

# ExWoSt Essen: Städtebauliches und klimatologisches Grobszenario für die Stadt Essen mit dem Fokus auf dem Gebiet Innovation City

Universität Duisburg-Essen  
Institut für Stadtplanung und Städtebau  
Fachgebiet Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Angaben zur Stadt Essen.....	1
2.1	Naturräumliche Gliederung.....	1
2.2	Flächennutzung und Siedlungsstruktur.....	1
3	Das Klima von Essen .....	3
3.1	Makro- und regionalklimatische Einordnung.....	3
3.2	Topoklimatische Gliederung der Stadt Essen und Umgebung .....	4
3.3	Lufthygienische Situation .....	13
4	Auswirkungen des Klimawandels im Ruhrgebiet.....	15
5	Analyse des Innovation City Plangebiets .....	16
5.1	Städtebauliche Analyse .....	16
5.2	Klimatische Situation.....	22
5.3	Lufthygienische Situation.....	24
5.4	Städtebauliches Grobszenario Innovation City.....	26
6	Quellenverzeichnis .....	28
6.1	Verzeichnis der benutzten Unterlagen.....	28
6.2	Literaturverzeichnis.....	29

## 1 Einleitung

Im Rahmen des vom BMVBS-geförderten Projektes ExWoSt sollen für ein Gebiet der Stadt Essen zunächst ein Grobszenario entwickelt werden, welches die zu erwartenden Klimaveränderungen in der Stadt darstellt und städtebauliche Maßnahmen/Strategien aufzeigt, wie damit umgegangen werden kann. Dazu ausgewählt wurde der innerstädtische Bereich, der auch für das Gebiet Innovation City Ruhr beplant wird.

Die Untersuchung erfolgt mittels der Analyse vorhandener, ortsbezogener Unterlagen zur stadtklimatischen und lufthygienischen Situation des Essener Stadtgebietes. Dabei werden zunächst die naturräumlichen Gegebenheiten sowie die makro- und regionalklimatische Einordnung vorgenommen. Im Anschluss erfolgt eine Einschätzung der regionalen Ausprägung des zu erwartenden Klimawandels auf Basis vorhandener Literatur. Aufbauend auf diesen Grundlagen wird die klimatisch-lufthygienische Situation des Plangebietes „Innovation City“ auf FNP-Ebene beschrieben. Aufbauend darauf wird das städtebauliche Szenario bestehend aus einer Analyse und zwei potentiellen Entwicklungen erläutert.

## 2 Angaben zur Stadt Essen

### 2.1 Naturräumliche Gliederung

Die Stadt Essen liegt im Übergangsbereich zwischen den naturräumlichen Großeinheiten des Süderberglandes im Süden und der Westfälischen Tieflandsbucht im Norden. Hierbei ist dem ausgeprägten Relief ein dominanter Einfluss auf die klimatischen Verhältnisse zuzusprechen. Die Ruhrhöhen des Essener Südens bilden mit Höhenlagen von bis zu 202 m ü. NN (Heidhausen) die nach Nordosten ausgerichteten Ausläufer des Niederbergischen Hügellandes, die bis zur nördlichen Emscherniederung auf 27 m ü. NN (Karnap) abfallen (STADT ESSEN (2002)).

Der Essener Süden wird durch den Geländeeinschnitt des Ruhrtals in das Niederbergische Hügelland auf ca. 50 m ü. NN sowie die Seitentäler geprägt. Das mäandrierende Ruhrtal wird von den von WSW nach ENE verlaufenden und geneigten Ruhrhöhen eingerahmt. Hierbei tritt eine markante Klimagrenze durch einen Bergrücken zwischen Schuir, Bredeney und Heisingen hervor, der sich in abgeschwächter Form nach Nordosten über Rüttenscheid bis nach Frillendorf fortsetzt und das Ruhrtal von der dicht bebauten Hellwegzone trennt. Die großflächigen Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebiete südlich der Höhenrücken, deren Grenze in etwa durch die BAB 52 markiert wird, weisen einen über die Bachtäler in Richtung Ruhrtal ausgerichteten Kaltluftabfluss auf.

In der dicht besiedelten Hellwegzone tritt der Geländeeinschnitt des Borbecker Mühlenbaches und seiner Zuläufe als markante Leitlinie im Bereich der Margarethenhöhe auf. Das Borbecker Mühlenbachtal zwischen Schönebeck und Altendorf liegt im Einzugsgebiet des nordwestlichen Grüngürtels zwischen Essen und Mülheim (Grünzug B), so dass entsprechend der nordöstlichen Abflussrichtung eine hohe Klimawirksamkeit bis weit in das nördliche Stadtgebiet erwartet wird. Im Nordosten der Hellwegzone treten die Hügel „Am Hallo“ (100 m ü. NN) und „Mechtenberg“ (84 m ü. NN) hervor. Kaltluftabflüsse in dieser Zone werden ebenfalls durch das Relief unterstützt. Die nördlich angrenzende Emscherzone weist demgegenüber nur eine sehr geringe Reliefenergie auf. Leitlinien ergeben sich durch das Bachsystem der Berne sowie der NNE -WSW verlaufenden Emscher und des Rhein-Herne-Kanals (RVR 2010b).

### 2.2 Flächennutzung und Siedlungsstruktur

Die Stadt Essen liegt im Ruhrgebiet, einem polizentrischen Ballungsraum. Kennzeichnend für die räumliche Lage der Stadt ist die an der westlichen, nördlichen und östlichen Stadtgrenze weitgehende Abwesenheit eines

weiträumigen, unbebauten Umlandes (siehe Abb 1), wie sie für Städte in solitärer Lage (z. B. Münster) gegeben ist. Stattdessen schließen sich in den genannten Sektoren an der Stadtgrenze unmittelbar die ebenfalls in weiten Teilen versiegelten Stadtgebiete an. Rudimentäre Freiräume zwischen Essen und den östlichen und westlichen Nachbarstädten sind durch die regionalen Grünzüge B im Westen und C im Osten gegeben.

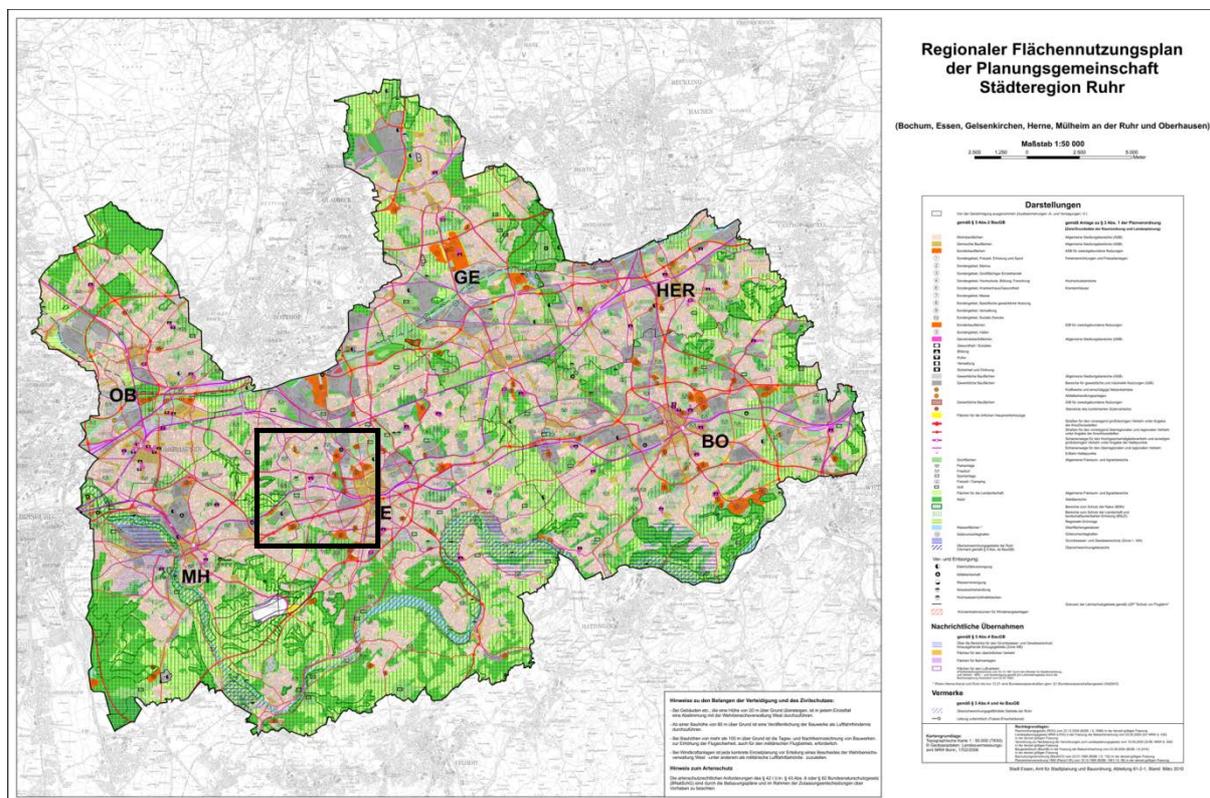


Abb 1 Regionaler Flächennutzungsplan der Planungsgemeinschaft Städteregion Ruhr. Stand: März 2010 (STADT ESSEN 2010d). Rechteck: Lagebereich des Plangebietes „Innovation City“ in Essen.

Die Stadt Essen hat bei einer Fläche von 210,39 km<sup>2</sup> und 571.457 Einwohner (Stand: 30.06.2010) eine Einwohnerdichte von 2.716 EW/km<sup>2</sup>. Der Anteil der bebauten Flächen einschließlich der Verkehrsflächen beträgt 46% (Stand 2002). Dabei weist die Stadt hinsichtlich der Flächeninanspruchnahme ein deutliches Nord-Südfälle auf.

Die durch die enge Verflechtung zwischen Wohn- und Mischbebauung sowie Industrie- und Gewerbeflächen entstandene Gemengelage ist in weiten Teilen des nördlichen Stadtgebietes durch eine starke Beanspruchung der Flächen gekennzeichnet. Die Essener Innenstadt wird durch Misch- und Kerngebietsnutzung, hohe Versiegelungsraten und Rauigkeitslängen sowie geringe Grünanteile geprägt. Sie verschmilzt mit den angrenzenden Wohngebieten mit ihrer vorherrschenden dichten Block- und Reihenhausbauung. Gewerbe- und Industriegebiete nehmen mit ca. 22 % (Stand 2002) einen großen Teil der bebauten Fläche ein. In den innerstädtischen Bezirken besteht der Grün- und Freiflächenbestand hauptsächlich aus öffentlichen Parkanlagen (z. B. Grugapark, Kaiser-Wilhelm-Park), Friedhöfen und städtischen Plätzen, die der Bevölkerung als wohnumfeldnahe Erholungs- und Ausgleichsräume zur Verfügung stehen. Hervorzuheben ist hierbei der hohe Vernetzungsgrad der Park- und Grünanlagen im Nordosten des Stadtgebietes (z.B. Helenenpark, Am Hallo) und das Grünflächensystem entlang des Borbecker Mühlenbaches. Desweiteren sind zum Teil ausgeprägte Freiflächenstrukturen in Form von Gewerbe- und Industriebrachen vorhanden.

Der Essener Süden grenzt sich gegenüber dem nördlichen Stadtgebiet durch eine aufgelockerte Siedlungsstruktur mit geringen Rauigkeiten ab, die ihre Kern- und Mischgebiete in den alten Ortskernen entlang der Ruhr aufweisen. Kennzeichnend für das südliche Stadtgebiet ist der hohe Freiflächen- und Grünflächenanteil

mit den zusammenhängenden regional bedeutsamen Erholungsgebieten. Hervorzuheben sind die zusammenhängenden Waldgebiete im Bereich der Hang- und Kuppenlagen nördlich des Baldeneysees mit dem Schellenberger Wald, Krupp Wald, Heissiwald und Kettwiger Stadtwald. Die land- und grünlandwirtschaftlichen Nutzflächen nehmen einen Anteil von ca. 42% des Freiflächenbestandes ein, mit einer deutlichen Konzentration auf das südwestliche Stadtgebiet.

### 3 Das Klima von Essen

#### 3.1 Makro- und regionalklimatische Einordnung

Makroklimatisch wird Essen dem maritim beeinflussten Klimabereich „Nordwestdeutschland“ zugeordnet, der sich von der Küste bis zu den Südseiten der Eifel und des Westerwaldes sowie bis zur Ostseite des Sauerlandes erstreckt. Dieser Bereich ist durch allgemein kühle Sommer und milde Winter geprägt, in dem sich gelegentlich auch kontinentaler Einfluss mit längeren Hochdruckphasen durchsetzt (KLIMAATLAS NORDRHEIN-WESTFALEN 1989). Entsprechend wird das Klima dem Cfb-Klima (feuchtgemäßigtes Klima) nach Köppen zugeordnet (KOTTEK et. al 2006).

Regional betrachtet liegt Essen im Übergangsbereich zwischen den Klimabezirken „Münsterland“ im Norden und „Bergisches Land“ im Süden sowie im östlichen Grenzbereich des Klimabezirkes „Niederrheinisches Tiefland“.

Die atlantische Prägung des Klimas kommt durch dominierende südwestliche Windrichtungen zum Ausdruck, die die vorherrschenden Luftdruckverhältnisse mit einem Hoch über Süd- und Mitteleuropa und einem Tief über dem Europäischen Nordmeer und dem Nordatlantik widerspiegeln.

Ein deutlich schwächer ausgeprägtes Maximum lässt sich für Windrichtungen aus Nordosten bis Ost ableiten. Das Essener Stadtgebiet liegt im Übergangsbereich der für Nordwestdeutschland vorherrschenden Südwestströmungen und der im Rheintal dominierenden südöstlichen Strömung.

Bezüglich der thermischen und hygrischen Kennwerte der Region werden für die regional repräsentative Freilandstation Essen-Bredeney des DWD für die Klimareferenzperiode 1961-1990 eine Jahresmitteltemperatur von 9,6°C sowie ein Jahresniederschlag von 931 mm angegeben. Das Klima ist durch ganzjährig milde Temperaturen und gleichmäßig verteilte Niederschläge ohne Trockenphasen geprägt, wie die Jahresgänge (siehe Abb 2) zeigen. Die monatlichen Mitteltemperaturen schwanken zwischen einem sommerlichen Maximum von 17,4°C im Juli und einem winterlichen Minimum von 1,9°C im Januar. Die jährliche Niederschlagsverteilung zeigt ebenfalls ein sommerliches Maximum von 97 mm im Juni ein winterliches Minimum 56 mm im Februar.

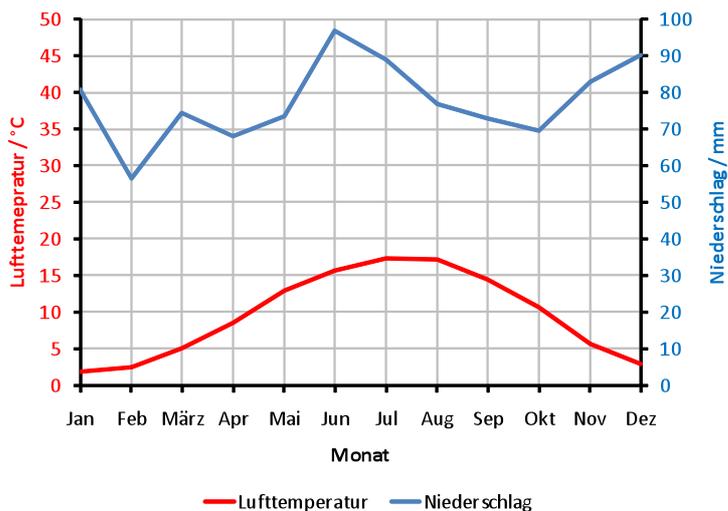


Abb 2 Mittlerer Jahresgang der Lufttemperatur und des Niederschlages an der DWD-Station Essen-Bredeney für die Referenzperiode 1961-1990 (Quelle: DWD-Daten).

### 3.2 Topoklimatische Gliederung der Stadt Essen und Umgebung

Die Stadt Essen weist die typischen Merkmale des Stadtklimas auf. Aufgrund der polizentrischen Lage zu den unmittelbar angrenzenden westlichen, nördlichen und östlichen Nachbarstädten bleiben die stadtklimatischen Phänomene allerdings nicht nur auf das Stadtgebiet Essens beschränkt, sondern finden sich regional betrachtet auch in den Nachbarstädten wieder (BARLAG und KUTTLER 2009). Wie der Entwurf der regionalen Klimafunktionskarte in einer einfachen Näherung zeigt, stellt sich das Ruhgebiet im Bereich der Emscherniederung und Hellwegzone ungeachtet der politischen Grenzen als eine weitgehend geschlossene bebaute Zone dar, die nur im Bereich der regionalen Grünzüge durch größere Freiflächen durchbrochen ist.

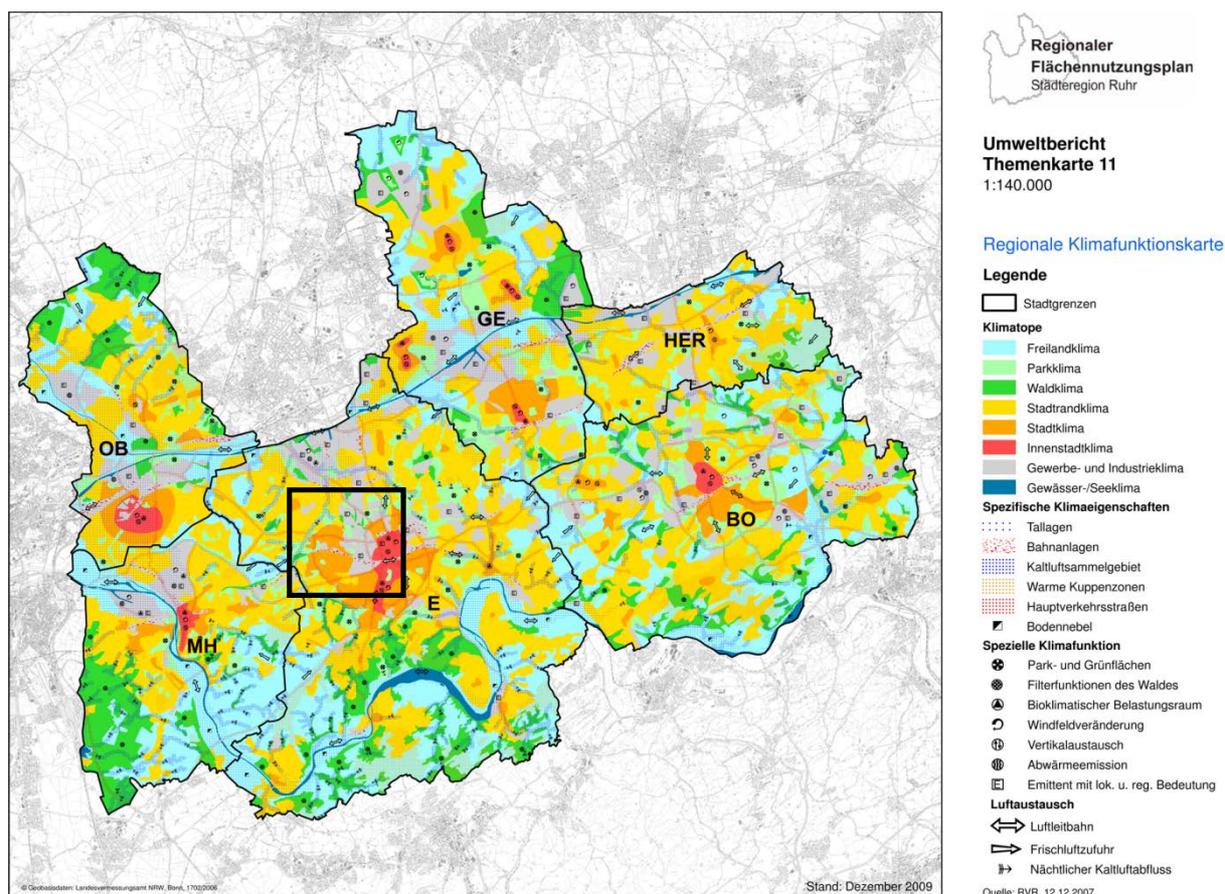


Abb 3 Regionale Klimafunktionskarte (Entwurf). Stand: Dezember 2009 (RVR 2010b, ergänzt). Rechteck: Lagebereich des Plangebietes „Innovation City“ in Essen.

Entsprechend dominieren über die westlichen und östlichen Stadtgrenzen Essens hinaus die Klimatope der versiegelten Areale (Stadt-, Gewerbe-, Industrie- und Stadtrandklimatope), die überwiegend ungünstige Klimateigenschaften (hauptsächlich Überwärmung und Spurenstoffbelastungen) aufweisen. Diese Effekte sind im Bereich der Innenstädte von Mülheim, Oberhausen, Essen, Gelsenkirchen und Bochum als Innenstadtklimatope am deutlichsten ausgeprägt, die aufgrund ihrer hohen Überwärmung damit das Ruhrgebiet als ein Gebiet mit multiplen Wärmedomen darstellen. Im Gegenzug dominieren in den südlichen Bereichen des Ruhrgebietes die Freilandklimatope, die aufgrund ihrer positiven Klimateigenschaften zu den Günst- bzw. Ausgleichsräumen zählen.

Die stadtklimatische Situation Essens wurde in der gesamtstädtischen Klimaanalyse von 2002 (STADT ESSEN 2002) eingehend beschrieben, dessen wesentliche Aussagen hier zusammenfassend wiedergegeben werden. Zu den Ursachen und Wirkungen des Stadtklimas sei hier auf KUTTLER (2010) verwiesen.

Die mesoklimatische Situation des Essener Stadtgebietes wird durch die topographische Lage im Übergangsbereich zwischen den nach Norden abfallenden Höhenlagen des Niederbergischen Hügellandes und den Niederungsbereichen der Emscherzone sowie dem stark ausgeprägten anthropogenen Überformungsgrad mit einem ausgeprägten Nord-Süd-Gefälle der Flächeninanspruchnahme bestimmt. Die SW-NE verlaufenden Höhenrücken des Niederbergischen Hügellandes erweisen sich als übergeordnete klimatische Trennungslinie, die den stärker topoklimatisch geformten Süden von dem stadtklimatisch überprägten Norden abgrenzen.



Im Essener Süden wirken sich die ausgeprägten Reliefstrukturen prägend auf die klimatischen Verhältnisse aus. Die Höhenrücken grenzen sich als gut durchlüftete „Warme Kuppenzonen“ von den kühlen und austauscharmen Talregionen ab. Die Kaltluftdynamik wird durch den hohen Anteil regional bedeutsamer Kaltluft und Frischluftentstehungsgebiete gefördert und ist durch die zur Ruhr ausgerichteten Kaltluftabflüsse der Bachtäler gekennzeichnet. Im Ruhrtal bauen sich während autochthoner Strahlungsnächte mächtige Kaltluftströmungen auf, deren Obergrenze die Höhe der Talinversionen widerspiegelt. Der Einfluss der Bebauungsstrukturen ist im Vergleich zur Verdichtungszone im Norden als gering anzusehen. Hervorzuheben sind die südexponierten, überwiegend locker bebauten Hang- und Kuppenlagen, die durch einen erhöhten Strahlungsgenuss bei anhaltend günstigen Austauschverhältnissen wohnklimatische Gunsträume darstellen (siehe Abb 5). Demgegenüber stehen die relativ dicht bebauten Ortskerne des Ruhrtals, die einer erhöhten bioklimatischen Belastung und in Verbindung mit lokalen Emissionen durch Hausbrand, Gewerbe und Industrie ein erhöhtes Immissionspotential aufweisen. Ein besonders ausgeprägter klimatischer Lastraum konnte für das Stadtteilzentrum Steele nachgewiesen werden.



Die klimatischen Verhältnisse der dicht bebauten, aber reliefarmen Hellweg- und Emscherzone im Essener Norden werden in erster Linie durch den Grad der anthropogenen Überformung der Flächennutzungen (Versiegelungsgrad, Bebauungsdichte, Rauigkeitslänge) bestimmt. Hierbei ist dem Versiegelungsgrad ein Leitcharakter zuzusprechen, da für viele thermische Kennwerte eine Abhängigkeit vom Versiegelungsgrad belegt werden kann. Die Verdichtungszonen sind durch erhöhte thermische Belastungen während der Tages- und Nachtstunden gekennzeichnet. Als Belastungsschwerpunkte mit Hitzestress treten neben den hoch versiegelten Gewerbe- und Industrieflächen insbesondere die dichten Block- und Blockrandbebauungen hervor, die aufgrund der sensiblen wohnbaulichen Nutzung einen erhöhten Handlungsbedarf aufzeigen. Demgegenüber steht die positive Wirkung der Parkanlagen sowie parkartig durchgrünter Innenhöfe, die sich als kleinräumige Klimaoasen durch ihre bioklimatische Wohlfahrtswirkung abgrenzen (SCHWEGLER 1999). Daneben hebt sich die Gartenstadtstruktur der Margarethenhöhe durch geringe thermische Belastungen ab.

Die hohen Versiegelungsraten begünstigen während entsprechender Wetterlagen einen stark ausgeprägten nächtlichen Wärmeinseleffekt (siehe Abb 6) in der dichten Bebauung mit Schwerpunkt in der Innenstadt. Die hohe nächtliche Überwärmung setzt sich in abgeschwächter Form innerhalb der westlich und südlich der Innenstadt vorgelagerten dichten Wohnbebauung fort. Die stadtklimatischen Charakteristika werden im Einflussbereich regionaler Ausgleichsräume sowie lokaler innerstädtischer Grünzonen durch Kaltluftströme deutlich abgemildert. Für die nördliche Siedlungszone erlangen der westliche Grüngürtel entlang des Borbecker Mühlenbachtals mit thermischen Ausgleichswirkungen bis weit in die Bebauung des Essener Nordens, das Grünverbundsystem zwischen dem Öko-Park Segeroth, dem Bernetälchen und dem Helenenpark sowie die Freifläche „Am Hallo“ eine planungsrelevante Bedeutung als lokale Ausgleichsräume.

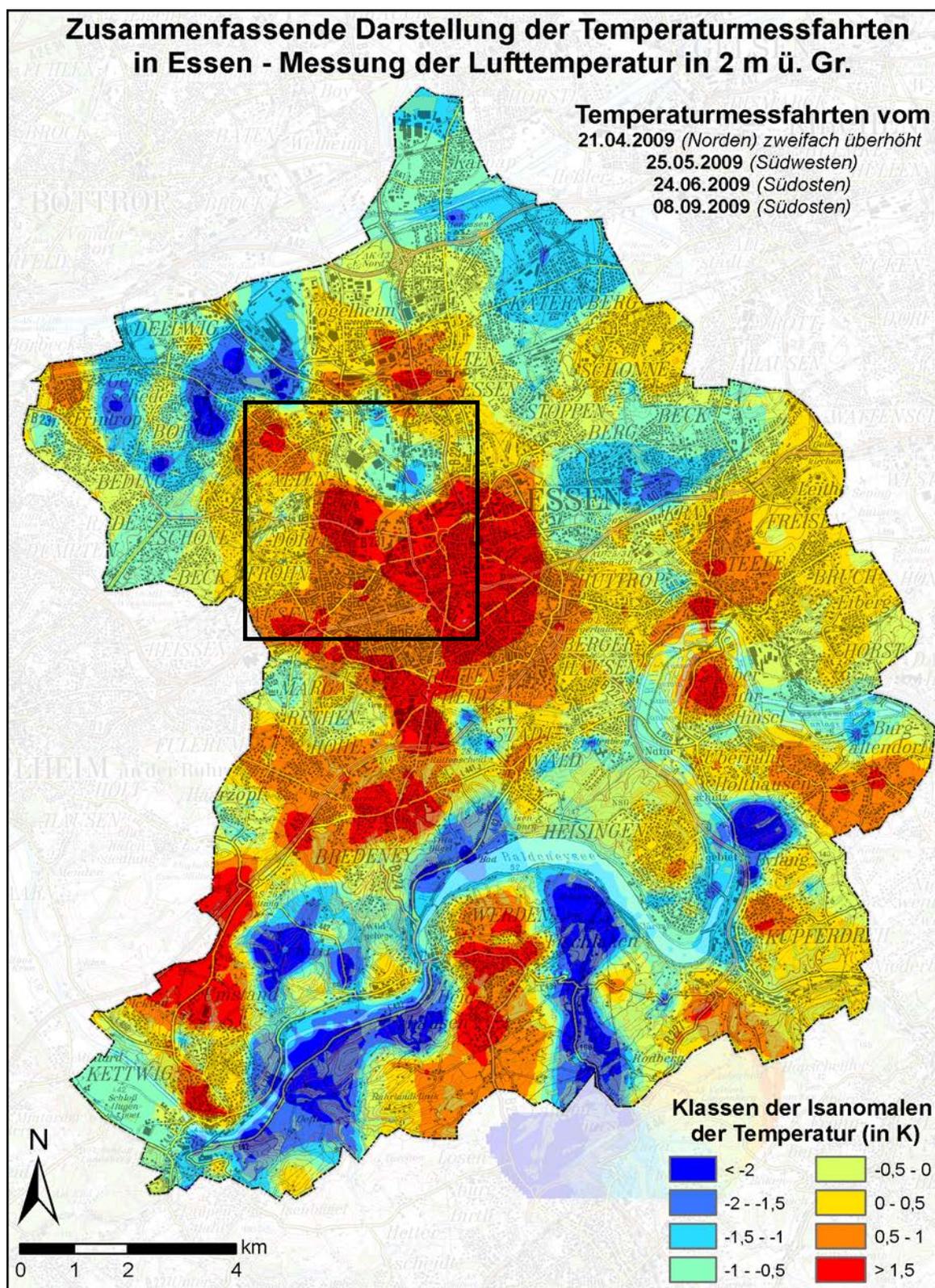


Abb 6 Isanomalien der Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. der Stadt Essen während austauscharmer Wetterlagen (KUTTLER und BÜNS 2009). Rechteck: Lagebereich des Plangebietes „Innovation City“ in Essen.

Die bioklimatische Situation von Essen zeichnet sich durch eine hohe Variabilität aus. Neben den natürlichen bioklimatischen Ungunstlagen der bebauten Talregionen, lässt sich eine größere räumliche Konzentration mit erhöhten Belastungswerten für die Innenstadt und die südlich vorgelagerte dichte Wohnbebauung nachweisen. Als bioklimatische Gunsträume treten die locker bebauten Stadtteile Margarethenhöhe, Haarzopf, Bredeneu, Stadtwald und Rellinghausen hervor. Das übergeordnete Windfeld bewirkt ein Durchgreifen der südwestlichen

Hauptströmungskomponente bis in den Essener Norden, wodurch der hohe klimaökologische Stellenwert der regionalen Ausgleichsräume des Essener Südens als Frischluftproduktionsgebiete unterstrichen wird.

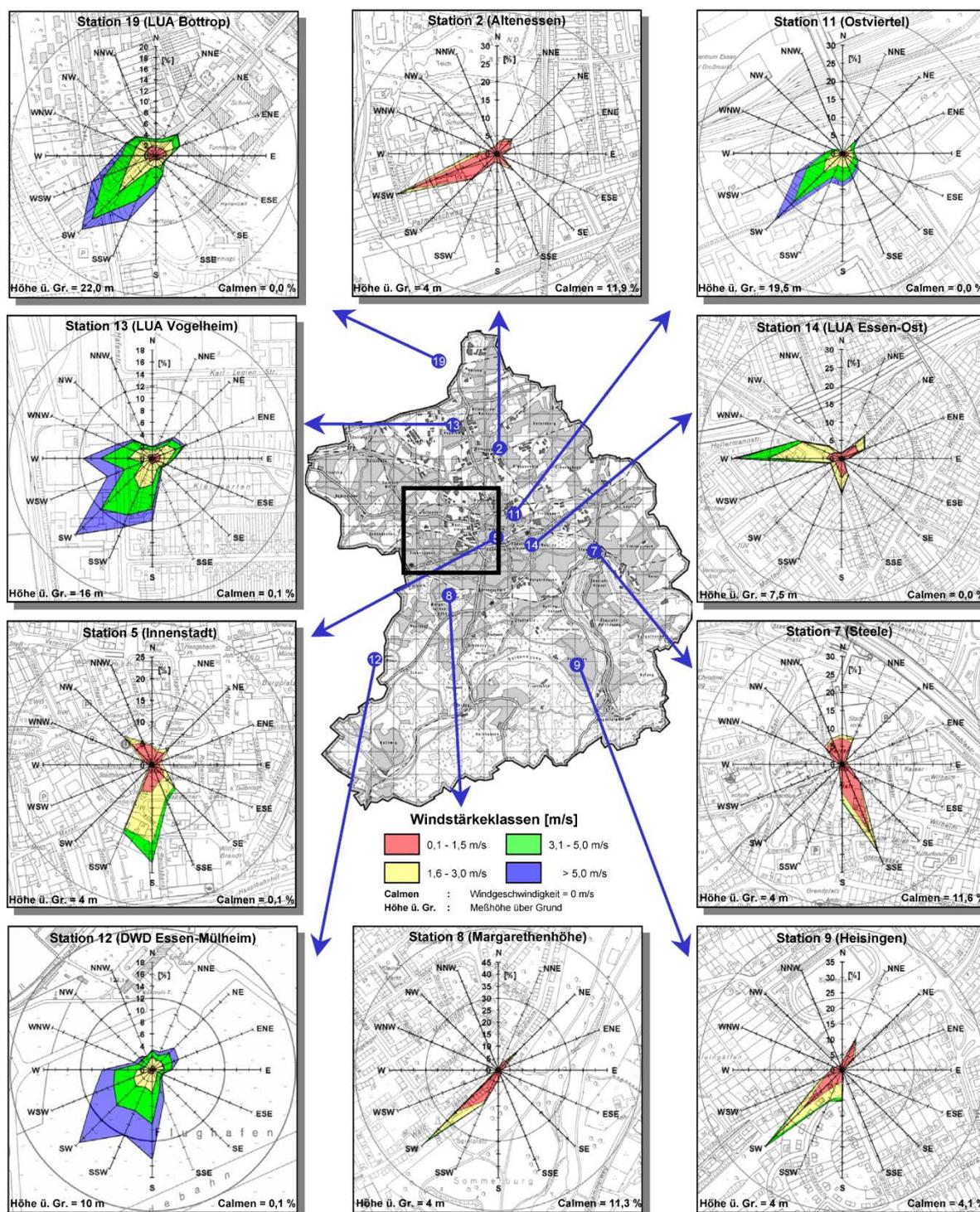


Abb 7 Kumulative Stärkewindrosen für ausgewählte Stationsstandorte in Essen. Datengrundlage: 01.10.1999 - 30.09.2000 (STADT ESSEN 2002). Rechteck: Lagebereich des Plangebietes „Innovation City“ in Essen.

Das bodennahe Windfeld weist innerhalb der bebauten Areale ausgeprägte Kanalisierungs- und Umlenkeffekte auf (siehe Abb 7), die eine straßenparallele Be- und Entlüftung begünstigen. Die Belüftungsintensität wird durch die Breite der Straßenschluchten und deren Ausrichtung zur Hauptwindrichtung bestimmt. Die hohe Oberflächenrauigkeit des Essener Stadtgebietes verursacht eine starke Reduktion der bodennahen Windgeschwindigkeit innerhalb der Bebauung von durchschnittlich 57 % auf < 1,9 m/s (siehe Abb 7). Als Räume

mit problematischen Austauschverhältnissen grenzen sich die westlichen und östlichen überwiegend dicht bebauten Wohngebiete von der Emscherniederung im Norden bis zur Hellwegzone im Süden sowie die Stadtteilzentren im südlichen Ruhrtal ab. Die Innenstadt hebt sich innerhalb der Siedlungszone durch günstige Austauschverhältnisse hervor, die im Zusammenhang mit thermischen Turbulenzen als Folge des Wärmeinseleffektes zu interpretieren sind. Für die Innenstadt zeigt sich aber auch ein erhöhter Winddiskomfort, der auf Düseneffekte innerhalb der Straßen- und Häuserschluchten sowie Wirbelbildungen an den Gebäuden zurückzuführen ist.

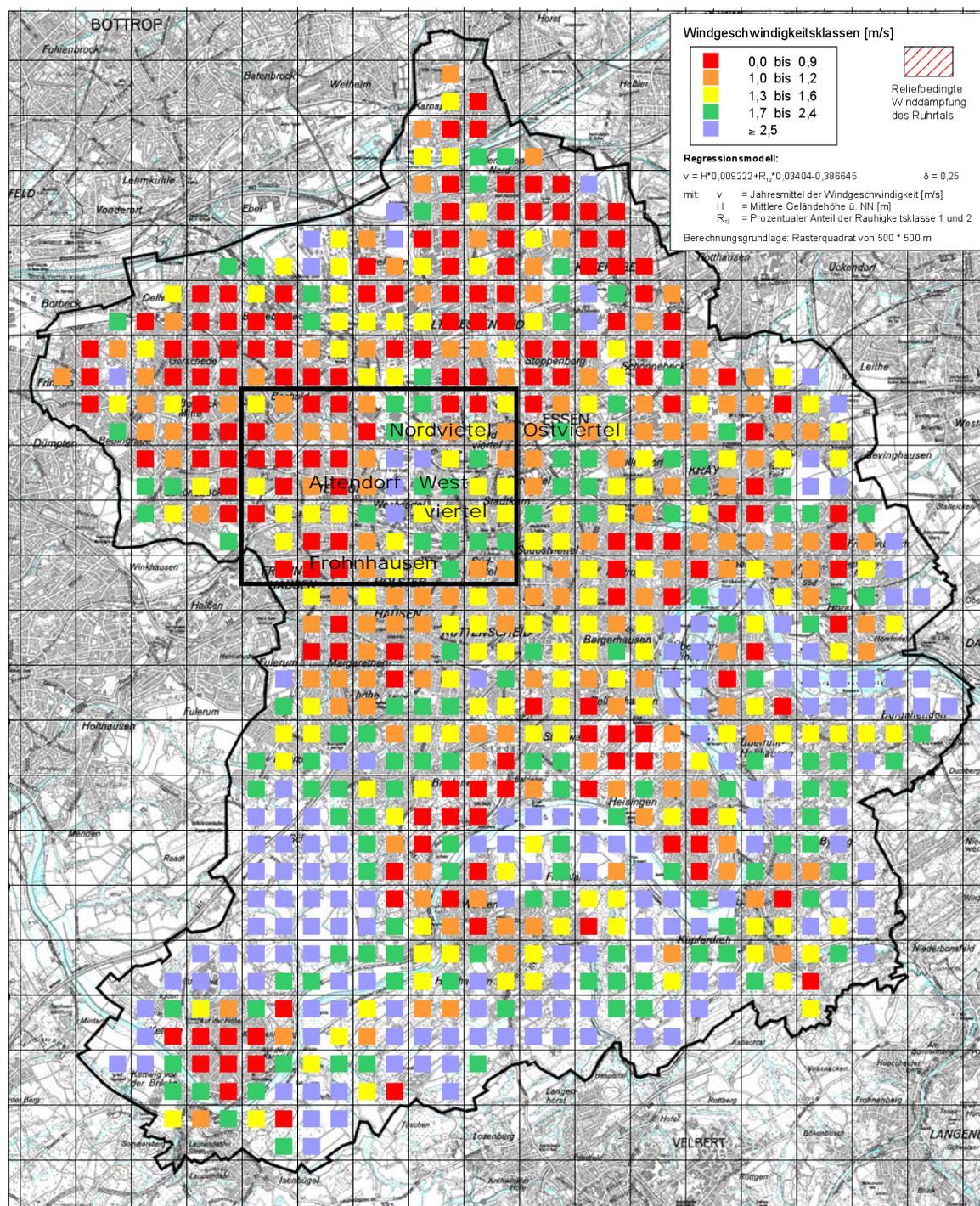


Abb 8 Jahresmittel der Windgeschwindigkeit [m/s] in 4 m ü. Gr. im Essener Stadtgebiet, berechnet auf der Grundlage der Rauigkeit und der Geländehöhe bezogen auf ein Rasterquadrat von 500 x 500 m. Datengrundlage: Stationäres Klimameßnetz im Zeitraum 01.10.1999 - 30.09.2000 (STADT ESSEN 2002). Rechteck: Lagebereich des Plangebietes „Innovation City“ in Essen.

Während austauscharmer Wetterlagen kommt der Ausbildung autochthoner Belüftungssysteme eine planungsrelevante Bedeutung zu. Die Untersuchungsergebnisse weisen auf die Existenz eines stadtinduzierten Flurwindsystems hin. Als klimarelevante Luftleitbahnen sind die Ost-West verlaufenden breiten Bahntrassen mit hoher Belüftungsintensität beispielhaft hervorzuheben.

Die Häufigkeit von Bodeninversionen erreicht mit ca. 63 % aller Nachtstunden im Jahresmittel – mit Maxima im Ruhrtal und der Emscherniederung – eine planungsrelevante Bedeutung für die Ausbreitungsbedingungen bodennaher Luftschadstoffe. Der Wärmeinseleffekt wirkt einer Stabilisierung der bodennahen Luftschichten entgegen, so dass in der Innenstadt, der Gewerbe- und Industriezone sowie der angrenzenden dichten Blockbebauung ein bodennaher Durchmischungsraum mit neutralen bis leicht labilen Schichtungsverhältnissen aufrecht erhalten wird.

### 3.3 Lufthygienische Situation

Hinsichtlich der Lufthygiene wird zwischen Spurenstoffquellen (Emissionen) und Spurenstoffeinträgen (Immissionen) unterschieden.

Bezüglich der Emittentenstruktur in Essen liefert das Emissionskataster NRW (Stand: 2004, LANUV 2009) entsprechende Informationen.

Schadstoff	Industrie 2004	Verkehr 2000/2004	Kleinfeuerungsanlagen 2004	Landwirtschaft 2003	Gesamt
<b>Treibhausgase</b>					
Distickstoffmonoxid (N <sub>2</sub> O)	773	40.557	11.652	21.452	74.433
Kohlendioxid	1.101.998.301	863.542.959	943.142.588		2.908.683.848
Methan	1.624	86.921	96.004	142.411	326.960
<b>Andere Gase</b>					
Ammoniak	1.341	60.890		81.378	143.608
Chlor und -verbindungen als HCl	13.194		8.134		21.328
Fluor und -verbindungen als HF	63.256		746		64.002
Kohlenmonoxid	12.992.071	22.937.908	4.899.611		40.829.590
NMVOC (Organische Gase und Dämpfe ohne Methan)	254.728	2.403.717	260.707		2.919.152
Schwefeldioxid	2.689.40	11.779	556.971		3.258.153
Stickstoffoxide als Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	1.235.95	2.999.782	688.589		4.924.330
<b>Schwermetalle</b>					
Arsen	0,388		4		4
Blei	135		135		270
Cadmium	7		3		10
Chrom	12		4		16
Kupfer	12		4		17
Nickel	56		11		67
Vanadium	9				9
Zink	0,540				0,540
<b>Chlorhaltige organische Stoffe</b>					
Dioxine/Furane als I-TE	11	5	40		56
<b>Andere organische Stoffe</b>					
Benzo(a)pyren (BaP)	3	7	46		56
Benzol	174	112.865	7.195		120.233

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	3	247	2.516	2.766
<b>Anorganische Stoffe</b>				
Dieseleruß		61.543		61.543
Staub (Gesamstaub)	307.583	295.476	80.525	683.583
Staub (PM10)	138.981	295.476	73.811	508.267

Mengenangaben in kg/a, Dioxine/Furane als I-TE in mg/a

Tabelle 1 Emissionskataster NRW 2004: - Emissionen aller Emittentengruppen in Essen. (LANUV 2009)

Die Tabelle zeigt für das gesamte Stadtgebiet eine Übersicht der Emissionen verschiedener Spurenstoffe, aufgeschlüsselt nach den Emittentengruppen Industrie, Verkehr, Kleinf Feuerungsanlagen und Landwirtschaft. Bei den organischen Kohlenwasserstoffen (NMVOC) dominiert der Kfz-Verkehr mit knapp der doppelten Emissionsmenge gegenüber der Industrie. Ferner ist der Verkehr als Hauptemittent für Benzol und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Feinstaub (PM10) zu nennen. Beim Treibhausgas CO<sub>2</sub> gilt als Hauptemittent die Industrie, gefolgt von den Kleinf Feuerungsanlagen und dem Verkehr. Die emittierenden Industrieanlagen sind über das bebaute Stadtgebiet verteilt, konzentrieren sich aber hauptsächlich auf die Industrie- und Gewerbegebiete in Vogelheim (Stadthafen) und Karnap.

Bezüglich der Immissionen sind die Spurenstoffe Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM10) von Bedeutung, deren Hauptemittent der Verkehr ist. Entsprechend treten hohe Immissionskonzentrationen insbesondere im Bereich stark befahrener Straßen auf. Die Immissionssituation an den Straßen wird anhand von Ampelkarten deutlich, die für die Straßen eine Grenzwertüber- oder -unterschreitung anzeigen.

Ampelkarte Stickstoff und Umweltzonen im Ruhrgebiet  
Stand 31.03.2008

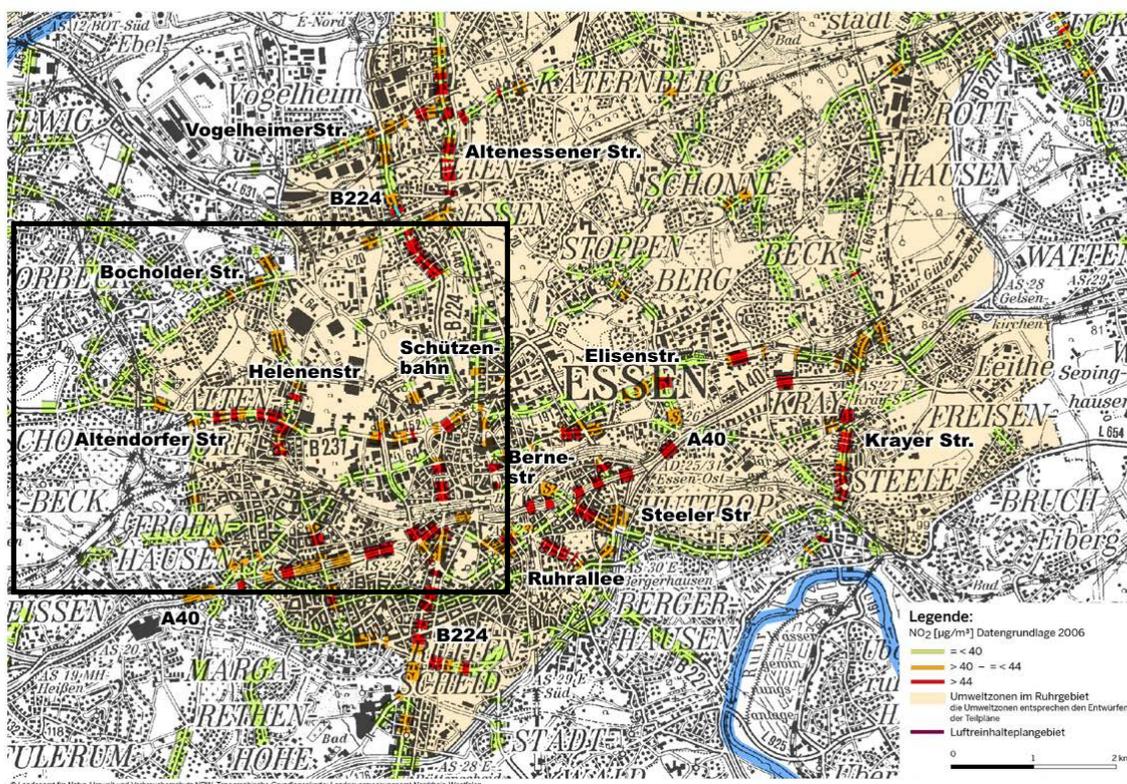


Abb 9 Ampelkarte für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Umweltzonen im Ruhrgebiet – Ausschnitt für die Stadt Essen. Rechteck: Lagebereich des Plangebietes „Innovation City“ in Essen (LANUV 2008a, ergänzt).

Ampelkarte Feinstaub und Umweltzonen im Ruhrgebiet  
Stand 31.03.2008

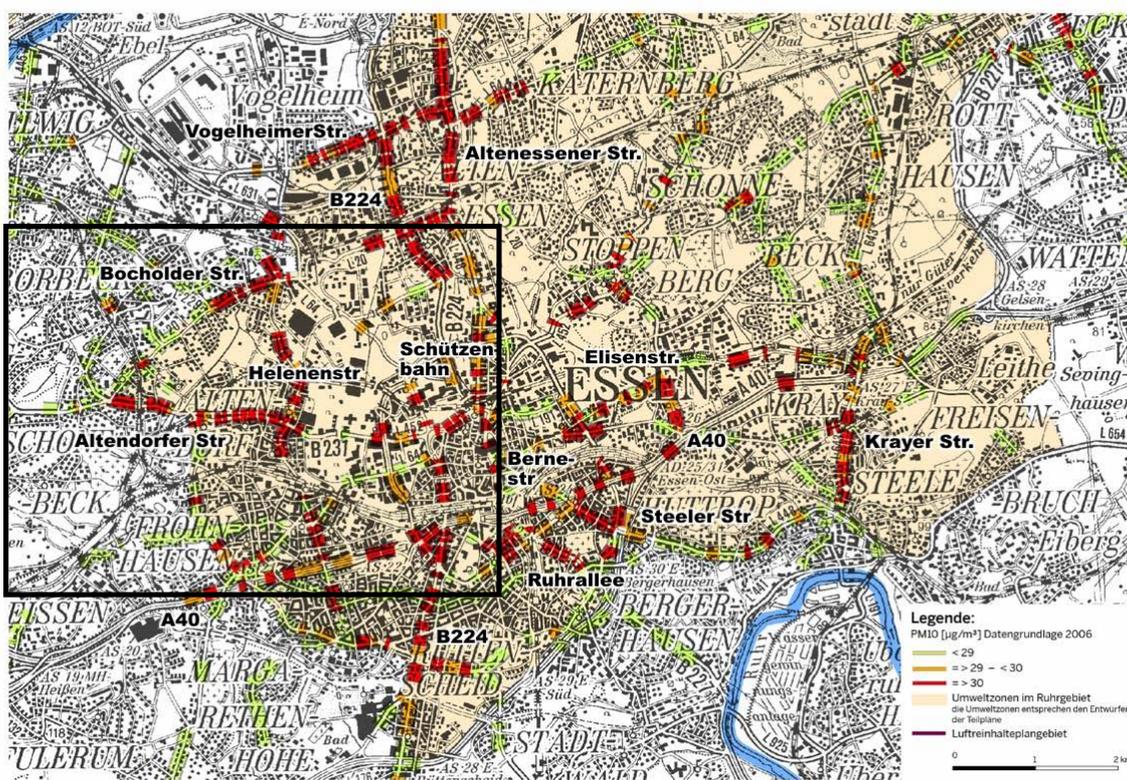


Abb 10 Ampelkarte für Feinstaub (PM10) und Umweltzonen im Ruhrgebiet – Ausschnitt für die Stadt Essen. Rechteck: Lagebereich des Plangebietes „Innovation City“ in Essen (LANUV 2008b, ergänzt).

Entsprechend der Ampelfarben werden kritische bzw. Grenzwert überschreitende Immissionskonzentrationen rot dargestellt, sowie in gelb diejenigen Werte, die eine Überschreitungsgefahr zukünftiger Grenzwerte anzeigen. In grün sind Bereiche mit unkritischen Immissionskonzentrationen dargestellt. Für beide Spurenstoffe treten Grenzwertüberschreitungen im Bereich der BAB40 zwischen Holsterhausen und Frillendorf, an der B224 im Bereich Rüttenscheid und Altenessen/Vogelheim, an der Altenessener und Altendorfer Strasse, an der Kray Strasse in Steele sowie an den nördlichen Enden der Ruhrallee und der Steeler Straße auf. Für PM10 befinden sich weitere Belastungsschwerpunkte an der Elisentraße (Ostviertel), Helenenstraße (Altendorf), Schützenbahn und Bernestraße sowie an der Vogelheimer und Bocholder Straße.

Aufgrund der hohen kfz-bedingten Spurenstoffbelastung wurden weite Teile des Essener Stadtgebietes als Umweltzone gemäß 35. BImSchV ausgewiesen, deren Grenzen in den Ampelkarten ebenfalls dargestellt sind.

#### 4 Auswirkungen des Klimawandels im Ruhrgebiet

Die Auswirkungen des Klimawandels auf das Ruhrgebiet wurden jüngst eingehend im „Handbuch Stadtklima“ (MUNLV 2010) untersucht, dessen Ergebnisse hier zusammenfassend dargestellt werden. Hierbei ist anzumerken, dass die Klimaprojektionen keine Vorhersagen darstellen und einen für Stadtplanungsbelange unzureichenden Raumbezug aufweisen. Auf Grundlage hypothetischer Überlegungen zu zukünftigen Treibhausgasemissionen (Emissionsszenarien) werden über mathematische Methoden (Klimamodelle) lediglich Abschätzungen in der Bandbreite der Veränderungen der Klimaparameter im regionalen Maßstab geliefert.

Vor dem Hintergrund der derzeitigen national- globalpolitischen Bestrebungen werden die Projektionen auf Basis des Treibhausgasemissionsszenarios A1B dargestellt. Dieses Emissionsszenario geht von einem starken globalen Wirtschaftswachstum unter Einsatz effizienter Technologien und eines mäßigen Umweltschutzes sowie

einer Globalisierung der Gesellschaft mit nur geringen regionalen Entwicklungstendenzen aus, welche das Bevölkerungswachstum ab Mitte des 21. Jahrhundert abschwächt. Die fossilen Energieträger werden sukzessiv durch regenerative Energieerzeugung ersetzt, so dass ab Mitte des 21. Jahrhunderts die Treibhausgasemissionen zurückgehen. Die durch das Szenario A1B bedingte globale Erwärmung wird auf ca. 2,8 K geschätzt (IPCC 2007). Das Downskaling der Globalen Erwärmung auf die regionale Ebene des Ruhrgebietes erfolgte über die vier Regionalklimamodelle STAR2, WETTREG, REMO10 und CLM. Es wurde die Veränderung des Klimas der Dekade 2051-2060 („nahe Zukunft“) im Vergleich zur letzten Dekade 1991-2000 untersucht.

Bezüglich der zu erwartenden Änderung der Jahresmitteltemperatur ist je nach Regionalmodell mit einer Erwärmung von 1,5 K bis 2,1 K zu rechnen. Regionale Schwerpunkte der Erwärmung sind nicht eindeutig feststellbar. Die sommerlichen Maximaltemperaturen können um 1,5 K bis 1,9 K ansteigen, wobei im südlichen Ruhrgebiet der Bereich des Rheinischen Schiefergebirges stärker betroffen sein kann als das übrige Ruhrgebiet. In Folge dessen ist mit einem Rückgang der Eistage (Tageshöchsttemperatur  $t_{\max.} < 0^{\circ}\text{C}$ ) und Frosttage (Tagesminumtemperatur  $t_{\min.} < 0^{\circ}\text{C}$ ) um 60% bzw. 40% zu rechnen. Gleichzeitig könnten die Sommertage ( $t_{\max.} \geq 25^{\circ}\text{C}$ ) um 80% bis 95% sowie die Heißen Tage ( $t_{\max.} \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) um 130% bis 150% zunehmen. Die Tropennächte (nächtliche Minimumtemperatur  $t_{\min.} \geq 20^{\circ}\text{C}$ ) können sich fast verdreifachen und die Tage mit Wärmebelastung ansteigen.

Als Folgen der Erwärmung ist für die Stadt Essen zu erwarten, dass die Überwärmung in der Innenstadt weiter ansteigen wird, und dass in den Stadtrandklimatopen die bisher tolerable Wärmebelastung das Belastungsniveau der heutigen dichten Wohnbebauung erreichen wird.

Bei der Niederschlagsverteilung ist für den gesamten Jahresniederschlag je nach Modell eine Zunahme von 0,9% bis über 36% zu verzeichnen. Eine Beurteilung der sommerlichen oder winterlichen Niederschlagstrends ist anhand der vier vorliegenden regionalen Modelle aufgrund der stark divergierenden Ergebnisse derzeit weder für das gesamte Ruhrgebiet noch für die einzelnen Naturräume mit Sicherheit möglich.

## 5 Analyse des Innovation City Plangebiets

### 5.1 Städtebauliche Analyse

Das Plangebiet bildet einen nordwestlich gelegenen Halbkreis um die Essener Innenstadt und umfasst bei einer Fläche von ca. 11 km<sup>2</sup> die Stadtteile Altendorf, Frohnhausen, Nordviertel und Westviertel. In dem Gebiet leben ca. 61.500 Einwohner (Stand: Dezember 2009), entsprechend einer Einwohnerdichte von 5.593 Einwohnern/km<sup>2</sup>, die somit doppelt so groß ist wie der gesamtstädtische Mittelwert von 2.740 Einwohnern/km<sup>2</sup>. Das Plangebiet besteht überwiegend aus Wohn- und Gewerbegebieten sowie aus Brachflächen ehemaliger Industrieanlagen (STADT ESSEN 2010a). Der Freiflächenanteil liegt nach dem Regionalen Flächennutzungsplan unter 40 %. Große CO<sub>2</sub>-Einzelemittenten befinden sich in diesem Gebiet nicht.

Das Innovation City Gebiet ist aus städtebaulicher Sicht durch dichte Wohnstrukturen in den Kernbereichen von Altendorf, Frohnhausen und dem Nordviertel gekennzeichnet, sowie durch eine dichte Gewerbe und Industrienutzung im Bereich des Westviertels. Dabei zeigen sich im Zentrum der Stadtteile dichte Blockrandbebauungen mit sehr hohen Versiegelungsgraden. Zentrumsferner wird die Struktur mit Ein- und Zweifamilienhäusern lockerer. Dass ein direkter Zusammenhang zwischen der Dichte der Bebauungsstruktur und den stadtklimatischen Gunst- und Lasträumen besteht, zeigt sich auch deutlich in der stadtklimatischen Analysen der Stadt Essen (vgl. Abb 11).

## Klimatische Lasträume

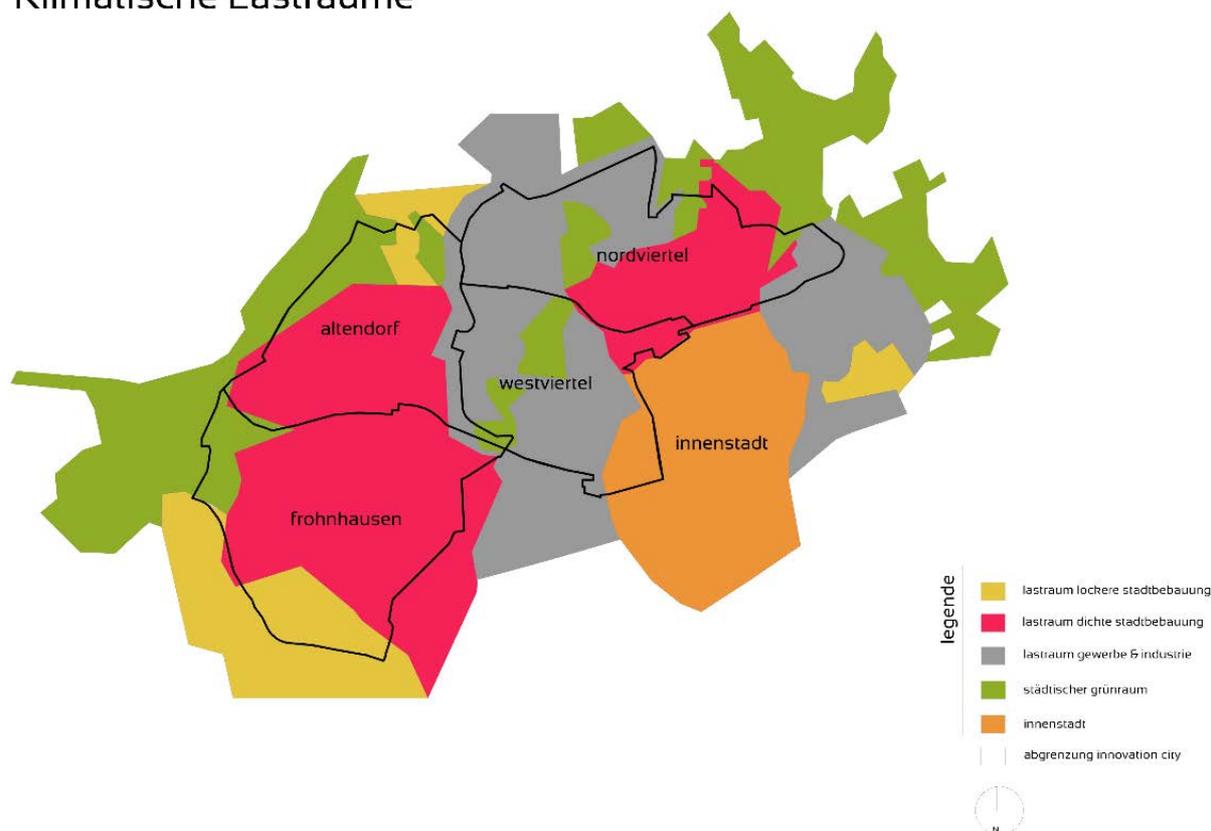


Abb 11 stadtklimatische Lasträume im Innovation City Gebiet

Darin wird deutlich, dass besonders die verdichten Zentrumswohnbereiche und Gewerbe/Industriebereiche erhöhte bioklimatische und Emissionsbelastungen aufweisen. Die Stadt Essen stuft diese als Sanierungszone I ein, was die höchste Handlungs- und Planungspriorität indiziert. Die lockerer bebauten Außenbereiche, werden hingegen als Lasträume der Stadtrandbebauung eingestuft und weisen bereits geringere Belastungen auf. Geteilt wird das Gebiet außerdem durch drei stadtklimatisch bedeutenden Kaltluftschneisen in Form der beiden Bahntrassen (Rheinische Bahn, Deutsche Bahn) und der BAB 40.

### Grünflächen

Nennenswerte Grünbereiche bilden der neu angelegt Krupp-Park im Westen des Westviertels, der Gervinuspark in Frohnhausen, diverse Kleingartenanlagen in Altendorf, der Bernegrünzug in Norden, sowie Teile des Grünraums um den Terrassenfriedhof bei Schönebeck und des stillgelegten Bahndamms der Rheinischen Bahn. Diese Bereiche werden stadtklimatische Analyse der Stadt Essen als Klimaschutzzonen eingestuft, die Funktionen wie Temperaturabsenkung, Frischluftzufuhr und Pufferbildung zu den umgebenden Lasträumen. Darüber hinaus sind nur vereinzelte, kleine Grünbereiche zu erkennen. Auffällig ist außerdem die Zunahme von Grünstrukturen in zentrumsferneren Bereichen von Altendorf, Frohnhausen und dem Nordviertel.

## Grünflächen



Abb 12 Grünräume im Innovation City Gebiet

## Wasserflächen

Offene Wasserflächen sind im Innovation City Gebiet nur in sehr geringem Maße zu finden, meist innerhalb von Grüngeländen. zeigt, als größere stehende Gewässer lediglich, den See im Krupp-Park, den neu geplanten Niederfeldsee und die ebenfalls neu angelegten Wasserflächen am Krupp Hauptquartier, sowie am innenstadtnahen Uni-Viertel. Als Fließgewässer gibt es die Berne im Norden und den Borbecker Mühlenbach im Westen. Auffällig ist, dass sich alle Gewässer (mit Ausnahme der Krupp-Wasserflächen) nicht in den verdichteten Zentrumszonen befinden, wo sie bioklimatisch am wichtigsten wären. Wasserflächen erfüllen durch ihre kühlende Wirkung eine wichtige stadtklimatische Funktion und schaffen in zusammen mit Vegetation hochwertige Aufenthaltsqualitäten. Bislang ist dieses Potential für das Innovation City Gebiet jedoch noch nicht ausreichend genutzt worden.

## Wasserflächen

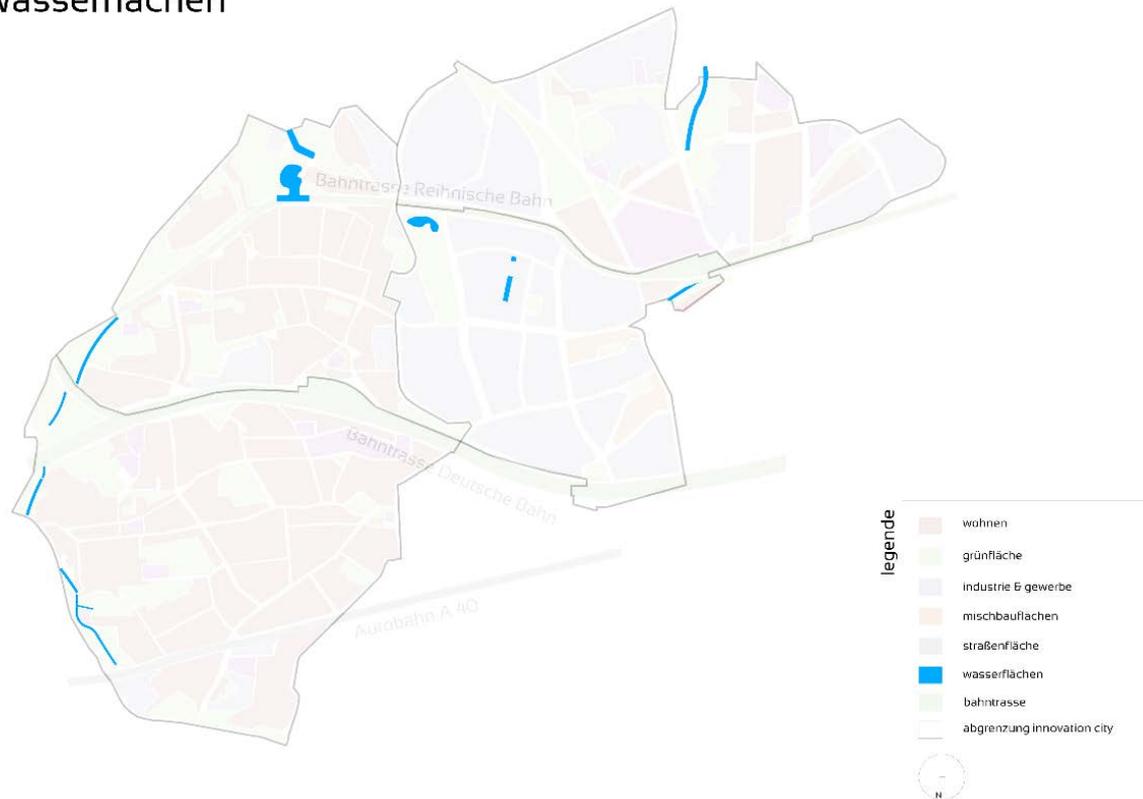


Abb 13 Wasserflächen im Innovation City Gebiet

## Industrie und Gewerbeflächen

Wie bereits zuvor angesprochen ist besonders das Essener Westviertel von dichter Industrie- und Gewerbenutzung geprägt, die sich aus der vormals überwiegenden Nutzung durch den Thyssen Krupp Konzern ergibt (siehe Abb 14). Durch aktuelle Planungen und teils auch Realisierungen entlang des ‚Kruppgürtels‘ sind der Krupp Campus und Krupp Park entstanden. Die restlichen Strukturen sind jedoch noch dicht und teils stark versiegelt, in manchen Fällen aber nicht mehr vollständig genutzt. Auch das Nordviertel weist einige Gewerbliche Strukturen auf, die jedoch nicht so stark zusammenhängend auftreten wie im Kruppgürtel.

## Industrie & Gewerbe

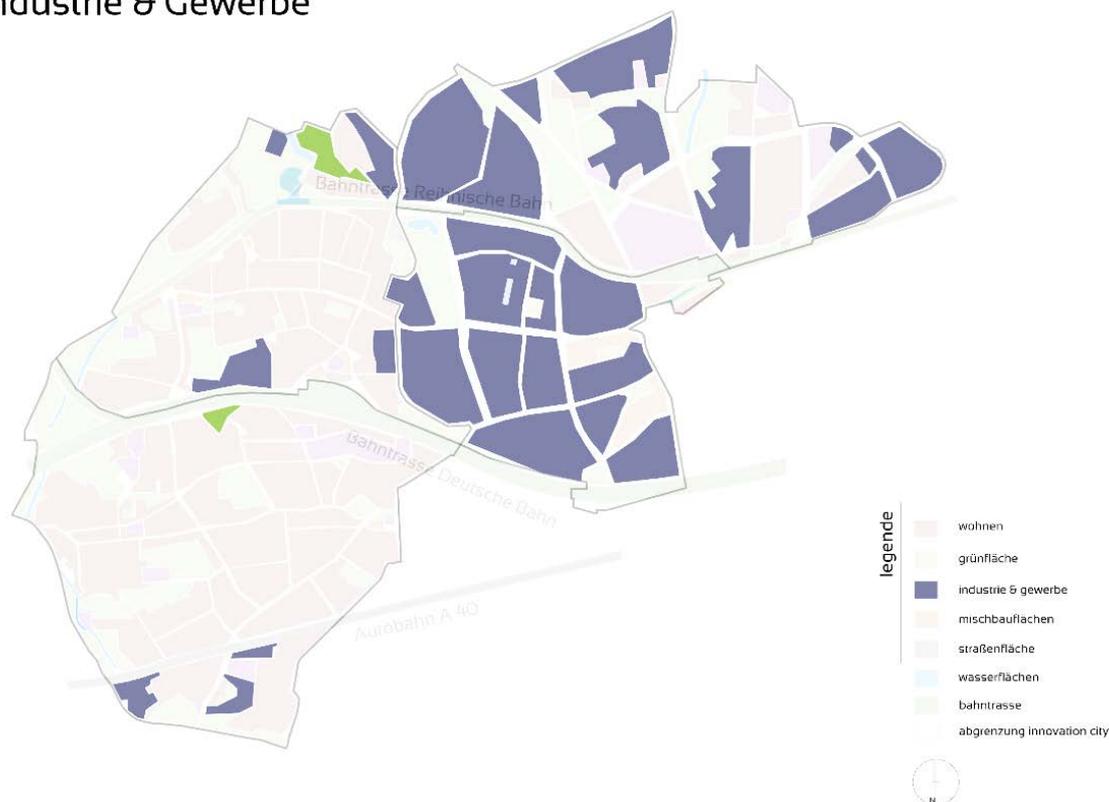


Abb 14 Gewerbe- und Industrieflächen im Innovation City Gebiet

## Wohnflächen

Die Wohnbereiche konzentrieren sich im Wesentlichen auf die Stadtteile Altendorf und Frohnhausen, sowie zum Teil auf das Nordviertel. Dabei ist die Diversität der Gebäudetypologien hoch. In den Stadtteilzentren dominiert eine dichte Blockrandbebauung, wohingegen in den Außenbereichen lockerere Strukturen mit Reihenhäusern, Ein- und Zwei- und Mehrfamilienhäusern vorherrschen. Die Bausubstanz der Blockstrukturen stammt teilweise aus der Gründerzeit, weitere Teile wurden nach dem Krieg wieder aufgebaut. Die neueren und weniger dichten Stadtrand-Strukturen wurden in den 50er, 60er und 70er Jahren realisiert. Die Wohnbebauung konzentriert sich insgesamt eher auf den Westlichen Teil des Innovation City Gebietes.

## Wohnen

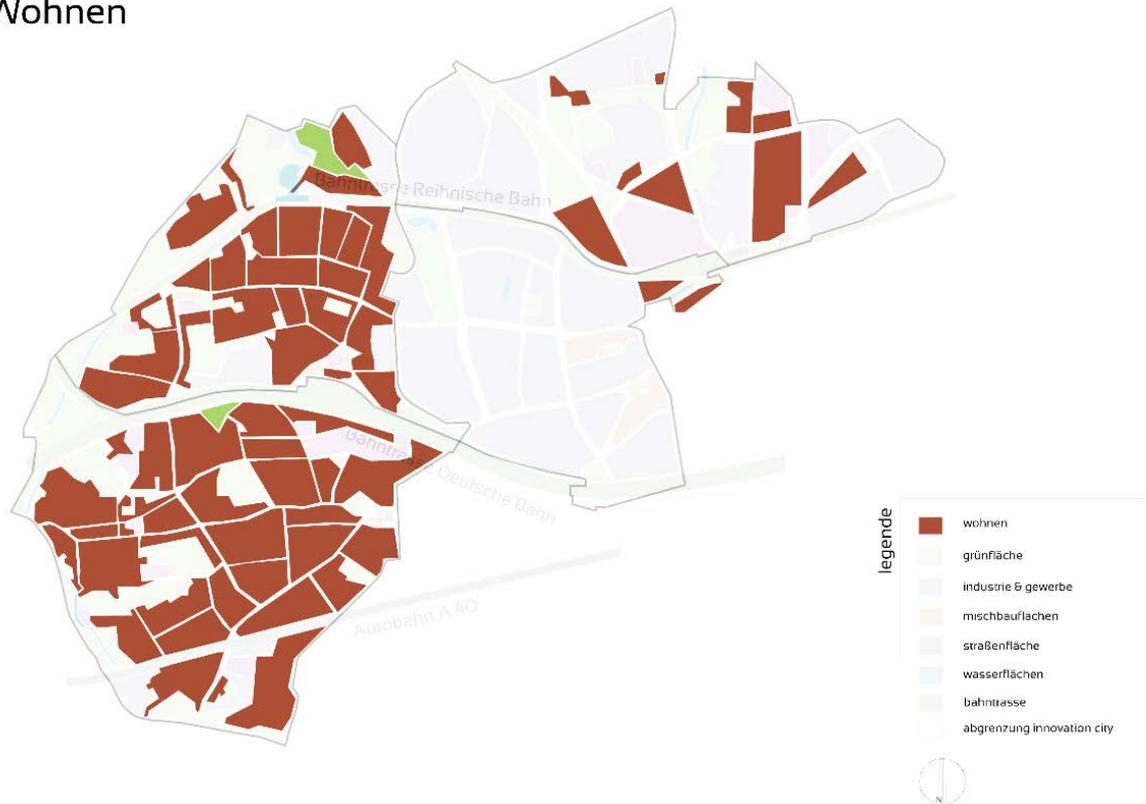


Abb 15 Wohnbereiche im Innovation City Gebiet

## Nutzungsstruktur insgesamt

Abb 16 zeigt die Nutzungsstruktur des Innovation City Gebietes insgesamt und fasst die Analyseergebnisse der vorherigen Kapitel zusammen. Nochmals wird eine recht starke funktionale Trennung der einzelnen Stadtteile deutlich, wobei in allen Bereichen ein Mangel an ausreichend großen Frei- und Grünflächen feststellbar ist.

## Nutzungsverteilung

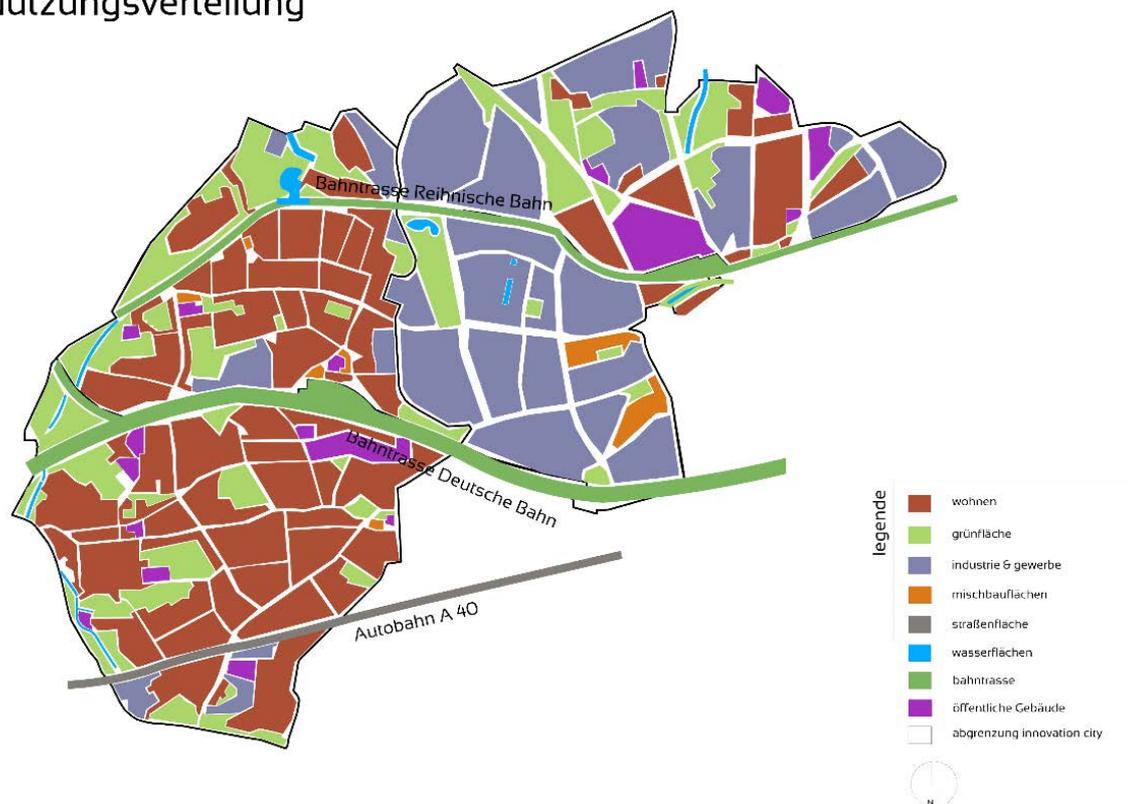


Abb 16 Nutzungsstruktur im Innovation City Gebiet

## 5.2 Klimatische Situation

Die Flächennutzung des Plangebietes wird hauptsächlich durch dichte Wohnbebauung (Altendorf, Frohnhausen, Nordviertel), hoch versiegelte Industrie- und Gewerbegebiete (Westviertel) sowie Hauptverkehrsstraßen und Gleisanlagen geprägt. Die entsprechenden Klimatope (siehe ) sind durch die ungünstigen Eigenschaften Überwärmung mit Wärmebelastung und Spurenstoffbelastung gekennzeichnet und daher als Ungunst- bzw. Lasträume anzusehen.

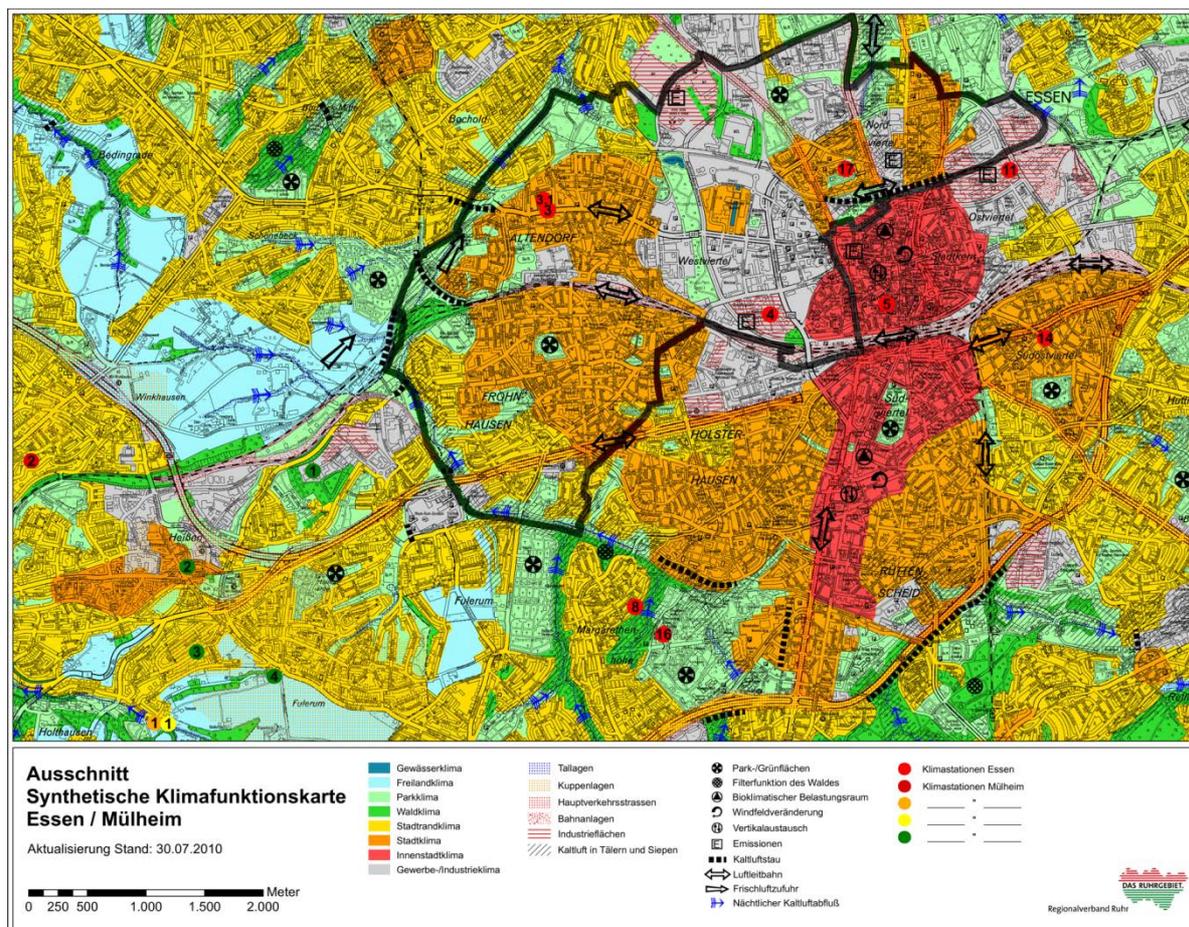


Abb 17 Klimatopkarte des Plangebietes „Innovation City“ (RVR 2010a).

Neben diesen Arealen sind im Gebiet auch kleinere Grünflächen vorhanden (insbesondere der neue Krupp-Park), die als wichtige lokale Erholungsräume anzusehen sind, jedoch keine nennenswerte Fernwirkung in die benachbarten Lasträume haben dürften. Somit fehlen in dem Gebiet Ausgleichsräume. Als externe Gunst- bzw. Ausgleichsräume, die auf das Plangebiet wirken, sind lediglich die Freilandklimatope Winkhausental am Westrand sowie jenseits des Nord- und Ostviertels die Parkklimatope des Nordparks und des Areals Helenenpark/Seumannstraße zu nennen. Mangels geeigneter Ventilationsbahnen ist bei diesen Flächen jedoch von keiner Wirkung auf den Kernbereich des Plangebietes auszugehen. Damit gewinnen die innerstädtischen Park- und Grünflächen als Ausgleichsräume zur Abmilderung der stadtklimatischen Defizite an Bedeutung.

Aus heutiger Sicht notwendige Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel betreffen die Sicherung der Luftleitbahnen in die Essener City, die Verbesserung der Grünsituation in den verdichteten Wohngebieten (z. B. kleinräumige Freiflächen, Dach- und Fassadenbegrünung, schattenspendende Vegetation, Farbgebung) sowie die vorbildliche Berücksichtigung der Anforderungen von Klimaschutz und Klimaanpassungsstrategien vor allem auch in den neu zu entwickelnden Quartieren. Ferner kann durch die Schaffung von innerstädtischen Oberflächengewässern (z. B. Niederfeldsee) einer Wärmebelastung durch Verdunstungsprozesse vorgebeugt werden.

### 5.3 Lufthygienische Situation

Im Plangebiet und an seinen unmittelbaren Grenzen befinden sich mehrere Industrieanlagen, die im Emissionskataster NRW (Stand: 2004, LANUV 2009) gemeldet sind. Hierbei handelt es sich um Anlagen folgender Firmen:

- Deutsche Titan GmbH
- Elektro Thermit GmbH & Co. KG
- Enderling Entsorgung GmbH
- Energietechnik Essen
- Goldschmidt AG
- Krupp Druckereibetriebe GmbH
- RWE Umwelt Organik GmbH
- RWE Umwelt Westfalen-Ruhr GmbH
- Steag Fernwärme GmbH, Standort Essen Innenstadt

Die Bedeutung dieser Emittenten ist gering. So betragen die Emissionen für Stickoxide, PM10, CO<sub>2</sub>, CO und NMVOC (inklusive PAK und Benzol) weniger als 15% der jeweils stärksten Essener Quellen. Allerdings wird vermutet, dass die Kleinf Feuerungsanlagen (Hausbrand) in den dicht bebauten Wohnquartieren von Frohnhausen und Altendorf aufgrund des hohen Baubestandalters von > 13 Jahren zu einem erheblich Teil zu den lokalen Emissionen beitragen können, da hier noch Öl- und Feststofffeuerung aus alten Heizungen überwiegen (STADT ESSEN 2010c). In wieweit die eingesetzten Energieträger für die Erzeugung von Raumwärme an der Gesamtbelastung beteiligt sind, wird zurzeit vom LANUV geprüft.

Bezüglich der Immissionen liegen für die Spurenstoffe NO<sub>2</sub> und PM10 aus der Quellgruppe Verkehr für das Plangebiet Konzentrationsabschätzungen als Ampelkarten vor (siehe Abb 18 und Abb 19): Für beide Spurenstoffe ist mit Grenzwertüberschreitungen an der Altendorfer Straße im Abschnitt westlich der Helenenstraße sowie im Bereich der Weststadt, an der Haus-Berge-Straße, der Helenenstraße und Oberdorfstraße sowie in Frohnhausen im Bereich Rüdeshheimer Straße und Leipziger Straße zu rechnen. Zusätzliche Belastungsschwerpunkte befinden sich für NO<sub>2</sub> an der BAB40 sowie für PM10 im Bereich der Altenessener Strasse und der B224. Die genannten Straßen zeichnen sich durch hohe Verkehrsaufkommen mit mehr als 10.000 Fahrzeugen/Tag (Stand: 2008) aus. Im Bereich des Kruppürtels hingegen sind bisher keine verkehrsbedingten Spurenstoffbelastungen zu verzeichnen.

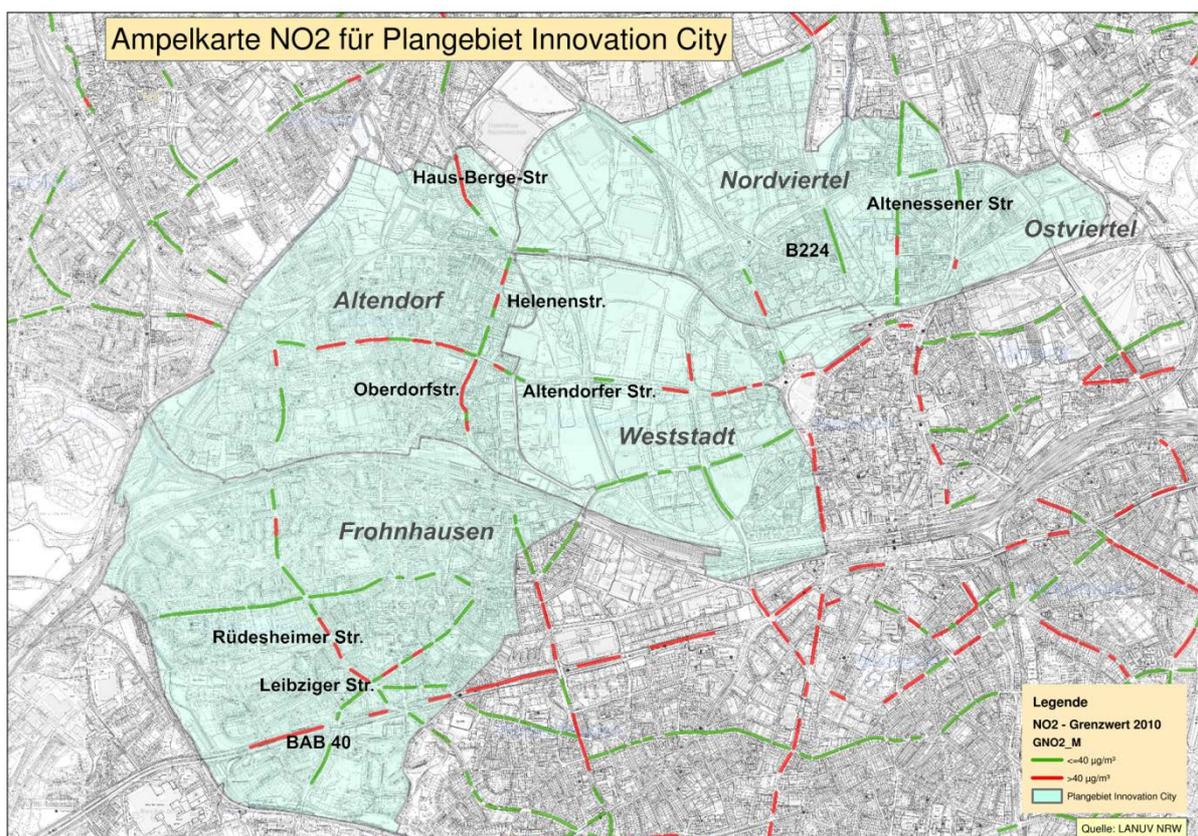


Abb 18 Ampelkarte für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Umweltzonen im Ruhrgebiet – Ausschnitt für das Plangebiet Innovation City. Stand: 2010. (LANUV 2010a).

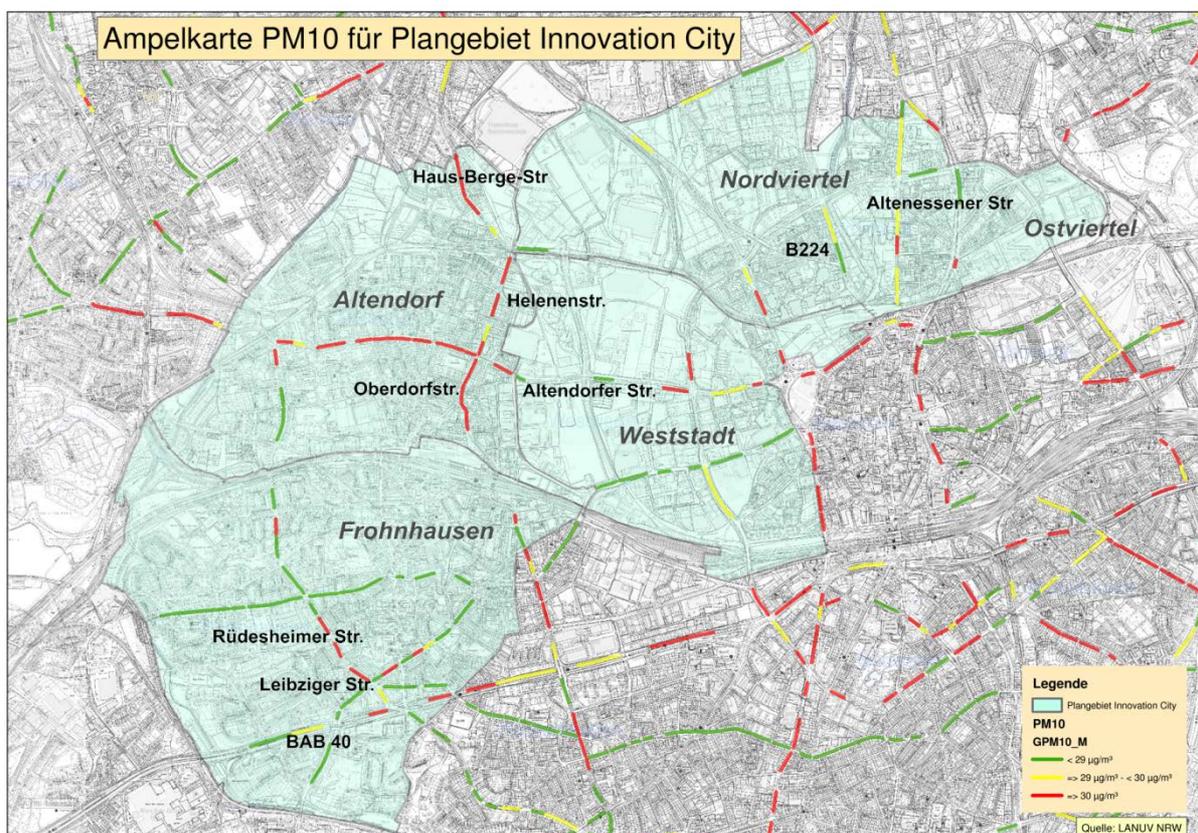


Abb 19 Ampelkarte für Feinstaub (PM<sub>10</sub>) und Umweltzonen im Ruhrgebiet – Ausschnitt für das Plangebiet Innovation City. Stand: 2010. (LANUV 2010b).

Das Plangebiet liegt mit Ausnahme der westlichen Areale in der Umweltzone Essen-Gelsenkirchen.

#### 5.4 Städtebauliches Grobszenario Innovation City

Für das städtebauliche Grobszenario wurden eine Reihe von Maßnahmen angenommen, wie in Zukunft den Änderungen des Klimas begegnet werden kann. Dabei wurde versucht eine erste Grundlage für eine Klimastrategie im Innovation City Gebiet zu legen. Eine grundsätzliche Annahme ist, dass der Bedarf an Kühlung und Durchlüftung, besonders der zuvor als prioritär sanierungsbedürftig eingestuft Gebiete schon jetzt vorhanden ist und weiter zunehmen wird.

Das Szenario geht davon aus, dass in den folgenden 20 Jahren verstärkt die Kaltluftschneisen der Bahntrasse der Rheinischen Bahn, sowie die Bahntrasse der Deutschen Bahn als Kaltluftschneisen erhalten bleiben und ihre schon jetzt wichtigen stadtklimatischen Funktionen weiterhin erfüllen können. Dazu sollen besonders diese Kaltluftschneisen genutzt werden, um die im Tal entstehende Frischluft in die verdichteten Zentrengebiete zu transportieren.

Weiterhin wurde verstärkt darauf geachtet die stark verdichteten Wohngebiete (insbesondere mit Blockrandbebauung in Frohnhausen und Altendorf) durch grüne Korridore stärker zu durchlüften und so einen verbesserten thermischen Komfort zu gewährleisten. Diese Achsen, die als ‚Grüne Korridore‘ bezeichnet werden könnten, weisen eine besonders hohe Anzahl an Gründächern, Pocket Parks, Fassadenbegrünungen, Hofbegrünungen und Straßenbegrünungen auf. So kann ein ausgeglichenes Mikroklima gewährleistet werden.

Zudem werden in den Grünbereichen verstärkt Wasserflächen angelegt die besonders in den heißen Sommermonaten durch Ihre Verdunstung zusätzliche Kühlung bringen und außerdem bei Starkregenereignissen als Versickerungsbereiche und Auffangbecken dienen können. Insgesamt wird darauf geachtet Baulücken und innerstädtische Brachflächen nicht wieder baulich zu entwickeln, sondern, zumindest temporär, als Grün- und Erholungsflächen zu nutzen.

Weiterhin ist der Gefahr von Starkregenereignissen begegnet worden indem große Bereiche, besonders die Innenhöfe der Blockrandbebauung, entsiegelt wurden, so dass eine Versickerung fast überall möglich ist. An Stellen die topographisch ungünstig liegen und an denen sich große Wassermengen sammeln können, wurde ein Abflusssystem entwickelt, so dass das Wasser in eines der zahlreichen Oberflächengewässer abfließen kann.

## Grobszenario

'Grüne Korridore'



Abb 20 Grobszenario1: Grüne Korridore

Das Grobszenario 1 zeigt die Anpassungsstrategie, wie sie ohne große bauliche Veränderungen im Bestand durchgeführt werden könnte. Wie sichtbar wird, sind die Anpassungen aber nur sehr marginal: Innenhöfe werden entsiegelt und begrünt, Straßenbepflanzung wo möglich ergänzt und ggf. Dächer und Fassaden begrünt. Dieses Szenario ist ein guter Anfang, große Auswirkungen auf das Stadtklima sind langfristig so jedoch nicht zu erwarten.

Daher wurde ein Extremszenario, das Szenario „Cool City“ entwickelt, welches im Prinzip die gleichen Strategien wie in Grobszenario 1 aufgreift, diese jedoch sehr konsequent und ohne Rücksicht auf den Bestand durchführt.

## Grobszenario

'Cool City'



Abb 21 Grobszenario 2: Cool City

Die Darstellung des Szenarios muss abstrakt gedeutet werden. Die grünen Korridore sind nicht als riesige Grünflächen gedacht, sondern damit soll angedeutet werden, dass in diesen Bereichen grüne Elemente angesiedelt werden müssen. Es besteht die Möglichkeit bestehende Gebäude bei Bedarf abzureißen, es können aber auch lediglich begrünte Dächer oder Fassaden als Maßnahmen in diesen Bereichen durchgeführt werden.

Wichtig ist, dass die Anpassung an den Klimawandel als immer währender Prozess angesehen werden muss, das bedeutet, langfristig müssen alle städtebaulichen Entwicklungen vor dem Hintergrund des anstehenden Klimawandels betrachtet werden. Sobald es Umbaumaßnahmen, Abrisse und Neubauten gibt, muss darauf geachtet werden, dass die Strategie der skizzierten Szenarien Betrachtung findet und dass Maßnahmen dieser Strategie nicht entgegen stehen.

## 6 Quellenverzeichnis

### 6.1 Verzeichnis der benutzten Unterlagen

KLIMAAATLAS NORDRHEIN-WESTFALEN (1989): Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW (Hrsg.). Düsseldorf.

KUTTLER, W., BÜNS, C. (2009): Isanomalien der Lufttemperatur in 2 m ü. Gr. in Sommernächten in Essen. – Eigene Erhebungen. Universität Duisburg-Essen, Abt. Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie.

LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2008a): Ampelkarte für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und geplante Umweltzonen im Ruhrgebiet. Stand: 2008.

LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2008b): Ampelkarte für Feinstaub (PM10) und geplante Umweltzonen im Ruhrgebiet. Stand: 2008.

- LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2009): Emissionskataster NRW 2004. Webdatenbank. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen. <http://www.gis.nrw.de/ims/ekatsmall2004/smallclient.htm>.
- LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2010a): Ampelkarte für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Umweltzonen im Ruhrgebiet – Ausschnitt für das Plangebiet Innovation City. Stand: 2010.
- LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2010b): Ampelkarte für Feinstaub (PM10) und Umweltzonen im Ruhrgebiet– Ausschnitt für das Plangebiet Innovation City. Stand: 2010.
- RVR - Regionalverband Ruhr (2010a): Klimatopkarte des Plangebietes „Innovation City“. Stand: August 2010.
- RVR - Regionalverband Ruhr (2010b): Regionale Klimafunktionskarte (Entwurf). Stand: Dezember 2009.
- STADT ESSEN (2002): Klimaanalyse der Stadt Essen. 183 S. Stadt Essen, Umweltamt.
- STADT ESSEN (2010a): Blauer Himmel. Grüne Stadt. - Bewerbung: Innovation City Ruhr. Projektskizze der Stadt Essen., 15 S.
- STADT ESSEN (2010b): Flächennutzungsplan des Plangebietes „Innovation City“. Stand: Juli 2010. Stadt Essen, Amt für Stadtplanung und Bauordnung.
- STADT ESSEN (2010c): Immissionssituation im Plangebiet von „Innovation City“. Hausnotiz von Th. Dobrick vom 14.7.2010. Stadt Essen, Umweltamt.
- STADT ESSEN (2010d): Regionaler Flächennutzungsplan der Planungsgemeinschaft Städteregion Ruhr. Stand: März 2010. Stadt Essen, Amt für Stadtplanung und Bauordnung.

## 6.2 Literaturverzeichnis

- BARLAG, A.-B.; W. KUTTLER (2009): Prima Klima? Stadtklimatologie im Ruhrgebiet. Atlas der Metropole Ruhr. (Hrsg.): Prosek, A.; H. Schneider, H.A. Wessel, B. Wetterau, D. Wiktorin, Emons-Verlag, Köln, S. 194-195.
- 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
- KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B., RUBEL, F. (2006): World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. – Meteorol. Zeitschr. 15, 3, 259–263.
- KUTTLER, W. (2010): Urbanes Klima. Teil 1. – Gefahrstoffe, Reinh. D. Luft 70, Nr. 7/8, 329 – 340.
- 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, W. Kuttler, D. Düttemeyer, A.-B. Barlag, J. Hasse, C. Roesler, V. Lorke. 268 S. Düsseldorf.
- SCHWEGLER, M. (1999): Untersuchungen zur Luftqualität in hofbildenden Bebauungsstrukturen. = Essener Ökologische Schriften, Bd. 11, 110 S., Westarp-Wissenschaften, Hohenwarsleben.