Anströmrichtung positioniert oder ihre Abstandsflächen vergrößert würden.

Handlungsoptionen:

Für die beiden untersuchten Quartierstypen der „verdichteten Bebauung“ (M1) und „Innenstadt“ (M2) stehen gemäß Kap. 4.3.2.1 weitere Anpassungsmaßnahmen (siehe Anhang) zur Verfügung.

Zur Reduzierung von **Gebäudeaufheizungen** sind neben der Fassadenverschattung (H14, H18) Dachbegrünungen oder Fassadenbegrünungen (H8, H10) sowie Wärmedämmungen (H14) in Erwägung zu ziehen.

Gegen Hitzestau im **Außenbereich** (Straßenschluchten, Hinterhöfe und zwischen Gebäuden) sind im Bestand die Schaffung beschatteter Flächen (H22), beispielsweise durch Begrünung von Straßenzügen (H7) geeignet. Auch allgemeine Freiflächen (H5) sowie insbesondere verdunstungsaktive Flächen wie Gärten, Parks oder Wasserflächen sollten erhalten oder geschaffen werden (H6, H12), wobei die Wasserversorgung (H19) durch die Nutzung lokalen Grundwassers (H26) sichergestellt werden sollte. Bei der Aufwertung der Gärten und Freiflächen sollten Pflanzen bevorzugt werden, die sowohl strenge Winter als auch längere sommerliche Trockenepisoden tolerieren (H20).

Für den hypothetischen Fall einer potentiellen **Neugestaltung** der beiden Quartiere (M1 als Neubaugebiet bzw. M2 als Sanierungsfläche) sollte die Gebäudeausrichtung hinsichtlich minimaler Sonnenexposition und verbesserter Durchlüftung (große Gebäudeabstände) optimiert werden (H13), wobei zu prüfen ist, ob das Quartier an bestehendes Vernetzungsgrün oder an bestehende Frischluftflächen oder Ventilationsbahnen in der Peripherie (H11, H16) angebunden werden kann.

6 Literatur

- BauGB (2011): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22. Juli 2011 (BGBl. I S. 1509) geändert worden ist.
- BauNVO (1993): Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 132), die durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. April 1993 (BGBl. I S. 466) geändert worden ist.
- BauO NRW (2000) Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen – Landesbauordnung (BauO NRW), Bekanntmachung der Neufassung vom 1. März 2000 (Fn 1).
- BNatSchG (2011): Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 6. Dezember 2011 (BGBl. I S. 2557) geändert worden ist.
- Bruse, M., H. Fleer (1998): Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model, *Environmental Modelling and Software*, 13, 373–384.
- Bunderegierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Beschlossen vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008. 78 S.
- De Greef, P. (2009): Rotterdam Watercity 2030. The Flood: an opportunity for an attractive city. <http://www.rotterdamclimateinitiative.nl>
- Fleischhauer, M. & B. Bornefeld (2006): Klimawandel und Raumplanung, in: *RuR* 3/2006, S.161- 171.
- Helbig, A.; J. Baumüller; M.J. Kerschgens (Hrsg.) (1999): *Stadtklima und Luftreinhaltung*. 2. Aufl., Springer-Verlag, Berlin.
- IPCC (2007): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: *Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC)*, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor und H.L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch ProClim-, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin.
- IT-NRW - Information und Technik Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2012): Großmaßstäbige Luftbildkarte NRW und DGK10 NRW. GeoServer NRW des Geoinformationszentrums NRW. Düsseldorf. <http://www.geoserver.nrw.de>.
- Kreienkamp, F. & A. Spekat (2008): IDP - Ein Werkzeug zur explorativen Datenanalyse. *Climate and Environment Consulting Potsdam GmbH, Potsdam*.
- Kuttler, W. (2010): Urbanes Klima, Teil 2. - In: *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Umweltmeteorologie*, 70, Nr. 9 – September 2010, S. 378-382.
- Kuttler, W. (2011a): Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen; *Climate change in urban areas, Part 1, Effects*. - In: *Environmental Sciences Europe (ESEU)*, Springer open, DOI: 10.1186/2190-4715-23-11, S. 1-12.
- Kuttler, W., D. Düttemeyer & A.-B. Barlag (2011b): Erstellung eines Konzeptes zur städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel in Gelsenkirchen - Stufe II: Stadtklimamanagement. Durchgeführt im Auftrag der Stadt Gelsenkirchen, Referat Umwelt. 48 S.
- Kuttler, W., A. Goldbach, N. Müller, H. Püllen, D. Düttemeyer & A.-B. Barlag (2009): E4.3 - Handlungsleitfaden zur Verbesserung des Stadtklimas. – Teilprojekt des Institutes für Geographie, Abteilung Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie der Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, im interdisziplinären BMBF-Forschungsprojekt „*dynamiklim* - Dynamische Anpassung regionaler Planungs- und Entwicklungsprozesse an die

Auswirkungen des Klimawandels am Beispiel der Emscher-Lippe-Region (Nördliches Ruhrgebiet)“ im Rahmen des Programms "Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten (KLIMZUG)" des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), Berlin. (in Bearbeitung)

- Kuttler, W., M. Mersmann, & A.-B. Barlag (2011a): Gesamtstädtische Klimaanalyse Gelsenkirchen - Abschlussbericht. Durchgeführt im Auftrag der Stadt Gelsenkirchen, Referat Umwelt.
- MAYER H (2006): Indizes zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen und lufthygienischen Komponente des Klimas. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 66, 4, 165-174.
- MBV - Ministerium für Bauen und Verkehr NRW (Hrsg.) (2009): Klimaschutz in der integrierten Stadtentwicklung - Handlungsleitfaden für Planerinnen und Planer. Bearbeitet von R. Schüle, N. Richter, B. Wittger (WI), R. Fox-Kämper, B. Kelberla (Inst. F. Landes- und Stadtentwicklungsforschung). 63 S. Düsseldorf.
- MUNLV - Minist. f. Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (Hrsg.) (2010): Handbuch Stadtklima - Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel (Langfassung). Bearbeitet von M. Steinrücke, A. Snowdon (RVR), W. Kuttler, D. Düttemeyer & A.-B. Barlag (Univ. DU-E), J. Hasse (FiW) und C. Roesler, V. Lorke (Difu). 268 S. Düsseldorf.
- Stadt Gelsenkirchen (2011): Bevölkerungsatlas Gelsenkirchen - Teil 1: Prognose und Trendabschätzung der Bevölkerungsentwicklung 2009 bis 2030. Stabsstelle Wirtschaftsförderung und Liegenschaften. 50 S.
- Stadt Gelsenkirchen (2012a) – Anpassungen an die wasserwirtschaftlichen Folgen des Klimawandels in Gelsenkirchen (Arbeitstitel). Bearbeitet durch Emschergenossenschaft und Lippeverband in Zusammenarbeit mit Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Karlsruhe), Kommunal- und Abwasserberatung NRW GmbH sowie den Städten Gelsenkirchen, Lünen, Velbert und Wachtberg im Projekt „Nachhaltige Weiterentwicklung urbaner Wasserinfrastrukturen unter sich stark ändernden Randbedingungen (NAUW)“.
- Stadt Gelsenkirchen (2012b) – Bevölkerungsstatistik Gelsenkirchen 2010. Stadt Gelsenkirchen, Stabsstelle Wirtschaftsförderung, WIFÖ/1 - Abt. Strukturentwicklung.
- Stadt Gelsenkirchen (2012c). Digitale Auszüge des B-Plans, des Gebäudemodells sowie des Baumkatasters Gelsenkirchens (Stand: Dezember 2011). Referat Vermessung u. Kataster 62/3.
- Stadt Zürich (2009): Ressourcenstrategie der Stadt Zürich - Stadt Zürich, Amt für Hochbauten.
- UBA (2008a): Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung. Forschungsbericht 205 42 322, UBA-FB 001217. 101S. Umweltbundesamt Dessau.
- UBA (2008b): Klimawandel in Deutschland - Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Forschungsbericht 201 41 253, UBA-FB 000844. 203 S. Umweltbundesamt Dessau.
- VDI RL 3787, Blatt 2 (2008): Umweltmeteorologie - Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung - Teil I: Klima. 32 S. Düsseldorf.

Anhang A – Katalog der Handlungsmaßnahmen

Hinweis: Bei den nachfolgenden Seiten handelt es sich um einen Originalauszug aus:

MUNLV - Minist. f. Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (Hrsg.) (2010): Handbuch Stadtklima - Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel (Langfassung). 268 S. Düsseldorf. S. 162 – 190.

H1 Integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche

Bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen ist die Zusammenarbeit verschiedener Bereiche innerhalb der Kommune ein entscheidender und das Ergebnis beeinflussender Faktor. In vielen Kommunen finden einzelne planerische Verfahren (z. B. Bauleitplanung, wasserwirtschaftliche Planung) überwiegend getrennt oder zeitlich nachgeschaltet statt. Dementsprechend schwer ist es, unterschiedliche Belange in die jeweils anderen planerischen Verfahren einzubringen. Insbesondere die Belange derjenigen kommunalen Ressorts, die lediglich als Träger öffentlicher Belange in Planungsverfahren eingebunden sind (z. B. Gesundheitsressort), finden im Rahmen der Umsetzung nur selten Berücksichtigung.

Durch eine integrierte Zusammenarbeit der verschiedenen Planungsbereiche zu einem möglichst frühen Zeitpunkt der Maßnahmenplanung besteht die Möglichkeit, die verschiedenen Belange frühzeitig zu bündeln, besser untereinander abzuwägen und möglichst in Einklang zu bringen. Eine integrierte Zusammenarbeit kann ergänzend zur schriftlichen Abfrage von Stellungnahmen im Rahmen regelmäßiger Ressortbesprechungen oder projektbezogener ressortübergreifender Arbeitsgruppen erfolgen (siehe Kap. 4.2). Mögliche Zielkonflikte von Maßnahmen können durch eine integrierte Planung mit Beteiligung verschiedener Ressorts entschärft werden, Synergien aufgedeckt und genutzt werden (siehe Kapitel 4.3).

Durch die integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche kann der Besprechungsaufwand in den Kommunen zwar anwachsen, letztlich wird die Planungsarbeit durch frühzeitige Absprachen aber erleichtert und qualitativ verbessert.

H2 Überprüfung der technischen Machbarkeit

Für fast alle Anpassungslösungen ist eine Überprüfung der jeweiligen technischen Machbarkeit erforderlich. Die Maßnahme H2 steht daher übergeordnet über den weiteren Handlungsvorschlägen. Sie resultiert aus den Rahmenbedingungen des Systems, insbesondere aus den baulich-technischen Eigenschaften in einem Plangebiet.

So machen einige Anpassungslösungen wie z. B. Dachbegrünungen oder die Begrünung von Straßenzügen keinen Sinn, wenn nicht zuvor die baulich-technischen Voraussetzungen wie Dachstatik oder der Verlauf von Leitungstrassen und Kanälen im Straßenbereich abgeklärt werden. Beispielsweise sind Extensivdächer zur Dachbegrünung dank ihres geringen Gewichts im Unterschied zu intensiv bepflanzten Dachgärten auf fast allen Gebäuden auch nachträglich noch aufsetzbar. Für die Berechnung findet DIN 1055 Anwendung.

Sollen Anpassungsmaßnahmen für ganze Stadtviertel entwickelt werden, ist die Durchführung einer technischen Machbarkeitsstudie sinnvoll, die z. B. klärt, welche Dächer sich zur Begrünung eignen. Das bedeutet gleichzeitig aber auch einen gewissen Aufwand im Vorfeld der Planungen.



Abb. 4-2 Extensive Dachbegrünung (Foto: Gabrian, RVR)

H3 Einbeziehung von Modellierungen in die Planung

Die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Klimaelementen wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit oder Wind und einer Stadt sind so komplex, dass man die Folgen von baulichen oder anderen Veränderungen in einem Stadtviertel nicht ohne weiteres abschätzen kann. Sollen Auswirkungen einer beabsichtigten Veränderung der Stadtstruktur vorausgesagt werden, ist der Einsatz eines numerischen Simulationsmodells eine sinnvolle Lösung. Ein solches Simulationsmodell berücksichtigt die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen urbanen Klimafaktoren wie Bebauung und Vegetation und der Atmosphäre. Auf diesem Weg ist eine sowohl eine Planung zur Vermeidung von Belastungsräumen als auch die Optimierung bereits vorhandener Strukturen möglich (Bruse 2003).

Während rein qualitative Aussagen zu geplanten Maßnahmen meist von Experten getroffen werden können, ist die Quantifizierung einer Veränderung beispielsweise der Lufttemperatur durch eine Parkanlage nur mittels numerischer Simulation möglich. Eine ökologisch sinnvolle und ökonomisch effiziente Begrünung von städtischen Gebieten ist folglich nur möglich, wenn man in der Lage ist, Bereiche zu identifizieren, in denen ein Handlungsbedarf besteht, und abzuschätzen, mit welcher Strategie und mit welchem Einsatz ein möglichst hoher Kosten-Nutzen-Quotient erreicht wird. Das in der Arbeitsgruppe Klimaforschung der Ruhr-Universität Bochum entwickelte Computermodell ENVI-met (www.ENVI-met.com) kann eingesetzt werden, um das Mikroklima und die Luftqualität in städtischen Strukturen, in vorhandenen genauso wie in geplanten, zu berechnen. Dieses Modell ist frei verfügbar und stellt damit ein effizientes und sinnvolles Werkzeug zur Optimierung von Anpassungsmaßnahmen. Es existieren eine Reihe weiterer mikroskaliger Modelle, wie beispielsweise das MUKLIMO_3 des DWD, die hier zum Einsatz kommen können.

Mikroskalige Modelle dienen zur Simulation der Wind-, Temperatur- und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen. Sie erfassen urbane Strukturen als Gesamtsystem und beschreiben dynamische klimatologische Vorgänge. Es werden Parameter wie Gebäudeoberflächen, Bodenversiegelungsgrad, Bodeneigenschaften, Vegetation und Sonneneinstrahlung einbezogen. Durch die Wechselwirkungen von Sonne und Schatten sowie die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Materialien (spezifische Wärme, Reflexionseigenschaften) entwickeln sich im Laufe eines simulierten Tages unterschiedliche Oberflächentemperaturen, die ihrerseits in Abhängigkeit vom Windfeld ihre Wärme mehr oder minder stark an die Luft abgeben. Um Wechselwirkungen zwischen der Vegetation und der Atmosphäre zu simulieren, kann das physiologische Verhalten der Pflanzen nachgebildet werden.

Das folgende Beispiel einer mikroskaligen Simulation mit dem Modell ENVI-met (www.envi-met.com) zeigt die Auswirkungen einer gestalterischen Veränderung durch die Anlage von Grünflächen in einem Wohnblock. Abbildung 4-3 gibt einen Überblick über das Modellgebiet mit Wohnblocks, Rasen, Hecken und Bäumen. Für diese Modellvariante wurden die Temperaturunterschiede zu einer vollversiegelten Variante ohne Vegetation berechnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4-4 dargestellt. Es zeigt sich, dass im Bereich der Grünanlage die Lufttemperaturen in 2 m Höhe um 0,3 bis 0,5 K niedriger sind. Die höchste Abkühlung ist nördlich des Gebäudekomplexes zu erkennen. Hier wirkt sich ein kleiner Bachlauf in der Variante mit der Grünanlage kühlend auf die Umgebung aus.

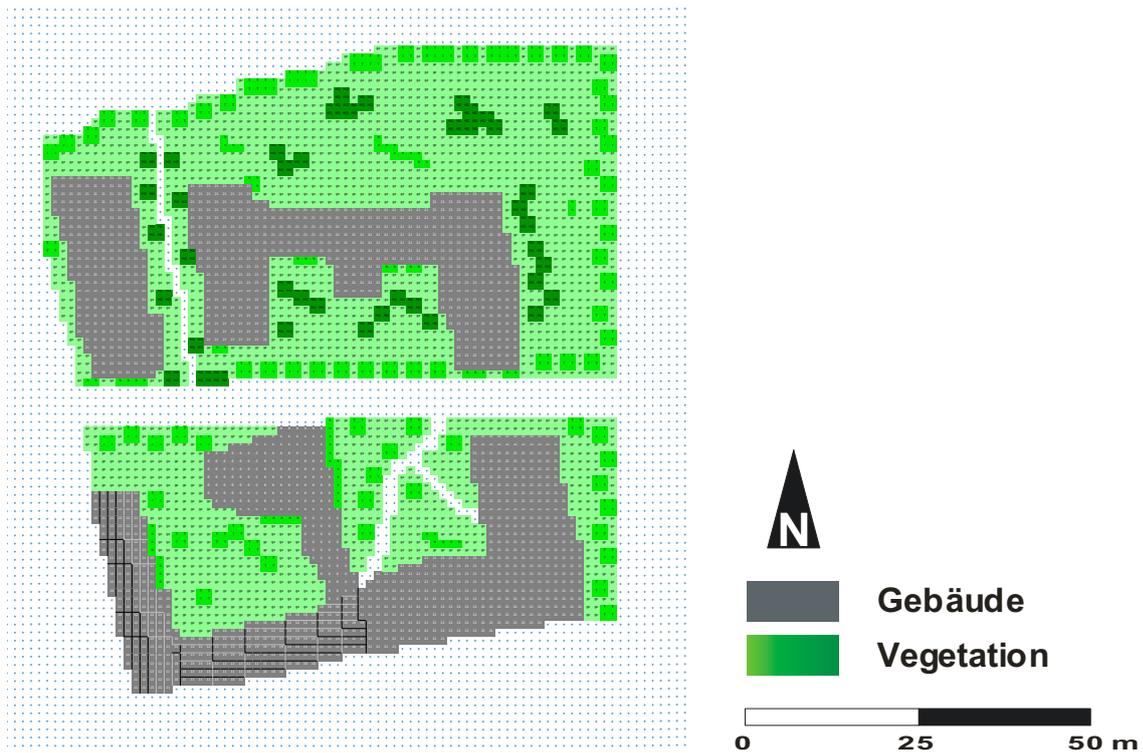


Abb. 4-3 ENVI-met - Modellgebiet mit Grünanlage

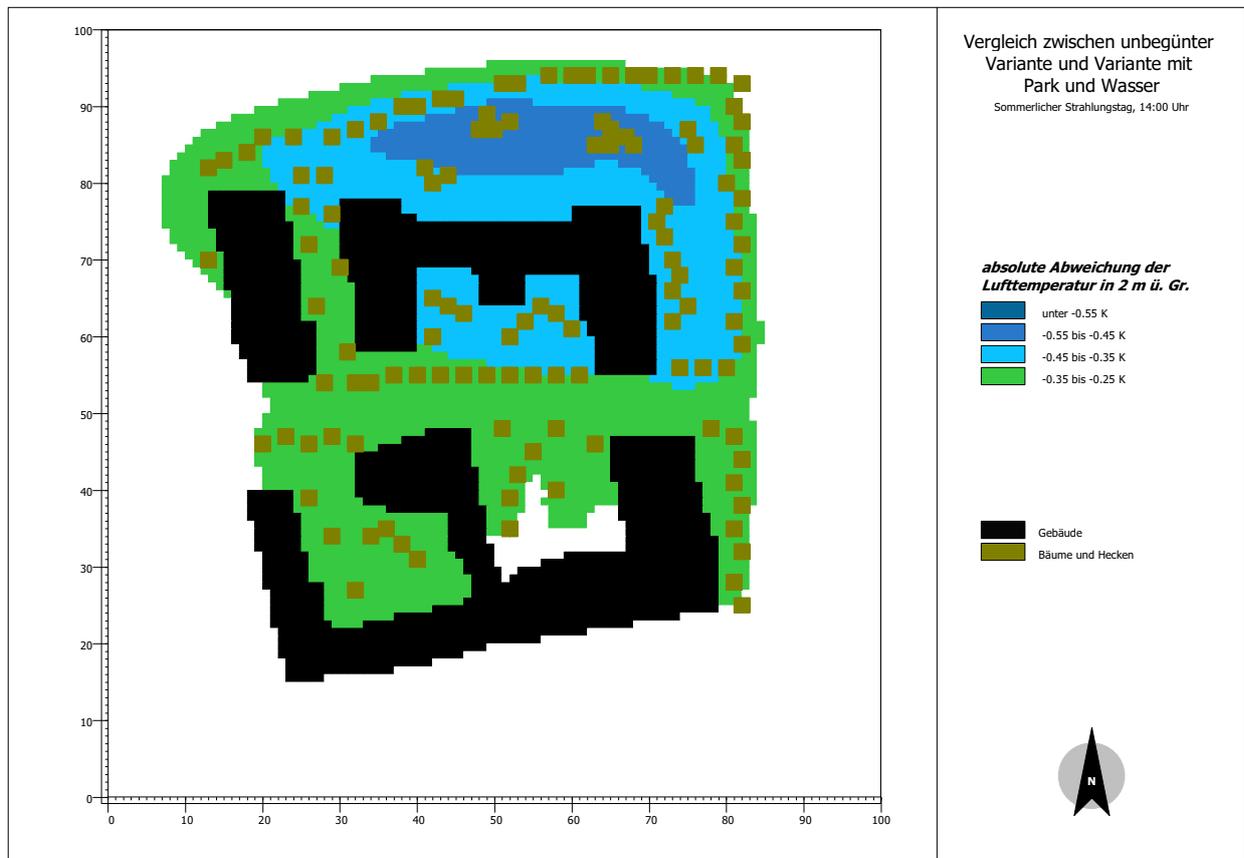


Abb. 4-4 Temperaturabweichungen zwischen einer vollversiegelten Variante ohne Vegetation und dem Modellgebiet mit Grünanlage (s. Abb. 4-3)

H4 Festlegen von Bebauungsgrenzen

Um auch bei schwachen Strömungen eine ausreichende Stadtbelüftung zu gewährleisten, ist eine geringe Flächenausdehnung und Bebauungsdichte der Siedlungskörper erforderlich. So kann durch das Heranführen von Frisch- und Kaltluft aus der Umgebung die Hitzebelastung in den Innenstädten deutlich abgemildert und die lufthygienische Situation dort verbessert werden.



Abb. 4-5 Siedlungsrand in Bochum (Foto Gabrian, RVR)

Im Umland einer Stadt sollten daher ausreichend Freiflächen für den Luftaustausch mit der Innenstadt zur Verfügung stehen. Insbesondere wenn nur wenige Freiflächen als Pufferraum zwischen dicht nebeneinander liegenden Städten vorhanden sind oder durch weitere Baumaßnahmen mit einer Einschränkung der Frischluftzufuhr zu rechnen ist, sollten im Stadtrandbereich Bebauungsgrenzen festgesetzt werden. Damit kann der Erhalt klimatisch wertvoller Freiräume gesichert und einer Zersiedelung des Stadtgebietes entgegengewirkt werden (siehe Abb. 4-5).

Innerstädtische Grünzüge sollten – wo immer möglich – vernetzt werden. Zur Sicherung der Stadtbelüftung über innerstädtische Grünzüge und Frischluftschneisen müssen auch diese Räume durch Festsetzung von Bebauungsgrenzen freigehalten werden.

Durch das Festsetzen von Bebauungsgrenzen werden somit folgende Ziele verfolgt:

- Schutz des Außenraumes vor weitergehender Bebauung (Abb. 4-6)
- Schutz innerstädtischer Regenerationsflächen vor zusätzlicher Bebauung (Abb. 4-7)

Zwischen dem Freihalten von innerstädtischen Flächen und den Zielen einer klimaschonenden Stadtentwicklung ergeben sich häufig Zielkonflikte (s. auch Kap. 4.3). Eine Bebauung von Freiflächen führt zu kompakten Siedlungsstrukturen, die flächen-, verkehrs- und energiesparend sind. Andererseits wird durch die Verdichtung der Bebauung der Wärmeinseleffekt verstärkt. Daher sollte mindestens als Kompromiss versucht werden, Bebauungsgrenzen anzustreben und nur in besonderen Ausnahmefällen Überschreitungen dieser zuzulassen. Eine sorgfältige Gestaltung der verbleibenden innerstädtischen Freiflächen kann den negativen Effekten der Verdichtung entgegenwirken.



Abb. 4-6 Vermeidung des Zusammenwachsens zweier Siedlungsgebiete (RVR 2006a)

Abb. 4-7 Schutz der Kaltluftproduktionsfläche vor weiterer Bebauung (RVR 2006a)

H5 Freiflächen erhalten und schaffen, Flächen entsiegeln

Neben der Bedeutung von Grünflächen als Gliederungselement in den städtischen Siedlungsräumen ist ihre Funktion als innerstädtische Ausgleichsfläche besonders hervorzuheben. Die klimatische Reichweite innerstädtischer Freiflächen variiert dabei in Abhängigkeit von der Flächengröße, ihrer Ausgestaltung sowie ihrer Anbindung an die Bebauung. Bei einer ausreichenden Flächengröße ist eine klimaregulierende Funktion der Grünflächen gewährleistet.

Eine besondere Funktion kommt den Grüngürteln 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.

Kleine, isoliert liegende Grünflächen, wie z. B. begrünte Innenhöfe (Abb. 4-8), zeigen zwar keine über die Fläche hinausreichende Wirkung, nehmen aber als „Klimaoasen“ gerade in den dicht bebauten Innenstädten wichtige Aufgaben als lokale Freizeit- und Erholungsräume wahr.

Das größte Hindernis bei der Schaffung von innerstädtischen Grünflächen ist der Platzmangel. Um mehr Vegetationsflächen zu schaffen, sollten daher auch unkonventionelle Möglichkeiten wie das Begrünen von Straßenbahngleisen genutzt werden. Die ökologischen Effekte von Rasen oder Vegetationsmatten im Gleisbett erreichen bei Weitem nicht die von Bäumen und Sträuchern, führen jedoch zu einem zeitverzögerten Niederschlagsabfluss, erhöhter Verdunstung und Abkühlung (Gorbachevskaya et al. 2009).

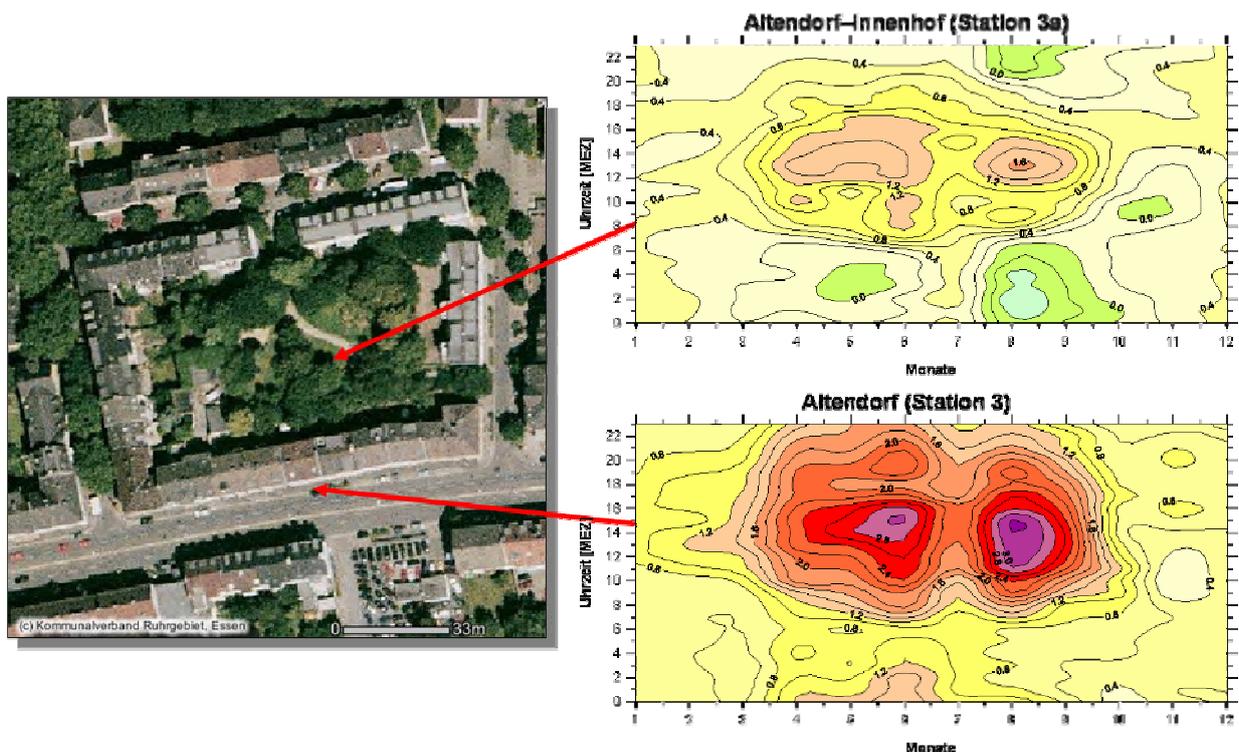


Abb. 4-8 Innenhofbegrünung an der Altendorfer Straße in Essen: Temperaturdifferenzen zum Außenbereich

H6 Parkanlagen schaffen, erhalten und umgestalten

Urbane Grünflächen haben eine hohe Bedeutung für das Lokalklima, da von Ihnen eine kühlende Wirkung ausgeht. Tagsüber führt eine Freifläche, die idealerweise aus Wiese mit Sträuchern und lockerem Baumbestand besteht (Abb. 4-9), durch Schattenwurf und Energieverbrauch aufgrund von Evapotranspiration zu einem thermisch ausgleichenden Bereich für die bebaute Umgebung. Nachts können Freiflächen durch Kaltluftbildung und Luftaustausch kühlend auf die Umgebung wirken.



Abb. 4-9 Park in Duisburg (Foto: Gabrian, RVR)

Untersuchungen haben gezeigt, dass Kühlungseffekte ab einer Parkgröße von 2,5 ha zu messen sind und die Reichweite der kühlenden Wirkung eines innerstädtischen Parks etwa dem Durchmesser des Parks entspricht (Upmanis et al. 1998). Eine klimatische Fernwirkung ergibt sich erst bei ausgedehnten Parkanlagen ab 50 ha (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008). Bei einer engen Vernetzung tragen auch kleinere Grünflächen zur Abmilderung der Wärmeinsel bei.

Abbildung 4-10 zeigt das nächtliche Abkühlungspotenzial einer Parkanlage am Beispiel des Dortmunder Westparks. In der an den Park angrenzenden Bebauung (durchgezogene Linie in der Abb. 4-10) kommt es zu einer Absenkung der nächtlichen Lufttemperaturen um mindestens 0,5 K.

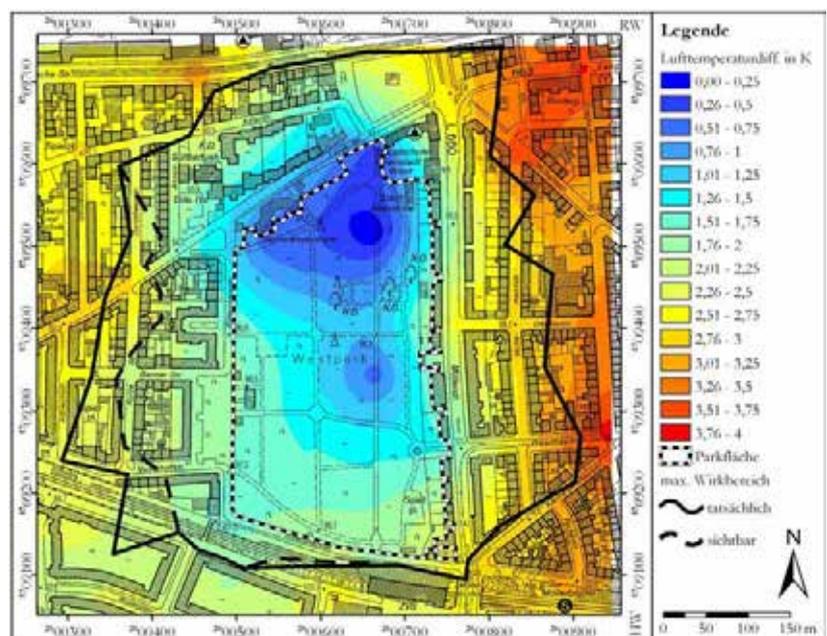


Abb. 4-10 Mittlere Verteilung der strahlungs-nächtlichen Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. im Dortmunder Westpark (Bongardt 2006)

H7 Begrünung von Straßenzügen

Im innerstädtischen Bereich kann eine Aufheizung durch Begrünung von Straßenzügen mit Bäumen und Sträuchern vermindert werden. Der Schattenwurf der Vegetation sowie Verdunstung und Transpiration der Pflanzen reduzieren die Aufheizung der versiegelten Stadtbereiche. Im Bereich von Luftleitbahnen (H16) sollten Anpflanzungen aber keine Hindernisse für Kalt- und Frischluftströmungen bilden.

Bei der Auswahl von geeigneten Straßenbäumen ist zu beachten, dass ein geschlossenes Baumkronendach in einer Straßenschlucht durch verminderten Luftaustausch zu einer Anreicherung von Luftschadstoffen im unteren Straßenraum führen kann. Es gibt auf der anderen Seite aber auch Straßenabschnitte mit einer sehr guten Durchlüftungssituation, bei denen Baumreihen aus lufthygienischer Sicht unbedenklich sind. Im Einzelfall kann dies durch eine Modellsimulation überprüft werden. Abbildung 4-11 zeigt schematisch die Ergebnisse einer solchen Simulation mit einer Anreicherung von Luftschadstoffen unter dem geschlossenen Kronendach in einer Straßenschlucht. Lufthygienische Bedenken gegen eine Begrünung mit Bäumen gelten natürlich nur dort, wo sich unterhalb der Baumkrone signifikante Emissionsquellen befinden. Wenig befahrene Straßenabschnitte, Plätze und Fußgängerzonen können durch eine Begrünung mit Straßenbäumen lokalklimatisch verbessert werden.

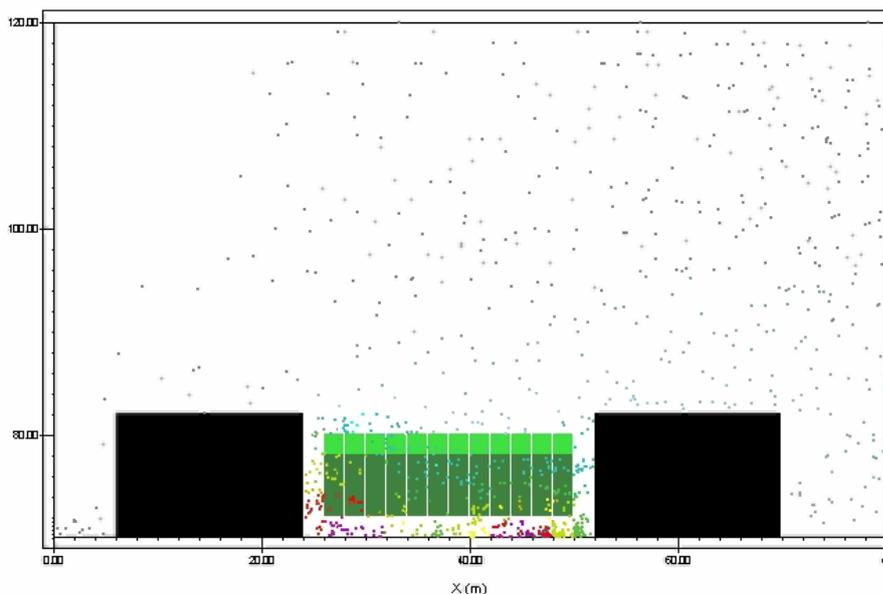


Abb. 4-11 ENVI-met – Simulation zur Verteilung des Gas-/Partikelkonzentration (bunte Punkte) in einer Straßenschlucht (schwarz: Gebäude) mit geschlossenem Baumkronendach (grün)

Bei der Auswahl von geeigneten Baumarten für die Begrünung im innerstädtischen Raum, dies gilt für eine Begrünung von Straßenzügen ebenso wie bei Parkbäumen, sind neben Faktoren wie Standortansprüchen und Verkehrssicherheit zwei Dinge zu beachten. Zum einen emittieren verschiedene Baumarten unterschiedlich große Mengen an flüchtigen organischen Stoffen, die zur Bildung von Ozon beitragen. Diese Bäume können so zu einer Erhöhung der Ozonbelastung beitragen und sind nicht zur Straßenbegrünung geeignet. Eine Auswahl an Pflanzenarten, die wenig biogene Kohlenwasserstoffe emittieren, findet sich bei Benjamin und Winer (1998).

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. In einer vom Bund deutscher Baumschulen (BdB) in Auftrag gegebenen Studie wurden am Lehrstuhl für Forstbotanik der TU Dresden (Roloff & Gillner 2007) 250 Gehölzarten auf ihre Eignung als Stadtbäume bei einem prognostizierten Klimawandel bewertet. Dafür wurde eine neue Klima-Arten-Matrix (KLAM) entwickelt, die Trockenstress-Toleranz und Winterhärte in jeweils 4 Abstufungen (sehr geeignet, geeignet, problematisch, sehr eingeschränkt geeignet) als entscheidende Kriterien heranzieht. Neben schon bisher im innerstädtischen Bereich verwendeten Gehölzen wurden auch nichtheimische Baumarten aus Herkunftsgebieten mit ähnlichen Wintertemperaturen und verstärkten Sommertrockenzeiten in die Bewertung aufgenommen. In der Tabelle 4-3 sind Bäume, die bezüglich der Trockentoleranz und der Winterhärte sehr geeignet bis geeignet sind, mit Angaben, falls vorhanden, hinsichtlich des Ozonbildungspotenzials aufgelistet. Geeignete Stadtbäume sollten möglichst wenig biogene Kohlenwasserstoffe emittieren und damit ein geringes Ozonbildungspotenzial aufweisen.



Abb. 4-12 Allee in Bochum (Foto: Bruse)

Die Klima-Arten-Matrix für Stadtbaumarten soll eine Entscheidungshilfe bei der Verwendung von Bäumen in der Stadt liefern. Eine weitere Straßenbaumliste mit fachlichen Empfehlungen wird vom Arbeitskreis Stadtbäume der Grünflächenamtsleiterkonferenz (GALK 2006) herausgegeben und aktualisiert. Es werden verschiedene Baumarten auf ihre innerstädtische Eignung für den Extremstandort Strasse in verschiedenen Regionen in Deutschland getestet. Das Ziel des GALK-Arbeitskreises ist es, die Artenvielfalt in den Städten zu erhöhen und damit möglichen Risiken durch neue, wärmeliebende Schädlinge vorzubeugen (Abicht 2009).

Tab. 4-3 Klima-Arten-Matrix (KLAM) – Einstufung wichtiger Baumarten (**fett**: heimische Arten) nach ihrer Eignung für eine Verwendung im Stadtbereich hinsichtlich Trockentoleranz, Winterhärte und Ozonbildungspotenzial (nach Roloff et al. 2008, Benjamin & Winer 1998 und Stewart & Hewitt 2002)

Erläuterung: ++ = sehr geeignet, + = geeignet, -- = ungeeignet, / = keine Untersuchungsergebnisse

In der Kategorie Trockentoleranz sehr geeignet		Winterhärte	Geringes Ozonbildungspotenzial
Acer campestre	Feld-Ahorn	++	++
<i>Acer negundo</i>	Eschen-Ahorn	++	++
Acer opalus	Schneeballblättriger Ahorn	+	/
<i>Acer rubrum</i>	Rot-Ahorn	+	/
<i>Acer x zoeschense</i>	Zoeschener Ahorn	++	/
<i>Ailanthus altissima</i>	Drüsiger Götterbaum	+	/
Alnus incana	Grau-Erle	++	/
<i>Carya tomentosa</i>	Spottnuss	+	++
<i>Catalpa speciosa</i>	Prächtiger Trompetenbaum	+	/
<i>Cedrus brevifolia</i>	Zypern-Zeder	+	/
<i>Cedrus libani</i>	Libanon-Zeder	+	/
<i>Celtis caucasica</i>	Kaukasischer Zürgelbaum	+	/
<i>Celtis occidentalis</i>	Amerikanischer Zürgelbaum	+	/
<i>Cladrastis sinensis</i>	Chinesisches Gelbholz	++	/
<i>Cupressus arizonica</i>	Arizona-Zypresse	+	++
<i>Diospyros lotus</i>	Lotuspflaume	+	/
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Schmalblättrige Esche	+	/
<i>Fraxinus pallisiae</i>	Behaarte Esche	++	/
<i>Fraxinus quadrangulata</i>	Blau-Esche	+	/
<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo, Fächerbaum	+	++
<i>Gleditsia japonica</i>	Japanische Gleditschie	+	/
<i>Gleditsia triacanthos</i>	Amerikanische Gleditschie	+	/
Juniperus communis	Gewöhnlicher Wacholder	++	++
<i>Juniperus scopulorum</i>	Westliche Rotzeder	++	/
<i>Juniperus virginiana</i>	Rotzeder	++	/
<i>Maackia amurensis</i>	Asiatisches Gelbholz	+	/
<i>Ostrya carpinifolia</i>	Gemeine Hopfenbuche	++	/
<i>Ostrya virginiana</i>	Virginische Hopfenbuche	+	/
<i>Phellodendron sachalinense</i>	Sachalin-Korkbaum	++	/
<i>Pinus bungeana</i>	Bunges Kiefer	+	/
<i>Pinus heldreichii</i>	Panzer-Kiefer	++	/
<i>Pinus nigra</i>	Schwarz-Kiefer	++	+
<i>Pinus ponderosa</i>	Gelb-Kiefer	+	+
<i>Pinus rigida</i>	Pech-Kiefer	+	/
Pinus sylvestris	Wald-Kiefer	++	+
<i>Platanus x hispanica</i>	Ahornblättrige Platane	+	--
Populus alba	Silber-Pappel	+	--
Prunus avium	Vogel-Kirsche	++	++
<i>Quercus bicolor</i>	Zweifarbige Eiche	++	/
Quercus cerris	Zerr-Eiche	+	+
<i>Quercus coccinea</i>	Scharlach-Eiche	+	--
<i>Quercus frainetto</i>	Ungarische Eiche	+	/
<i>Quercus macranthera</i>	Persische Eiche	+	/
<i>Quercus macrocarpa</i>	Klettenfrüchtige Eiche	++	/
<i>Quercus montana</i>	Kastanien-Eiche	+	/
<i>Quercus muehlenbergii</i>	Gelb-Eiche	+	/
Quercus pubescens	Flaum-Eiche	+	/
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Gemeine Robinie	++	++
<i>Robinia viscosa</i>	Klebrige Robinie	++	/

Fortsetzung Tab. 4-3

In der Kategorie Trockentoleranz sehr geeignet		Winterhärte	Geringes Ozon- bildungspotenzial
<i>Sophora japonica</i>	Japanischer Schnurbaum	+	+
<i>Sorbus aria</i>	Echte Mehlbeere	++	+
<i>Sorbus badensis</i>	Badische Eberesche	++	+
<i>Sorbus domestica</i>	Speierling	+	+
<i>Sorbus latifolia</i>	Breitblättrige Mehlbeere	+	+
<i>Sorbus torminalis</i>	Elsbeere	+	+
<i>Sorbus x thuringiaca</i>	Thüringer Mehlbeere	++	+
<i>Thuja orientalis</i>	Morgenländischer Lebensbaum	+	/
<i>Tilia mandshurica</i>	Mandschurische Linde	++	+
<i>Tilia tomentosa</i>	Silber-Linde	+	+
<i>Ulmus pumila</i>	Sibirische Ulme	++	++
In der Kategorie Trockentoleranz geeignet		Winterhärte	Geringes Ozon- bildungspotenzial
<i>Acer buergerianum</i>	Dreispitziger Ahorn	++	/
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	++	++
<i>Aesculus x carnea</i>	Rotblühende Kastanie	++	/
<i>Alnus cordata</i>	Herzblättrige Erle	+	/
<i>Alnus x spaethii</i>	Spaeths Erle	++	/
<i>Betula pendula</i>	Sand-Birke	++	++
<i>Carpinus betulus</i>	Gewöhnliche Hainbuche	++	++
<i>Carya ovata</i>	Schuppenrinden-Hickory	+	++
<i>Castanea sativa</i>	Essbare Kastanie	+	+
<i>Celtis bungeana</i>	Bungens Zürgelbaum	+	/
<i>Corylus colurna</i>	Baum-Hasel	+	/
<i>Cupressocyparis leylandii</i>	Leylandzypresse	+	++
<i>Diospyros virginiana</i>	Persimone	+	/
<i>Eucommia ulmoides</i>	Guttaperchabaum	+	/
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gemeine Esche	+	++
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Grün-Esche, Rot-Esche	++	++
<i>Gymnocladus dioica</i>	Amerikanischer Geweihbaum	+	/
<i>Malus tschonoskii</i>	Woll-Apfel	++	++
<i>Nyssa sylvatica</i>	Wald-Tupelobaum	+	/
<i>Phellodendron amurense</i>	Amur-Korkbaum	+	/
<i>Picea omorika</i>	Serbische Fichte	++	+
<i>Pinus peuce</i>	Rumelische Kiefer	+	/
<i>Platanus occidentalis</i>	Amerikanische Platane	+	--
<i>Populus tremula</i>	Zitter-Pappel	++	--
<i>Populus x berolinensis</i>	Berliner Pappel	++	--
<i>Pyrus communis</i>	Kultur-Birne	+	++
<i>Pyrus pyrastrer</i>	Wild-Birne	+	++
<i>Quercus imbricaria</i>	Schindel-Eiche	+	/
<i>Quercus palustris</i>	Sumpf-Eiche	+	/
<i>Quercus robur ssp. Sessiliflora</i>	Trauben-Eiche	+	--
<i>Quercus rubra</i>	Rot-Eiche	+	+
<i>Sorbus intermedia</i>	Schwedische Mehlbeere	++	+
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	++	++
<i>Tilia x euchlora</i>	Krim-Linde	++	+
<i>Ulmus parvifolia</i>	Japanische Ulme	+	++
<i>Zelkova serrata</i>	Japanische Zelkove	+	++

H8 Dachbegrünung

Begrünte Dächer stellen die kleinsten Grünflächen im Stadtgebiet dar. Sie haben positive Auswirkungen auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes. Erst in einem größeren Verbund können sich auch Auswirkungen auf das Mikroklima eines Stadtviertels ergeben. Die thermischen Effekte von Dachbegrünungen liegen hauptsächlich in der Abmilderung von Temperaturextremen im Jahresverlauf. Das Blattwerk, das Luftpolster und die Verdunstung in der Vegetationsschicht vermindern das Aufheizen der Dachfläche im Sommer (Abb. 4-13) und den Wärmeverlust des Hauses im Winter. Dies führt zu einer ausgeglicheneren Klimatisierung der darunter liegenden Räume.

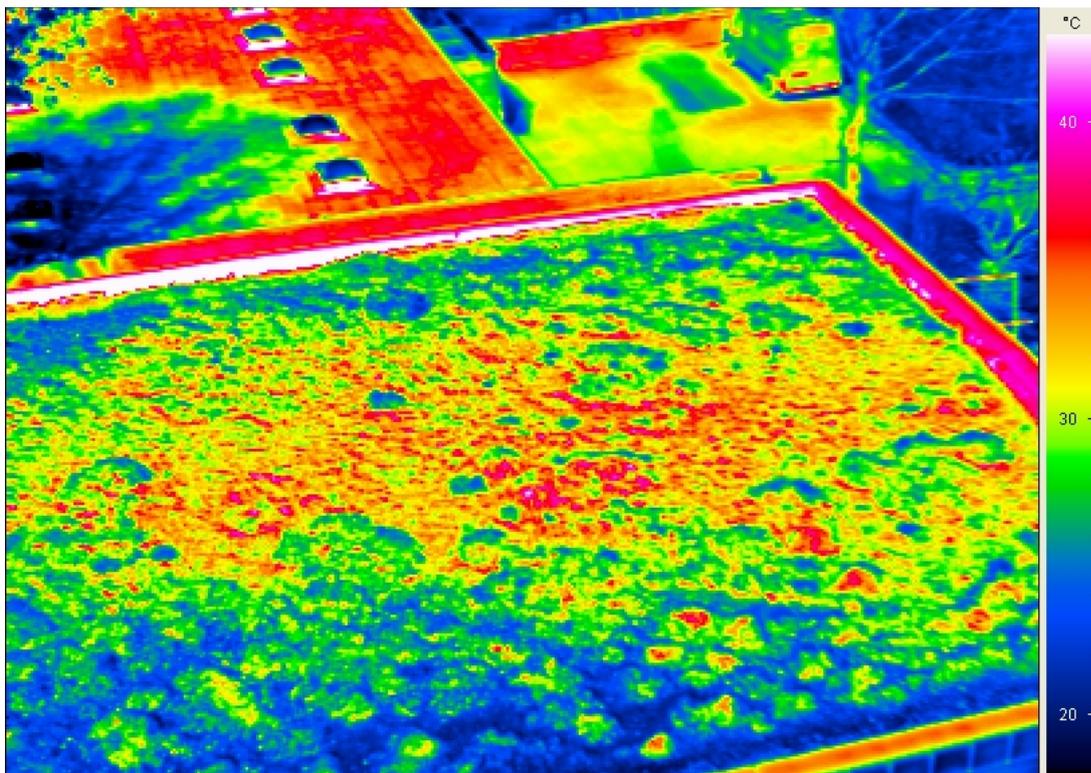


Abb. 4-13 Oberflächentemperaturen eines begrünten (vorne) und unbegrünten Dachs im Frühjahr (Foto: Mersmann)

Ein weiterer positiver Effekt von Dachbegrünungen ist die Auswirkung auf den Wasserhaushalt. 70% bis 100% der Niederschläge werden in der Vegetationsschicht aufgefangen und durch Verdunstung wieder an die Stadtluft abgegeben. Dies reduziert den Feuchtemangel und trägt zur Abkühlung der Luft in versiegelten Stadtteilen bei. Starkniederschläge werden zeitverzögert an die Kanalisation abgegeben und entlasten damit das Stadtentwässerungsnetz (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008).

Zur Förderung von Gründächern stehen den Kommunen unterschiedliche Instrumente zur Verfügung. Förderprogramme für die finanzielle Bezuschussung von Dachbegrünungsmaßnahmen bieten Anreize für die Begrünung von Dächern privater Häuser im Bestand ebenso wie bei Neubauvorhaben. Neben finanziell geförderten Dachbegrünungen können bei Neubauvorhaben im Rahmen der Bauleitplanung Dachbegrünungen in Bebauungsplänen festgeschrieben wer-

den oder im Rahmen der Eingriffs- und Ausgleichsregelung als Maßnahme zur Eingriffsminde- rung angerechnet werden (Holzmüller 2009). Eine weitere Möglichkeit zur Förderung von begrün- ten Dächern bietet die Abwassergebührenordnung, indem über verminderte Gebühren Anreize für Dachbegrünungen geschaffen werden.



Abb. 4-14 Begrünung eines Einkaufsmarktes (Foto: Gabrian, RVR)



Abb. 4-15 Begrünung eines Schrägdachs (Foto: Gabrian, RVR)

Nicht nur Flachdächer (Abb. 4-14), sondern auch geneigte Dächer (Abb. 4-15) eignen sich zur Begrünung. Extensive Dachbegrünungen sind dank ihres geringen Gewichts im Unterschied zu intensiv bepflanzten Dachgärten auf fast allen Gebäuden auch nachträglich noch aufsetzbar.

H9 Informationsmanagement, Warnsystem

Die Hitzewelle des Jahres 2003 hat deutlich gezeigt, welche Folgen der Klimawandels für das Leben in Städten haben kann. Annähernd 20.000 vorwiegend ältere Menschen sind dieser Hitzewelle zum Opfer gefallen (vor allem in Paris und den Industriestädten Norditaliens). Ein Hitze-Warnsystem und ein auf Hitzebelastungen zugeschnittenes Informationsmanagement können die gesundheitlichen Risiken von Hitzewellen verringern. Der Deutsche Wetterdienst hat als Reaktion auf den Hitzesommer 2008 bereits ein deutschlandweites Hitzewarnsystem eingerichtet und verfügt damit über die Möglichkeit, Hitzewarnungen auszugeben und so vor einer Wetterlage mit hohen Temperaturen, geringen Windbewegungen und intensiver Sonneneinstrahlung zu warnen. Ein System zur Verbreitung von Hitzewarnungen über die örtliche Presse (Lokalzeitung, Lokalradio) kann darauf aufgebaut werden.

Ebenso wichtig ist es, vor allem für die ältere Bevölkerung oder für Kranke Verhaltensempfehlungen für lang andauernde Hitzewellen bereitzustellen. Neben dem Aufenthalt im Schatten und der Vermeidung extremer körperlicher Aktivitäten gehört auch die simple Aufforderung zur reichlichen Flüssigkeitsaufnahme zu den Verhaltensregeln, die als Informationsblätter insbesondere in Altenheimen und Krankenhäusern bekannt gemacht werden müssen.

NRW-spezifische Informationen zum Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes sowie Verhaltensempfehlungen, mit deren Hilfe Gesundheitsrisiken bei extremen Hitzeereignissen vermieden werden können, liefert auch das Hitzeportal Nordrhein-Westfalen (www.hitze.nrw.de).

Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit des Landes Nordrhein-Westfalen

Gesundheitliche Auswirkungen von Hitze

Home | Gesundheitstipps | Tipps für Alle

Tipps für Alle - wie kann ich vorbeugen?

Starke Wärme, die sich wie im August 2003 über eine Periode von mehr als 10 Tagen erstreckt und bei der auch die Nachttemperaturen nicht unter 20° C sinken, stellt eine sehr hohe Belastung für den Körper dar. Für gesunde Menschen, die auf eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr achten und anstrengende Aktivitäten während der hohen Temperaturen weitgehend vermeiden, besteht im allgemeinen keine gesundheitliche Gefahr. Jedoch gibt es bestimmte Risikogruppen, die empfindlicher auf starke Wärme reagieren.

Risikogruppen:

- ▶ ältere und pflegebedürftige Menschen
- ▶ Kinder
- ▶ Menschen mit bekannten Störungen der Hitzeanpassung
- ▶ Menschen mit Vorerkrankungen wie Diabetes mellitus, Herz- und Kreislauferkrankungen, Demenz
- ▶ andere chronisch Kranke
- ▶ Menschen, die Medikamente einnehmen, welche Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System und den Flüssigkeitshaushalt des Körpers haben
- ▶ Menschen mit einem hohen Alkohol- und/oder Kaffeekonsum

Im Folgenden finden Sie Verhaltensempfehlungen, mit Hilfe derer Sie Gesundheitsrisiken vermeiden und sicher durch den Sommer kommen können.

Vollltextsuche

suchen

Links

Welche Erkrankungen durch Hitze hervorgerufen werden können, wird hier beschrieben: [hitzebedingte Erkrankungen](#)

eine Info-Seite des LIGA.NRW

Abb. 4-16 Gesundheitstipps bei extremer Hitze auf dem Internet-Portal des Landesinstituts für Gesundheit und Arbeit des Landes NRW (www.hitze.nrw.de)

H10 Fassadenbegrünung

Die Begrünung von Hausfassaden wirkt sich ähnlich wie die Dachbegrünung positiv auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes. Fassadenbegrünungen verbessern in erster Linie die mikroklimatischen Verhältnisse am Gebäude selbst, ohne eine Fernwirkung zu erzielen. Die thermischen Effekte von Fassadenbegrünungen bestehen in der Abmilderung von Temperaturextremen im Jahresverlauf. Das Blattwerk, das Luftpolster und die Verdunstung in der Vegetationsschicht vermindern das Aufheizen der Hauswand bei intensiver Sonneneinstrahlung (siehe Abb. 4-17) und den Wärmeverlust des Hauses im Winter. Um die Wärme der winterlichen Sonneneinstrahlung nutzen zu können, kann eine Fassade mit laubabwerfenden Pflanzen (z. B. wilder Wein) begrünt werden.



Abb. 4-17 Oberflächentemperaturen einer begrünten (rechts) und unbegrünten Hauswand (Foto: Mersmann)

Durch den Schutz des Blattwerks verringert sich auch die Feuchtebelastung des Mauerwerks. Schäden durch die Begrünung sind bei intaktem Mauerwerk ohne Risse nicht zu erwarten, dies sollte jedoch im Einzelfall geprüft werden.

Neben diesen klimatischen Effekten können Fassadenbegrünungen auch positiv auf die lufthygienische Situation im Innenstadtbereich wirken, da sie Luftverunreinigungen – vor allem Feinstaub - herausfiltern. Insbesondere in engen Straßenschluchten ohne Platz für andere Begrünungsmaßnahmen stellen Fassadenbegrünungen eine wirkungsvolle Alternative dar.



Abb. 4-18 Hauswandbegrünung (Foto: Snowdon, RVR)

H11 Erhalt und Schaffung von Frischluftflächen

Als frischluftproduzierende Gebiete gelten vegetationsgeprägte Freiflächen wie Wälder und Parkanlagen sowie städtische Siedlungen mit einem hohen Grünflächenanteil und einem geringen Versiegelungsgrad.

Die Entstehung von Kalt- und Frischluft über einer natürlichen Oberfläche wird durch die thermischen Stoffeigenschaften des Oberflächensubstrates bestimmt. So speichern Böden mit hoher Dichte die Wärme besser und sind daher schlechtere Kaltluftproduzenten als solche mit geringer Dichte und damit geringerer Wärmespeicherfähigkeit (VDI 2003). Feld- und Wiesenflächen kühlen stärker aus und produzieren damit mehr Kaltluft als Waldgebiete.

Zusätzlich ist die Wirksamkeit von Frischluftflächen stark von deren Größe abhängig. Durch den Erhalt und die Schaffung zusätzlicher frischluftproduzierender Flächen und deren Vernetzung (Abb. 4-19) kann eine Verstärkung ihrer Wirksamkeit erzielt werden. Die Anbindung der Innenstadt an Frischluftflächen trägt zur Unterbrechung oder Abschwächung von Wärmeinseln bei und schafft stadtklimatisch relevante Regenerationsräume. Diese Anbindung über Luftleitbahnen und Frischluftschneisen (siehe Maßnahme H16) sollte möglichst ohne Anreicherung mit Schadstoffen erfolgen.

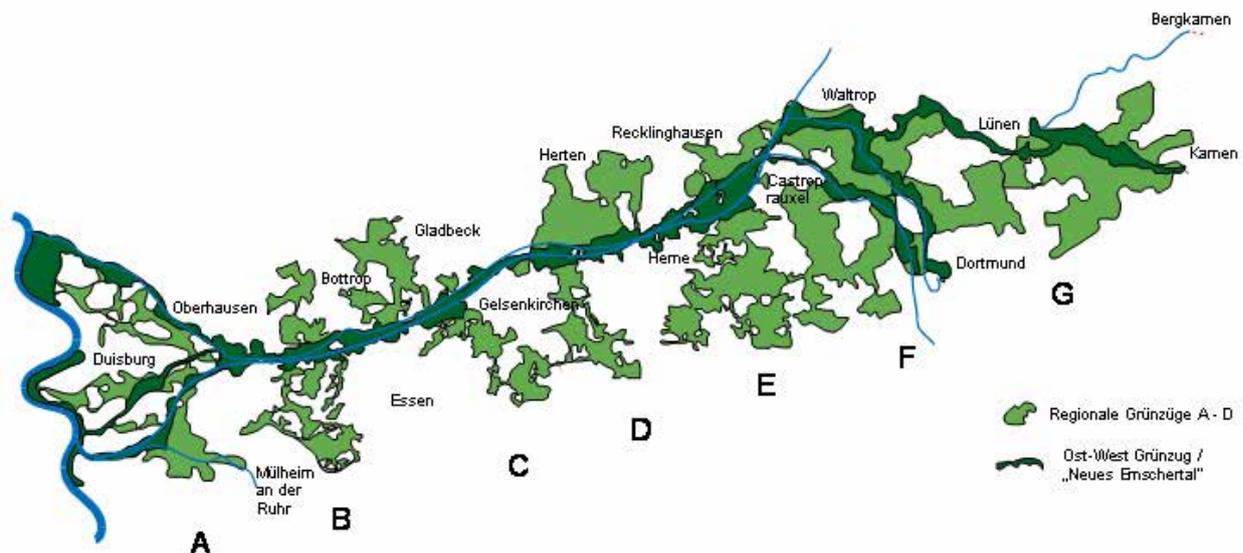


Abb. 4-19 Emscher Landschaftspark mit den sieben regionalen Grünzügen des Ruhrgebietes (Quelle: RVR)

Flächen, die aufgrund des industriellen und demographischen Wandels frei werden (siehe Abb. 4-20 und 4-21), sollten im Rahmen der Stadtplanung auf ihre Relevanz für ein funktionierendes Stadtbelüftungssystem hin geprüft und gegebenenfalls nicht wieder zur Bebauung freigegeben werden.

Das Leitbild der kompakten Stadt mit kurzen Wegen, das als dominierendes Siedlungsstrukturkonzept unter den städtebaulichen Leitbildern gilt, kollidiert jedoch stark mit den Maßnahmen zur Schaffung und zum Erhalt von Freiflächen, so dass hier ein Abwägungsprozess stattfinden muss (s. Kapitel 4.3).



Abb. 4-20 Phoenix Ost in Dortmund, Rückbau eines Stahlwerks (Foto: Gabriel RVR)



Abb. 4-21 Westfalahütte Dortmund, Rückbau (Foto: Snowdon, RVR)

H12 Offene Wasserflächen schaffen

Die Verdunstung von Wasser verbraucht Wärmeenergie aus der Luft und trägt so zur Abkühlung der aufgeheizten Innenstadtluft bei. Über eine Steigerung des Anteils von Wasser- und Grünflächen in Städten kann damit ein Abkühlungseffekt erzielt und gleichzeitig in der meist relativ trockenen Stadtatmosphäre die Luftfeuchtigkeit erhöht werden. Dabei wiegt in der Regel die positive Wirkung des Abkühlungseffektes durch die Verdunstung die Nachteile einer eventuell häufiger auftretenden Schwüle im urbanen Gebiet auf.

Bewegtes Wasser wie innerstädtische Springbrunnen (Abb. 4-22) oder Wasserzerstäuber tragen insgesamt in größerem Maß zur Verdunstungskühlung bei als stehende Wasserflächen.



Abb. 4-22 Innerstädtische Wasserspiele (Foto: Gabrian, RVR)

Offene Wasserflächen haben zudem eine ausgleichende Wirkung auf die Lufttemperaturen in der Umgebung. Wasser erwärmt sich im Vergleich zur Luft verhältnismäßig langsam, dadurch sind Wasserflächen im Sommer relativ kühl und im Winter relativ warm.

H13 Gebäudeausrichtung optimieren

Während es in den heißen Klimazonen der Erde schon immer einen klimaangepassten Städtebau (z. B. enge Gassen mit Verschattung der Hauswände, helle Oberflächen) gegeben hat, ist hier in unseren Regionen ein Umdenken erforderlich. Um die künftige zusätzliche Hitzebelastung im Sommer zu verringern, sollte die Stadt- und Gebäudearchitektur angepasst werden, ohne dabei die Vorteile der Sonnennutzung - insbesondere im Winter - aus den Augen zu lassen.

Primär geht es darum, durch eine intelligente Gebäudeausrichtung den direkten Hitzeeintrag zu reduzieren. Eine sekundäre Strategie ist es, eine gute Durchlüftung mit ihrer kühlenden Wirkung zu erreichen. Bei der Gebäudeplanung kann ein sommerlicher Hitzeschutz durch eine geeignete Gebäudeausrichtung erreicht werden. Die räumliche Anordnung von Gebäuden sollte dazu unter Berücksichtigung der Sonnen- und Windexposition erfolgen. Dabei ist auch auf die Jahreszeiten Rücksicht zu nehmen, so dass es sinnvoll ist, bei der Gebäudeausrichtung beispielsweise Schlafräume so einzuplanen, dass der sommerliche Hitzeeintrag minimiert wird. Sommerräume brauchen Schatten und Wind, Winterräume brauchen Sonne.

Somit ist H13 eine Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel, die sich lediglich bei Planungen von Neubaugebieten und nicht im Bestand anwenden lässt.

H14 Hauswandverschattung, Wärmedämmung

Durch zunehmenden Hitzestress im Sommer kommt der Kühlung von Gebäuden in Zukunft eine steigende Bedeutung zu. Die Nutzung konventioneller Klimaanlage ließe den Energieverbrauch im Sommer stark ansteigen und hätte damit negative Auswirkungen auf den Klimaschutz. Der Einsatz regenerativer Energien für Klimaanlage und vor allem die Passivkühlung – beispielsweise über Erdwärmetauscher – können solche Zielkonflikte verhindern.

Bei der Gebäudeplanung kann ein sommerlicher Hitzeschutz neben der Gebäudeausrichtung (siehe H13) auch durch eine Hauswandverschattung mittels Vegetation, durch angebaute Verschattungselemente und mittels Wärmedämmung erreicht werden. Dabei haben viele Maßnahmen beim Hausbau, die eigentlich der Energieeinsparung und damit dem Klimaschutz dienen, auch positive Effekte auf die Klimaanpassung. Eine gute Wärmedämmung gegen Energieverluste im Winter wirkt beispielsweise auch als Hitzeschutz gegen eine übermäßige Aufheizung der Wohnungswände im Sommer. Passivhäuser mit einem hohen Potential an Energieeinsparung sind im Sommer aufgrund des serienmäßigen Lüftungssystems angenehm kühl.

Verschattungen beispielsweise durch eine im Süden des Gebäudes angebrachte Pergola, führen im Sommer bei hoch stehender Sonne um die Mittagszeit zur Verschattung, in den Morgen- und Abendstunden und im Winter erreicht die tief stehende Sonne das Haus.

Die Maßnahme H14 lässt sich auch nachträglich zur Optimierung von Gebäuden einsetzen und damit auch im Bestand anwenden.

H15 Geeignete Baumaterialien verwenden

Durch Wärmezufuhr bzw. -abfuhr wird die Temperatur eines Körpers verändert. Wieviel Wärme pro Zeiteinheit unter Temperaturzunahme aufgenommen wird, hängt von der Art des Stoffes ab. Städtische Baumaterialien erwärmen sich deutlich stärker als natürliche Oberflächen. Insbesondere Stahl und Glas haben einen großen Wärmeumsatz, d. h. sie erwärmen sich tagsüber stark und geben nachts viel Energie an die Umgebungsluft ab. Das Gegenteil ist bei natürlichen Baumaterialien wie z. B. Holz der Fall. Um die Wärmebelastungen zu verringern, ist daher der gezielte Einsatz von Baumaterialien nach ihren thermischen Eigenschaften sinnvoll.

Abhängig von der Oberfläche des Materials wird ein Teil der eingestrahltten Sonnenenergie sofort wieder reflektiert (Albedo) und steht damit nicht zur Erwärmung zu Verfügung. Helle Baumaterialien erhöhen diesen Effekt, reflektieren also mehr kurzwellige Sonneneinstrahlung. Dadurch heizen sich hell gestrichene Häuser (siehe Abb. 4-23) oder Straßen mit hellem Asphaltbelag weniger stark auf. Großflächig in der Stadtplanung angewandt, kann somit der Wärmeinseleffekt verringert werden.

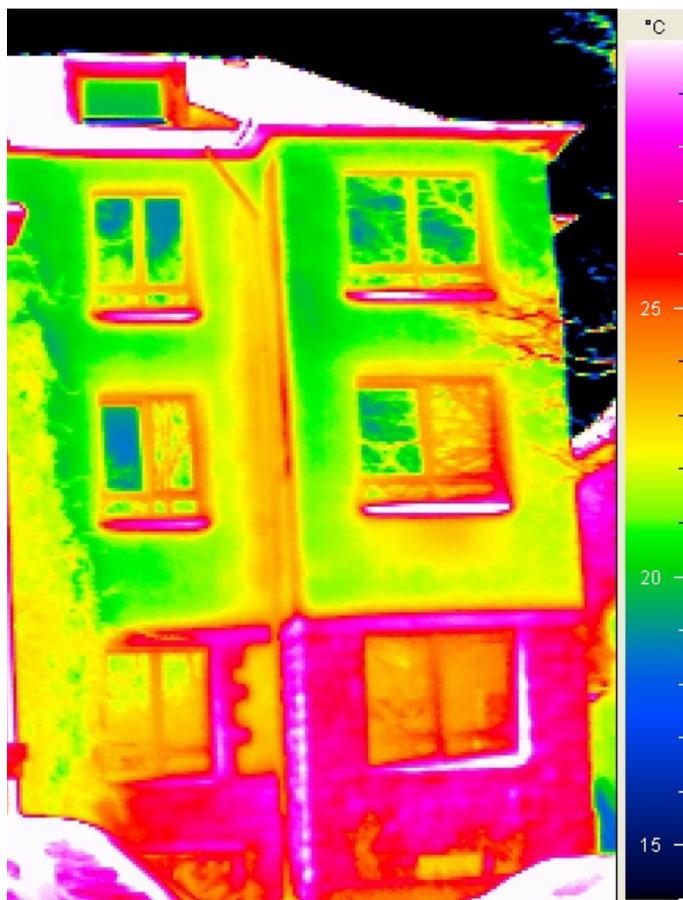


Abb. 4-23 Oberflächentemperaturen einer Hauswand, oben mit hellem Anstrich (Foto: Mersmann)

H16 Erhalt und Schaffung von Luftleitbahnen

Frischlufschneisen und Luftleitbahnen verbinden Kaltluftentstehungsgebiete oder Frischluftflächen mit der Innenstadt und sind somit ein wichtiger Bestandteil des städtischen Luftaustausches. Insbesondere bei austauscharmen Wetterlagen sind sie klimarelevant, da über sie geringer belastete Luftmassen in die belasteten Räume der Stadt transportiert werden (VDI 2003).

Stadtklimatisch relevante Luftleitbahnen lassen sich in drei Kategorien einteilen (Weber & Kuttler 2003):

- **Ventilationsbahnen** gewährleisten einen Luftmassentransport unabhängig von der thermischen oder lufthygienischen Ausprägung (Abb. 4-24).
- **Kaltluftbahnen** transportieren kühle, aber hinsichtlich der lufthygienischen Situation nicht näher spezifizierte Luftmassen.
- **Frischlufbahnen** leiten lufthygienisch unbelastete, thermisch aber nicht näher differenzierte Luftmassen (Abb. 4-25).



Abb. 4-24 Luftleitbahn „Straße“ in der Innenstadt von Duisburg (Foto: Gabrian, RVR)

Das Relief innerhalb und außerhalb eines Stadtkörpers kann im Fall von Tälern zu Kanalisierungseffekten führen. Hierdurch kann frische, kühle Umlandluft weit in den Stadtkörper hineingeführt werden. In Strahlungsnächten kann auch bei entgegengesetzter Strömung in der freien Atmosphäre bodennahe Kaltluft hangabwärts fließen und in die Bebauung vordringen. In heißen Sommernächten kann dies zu einer lokalen Abkühlung im Bereich der städtischen Bebauung führen. Zu ungünstigen immissionsklimatischen Verhältnissen führen Inversionswetterlagen mit

geringer Luftbewegung, die insbesondere in Tallagen bei vorhandenen Emittenten das Immissionsklima nachhaltig verschlechtern.



Abb. 4-25 Luftleitbahn „Bahntrasse“ (Foto: Gabrian, RVR)

Die Wirkung von Luftabflüssen auf die Bebauung ist generell auf die unmittelbare Nachbarschaft begrenzt, solange die Schichtdicke der Kalt-/Frischlufte die Höhe der städtischen Bebauung nicht um ein Mehrfaches übertrifft. Häufig erschweren bereits bestehende Stadtstrukturen die Belüftung über Luftleitbahnen, so dass primär zumindest die Ausweisung von platzsparenden Belüftungszonen erreicht werden sollte. Nach Mayer et al. (1994) sollten effiziente Ventilationsbahnen folgende Mindesteigenschaften aufweisen: eine aerodynamische Rauigkeit (Unebenheit der Oberfläche) von $z_0 \leq 0,5$ m bei einem Längen-/Breitenverhältnis von 20:1 (Länge ≥ 1000 m, Breite ≥ 50 m).

Ein weiterer, den Austausch hemmender Faktor ist in der Wirkung von hoher und dichter Vegetation (Sträucher und Bäume) als Strömungshindernis im Bereich von Luftleitbahnen zu sehen. Hier führt die Vegetation zur Reduzierung der bodennahen Windgeschwindigkeit („Windfänger“), so dass der Austausch erschwert sein kann. Besonders nachteilig wirkt sich dieser Effekt auf strahlungs-nächtliche, häufig nur schwach ausgebildete Kaltluftabflüsse aus (Dütemeyer 2000).

H17 Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten

Große Freiflächen mit Kaltluftproduktion und Tallagen mit Fließrichtung Innenstadt gelten als besonders sensible Flächen zur Stadtbelüftung, die auch bei Schwachwind zu einer Stadtbelüftung durch Kaltlufttransport beitragen. Damit Frischluft auch bei schwachen Windströmungen von außen in die Stadt gelangen kann, darf die Bebauung am Stadtrand keine abriegelnden Bebauungsgürtel bilden (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008). Die Hänge entlang von Kaltluftbahnen sollten von hangparalleler Riegelbebauung freigehalten werden.

Negative Auswirkungen des Reliefs sind zu erwarten, wenn die Talsohle und die Talhänge urbane Flächennutzungen aufweisen. Die Bebauung kann die bodennahe Ventilation verringern. Im ungünstigsten Fall bildet eine quer zur Talachse oder längs zur Hangausrichtung orientierte Bebauung einen Strömungsriegel (siehe Abb. 4-26), der bei schwachen Bodenwinden eine Ventilation der leeseitigen Bebauung beeinträchtigen kann. Hangbebauungen sollten, wo nicht auf sie verzichtet werden kann, mit großen Abständen und mit niedrigen Höhen erfolgen. Die positive Wirkung von Lüftungsschneisen entsteht nur bei zusammenhängenden Freiflächen (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008).

Bei Berücksichtigung dieser Aspekte ist es möglich, einen Zielkonflikt zwischen den positiven Auswirkungen von Südhangbebauungen aus energetischen Gesichtspunkten für den Klimaschutz und den Anforderungen der Stadtbelüftung zu vermeiden.

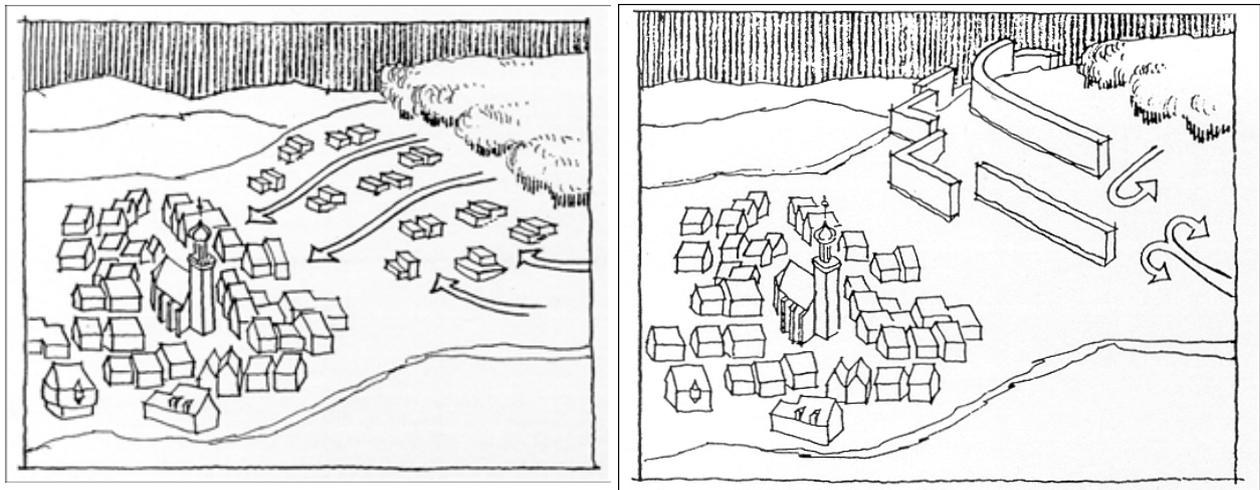


Abb. 4-26 Durchlässige Hangbebauung (links) und hangparallele Zeilenbebauung mit Riegelwirkung (rechts) (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008)

H18 Verschattungselemente einbauen

Neben den Anforderungen der Wohnbevölkerung an den Schutz vor Auswirkungen des Klimawandels ist auch der Aspekt der Beeinträchtigung der Aufenthaltsqualität und der Produktivität der arbeitenden Bevölkerung im innerstädtischen Bereich zu berücksichtigen. Eine einfache Möglichkeit, die Hitzebelastungen aufgrund direkter Sonneneinstrahlung am Tage zu verringern, ist der Einbau von Verschattungselementen.

Dabei reichen die Methoden der Verschattung von sonnenstandsgesteuerten Außenrollos - beispielsweise an Bürogebäuden - über Sonnensegel als Schattenspender auf besonnten innerstädtischen Plätzen bis hin zu Arkaden, die die Aufenthaltsqualität in stark besonnten (aber auch bei Regen) Einkaufsstrassen erhöhen.



Abb. 4-27 Gebäude mit Außenrollos (Bildnachweis: @istock.com/Burton0215)

H19 Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation

Durch den Klimawandel verursachte geänderte klimatische Bedingungen mit zunehmender Sommerhitze in den Städten und damit verbundenen sommerlichen Trockenperioden haben erhebliche Auswirkungen auf die urbane Vegetation. Eine Möglichkeit zur Anpassung an diese neuen Bedingungen ist die künstliche Bewässerung derjenigen begrünten Flächen, auf denen während Trockenperioden zu wenig Grundwasser oder Bodenfeuchtigkeit zur Verfügung steht.

Diese Lösung verursacht allerdings Konflikte mit der Sicherung der allgemeinen Wasserversorgung während längerer Trockenperioden im Sommer. Eine Alternative zur künstlichen Bewässerung von Flächenbegrünung auf sommertrockenen Standorten im urbanen Raum ist daher ggf. der Ersatz von einheimischen Arten durch Bepflanzung mit trockenresistente Arten (vgl. H20).



Abb. 4-28 Künstliche Bewässerung von Parkanlagen (Bildnachweis: @istock.com/laclower)

H20 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten

Bei der Auswahl von geeigneten Pflanzenarten für die Begrünung im innerstädtischen Raum - dies gilt für eine Begrünung von Straßenzügen ebenso wie für Parkanlagen - ist neben Faktoren wie Standortansprüchen und Verkehrssicherheit zu beachten, dass die Vegetation auch den zukünftigen klimatischen Bedingungen gerecht wird (siehe H7). Insbesondere die zunehmende Sommerhitze in den Städten und damit verbundene längere Trockenperioden erfordern eine gezielte Auswahl von geeigneten Pflanzen. Wärmeresistente Pflanzenarten mit geringem Wasserbedarf sind zukünftig besser für innerstädtische Grünanlagen geeignet.

Um eine ausreichende Vielfalt mit Pflanzenarten, die eine sehr hohe Trockenstresstoleranz haben, zu erreichen, ist es notwendig, neben heimischen Arten auch Arten aus Herkunftsgebieten mit verstärkten Sommertrockenzeiten zur Bepflanzung heranzuziehen. Durch eine erhöhte Artenvielfalt im städtischen Raum kann möglichen Risiken durch neue, wärmeliebende Schädlinge vorgebeugt werden.

H21 Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen

Zunehmende Sommerhitze in den Städten kann zur Austrocknung nichtversiegelter Flächen führen. Diese erfüllen aber eine wichtige Funktion für die Niederschlagsversickerung im urbanen Raum. Stark ausgetrocknete Böden führen beim nächsten Niederschlagsereignis dazu, dass ein größerer Teil des Wassers nicht versickern kann und deshalb oberflächlich abfließt. Dies hat negative Auswirkungen auf die Bodenerosion und die Grundwasserneubildung und erhöht das Überschwemmungsrisiko beim nächsten Starkregen.

Die Bepflanzung solcher Flächen mit bodenbedeckender Vegetation verringert die Austrocknung des Bodens und verbessert damit das Versickerungsvermögen. Wo eine Bepflanzung nicht möglich oder sinnvoll ist, können unbewachsene Bodenflächen mit (künstlichen) Materialien wie z. B. Mulch abgedeckt werden, um die Verdunstung aus dem Boden zu verringern.



Abb. 4-29 Bepflanzung mit bodenbedeckender Vegetation
(Bildnachweis: @istock.com/YinYang)

H22 Beschattung relevanter Flächen

In Kapitel 2 wurden mögliche Auswirkungen länger dauernder Hitzephasen auf die Trinkwasserverteilungsnetze beschrieben: Die Netze erwärmen sich, was eine Vermehrung von hygienisch relevanten Bakterien (beispielsweise Enterobacter, Citrobacter, Klebsiella u. a.) zur Folge haben kann. Besonders anfällig hierfür sind schwach durchflossene Netzabschnitte unter asphaltierten oder gepflasterten Straßen und Plätzen sowie unter Flächen ohne ausreichende Beschattung, die die Wärme gut aufnehmen, über längere Zeit speichern und auf diese Weise den Boden aufheizen. Eine direkte Bestrahlung durch die Sonne forciert diesen Effekt des Aufheizens.

Eine Möglichkeit, das Aufheizen von Versorgungsleitungen zu verringern, ist die Beschattung relevanter Flächen durch Vegetation oder durch bauliche Maßnahmen. Wählt man eine Beschattung durch Bäume, hat dies gleichzeitig positive Effekte auf das Stadtklima (H7) und die Lufthygiene. Es können hierbei aber auch Konflikte zwischen dem Wurzelwerk der Bäume und existierenden Leitungstrassen, Verteilungsnetzen und Kanälen entstehen (siehe Kapitel 4.3), weshalb dann ggf. auf bauliche Verschattungsmaßnahmen zurückgegriffen werden muss. Eine bauliche Verschattung beispielsweise durch Vordächer oder Arkaden ist insbesondere sinnvoll, wenn Synergien zur Anpassungslösung H18 entstehen, also durch Verschattungselemente die Aufenthaltsqualität im stark besonnten Innenstadtbereich erhöht werden kann.



Abb. 4-30 Beschattung eines Platzes durch Bäume
(Bildnachweis: @istock.com/Iddeone)

H23 Neubau: Verkehrsflächen mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit

Die potentiell durch zu hohe Temperatur im Trinkwasserverteilungsnetz entstehende Gefährdung der Wasserqualität ergibt sich aus der Wärmeaufnahme von hoch versiegelten Flächen. Wie viel Wärme in welcher Zeit bei zunehmenden Temperaturen von einem Baukörper aufgenommen wird, hängt dabei von der Art des Stoffes ab (H15). Asphaltierte oder gepflasterte Verkehrsflächen erwärmen sich deutlich stärker als natürliche Oberflächen. Da Straßen und Verkehrswege in dicht bebauten Innenstädten rund 10 % der Fläche ausmachen können, können sie erheblich zum Erwärmungseffekt beitragen.

Zur Verringerung von Bodenerwärmungen ist daher auch hier der gezielte Einsatz von Materialien mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit sinnvoll. Helle Beläge auf Verkehrsflächen reflektieren im Gegensatz zu dunklem Asphalt einen größeren Anteil der eingestrahelten Sonnenenergie sofort wieder (Albedo) und können damit das Aufheizen von Leitungssystemen erheblich verringern. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Oberfläche von hellem Beton um bis zu 13 K weniger erwärmt als dunkler Asphaltbelag (Forschungsinstitut der Österreichischen Zementindustrie 2009).

H24, H25, H29-H31 Maßnahmen auf Seiten der Kanalnetzbetreiber

Besonders während länger andauernden Hitzeperioden kann es zu einer Erhöhung der Wassertemperaturen in Trinkwasserverteilungsnetzen kommen. Im Temperaturbereich zwischen 15 und 25 °C können schon geringere Temperaturerhöhungen von 1 °C - 3 °C zu einer wesentlichen Vermehrung hygienisch relevanter Bakterien führen. Eine solche Erwärmung betrifft im Wesentlichen Netzendstränge mit wenig Durchfluss bzw. Netzteile mit zu geringen Abnahmen (z. B. aufgrund des wirtschaftlichen oder des demographischen Wandels), in denen ein ausreichender Durchfluss nicht gewährleistet ist. Zurzeit laufen verschiedene Forschungsvorhaben, um diese Effekte besser quantifizieren zu können.

Um eine Wiederverkeimung zu verhindern, sind unter Umständen – besonders in dicht besiedelten Gebieten mit Trinkwasserversorgung aus Oberflächengewässern – betriebliche und bauliche Anpassungsmaßnahmen erforderlich.

Bereits heute stellen Wasserwerke und Netzbetreiber mit verschiedenen betrieblichen Maßnahmen ein sauberes Trinkwasser von der Aufbereitung bis zum Kunden sicher, z. B. durch die Entkeimung des Trinkwassers und eine sorgfältige Desinfektion aller neuen, reparierten oder ersetzten Netzteile. Weitere Möglichkeiten bestehen in einer weitgehenden Reduzierung der Nährstoffe im Trinkwasser in der Wasseraufbereitung, im regelmäßigen Spülen und Desinfizieren von Strängen und indem ausreichender Durchfluss sichergestellt wird, z. B. durch regelmäßiges Ablassen von Wasser aus Endsträngen seitens der Netzbetreiber.

Um einer Erwärmung des Trinkwassers in Verteilnetzen aufgrund stark erhöhter Luft- und Bodentemperaturen entgegenzuwirken, kann eine übermäßige Erwärmung der leitungsumgebenden Böden auch durch bauliche Maßnahmen verringert werden. Beim Bau bzw. bei der Sanierung von Verkehrsflächen sowie bei der Verfüllung von Leitungsgräben sollten möglichst Materialien mit geringer Wärmeleit- bzw. -speicherfähigkeit eingesetzt werden (siehe H23). Besser ist es jedoch, auf eine Versiegelung der Flächen zu verzichten. Gleichzeitig ist bei Umbaumaßnahmen darauf zu achten, dass die zurzeit gültige Mindesttiefe (Überdeckung) für Leitungssysteme von 0,80 m nicht unterschritten wird. Sonneneinstrahlung und Hitze können so die unterliegenden Bodenschichten und Rohrleitungen weniger stark aufheizen. Um die Leitungsüberdeckung zu vergrößern, könnte bei Neubauprojekten auch die Einbautiefe erhöht werden. Diese Lösung zöge aber höhere Investitions- und Unterhaltungskosten nach sich, da alle Stichanschlüsse wie Schieber, Hydranten und Hausanschlüsse entsprechend verlängert bzw. tiefer ausgeführt werden müssten und Reparaturen am Verteilnetz einen höheren Aufwand erfordern würden. Auch die Isolierung der Verteil- und Hausanschlüsse als Reaktion auf steigende Temperaturen wäre mit höheren Kosten verbunden.

H26 Nutzung von Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung

Der zu erwartende Anstieg der Niederschläge in den Wintermonaten kann in vielen Teilen Nordwestdeutschlands zu einer erhöhten Grundwasserneubildung und damit zu steigenden oberflächennahen Grundwasserspiegeln führen. Hieraus ergäbe sich im Bedarfsfall, z. B. in längeren Hitzephasen im Sommer mit erhöhtem Wasserverbrauch (u. a. zur Bewässerung im öffentlichen Raum und auf Privatgrundstücken) ein größeres zu bewirtschaftendes Dargebot, das – je nach Verfügbarkeit und Grundwasserqualität – für folgende Verwendungen eingesetzt werden kann:

- zur städtebaulichen Gestaltung (künstliche Wasserläufe, Brunnen, Fontänen),
- zur Bewässerung weitläufiger städtischer Grünanlagen,
- zur Speisung von neuen Wasserflächen (Kühlungspunkten) z. B. in Parks.

Weitere – wenn auch beschränkte – Anwendungsmöglichkeiten in Verbindung mit einer umfassenden urbanen Regenwasserbewirtschaftung könnten die Speisung vertikaler Kühlungsflächen an Gebäuden oder eine Nutzung zur Straßenreinigung, für Kanalspülungen oder in Auto- waschanlagen sein.

H27 Aufruf zu wassersparendem Verhalten in Trocken- und Hitzeperioden

In südlichen Ländern, in denen bereits heute längere Trockenperioden auftreten und Wasserknappheit vorherrscht, ist es längst üblich, dass – beispielsweise in Hotels – auf das Problem der Wasserknappheit hingewiesen und ein sparsamer Umgang mit Wasser gefordert wird.

In Nordrhein-Westfalen wird auch zukünftig die Versorgungssicherheit bei zunehmenden Hitzeperioden und höherem Spitzenverbrauch nach derzeitiger Bewertung nicht gefährdet sein. Trotzdem kann es auch hier in längeren Trockenphasen zu zeitweiligen regionalen Engpässen kommen. In solchen Phasen sollten nicht nur die Bevölkerung, sondern auch Industrie, Energieerzeugung oder die Landwirtschaft zu einem sparsamen Umgang mit Wasser aufgerufen werden, etwa indem verstärkt Brauchwasser verwendet wird. Verhaltensempfehlungen und Tipps zum sparsamen Umgang mit Wasser können auch über z. B. Informationsblätter verbreitet werden.

Der sparsame Umgang mit Wasser kann auf der anderen Seite dazu führen, dass eine ausreichende Durchspülung der Kanalnetze nicht mehr gewährleistet ist und damit Konflikte mit Handlungslösung H31 auslösen. Daher müssen jeweils lokal spezifisch Lösungen gefunden werden.

H28 Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)

Wesentlichen Einfluss auf die Siedlungswasserwirtschaft gewinnt die hitzebedingte Austrocknung der oberen Bodenzone dadurch, dass die ersten Niederschläge nach einer Trockenperiode nicht in den ausgetrockneten Boden eindringen können, sondern oberflächlich abfließen. Die Folgen können eine höhere Bodenerosion, eine verringerte Grundwassererneuerungsrate und insbesondere deutlich erhöhte Niederschlagsabflüsse in die Siedlungsentwässerungssysteme, in die nächsten Oberflächengewässer und – je nach Leistungsfähigkeit der Entwässerungssysteme – auch in tiefer liegende Siedlungsgebiete und Infrastrukturanlagen sein.

Eine verbesserte Versickerung wird erreicht, indem urbane Flächen mit Vegetation bepflanzt werden, deren Wurzelwerk den Untergrund auflockert. Durch eine gleichmäßige Durchwurzelung der oberen Bodenschichten wird die Durchlässigkeit von Böden verbessert.

Die Pflanzenauswahl orientiert sich an den Anforderungen einer extensiven Pflege und benötigt überwiegend trockenheitsverträgliche, aber überstautolerante Arten. Der Wirkungsgrad von Stauden auf die Bodendurchlässigkeit liegt im Schnitt etwa um ein Drittel höher als der von Rasen. Ursache hierfür ist die bei Stauden intensivere Durchwurzelung des Bodens. Bedingt durch ein vergleichsweise geringes Angebot an wasserspeichernden Poren in der Oberbodenaufgabe werden die Pflanzen gezwungen, auch tiefer liegende Bodenschichten intensiver zu erschließen. Die Wurzelaktivität begünstigt die Kapillarität und Porosität im Untergrund, was sich positiv auf die Versickerungsleistung auswirkt. Im Fall von Rasen befindet sich mehr als 95 % der Wurzelmasse in Oberbodenschichten bis 20 cm Dicke. Bei Stauden können dagegen artabhängig innerhalb von fünf Jahren bereits bis zu 75 % der Wurzeln 40 cm tief in den Boden einwachsen (Eppel-Hotz 2008).



Abb. 4-31 Staudenbepflanzung (Bildnachweis: @istock.com/fotolinchen)