

Klimaanalyse Stadt Witten

Essen, im November 2007



Klimaanalyse Stadt Witten

Auftraggeber:

Stadt Witten
Stadtplanungsamt

Auftragnehmer:

Regionalverband Ruhr
Referat Geoinformation und Raumbeobachtung
Kronprinzenstraße 35
45128 Essen

Autorin:

Dipl-Geogr. Astrid Snowdon

Unter Mitarbeit von:

Dr. Wolfgang Beckröge

Marion von Gersum

Edmund Gabrian

Dipl-Ing. Martin Muthig

Inhalt

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Charakterisierung des Untersuchungsgebietes | 3 |
| 2.1 | Naturräumlicher und topographischer Überblick | 3 |
| 2.2 | Klimatische Einordnung | 6 |
| 2.3 | Flächennutzungs- und Siedlungsstrukturen | 8 |
| 3 | Messmethoden und Datengrundlagen | 11 |
| 3.1 | Das stationäre Messnetz | 11 |
| 3.2 | Das mobile Messnetz | 16 |
| 3.3 | Untersuchungsrelevante Wetterlagen und Repräsentanz des Messzeitraums | 17 |
| 3.4 | Klimawandel | 20 |
| 4 | Ergebnisse der klimatologischen Untersuchungen | 23 |
| 4.1 | Mobile Messungen | 23 |
| 4.1.1 | Gesamtes Stadtgebiet | 23 |
| 4.1.2 | Östliches Stadtgebiet | 26 |
| 4.1.3 | Südwestliches Stadtgebiet | 30 |
| 4.1.4 | Mittleres Stadtgebiet | 32 |
| 4.1.5 | Karte der Lufttemperaturverteilung | 36 |
| 4.2 | Stationäre Messungen | 39 |
| 4.2.1 | Lufttemperaturverhältnisse an den Klimastationen | 39 |
| 4.2.1.1 | Thermische Kennwerte | 39 |
| 4.2.1.2 | Monatsmittel der Lufttemperaturen | 45 |
| 4.2.1.3 | Auswirkungen der Tages- und Jahreszeit auf das Temperaturfeld | 47 |
| 4.2.1.4 | Tagesgänge der Lufttemperatur während austauscharmer Strahlungsächte | 51 |
| 4.2.2 | Bodennahe Luftfeuchtigkeitsverhältnisse | 53 |
| 4.2.3 | Untersuchungen zur Schwülebelastung | 59 |
| 4.2.4 | Windfeld | 63 |
| 4.2.4.1 | Windgeschwindigkeit | 63 |
| 4.2.4.2 | Windrichtung | 67 |
| 4.2.4.3 | Modellierte Windgeschwindigkeit | 71 |
| 4.2.4.4 | Belüftungssituation | 73 |
| 4.2.4.5 | Windverhältnisse während windschwacher Strahlungswetterlagen | 75 |
| 5 | Ergebnisse der lufthygienischen Auswertungen | 81 |
| 5.1 | Einleitung | 81 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.2 | Emissionssituation in Witten..... | 82 |
| 5.2.1 | Industrieemissionen aus genehmigungspflichtigen Anlagen..... | 83 |
| 5.2.2 | Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen und Verkehr..... | 91 |
| 5.2.3 | Karte der Emissionen und des Luftaustausches..... | 97 |
| 5.3 | Darstellung und Beurteilung der Immissionssituation..... | 99 |
| 5.3.1 | Auswertung der MILIS-Stationsdaten für PM10 und NO ₂ | 103 |
| 5.3.1.1 | Feinstaub (PM10)..... | 104 |
| 5.3.1.2 | Stickstoffdioxid (NO ₂)..... | 107 |
| 6 | Die Synthetische Klimafunktionskarte..... | 111 |
| 6.1.1 | Die Klimatope..... | 112 |
| 6.1.2 | Spezifische Klimaeigenschaften..... | 124 |
| 6.1.3 | Spezielle Klimafunktionen..... | 126 |
| 6.1.4 | Luftaustausch..... | 128 |
| 7 | Karte der Planungshinweise..... | 130 |
| 7.1.1 | Ausgleichsräume..... | 131 |
| 7.1.2 | Lasträume..... | 134 |
| 7.1.3 | Raumspezifische Hinweise..... | 143 |
| 7.1.4 | Lokale Hinweise..... | 145 |
| 7.1.5 | Luftaustausch..... | 150 |
| 8 | Zusammenfassung..... | 153 |
| 9 | Literatur..... | 157 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Abbildung 1: Flächenbilanz für das Stadtgebiet von Witten 2005. | 10 |
| Abbildung 2: Charakterisierung des Klimamessnetzes im Wittener Stadtgebiet..... | 12 |
| Abbildung 3: Prozentuale Verteilung der Großwettertypen Europas (GWT) von 1881 bis 1998 (Gerstengarbe & Werner 1999) und der Großwettertypen Europas (GWT) von 01/2006 bis 12/2006 (nach: Monatlicher Witterungsbericht 2006). Die Zahlen über den Säulen geben die Abweichungen des Untersuchungszeitraumes vom langjährigen Vergleichszeitraum wieder. | 18 |
| Abbildung 4: Prozentuale Verteilung der Großwetterlagen Europas (GWL) von 1881 bis 1998 (Gerstengarbe & Werner) und der Großwetterlagen Europas (GWL) von 01/2006 bis 12/2006 (nach Monatlicher Witterungsbericht 2004/2005), klassifiziert nach Baur. Die Zahlen über den Säulen geben die Abweichungen des Untersuchungszeitraumes vom Vergleichszeitraum wieder. | 20 |
| Abbildung 5: Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen an den Wittener Messstationen. | 46 |
| Abbildung 6: Isoplethendiagramm der Lufttemperatur [°C] für die Station Durchholz (Freilandstation) in Witten..... | 47 |
| Abbildung 7: Isoplethendiagramme der Temperaturdifferenzen [K] zwischen ausgewählten Stadt- und Geländestrukturen des Wittener Stadtgebietes und den Freilandverhältnissen der Station Durchholz..... | 50 |
| Abbildung 8: Mittlere Tagesgänge der Lufttemperaturen [°C] während autochthoner Wetterlagen für die Stationen im Stadtgebiet von Witten..... | 51 |
| Abbildung 9: Mittlere Tagesgänge der Lufttemperaturen [°C] während der Hitzeperiode im Juli; hier dargestellt der 19. und der 20.07.2006 im Wittener Stadtgebiet..... | 52 |
| Abbildung 10: Mittlere Tagesgänge der relativen Feuchte an den untersuchten Stationen: .. | 55 |
| Abbildung 11: Abweichungen der Monatsmittel der relativen Feuchte vom Gebietsmittel..... | 56 |
| Abbildung 12: Mittlere monatliche Dampfdruckverhältnisse für die Stationen im Stadtgebiet von Witten..... | 58 |
| Abbildung 13: Tagesgang des Dampfdrucks während windschwacher Strahlungswetterlagen. | 59 |
| Abbildung 14: Windrosen für die Stationen des Wittener Untersuchungsgebietes. | 70 |
| Abbildung 15: Tagesgänge der Windgeschwindigkeiten an den untersuchten Standorten während 60 windschwacher Strahlungswetterlagen | 77 |
| Abbildung 16: Windrosen für die Wittener Messstationen, gemittelt aus 60 Strahlungstagen des Jahres 2006 (19 Strahlungstagen für die Station Innenstadt-LANUV). | 80 |
| Abbildung 17: Monatsmittelwerte der Luftschadstoffe NO ₂ und PM ₁₀ an der MILIS Station Witten-Mitte. | 103 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 18: Tagesgänge der PM10-Konzentrationen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] an der MILIS-Station Witten. | 105 |
| Abbildung 19: 36- teilige Schadstoffwindrose PM10 für die MILIS-Station Witten-Mitte | 106 |
| Abbildung 20: Isoplethendiagramm für die PM10-Belastungen an der MILIS-Station Witten- Mitte..... | 107 |
| Abbildung 21: Tagesgänge der NO ₂ -Konzentrationen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] an der MILIS-Station Witten. | 108 |
| Abbildung 22: Isoplethendiagramm für die NO ₂ -Belastungen an der MILIS-Station Witten- Mitte..... | 109 |
| Abbildung 23: 36- teilige Schadstoffwindrose NO ₂ für die MILIS-Station Witten-Mitte | 110 |
| Abbildung 24: Flächenanteile der Klimatope im Stadtgebiet von Witten..... | 123 |
| Abbildung 25: Anteile der Ausgleichs- und Lasträume im Stadtgebiet von Witten..... | 131 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Durchschnittswerte ausgewählter Klimaelemente Wittens..... | 7 |
| Tabelle 2: Zusammenstellung der im Wittener Stadtgebiet durchgeführten Messfahrten..... | 17 |
| Tabelle 3: Thermische Kenngrößen der Klimamessstationen in Witten sowie für die TRY- Region 3 (Station Essen-Mülheim) im Testreferenzjahr..... | 40 |
| Tabelle 4: Vergleich der Anzahl der Stunden mit einer relativen Feuchte über 90 % sowie die Jahresmittelwerte des Dampfdrucks an den Messstationen in Witten. | 54 |
| Tabelle 5: Anzahl der Stunden der Behaglichkeitsstufen „etwas schwül“ und „schwül“ (nach ROBITZSCH & LEISTNER in FLACH 1957) im Wittener Stadtgebiet. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Anzahl an Sommerstunden des betrachteten Zeitraumes (4391 Stunden zwischen April und September). | 62 |
| Tabelle 6: Anzahl kurz (< 5 Stunden), lang (> 5 Stunden) sowie extrem lang (40 Stunden) anhaltender Schwülebelastungen im Stadtgebiet von Witten. Die Schwülebelastungen umfassen die Behaglichkeitsstufen „etwas schwül“ und „schwül“ nach ROBITZSCH & LEISTNER (zitiert in FLACH 1957). | 63 |
| Tabelle 7: Jahreswindstatistik der Messstationen. Für die Stationen 4 bis 6 sind zusätzlich die mittleren Windgeschwindigkeiten nach der unten aufgeführten Formel für eine einheitliche Höhe von 4 m in Klammern aufgeführt..... | 65 |
| Tabelle 8 :Mittlere Windgeschwindigkeit während austauscharmer Strahlungstage im Wittener Stadtgebiet, aufgeteilt in Tag- und Nachtstunden..... | 77 |
| Tabelle 9: Emittierte Gesamtmengen aus genehmigungspflichtigen Anlagen in Witten für die Luftschadstoffe SO ₂ , PM10, NO _x und CO in kg/a für das Jahr 2004. | 83 |
| Tabelle 10: SO ₂ -, NO _x - und PM10-Emissionen einzelner Betreiberfirmen im Stadtgebiet von Witten 2004 im Vergleich zum 1996 in kg/a. Datenquelle: LANUV NRW. | 90 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 11: Bodennah emittierte Mengen für SO ₂ , NO _x , CO ₂ und PM10 aus den Emissionsquellen Verkehr, Industrie (bodennah) und Hausbrand/Kleinfeuerungsanlagen im Stadtgebiet von Witten..... | 91 |
| Tabelle 12: Grenzwerte und Alarmschwellen der 1. Tochterrichtlinie (1999/30/EG) (www.lanuv.nrw.de sowie HÜWELS) | 100 |
| Tabelle 13: Grenzwerte der 2. Tochterrichtlinie (Richtlinie 2000/69/EG des europ. Parlamentes und des Rates vom 16.11.2000). | 102 |

Kartenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Karte 1: Relief der Stadt Witten..... | 4 |
| Karte 3: Aus der Flächennutzungskartierung abgeleitete Klimatope für das Stadtgebiet von Witten und Umgebung..... | 9 |
| Karte 4: Lage der Messstationen und Strecken der Messfahrten im Wittener Stadtgebiet. ... | 15 |
| Karte 5: Messfahrt 1 vom 23.06.2005. | 24 |
| Karte 6: Messfahrt 2 vom 28.06.2005. | 27 |
| Karte 7: Messfahrt 11 vom 07.06.2006. | 29 |
| Karte 8: Messfahrt 5 vom 30.08.2005. | 31 |
| Karte 9: Messfahrt 9 vom 03.05.2006. | 33 |
| Karte 10: Messfahrt 10 vom 08.05.2006. | 35 |
| Karte 11: Karte der Lufttemperaturverteilung (bei windschwachen Strahlungswetterlagen nachts)..... | 38 |
| Karte 12: Windgeschwindigkeit [m/s] in 4 m ü. Gr. im Wittener Stadtgebiet, berechnet auf der Grundlage der Rauigkeit und der Geländehöhe bezogen auf ein Rasterquadrat von 500 * 500 m. | 72 |
| Karte 13: PM10-Emissionen..... | 85 |
| Karte 14: NOx-Emissionen..... | 86 |
| Karte 15: NOx-Emissionen der Industrie mit Schornsteinhöhe < 30m. | 87 |
| Karte 16: PM10-Emissionen der Industrie mit Schornsteinhöhe < 30m..... | 88 |
| Karte 17: PM10-Emissionen Hausbrand..... | 93 |
| Karte 18: NOx-Emissionen Hausbrand. | 94 |
| Karte 19: PM10-Emissionen Kraftfahrzeuge. | 95 |
| Karte 20: NOx-Emissionen Kraftfahrzeuge. | 96 |
| Karte 21: Emissionen und Luftaustausch in Witten..... | 98 |

1 Einleitung

Die Belange der Umweltmeteorologie sind rechtlich im Baugesetzbuch (aus dem Jahr 2004) verankert. Gemäß § 1 (5) sollen die Bauleitpläne „dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern und die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln, auch in Verantwortung für den allgemeinen Klimaschutz, sowie die städtebauliche Gestalt und das Orts- und Landschaftsbild baukulturell zu erhalten und zu entwickeln.“ § 1(5) Ziffer 7 besagt hierbei, dass insbesondere „ ... die Belange des Umweltschutzes, einschließlich des Naturschutzes und der Landschaftspflege, insbesondere die Auswirkungen auf Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und das Wirkungsgefüge zwischen ihnen sowie die Landschaft und die biologische Vielfalt...“ zu berücksichtigen sind. Auch das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (aus dem Jahr 2001) tangiert die Umweltmeteorologie mit Klima und Luft. Gemäß § 1 ist dabei sicherzustellen, dass bei bestimmten Vorhaben zur wirksamen Umweltvorsorge nach einheitlichen Grundsätzen die Auswirkungen auf die Umwelt ermittelt, beschrieben und bewertet werden [BAUMÜLLER & REUTER 2003].

Gesamtstädtische Klimauntersuchungen gewinnen daher für eine qualifizierte Flächennutzungsplanung in Verdichtungsräumen zunehmend an Bedeutung.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Analyse und Bewertung der klimatischen und lufthygienischen Situation des Wittener Stadtgebietes. Zur Erfassung und Bewertung des Stadtklimas wurden zahlreiche Messungen im Stadtgebiet durchgeführt.

Die folgenden **stadtklimatischen Untersuchungsziele** wurden dabei berücksichtigt:

- Bewertung des Einflussgrades anthropogener Faktoren auf das thermische Milieu
- Charakterisierung der Windfeldmodifikationen durch die Bebauungsstrukturen
- Lokalisierung regionaler und lokaler Ausgleichsräume im Stadtgebiet
- Ermittlung potentieller Luftleitbahnen als Frischluftlieferanten für die höher belasteten Areale

Die klimatischen und lufthygienischen Untersuchungsergebnisse werden in der vorliegenden Untersuchung genutzt, um die Synthetische Klimafunktionskarte und die Karte der Planungshinweise abzuleiten.

Die Synthetische Klimafunktionskarte gliedert das Stadtgebiet in Klimatope, die durch ähnliche mikroklimatische Ausprägungen gekennzeichnet sind. Dynamische Faktoren werden in Form spezifischer Klimateigenschaften und spezieller Klimafunktionen dargestellt und beschrieben.

Die Synthetische Klimafunktionskarte wird zur Ableitung des Planungs- und Handlungsbedarfs mit dem Ziel, bestehende Belastungspotentiale zu senken bzw. abzubauen und die Lebens- und Wohnqualität zu sichern, genutzt.

Die vorliegende Untersuchung stellt damit die erste gesamtstädtische Klimaanalyse für die Stadt Witten dar. Vorangegangene Untersuchungen, die sich mit dem Wittener Stadtklima beschäftigen, betrachten nur Teilräume des Stadtgebietes oder basieren auf Modellrechnungen. Mit der vorliegenden Untersuchung der klimatischen Verhältnisse wird dem Planer somit ein umfangreiches Hilfsmittel an die Hand gegeben, aus dem Planungsempfehlungen für das gesamte Stadtgebiet abgeleitet werden können.

2 Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

Die Stadt Witten liegt im südlichen Ruhrgebiet in den nördlichen Ausläufern des Bergischen Landes. Die geographische Lage wird mit 7° 20' 15" östlicher Länge und 51° 26' 49" nördlicher Breite angegeben. Das Stadtgebiet umfasst eine Fläche von ca. 72 km². Witten erstreckt sich in Nord-Süd-Richtung über 12,8 km und in Ost-West-Richtung über 12,3 km.

2.1 Naturräumlicher und topographischer Überblick

Das Stadtgebiet Wittens liegt an der Schnittstelle zweier naturräumlicher Großeinheiten, der Westfälischen Tieflandsbucht im Norden und dem Bergisch-Sauerländischen Gebirge im Süden. Hierbei ist dem ausgeprägten Relief ein dominanter Einfluss auf die klimatischen Verhältnisse zuzusprechen. Der Ahrensberg im Wittener Südosten bildet mit 269 m ü. NN die höchste Erhebung, der tiefste Bereich befindet sich mit 71 m ü. NN im Westen der Stadt beim Zusammenfluss des Kamperbaches mit dem Plessbach in der Ruhrtalniederung. Das Wittener Stadtgebiet kann bezüglich seiner naturräumlichen Ausstattung in drei Teilbereiche untergliedert werden (s. **Karten 1 und 2**):

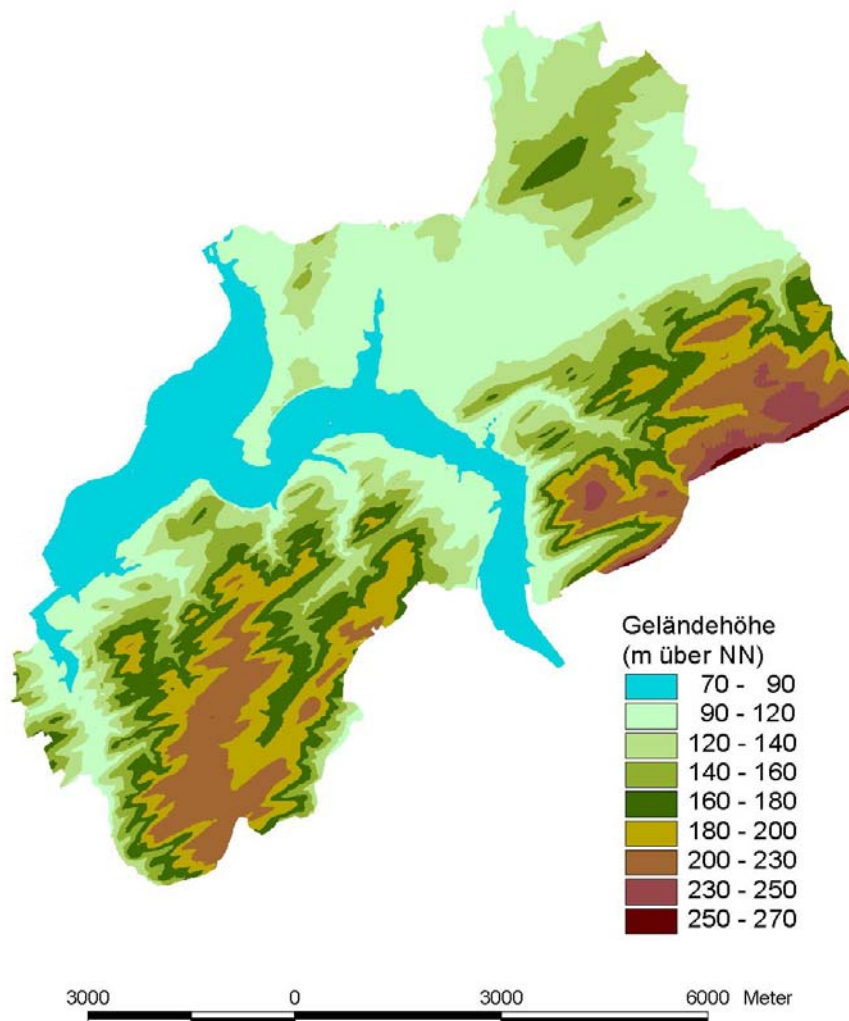
- die im Norden gelegene Stockumer Höhe, ein 120 – 160 m ü. NN (am Steinberg bis zu 175 m. ü. NN) hoher Rücken aus flözführenden Schiefen, der dem Gebiet des Westenhellweg zuzuschreiben ist. Die südliche Begrenzung verläuft in etwa entlang der BAB 44.
- die sich südlich anschließende Witten-Hörder Mulde, eine Senke zwischen der Stockumer Höhe und dem Ardey, mit Höhen nur um die 100 m ü. NN. Dieser Bereich stellt den westlichsten Ausläufer der lößbedeckten Hellwegbörden dar.
- das Niederbergisch-Märkische Hügelland mit dem Märkischen Schichtrippenland und der Ardeyhöhe, das sich südlich von Crengeldanz, dem Stadtzentrum, sowie der Annen- und Friedrich-Ebert-Straße anschließt und den nordwestlichen Teil des rechtsrheinischen Schiefergebirges bildet. Diese naturräumliche Einheit ist charakterisiert durch ein stark zertaltes Hügelland aus gefalteten devonischen und karbonischen Gesteinen. In der Ardeyporte hat sich die Ruhr auf ca. 80 m ü. NN eingeschnitten und ein etwa 140 m tiefes Durchbruchs-Sohlental geschaffen.

Demzufolge ist in diesem Bereich eine hohe Reliefenergie vorhanden [Meynen et al. 1957].

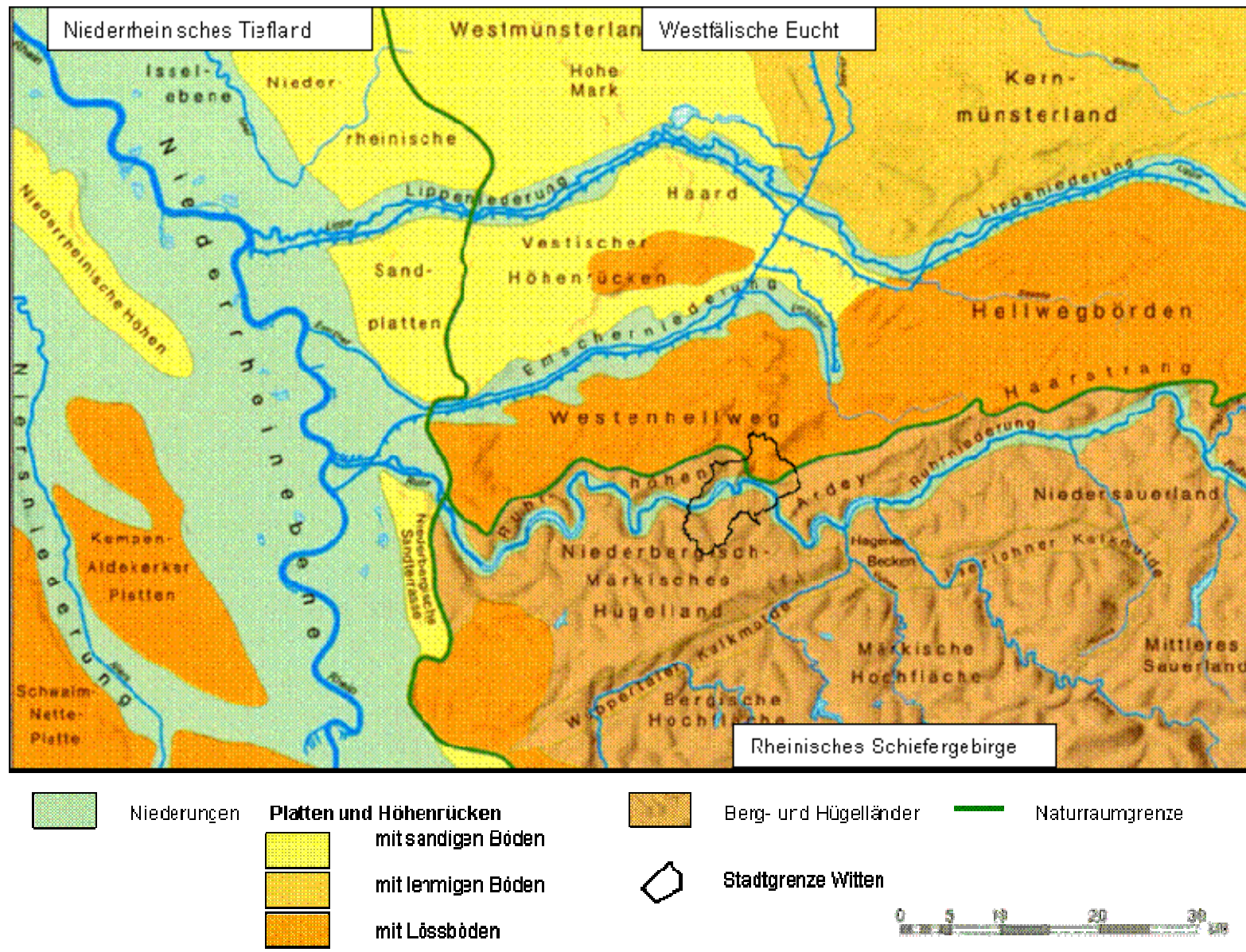
In den nördlichen sowie südlichen Stadtbereichen Wittens, also in den Gebieten mit hoher Reliefenergie, kann mit einer ausgeprägten Klimawirksamkeit des Geländes gerechnet werden, da Kaltluftabflussgebiete und Kaltluftsammelgebiete dicht nebeneinander liegen. Dabei ist von einem Kaltluftabfluss aus den größeren Kaltluftentstehungsgebieten über die Seitentäler in Richtung Ruhr auszugehen.

Im Bereich der Witten-Hörder Mulde ist hingegen aufgrund der dichten Bebauung und der geringen Reliefenergie ein dominanter Einfluss der Siedlungsstruktur auf das Klima zu erwarten.

Karte 1: Relief der Stadt Witten.



Karte 2: Naturräumliche Gliederung des Ruhrgebietes und seiner Umgebung.



2.2 Klimatische Einordnung

Makroklimatisch ist das Wittener Stadtgebiet dem nordwestdeutschen Klimabereich zuzuordnen, der sich von der Küste bis zu den Südseiten der Eifel und des Westerwaldes sowie zur Ostseite des Sauerlandes erstreckt. Witten liegt also überwiegend im Einflussbereich maritimer Luftmassen und ist daher durch relativ kühle Sommer und milde Winter geprägt. Bei kontinentalen Hochdrucklagen können im Sommerhalbjahr mit östlichen und südöstlichen Winden bei trockenem Wetter vereinzelt sehr hohe Temperaturen erreicht werden. Im Winter sind solche kontinentalen Wetterlagen häufig mit Kälteperioden verbunden [MURL 1989].

Mesoklimatisch liegt Witten auf der Grenze zwischen dem Klimabezirk Bergisches Land und dem Klimabezirk Sauerland. Der Jahresdurchschnittswert der Lufttemperatur liegt zwischen 9,0 und 9,5 °C. Die mittleren Jahresniederschläge betragen etwa 880 mm. Neben dem sommerlichen Maximum im Juni und Juli gibt es ein weiteres im Dezember (je 80 – 90 mm). Das monatliche Niederschlagsminimum tritt im Februar mit Werten zwischen 50 und 60 mm auf [www.dwd.de]. Es ist ein deutlicher Luv-effekt des Bergischen Landes zu erkennen, das sich den überwiegend westlichen Winden als orographisches Hindernis in den Weg stellt. Die über dem Atlantik mit Feuchtigkeit angereicherten Luftmassen werden zum Aufstieg gezwungen, es tritt verstärkt Kondensation und Niederschlagsbildung ein. Schon im nahe gelegenen Bochum-Langendreer ist der Luv-Effekt deutlich geringer ausgeprägt. Dort liegt das Jahresmittel der Niederschläge mit ca. 780 mm um 100 mm niedriger als in Witten. Dieser Sachverhalt veranschaulicht die enge Beziehung der klimatischen Verhältnisse zum Relief.

Tab. 1 enthält eine Zusammenstellung ausgewählter Klimaelemente für das Untersuchungsgebiet.

Tabelle 1: Durchschnittswerte ausgewählter Klimaelemente Wittens.

Quelle: MURL (1989).

| Klimaelement | Wert |
|--|------------------------------|
| Mittlere Niederschlagshöhe im Jahr [mm] | 850-900 |
| Mittlere Anzahl der Tage mit einer Schneedecke von mind. 10 cm Höhe (Zeitr. 1936/37 – 1957/58, ohne 1944/45 und 1945/46) | 5 |
| Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (° C) im Jahr | 9,0-9,5 |
| Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Januar | 1-2 |
| Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im März | 4-5 |
| Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Juni | 15-16 |
| Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im August | 17-18 |
| Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C) im Oktober | 9-10 |
| Mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur (°C), Mai – September | 14-16 |
| Mittlere Andauer in Tagen eines Tagesmittels der Lufttemperatur von mindestens +5° C, Jahr | 250-260 |
| Mittlere Andauer in Tagen eines Tagesmittels der Lufttemperatur von mindestens +10° C, Jahr | 170-180 |
| Mittlere Sonnenscheindauer (Stunden), Jahr | |
| Mittlere Häufigkeit einer Windgeschwindigkeit von <= 1,5 m/s in Prozent, Jahr | 20-25 |
| Wärmebelastung (Anzahl der Tage), Juli | 3-5 |
| Kältereiz (Anzahl der Tage), Januar | 8-10 |
| Mittlere Anzahl der Tage mit Nebel, Jahr | 15-50 (überwiegend Talnebel) |
| Mittlere Anzahl der Sommertage (T max. >= 25 °C), Jahr* | 24,4 |
| Mittlere Anzahl der heißen Tage (T max. >= 30°C), Jahr* | 3,8 |
| Mittlere Anzahl der Frosttage (T min. < 0°C), Jahr* | 62,4 |
| Mittlere Anzahl der Eistage (T max. < 0°C), Jahr* | 13,2 |
| Absolute Maxima und Minima der Lufttemperatur in °C, Jahr (Zeitraum 1887-1987)* | Max: 37,0 Min: -22,4 |

* = Werte für die Messstation Dortmund

2.3 Flächennutzungs- und Siedlungsstrukturen

Die Gesamtfläche des Stadtgebietes von Witten beträgt 72 km², so dass sich bei einer Einwohnerzahl von 101 000 (Stand: 30.06.2006) eine Dichte von 1 403 Einwohnern je km² ergibt (www.witten.de). Neben den orographischen Verhältnissen sind die Flächennutzungs- und Siedlungsstrukturen wichtige Klimafaktoren. Durch Rauigkeitsunterschiede kommt es zu Abwandlungen des bodennahen Windfeldes. Außerdem wird der bodennahe Energiehaushalt durch Abschattungseffekte, den hohen Versiegelungsgrad, sowie v.a durch die erhöhten Wärmekapazitäten der Baustoffe gegenüber dem Umland verändert. Neben einer Störung des Windfeldes kommt es also auch zu Modifikationen der Lufttemperatur sowie der Luftfeuchtigkeit. Die höchste Siedlungsdichte befindet sich entlang der Witten-Hörder Mulde. Zwischen der BAB 44 und dem Bergischen Land erstreckt sich ein 1,5 – 2,5 km breites (N - S) und 8 km langes (W – E) geschlossenes Siedlungsband mit dichter Wohnbebauung sowie Gewerbeflächen mit den höchsten Bebauungsdichten im Zentrum.

Die Stockumer Höhe im Norden und das Hügelland im Süden sind hingegen durch einen Wechsel von Freiflächen und einzelnen Ortschaften gekennzeichnet. Hier finden sich nur vereinzelt stark verdichtete Räume, wie in Stockum, Herbede oder Bommern. Vor allem der südliche Stadtbereich wird durch einen hohen Anteil an Wäldern, Wiesen und Ackerflächen bestimmt. Die Siedlungen sind hier durch eine lockere Bebauung charakterisiert.

Anhand der Flächennutzung kann eine Zuordnung zu klimatisch relevanten Flächen, sogenannten Klimatopen, vorgenommen werden. Das Ergebnis einer solchen Zuordnung ist in **Karte 3** wiedergegeben. Zusätzlich ist in **Abb. 1** eine Flächenbilanz für Witten dargestellt.

Karte 3: Aus der Flächennutzungskartierung abgeleitete Klimatope für das Stadtgebiet von Witten und Umgebung.

Datenquelle: RVR.

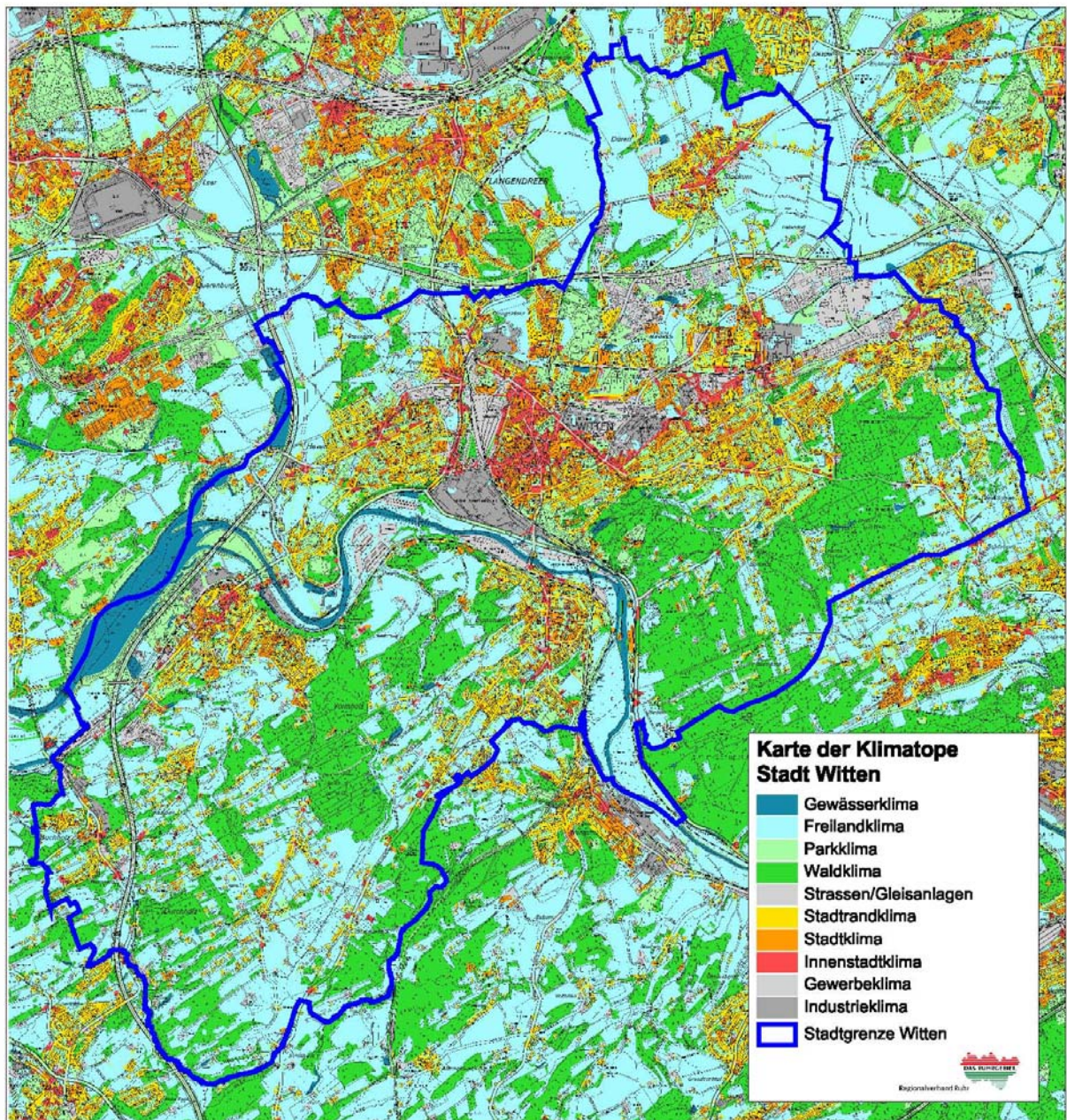
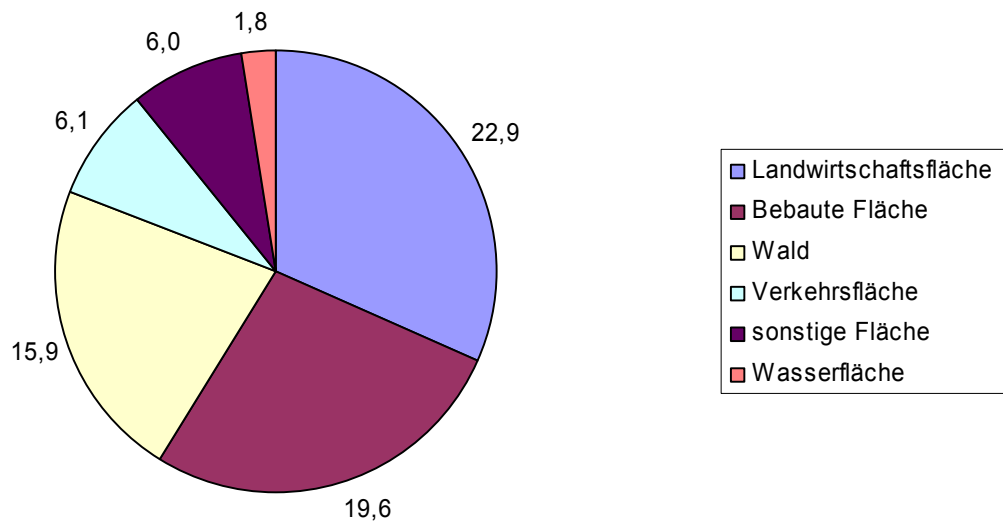


Abbildung 1: Flächenbilanz für das Stadtgebiet von Witten 2005.

Datenquelle: www.witten.de



3 Messmethoden und Datengrundlagen

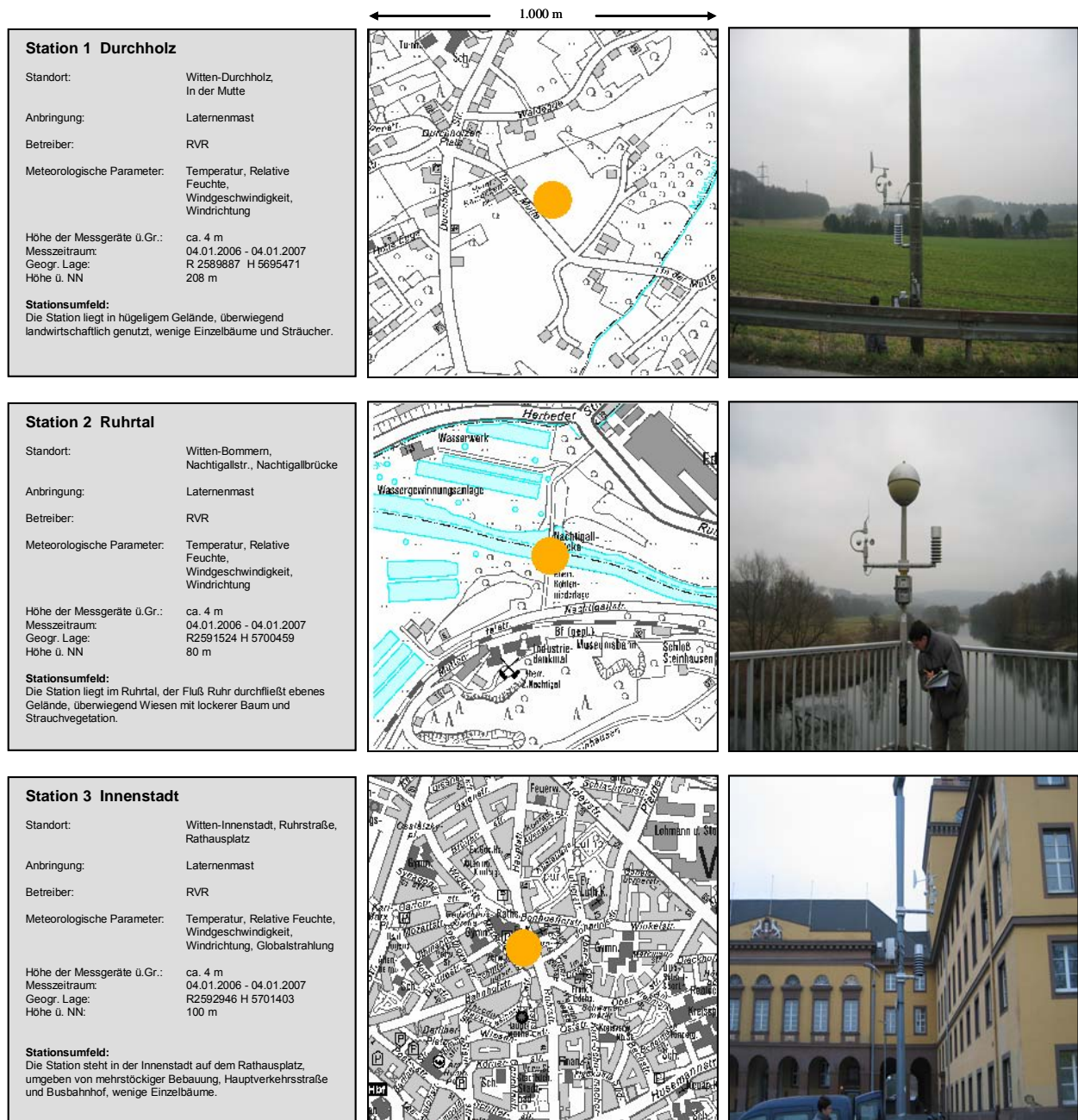
Zur Erfassung und Bewertung der klimatischen Situation in Witten wurden umfangreiche Messungen im Stadtgebiet durchgeführt. Neben der Durchführung zahlreicher Messfahrten wurden an 5 Stellen im Stadtgebiet Messstationen errichtet. Darüber hinaus wurden die Daten der LANUV-Stationen in Annen und in der Wittener Innenstadt zur Auswertung mit einbezogen.

3.1 Das stationäre Messnetz

Im Stadtgebiet von Witten sind durch den RVR im Januar 2006 fünf Messstationen für eine einjährige Messperiode errichtet worden, die die meteorologischen Größen Lufttemperatur, relative Feuchte, Windrichtung und Windgeschwindigkeit erfassten und als 10-Minuten-Mittelwerte speicherten. Zusätzlich wurde auf die Messdaten der Station Annen und Innenstadt des Landesumweltamtes für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz (LANUV) zurückgegriffenen, die eine wertvolle Ergänzung zu dem temporären Messnetz darstellten. Insgesamt konnten so an sieben Standorten im Stadtgebiet Aussagen zu den Jahres- und Tagesgängen der Klimaelemente getroffen werden.

Die Lage sowie die wichtigsten Daten der Klimastationen sind in **Abb. 2** angegeben. In **Karte 2** sind neben den Strecken der Messfahrten auch die Messstationen dargestellt.

Abbildung 2: Charakterisierung des Klimamessnetzes im Wittener Stadtgebiet.



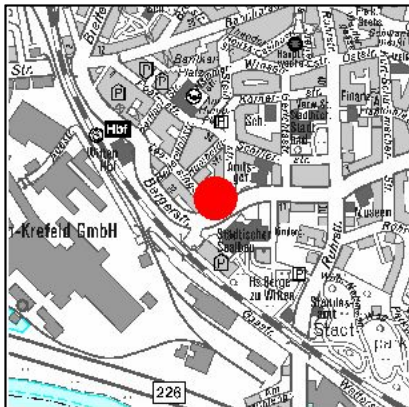
Messmethoden und Datengrundlagen

| | | |
|--|--|--|
| <p>Station 4 Crengeldanz</p> <p>Standort: Witten-Crengeldanz, Pferdebachstraße/Bebbelsdorf, Hauptfriedhof</p> <p>Anbringung: Laternenmast</p> <p>Betreiber: RVR</p> <p>Meteorologische Parameter: Temperatur, Relative Feuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung</p> <p>Höhe der Messgeräte ü.Gr.: ca. 4 m Messzeitraum: 04.01.2006 - 04.01.2007 Geogr. Lage: R 2593832 H 5702776 Höhe ü. NN: 100 m</p> <p>Stationsumfeld: Die Station steht am Hauptfriedhof an einem Parkplatz, umgeben von Bäumen mit parkähnlichem Charakter, lockerer Bebauung, Kleingartenanlagen und großen Sport- und Wiesenflächen. In östlicher Richtung Gewerbeansiedlungen.</p> | | |
| <p>Station 5 Annen</p> <p>Standort: Witten-Annen, Salinger Feld Möbelhaus Ostermann</p> <p>Anbringung: Laternenmast</p> <p>Betreiber: RVR</p> <p>Meteorologische Parameter: Temperatur, Relative Feuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung</p> <p>Höhe der Messgeräte ü.Gr.: ca. 4 m Messzeitraum: 04.01.2006 - 04.01.2007 Geogr. Lage: R 2596339 H 5702959 Höhe ü. NN: 100 m</p> <p>Stationsumfeld: Die Station liegt in ebenen Wiesengelände mit lockerem Baumbestand, umgeben von Gewerbebebauung mit hohen Hallen und Gebäuden.</p> | | |
| <p>Station 6 Annen_LUA</p> <p>Standort: Witten-Annen, Westfalenstraße</p> <p>Anbringung: Meßcontainer / Mast, LUA</p> <p>Betreiber: Landesumweltamt NRW</p> <p>Meteorologische Parameter: Windrichtung, Windgeschwindigkeit</p> <p>Höhe der Messgeräte ü.Gr.: ca. 25 m Messzeitraum: Ab 24.10.1990 Geogr. Lage: R 2594482 H 5701948 Höhe ü. NN: 105 m</p> <p>Stationsumfeld: Die Station steht auf dem unbefestigten Parkplatz einer Sportanlage neben einer stark befahrenen Stadtstraße. Nördlich erstrecken sich Felder und Wiesen, das übrige Stationsumfeld besteht vorwiegend aus Wohnbebauung.</p> | | |

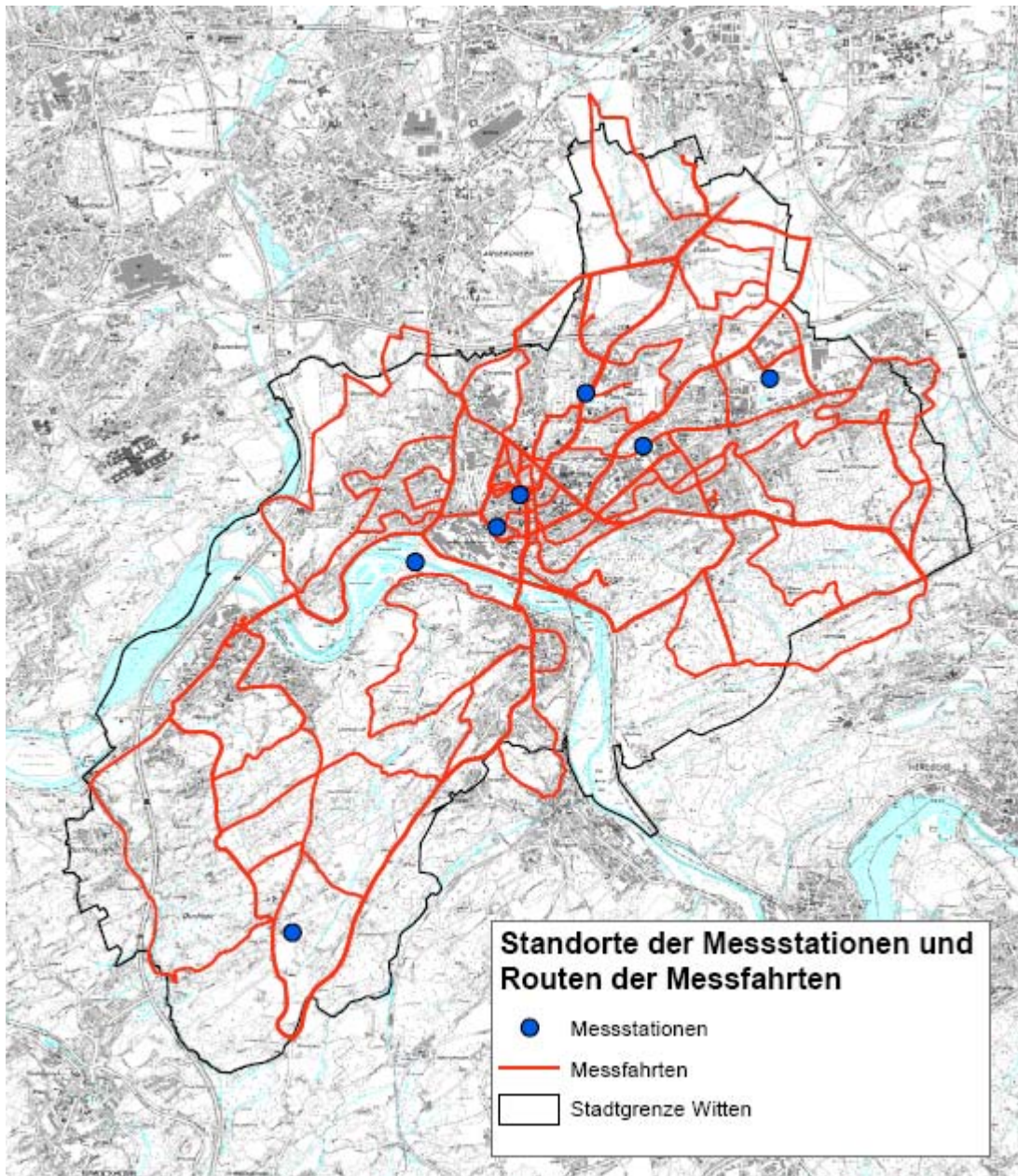
Station 7 Innenstadt_LUA

Standort: Witten-Innenstadt,
Lessingstraße
Anbringung: Meßcontainer / Mast, LUA
Betreiber: Landesumweltamt NRW
Meteorologische Parameter: Windrichtung,
Windgeschwindigkeit
SO₂, NO, NO₂, PM 10, O₃,
PAK, Schwermetall
Höhe der Messgeräte ü.Gr.: ca. 10 m
Messzeitraum: Ab 01.06.2005
Geogr. Lage: R 2592739 H 5700807
Höhe ü. NN: 87 m

Stationsumfeld:
Die Station steht am Rand des Stadtzentrums in einer Sackgasse. 300m südwestlich der Station befinden sich die Edelstahlwerke Witten/Krefeld. Der südliche und östliche Stationshintergrund ist ländlicher Struktur, der Norden hat Stadtcharakter.



Karte 4: Lage der Messstationen und Strecken der Messfahrten im Wittener Stadtgebiet.



3.2 Das mobile Messnetz

Zur Ergänzung der stationären Messungen im Wittener Stadtgebiet wurden in der Zeit von Juni 2005 bis September 2006 insgesamt 12 Messfahrten durchgeführt. Mithilfe von mobilen Messungen können im Vergleich zu den punktuellen Klimaerhebungen an Messstationen größere Flächen des Stadtgebietes in klimatologischer Hinsicht beurteilt werden. Während der Messfahrten konnten die Parameter Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in ca. 2 m Höhe über Grund aufgenommen werden. Die Daten der Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden im 10-Sekunden-Abstand während der Fahrt erfasst. Parallel zur Registrierung der Minutenmittelwerte der angefahrenen Messpunkte erfolgte die kontinuierliche Aufzeichnung von Klima- und GPS-Daten mit einer sehr hohen räumlichen Auflösung. Die Klimadaten wurden im Nachhinein auf die GPS-Daten bezogen, so dass streckenweise ein vollständiges Bild der klimatischen Verhältnisse resultierte.

Bedingt durch den Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Feuchte entstehen während der mitunter einige Stunden dauernden Messfahrten im Laufe der Zeit Messwertunterschiede, die größer sein können als die in einem Gebiet auftretenden horizontalen Unterschiede. Aus diesem Grund wurde eine zeitliche Korrektur der Werte auf eine Bezugszeit vorgenommen, wodurch eine Vergleichbarkeit der Messdaten gewährleistet ist.

Die Messfahrten wurden während windschwacher Strahlungswetterlagen nach Sonnenuntergang bzw. vor Sonnenaufgang zum Zeitpunkt der stärksten effektiven Ausstrahlung und der größten mikroklimatischen Differenzierungen vorgenommen. Die Messfahrten wurden so gewählt, dass verschiedene Stadtstrukturen erfasst wurden, um stadt- und geländebedingte Klimadifferenzierungen herausstellen zu können.

Tabelle 2: Zusammenstellung der im Wittener Stadtgebiet durchgeführten Messfahrten.

Tmin = Temperaturminimum

Tmax = Temperaturmaximum

Tamp = Temperaturamplitude

GWL = Großwetterlage nach Monatlichem Witterungsbericht (2006)

| Datum | Messzeitraum | Bezugszeit [MEZ] | Tmin [°C] | Tmax [°C] | Tamp [°C] | GWL |
|------------|---------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|------|
| 23.06.2005 | 21:08 – 23:05 | 22:00 | 17,8 | 25,6 | 7,8 | HM |
| 28.06.2005 | 21:43 – 23:41 | 22:40 | 14,6 | 20,9 | 6,3 | TRW |
| 12.07.2005 | 21:14 – 23:03 | 22:30 | 19,3 | 23,3 | 4,0 | BM |
| 29.08.2005 | 9:42 – 12:10 | 11:00 | 19,3 | 24,1 | 4,8 | BM |
| 30.08.2005 | 20:38 – 22:37 | 22:00 | 12,6 | 20,5 | 7,9 | BM |
| 06.10.2005 | 19:14 – 21:36 | 21:00 | 11,9 | 15,2 | 3,3 | SA |
| 11.10.2005 | 20:20 – 22:05 | 20:00 | 13,4 | 15,3 | 1,9 | SA |
| 23.01.2006 | 21:08 – 22:58 | 22:00 | -3,7 | -7,7 | 4,0 | HM |
| 03.05.2006 | 21:43 – 22:54 | 22:15 | 16,0 | 20,7 | 4,7 | SA |
| 08.05.2006 | 21:30 – 22:45 | 22:15 | 14,7 | 18,2 | 3,5 | HNFA |
| 07.06.2006 | 21:28 – 23:58 | 23:00 | 9,9 | 15,2 | 5,3 | HB |
| 06.09.2006 | 20:53 – 22:52 | 22:00 | 16,1 | 20,3 | 4,2 | HM |

BM: Hochdruckbrücke Mitteleuropa

HB: Hoch Britische Inseln

HM: Hoch Mitteleuropa

HNFA: Hoch Nordmeer-Fennoskandien antizyklonal

SA: Südostlage antizyklonal

TRW: Trog Westeuropa

3.3 Untersuchungsrelevante Wetterlagen und Repräsentanz des Messzeitraums

Die im Untersuchungsgebiet auftretenden stadt- und geländeklimatologischen Phänomene sind in hohem Maße abhängig von den jeweils zum Untersuchungszeitraum herrschenden Witterungsbedingungen. Während bei allochthonen (fremdbestimmten) Wetterlagen die mikroklimatischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Flächennutzungsstrukturen nur schwach hervortreten, sind bei autochthonen (eigenbürtigen) Wetterlagen starke Variabilitäten der Klimaelemente nachweisbar. Autochthone Wetterlagen zeichnen sich durch einen eingeschränkten Luftaustausch mit geringen Windgeschwindigkeiten nachts und einer hohen

Untersuchungsrelevante Wetterlagen und Repräsentanz des Messzeitraums

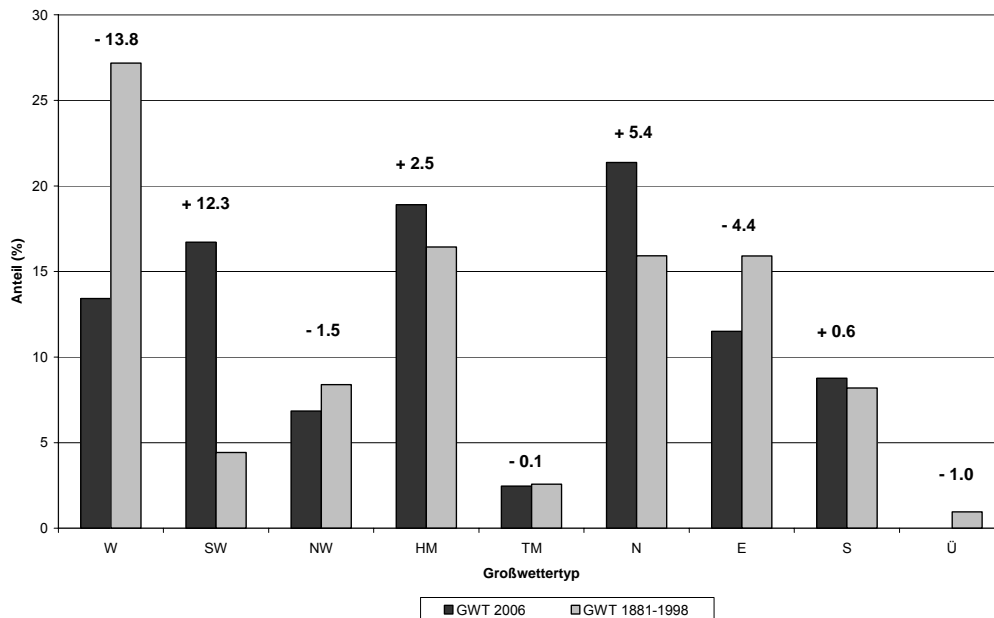
Ein- und Ausstrahlung, bedingt durch einen nur geringen Bewölkungsgrad, aus. Bei höheren Windgeschwindigkeiten im Zuge allochthoner Wetterlagen dagegen können sich kaum städtische Wärmeinseln ausbilden [SUKOPP & WITTIG 1993].

Aufgrund kurz-, mittel- und langfristiger Schwankungen des Witterungsverlaufes ist zur Beurteilung der Allgemeingültigkeit der Untersuchungsergebnisse wichtig, den Witterungsverlauf des Untersuchungsjahres mit dem langjährigen Mittel in Bezug zu setzen. Daher wurde ein Vergleich gezogen zwischen der Häufigkeit des Auftretens von Großwettertypen im Zeitraum 1881 bis 1998 und der Häufigkeit von im Untersuchungszeitraum vorherrschenden Großwettertypen. Die Ergebnisse sind in den **Abb. 3** und **4** dargestellt.

Abbildung 3: Prozentuale Verteilung der Großwettertypen Europas (GWT) von 1881 bis 1998 (Gerstengarbe & Werner 1999) und der Großwettertypen Europas (GWT) von 01/2006 bis 12/2006 (nach: Monatlicher Witterungsbericht 2006). Die Zahlen über den Säulen geben die Abweichungen des Untersuchungszeitraumes vom langjährigen Vergleichszeitraum wieder.

Erläuterung der Großwettertypen:

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



Der Vergleich der Großwettertypen der Periode 1881 – 1998 mit dem Untersuchungsjahr 2006 zeigt eine mittlere Abweichung von 4,6 %. Damit kann eine mittlere Übereinstimmung zwischen

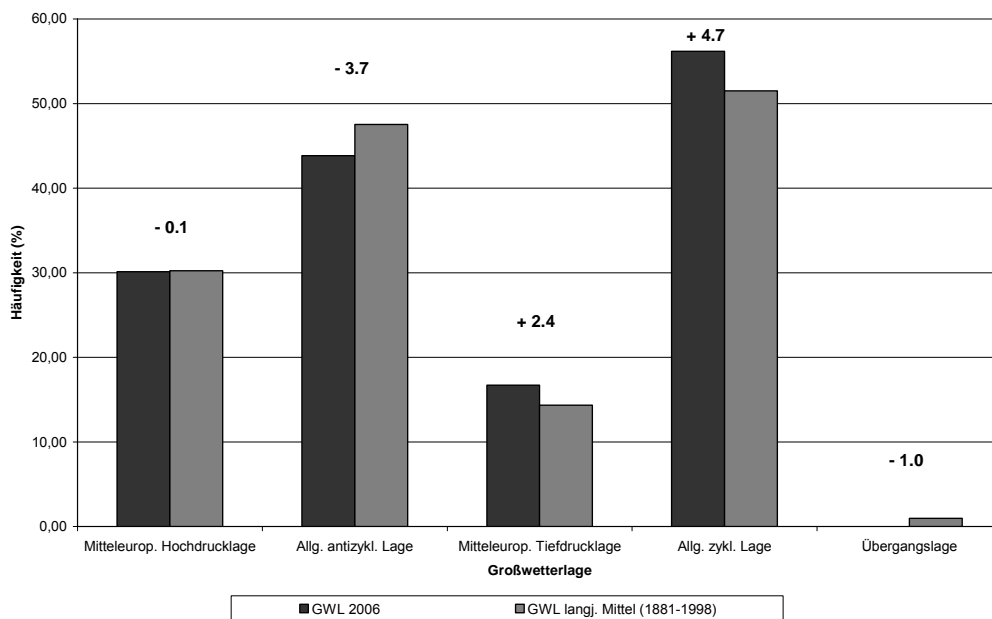
dem Auftreten der Großwettertypen der langjährigen Reihe und denjenigen des Messzeitraumes belegt werden. Der Untersuchungszeitraum zeichnet sich jedoch durch eine Überrepräsentanz der Großwettertypen SW, N und Hoch Mitteleuropa aus, während die Großwettertypen W, NW, E und S gegenüber dem langjährigen Mittel in reduzierter Zahl auftraten. Insgesamt hat die Verschiebung der Großwettertypen eine Reduzierung von Hochdruckwetterlagen (bei Großwettertyp E) und eine leichte Erhöhung von Tiefdruckwetterlagen zur Folge. Da die Monate Februar bis Mai durchweg sehr kühl und nass waren, waren stadtklimatische Auswirkungen in diesem Zeitraum nur schwach ausgeprägt, während in den Monaten Mai bis Dezember zahlreiche sehr warme und sonnenscheinreiche Wetterlagen auftraten, die zu einer deutlichen Differenzierung der klimatischen Verhältnisse im Stadtgebiet führten.

Abb. 5 gibt einen Überblick über die Häufigkeit von Witterungsperioden mit antizyklonalem bzw. zyklonalem Charakter. Hierbei wurden die Wetterlagen nach einem Klassifikationsschema nach BAUER et al. neu zusammengestellt. Beim Vergleich mit den langjährigen Mittelwerten fällt zunächst die Unterrepräsentanz für „Allgemeine antizyklonale Lagen“ und „Mittleuropäische Tiefdrucklagen“ auf, die durch kühlere Luftmassen mit höheren Windgeschwindigkeiten gekennzeichnet sind.

Im Untersuchungsjahr lagen dagegen „Mittleuropäische Tiefdrucklagen“ und „Allgemeine zyklonale Lagen“ über dem langjährigen Mittel. Demnach ist die Messperiode durch eine geringe Anzahl an Schönwetterepisoden mit autochthonem Witterungscharakter gekennzeichnet.

Abbildung 4: Prozentuale Verteilung der Großwetterlagen Europas (GWL) von 1881 bis 1998 (Gerstengarbe & Werner) und der Großwetterlagen Europas (GWL) von 01/2006 bis 12/2006 (nach Monatlicher Witterungsbericht 2004/2005), klassifiziert nach Baur. Die Zahlen über den Säulen geben die Abweichungen des Untersuchungszeitraumes vom Vergleichszeitraum wieder.

Großwetterlagen (nach Baur):



3.4 Klimawandel

Zur Abschätzung der zukünftigen klimatischen Entwicklung im Bundesland Nordrhein-Westfalen werden die Ergebnisse, die im Rahmen einer von der LÖBF in Auftrag gegebenen Studie erarbeiteten wurden, dargestellt [LÖBF 2006].

Unter Verwendung des statistischen Regionalmodells STAR wurden im Rahmen des Vorhabens zahlreiche Indikatoren zur Beschreibung des Klimas bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts ermittelt.

Wichtige Ergebnisse sind:

- Wird das Temperaturmittel über die gesamte Fläche Nordrhein-Westfalens betrachtet, so ergibt sich eine kontinuierliche Temperaturzunahme. Diese erreicht einen Betrag von rund +1.7 K bis zur Dekade 2046–2055.
- Die räumliche Entwicklung dieses Erwärmungsverhaltens von heute an zur Mitte des 21. Jahrhunderts ist in allen Landesteilen gleichmäßig. Lediglich in der Kölner Bucht und im Ruhrgebiet ist die Anstiegsrate etwas höher.

Neben der Betrachtung der über das Jahr gemittelten Temperatur wurde eine differenzierte Auswertung nach Jahreszeiten durchgeführt. Diese deutet auf folgende wesentliche Entwicklungen hin:

- Die Erwärmung bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts besitzt einen ausgeprägten Jahresgang: Die stärkste Erwärmung erfolgt mit rund +2.4 K im Winter; im Sommer beträgt der Anstieg rund +1.8 K; in den Übergangsjahreszeiten ist die Überwärmung im Verhältnis schwach ausgeprägt und liegt knapp über +1K.
- Die Entwicklung des Niederschlags bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts verhält sich zweigeteilt: Einer Abnahme in den Sommermonaten steht eine Zunahme im übrigen Jahr gegenüber.
- Die stärkste prozentuale Niederschlagszunahme findet sich mit jeweils rund +20% im Winter und im Frühjahr; die herbstliche Zunahme liegt unter +10%
- Die Bandbreite der Veränderung in den von Zunahme charakterisierten Jahreszeiten reicht von rund +35% (Westfälische Bucht, Frühjahr) bis zum Gleichbleiben (Eifel, Siebengebirge und Niederrheinisches Tiefland, Herbst).
- Die sommerliche prozentuale Niederschlagsabnahme liegt bei –20% für die Gesamtfläche Nordrhein-Westfalens.
- Die Bandbreite der Veränderung im Sommer liegt zwischen einer Abnahme von rund –35% (Westfälische Bucht) bis rund –10% (Eifel) [LÖBF 2006].

Durch den Temperaturanstieg wird in Zukunft die Zahl der Eis- und Frosttage deutlich zurückgehen, während die Zahl der Sommertage, der Heißen Tage und Heißen Nächte steigen wird. Damit wird auch eine Zunahme der bioklimatischen Belastungssituationen einhergehen, die insbesondere in den versiegelten Innenstädten negative Konsequenzen für die Lebensqualität mit sich bringen wird.

Aus diesen Gründen wird in Zukunft der Berücksichtigung der Auswirkungen durch den Klimawandel in der Stadtplanung ein höherer Stellenwert beizumessen sein. Auch Lösungsansätze zur Anpassung an den Klimawandel (z.B. durch Verminderung der Wärmebelastung) durch Planungsmaßnahmen werden stärker zu den Aufgaben der Stadtplanung zählen.

4 Ergebnisse der klimatologischen Untersuchungen

4.1 Mobile Messungen

Mobile Messungen sind dazu geeignet, flächendeckende Aussagen zu den Temperatur- und Feuchteverhältnissen in einem Stadtgebiet zu treffen. Hierbei handelt es sich jedoch immer nur um Momentaufnahmen; Tages-, Monats- und Jahresgänge können durch sie nicht abgeleitet werden.

Von den 12 im Stadtgebiet durchgeführten Messfahrten sollen hier einige der interessantesten vorgestellt werden.

4.1.1 Gesamtes Stadtgebiet

Messfahrt 1 (23.06.2005, Bezugszeit: 22:00 Uhr MEZ)

Die Messung beginnt im nördlichen Stadtgrenzbereich an der Hörder Straße, führt dann über Stockum und Satingen ins Wittener Stadtzentrum, um von dort aus entlang der Ardeystraße über Annen an den östlichen Stadtrand nach Schraberg zu gelangen. Danach führt die Messung zunächst zurück nach Annen, dann über das Rohrbachtal hinab ins Ruhrtal und weiter hinauf nach Bommern und Bommernholz bis über die südliche Stadtgrenze hinaus. Zurück zum Ausgangspunkt geht es über Herbede und das Stadtzentrum.

Lufttemperatur

Die Amplitude der Lufttemperaturwerte liegt bei 7,8 K. Als Temperaturminimum wurde 17,8 °C, als Maximum 25,6 °C gemessen. Dabei ist deutlich eine Konzentration der hohen Temperaturwerte (> 24 °C) in den verdichteten Bereichen festzustellen. Sie befinden sich im Stadtkern und im Stadtteil Annen sowie an den stark versiegelten Gewerbeflächen entlang der Dortmunder Straße. In diesen Gebieten hat sich der „Städtische Wärmeineffekt“ ausgebildet. Im Stadtteil Annen spielt zudem die stark ausgeprägte Kuppenlage eine wichtige Rolle. Sie ermöglicht ein Abfließen der Kaltluft ins Borbachtal bzw. in die Witten-Hörder Mulde und es kommt zu einer Warmluftzufuhr aus der Höhe. Dieser Effekt ist ebenso im locker bebauten Schraberg an der östlichen Stadtgrenze nachweisbar.

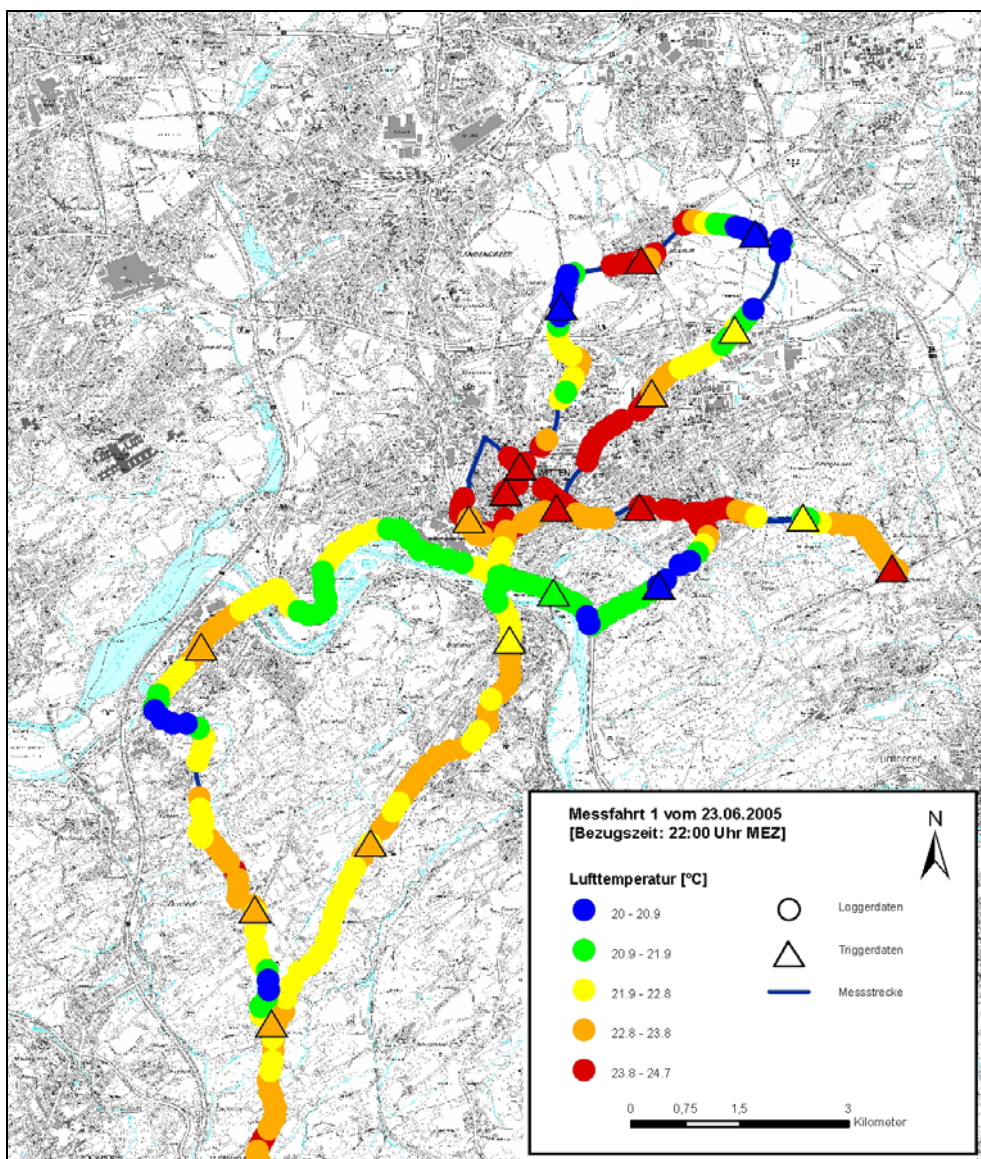
Auch im Stadtteil Stockum ist eine deutliche Überwärmungstendenz mit einem starken Temperaturgefälle in Richtung Umland festzustellen. Die erhöhten Messwerte kommen zum einen durch die dichte Bebauung zustande, zum anderen fließt die Kaltluft in die nordwestlich und südöstlich von Stockum gelegenen Niederungen, dort bilden sich Kaltluftseen.

Mobile Messungen

Weitere unterkühlte Gebiete sind im Borbachtal, im Kohlensiepen sowie entlang des Kamperbachs zu erkennen. Dort kann sich in den waldfreien Niederungsbereichen die bodennahe Luftschicht durch erhöhte Ausstrahlung stark abkühlen. Gleichzeitig sammelt sich Kaltluft aus den benachbarten Kaltluftproduktionsflächen an.

Am südlichen Stadtrand südöstlich von Bommerholz sind ebenfalls niedrige Temperaturwerte (20,0 – 20,9 °C) ermittelt worden. Der Hochflächen-Charakter mit geringen Hangneigungswerten verhindert dort ein Abfließen der Kaltluft in die benachbarten, tief eingeschnittenen Täler.

Karte 5: Messfahrt 1 vom 23.06.2005.



Luftfeuchtigkeit

Mit Messergebnissen zwischen 49 % und 74 % sind insgesamt eher niedrige Werte der relativen Luftfeuchtigkeit vorhanden. Dabei ist in den meisten Fällen ein entgegengesetzter Verlauf von Temperatur- und Luftfeuchtwerten festzustellen, d.h. die hohen Temperaturen entsprechen niedrigen relativen Feuchtigkeitswerten und umgekehrt. Diese Verteilung der Werte ist nachvollziehbar, da warme Luftmassen mehr Wasserdampf aufnehmen können als kalte. So finden sich in den genannten Bereichen mit hohen Temperaturen die niedrigsten Werte der relativen Luftfeuchtigkeit. Sie liegen meist bei ca. 50 %. Die höchsten Werte mit über 70 % befinden sich im Ruhrtal und südöstlich von Stockum an kalten Standorten und in der Nähe von Fließgewässern.

Ein im Hinblick auf die Lufttemperatur von 23,2 °C außergewöhnlich hoher Luftfeuchtigkeitswert von 70 % wurde im Stadtteil Herbede gemessen. Hier wird der Einfluss des Kemnader Sees als Feuchtigkeitslieferant deutlich. Hohe Temperatur- und Feuchtigkeitswerte führen zu einer hohen Wärmebelastung bzw. zu einem hohen Schwülempfinden. Ein Maß dafür ist die **Äquivalenttemperatur**, welche sich aus der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit berechnen lässt. Die Äquivalenttemperatur gibt an, welche Temperatur ein Luftpaket annehmen würde, wenn der gesamte in ihm enthaltene Wasserdampf kondensieren und die freigesetzte Kondensationswärme dem Luftpaket hinzugefügt würde. Mittels der Äquivalenttemperatur kann festgestellt werden, ob eine thermische Belastung (> 49 °C) für den Menschen vorliegt. Für Herbede wurde bei dieser Messung ein Wert von 53,7 °C ermittelt, am 23.06.2005 um 22:00 Uhr MEZ lag also eine deutliche Wärmebelastung vor. Im Umfeld der Berufsschulen im Innenstadtbereich wurde hingegen trotz der um 1,5 K höher liegenden Lufttemperatur von 24,7 °C eine vergleichsweise geringe Äquivalenttemperatur von nur 49,5 °C ermittelt. Grund dafür ist die in diesem Bereich niedrige Luftfeuchtigkeit (52 %). Diese niedrige Luftfeuchtigkeit resultiert aus dem hohen Versiegelungsgrad und dem fehlen verdunstungsaktiver Vegetation.

4.1.2 Östliches Stadtgebiet

Messfahrt 2 (28.06.2006, 22:40 Uhr MEZ)

Die Messfahrt beginnt westlich des Steinbergs an der Müllverladestation und führt dann über Stockum und Tiefendorf vorbei am Technologie- und Gewerbepark in Richtung Stadtzentrum, um danach über Annen und den Bahnhof Annen Nord in das südliche Hügelland durch Borbach und Gedernach zur östlichen Stadtgrenze nach Schraberg zu gelangen. Von dort aus werden die Messungen in Richtung Rüdinghausen fortgesetzt und weiter über Wüllen zum Ausgangspunkt zurückgeführt.

Lufttemperatur

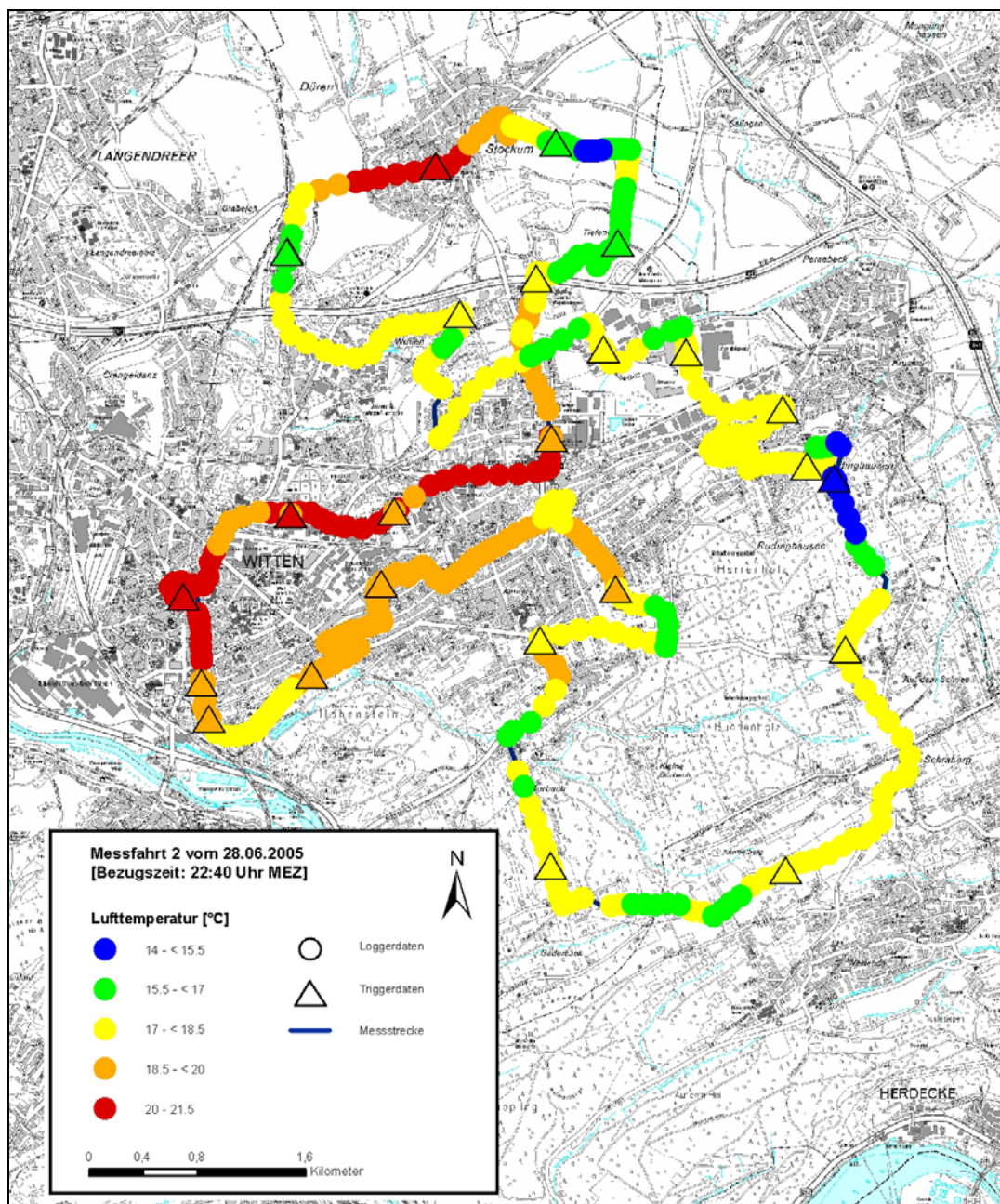
Bei der Messung am 28.06.2005 um 22:40 Uhr wurden im östlichen Stadtgebiet Werte zwischen 14,6 und 20,9 °C (Amplitude = 6,3 K) gemessen. Besonders deutlich ist der modifizierende Einfluss der Bebauung auf die Lufttemperatur zu erkennen. So befinden sich die höchsten Messwerte (> 20,0 °C) im Stadtzentrum, entlang der Westfalenstraße, am Universitätsgelände sowie in Stockum. Auch im Stadtteil Annen und im Bereich des Technologie- und Gewerbeparks sind Überwärmungstendenzen zu erkennen. Die hohen Temperaturen sind vor allem durch die Wärmespeicherkapazität der verwendeten Baustoffe, den hohen Versiegelungsgrad, sowie eine unzureichende Belüftung der dicht bebauten Gebiete zu erklären. Diese Faktoren führen zum sog. „Städtischen Wärmeinseleffekt“, der sich durch eine ausgeprägte positive bodennahe Temperaturanomalie städtischer Gebiete gegenüber dem Umland gekennzeichnet ist. In Stockum und im Bereich der Waldorfschule machen sich zudem Kuppenlagen mit abfließender Kaltluft bemerkbar.

Den warmen Lufttemperaturen in den genannten Gebieten stehen auch einige unterkühlte Bereiche gegenüber. Auffällig sind zwei größere Kaltluftansammlungen. Zum einen im tief eingeschnittenen Tal der Brunebecke südlich Rüdinghausen, wo mehrmals Werte unter 15 °C gemessen wurden, zum anderen in der Niederung östlich von Stockum, wo eine Temperatur von nur 15,3 °C verzeichnet wurde. In beiden Fällen handelt es sich um Niederungen, in denen sich bei stabilen Wetterlagen die schwere Kaltluft ansammelt. Beide Gebiete befinden sich außerdem unmittelbar am Rand bzw. innerhalb von Kaltluftbildungsgebieten. Das südöstliche Stadtgebiet weist nur geringe Temperaturschwankungen auf, was auf den ausgleichenden klimatischen Effekt des ausgedehnten Waldgebietes Buchenholz hinweist. Nur in einigen Senken in Waldrandlage, wie an der oberen Herdecker Straße, sind verhältnismäßig kühle Werte anzutreffen.

Luftfeuchtigkeit

Bei den Luftfeuchtigkeitswerten gibt es keine Besonderheiten. Sie zeigen den typischen, zur Lufttemperatur inversen Verlauf, der bei stabilem, windschwachem Wetter zu erwarten ist. An den wärmeren Standorten im Stadtzentrum und in Stockum ist demzufolge die relative Luftfeuchte mit Werten deutlich unter 60 % gering, was auch zu einer niedrigen Äquivalenttemperatur führt. Bei dieser Messung konnte also keine thermische Belastung festgestellt werden.

Karte 6: Messfahrt 2 vom 28.06.2005.



Messfahrt 11 (07.06.2006, Bezugszeit: 23:00 Uhr MEZ)

Ausgangspunkt der Messung ist die AS Witten-Stockum. Danach führt die Messfahrt über das Universitätsgelände zum Stadtzentrum, anschließend entlang der Dortmunder Straße in Richtung Nordosten, um nach Querung des Gewerbegebietes in einem Zickzack-Kurs durch Annen, Rüdinghausen und Auf dem Schnee wieder nach Annen zu gelangen. Von dort aus setzt sich die Fahrt in Richtung Süden nach Borbach und Gederbach fort, um dann nach Westen ins Ruhrtal zu schwenken. Südlich der Ruhr werden noch Bommern und Trienendorf angefahren, bevor die Messung über das Ruhrtal und den westlichen Rand der Innenstadt wieder den Ausgangspunkt erreicht.

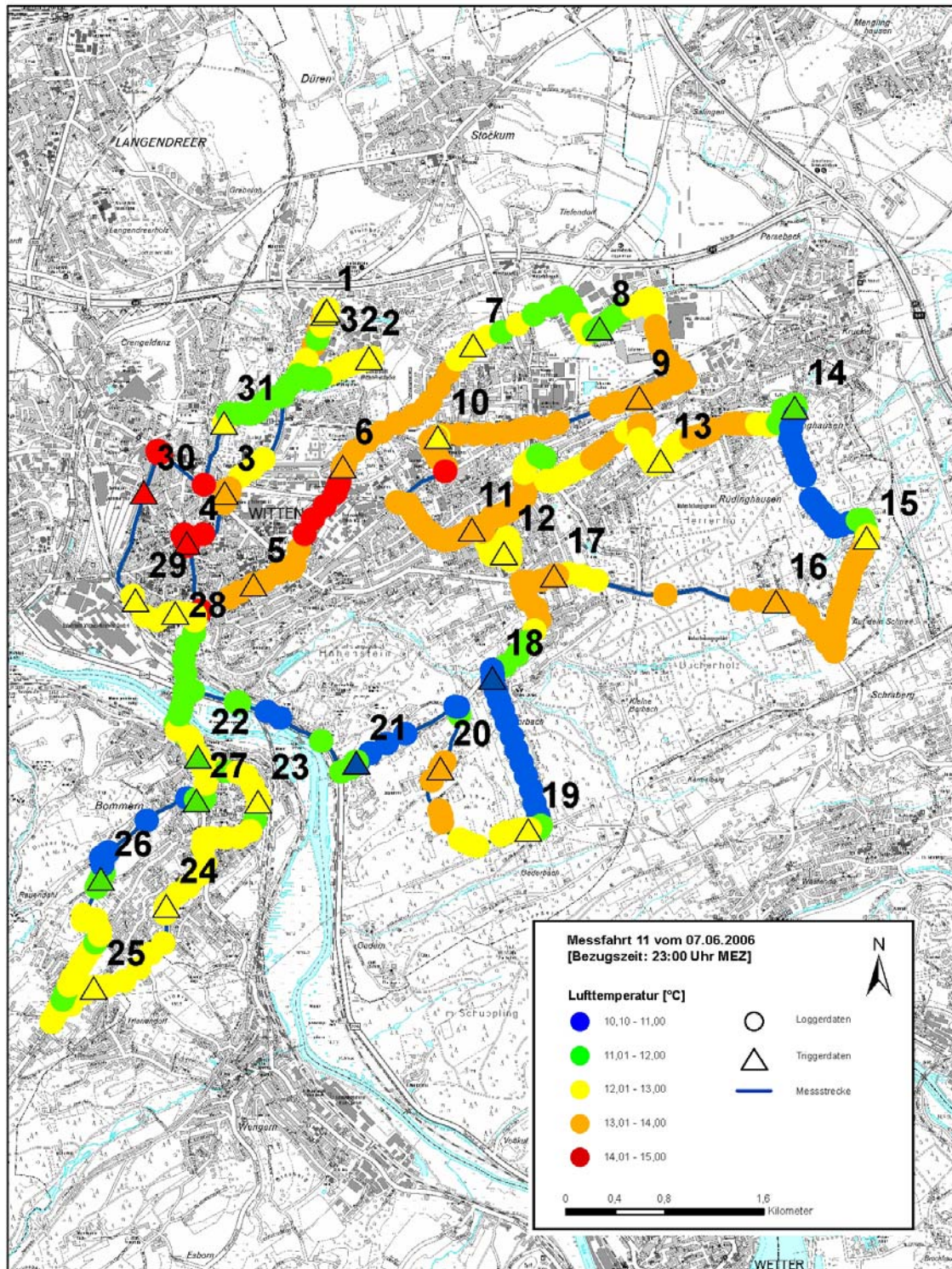
Lufttemperatur

Die Werte zeigen eine sehr heterogene Struktur. Sie liegen zwischen 10,1 und 15,2 °C, somit liegt die Amplitude bei 5,1 K. Dabei sind verschiedene überwärmte Gebiete zu erkennen, diese Überwärmungstendenzen sind durch den Effekt der „Städtischen Wärmeinsel“ zu erklären. Er ist besonders deutlich im Innenstadtbereich am Rathaus, bei der Autobahnpolizei und beim Marienhospital zu sehen. In diesen Bereichen treten Lufttemperaturen zwischen 14,4 und 15,2 °C auf. Weitere deutliche Überwärmungen sind beim Sasol Werk sowie generell entlang der Dortmunder Straße, im stark verdichteten Stadtteil Annen und in der Friedrich-Ebert-Straße vorhanden.

Auch außerhalb der verdichteten Gebiete am Wartenberg und im locker bebauten Ortsteil Auf dem Schnee sind vereinzelt Überwärmungen festzustellen. Hierbei handelt es sich um Kuppen- und Hanglagen, bei denen die Kaltluft gut in die Täler abfließen kann.

Den vergleichsweise warmen Gebieten stehen drei unterkühlte Bereiche mit Temperaturwerten von nur 10,1 bis 10,8 °C gegenüber und zwar im östlichen Stadtgebiet an der Brunebecke, im Südosten am Borbach sowie unterhalb des „Dicker Berg“ südöstlich von Bommern. Die genannten Bereiche liegen allesamt außerhalb der dichten Bebauung und befinden sich in Senkungen und Talbereichen, in denen sich Kaltluft ansammeln kann. Charakteristisch ist ebenfalls die niedrige Wiesenvegetation, die eine Ausstrahlung der bodennahen Luftschichten ermöglicht. Im Borbachtal sowie an der Brunebecke machen sich außerdem die benachbarten Waldgebiete bemerkbar, die als Kaltluftproduktionsflächen fungieren und für eine gute Frischluftzufuhr sorgen.

Karte 7: Messfahrt 11 vom 07.06.2006.



4.1.3 Südwestliches Stadtgebiet

Messfahrt 5 (30.08.2006, 22:00 Uhr MEZ)

Messfahrt 5 stellt die meteorologischen Daten am 30.08.2006 um 22:00 Uhr MEZ von Wüllen ausgehend über das Zentrum Wittens in Richtung Südwesten bis zur Stadtgrenze während einer windschwachen Strahlungsnacht dar.

Lufttemperatur

Die Werte der Lufttemperatur zeigen eine sehr heterogene Verteilung im Stadtgebiet mit einer verhältnismäßig großen Amplitude von 7,7 K bei einem Maximum von 20,4 °C und einem Minimum von 12,7 °C. Dabei werden die höchsten Werte in den hoch verdichteten Bereichen und in Kuppenlagen, die niedrigsten Werte in Mulden und Tälern erreicht.

In Kuppenlagen fließt die Kaltluft in die umliegenden Täler ab und wird durch relativ warme Luft aus der Höhe ersetzt.

In den dicht bebauten Gebieten fungiert die Bausubstanz als Wärmespeicher und gibt nachts die gespeicherte Wärme an die Umgebung ab. Außerdem behindert die massive Bebauung häufig eine Frischluftzufuhr aus benachbarten Kaltluftproduktionsflächen. Aus diesen Gründen kommt es zur Ausbildung „städtischer Wärmeinseln“. Eine solche deutliche Überwärmung ist im Stadtzentrum Wittens vorhanden. Dort wurden Temperaturen von bis zu 20,4 °C gemessen.

Im Stadtteil Heven kommt zu der dichten Bebauung noch das Abfließen der Kaltluft in das Wannebach- und Ruhrtal hinzu. Auch südlich von Herbede und auf dem Höhenrücken oberhalb des Stadtförstes Vormholz fließt Kaltluft in die angrenzenden Täler ab und führt zu überwärmten Kuppenlagen mit Temperaturwerten zwischen 18,5 und 20,0 °C. Dieser Effekt tritt auch im Norden von Wüllen auf, das sich leicht über die Witten-Hörder Mulde erhebt.

Auffällig ist das niedrige Temperaturniveau in Bommern. Trotz dichter Bebauung ist hier kein Überwärmungseffekt zu erkennen, da dieser Stadtteil insbesondere im Norden mit Frischluft aus den südlich angrenzenden Höhen versorgt wird. Ebenfalls kühle Werte unter 14°C wurden an den Messpunkten im Muttental, im Ruhrtal südlich der Innenstadt und im Plessbachtal registriert.

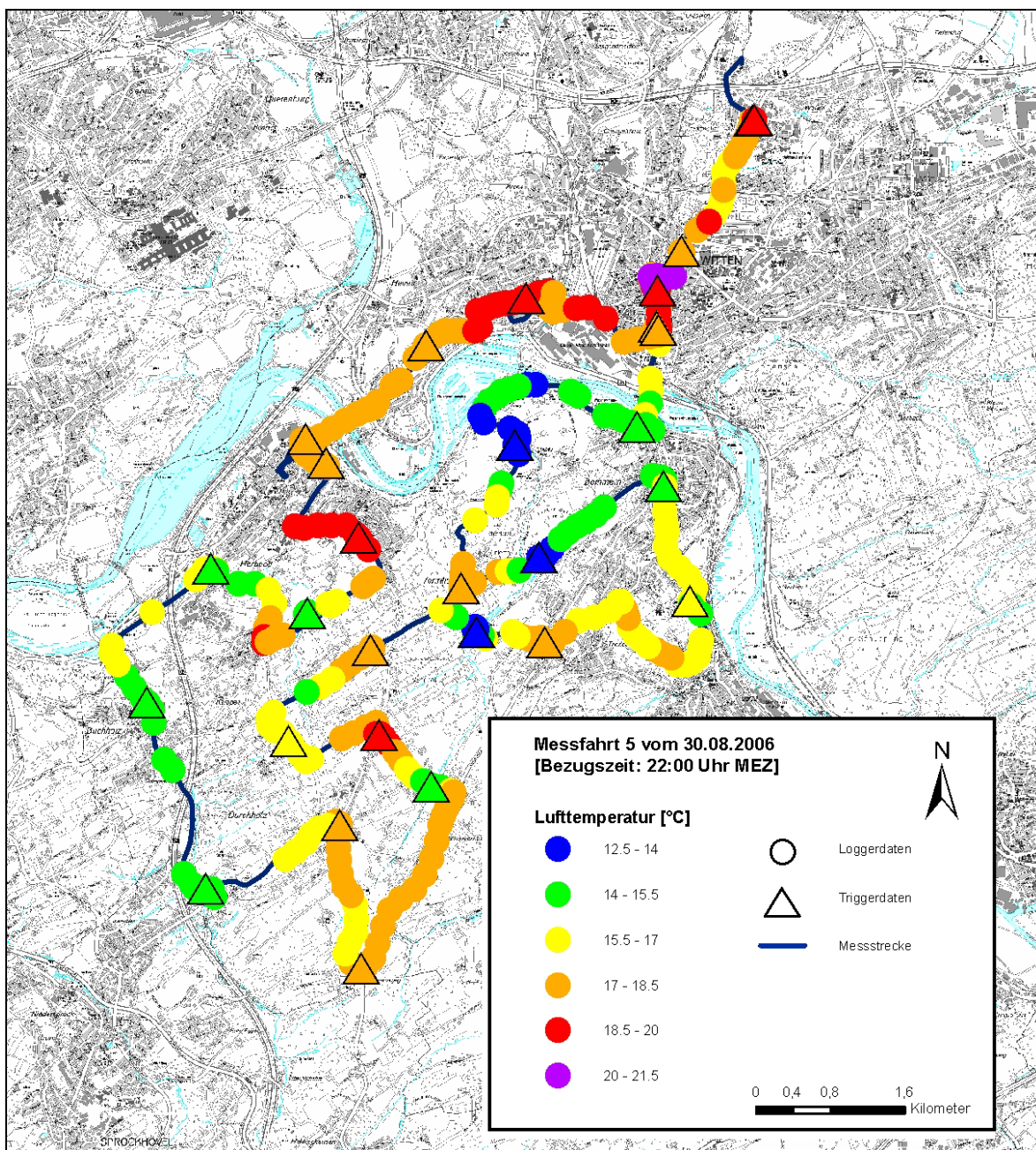
Luftfeuchtigkeit

Die Luftfeuchtigkeitswerte sind durchgehend hoch und liegen zwischen 71 % und 100 %. Dabei ist eindeutig ein inverser Verlauf zur Lufttemperatur zu erkennen. Somit sind die niedrigen Werte in den wärmeren Bereichen anzutreffen, während die höchste relative Feuchtigkeit in den

Mobile Messungen

kühlen Niederungen und Senken ermittelt wurde. Dadurch ergeben sich bei diesem Temperaturniveau im ganzen Messgebiet eher geringe Werte der Äquivalenttemperatur (32,6 – 46,1°C). Die thermische Belastungsgrenze des Menschen, die bei 49°C liegt, wurde somit nicht erreicht.

Karte 8: Messfahrt 5 vom 30.08.2005.



4.1.4 Mittleres Stadtgebiet

Messfahrt 9 (03.05.2006, 22:15 Uhr MEZ)

Die Messungen beginnen am östlichen Stadtrand in Buchenholz, führen dann über den Stadtteil Annen ins Stadtzentrum und von dort aus über Krone und Heven ins westliche Stadtgrenzgebiet. Im weiteren Verlauf durchqueren die Messungen das Ruhrtal und führen über Herbede bis zum Bahnhof Blankenstein, um anschließend über die A 43 und A 44 zum Universitätsgelände zu gelangen. Danach wird wieder der Ausgangspunkt erreicht.

Lufttemperatur

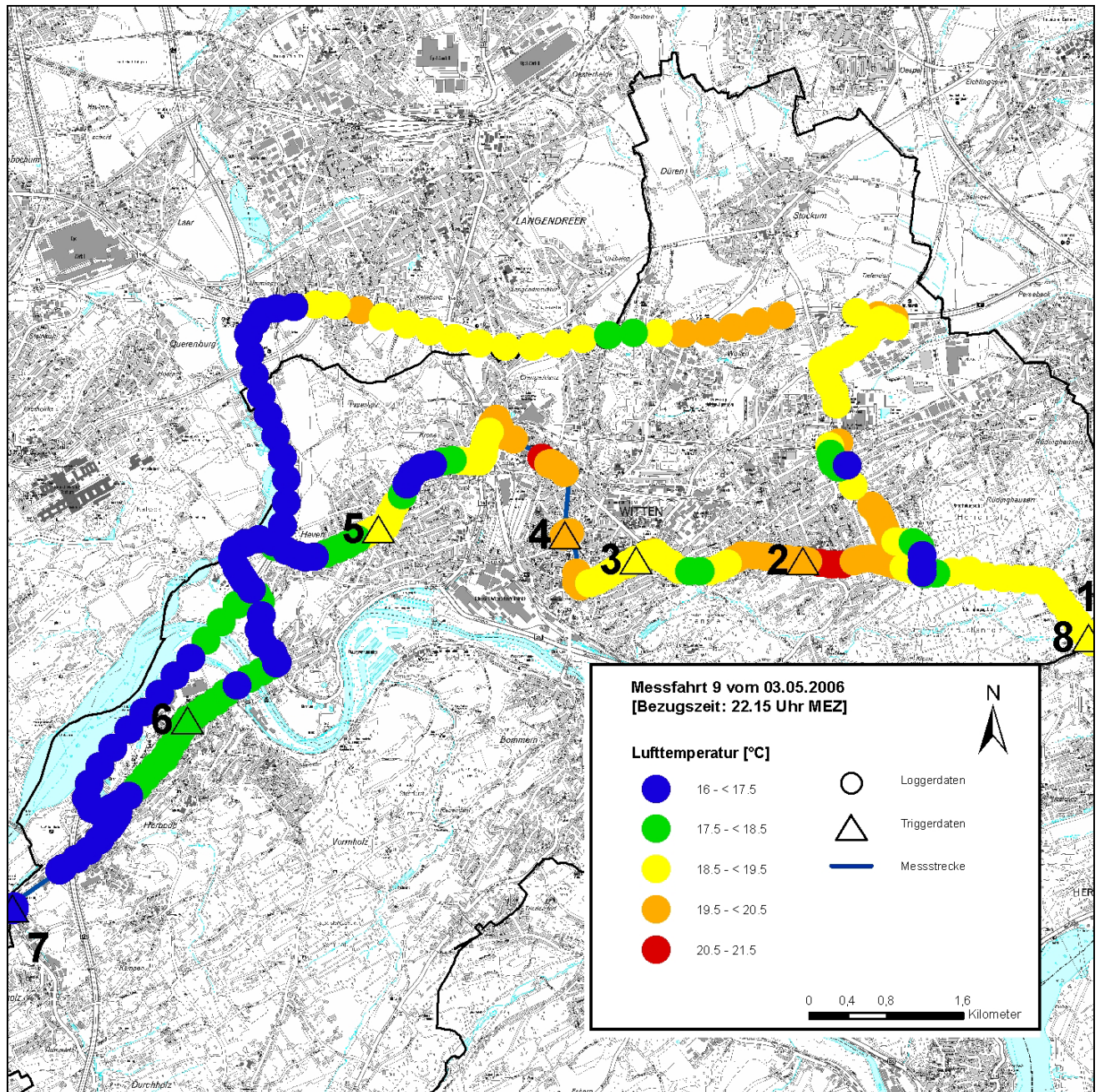
Die Temperaturwerte zeigen für das mittlere Stadtgebiet eine heterogene Verteilung, die während austauscharmer Strahlungsnächte aufgrund unterschiedlicher Nutzungsstrukturen und abweichender topographischer Verhältnisse hervorgerufen wird. Bei den Werten der Lufttemperatur ist deutlich eine Zweiteilung des untersuchten Gebietes hinsichtlich der thermischen Situation zu erkennen: Den warmen Temperaturen in den Gebieten mit dichter Bebauung sowie den höher gelegenen Bereichen stehen wesentlich kältere Bedingungen in den Niederungen des Ruhrtales und des Oelbachtals gegenüber.

Im Stadtzentrum sowie im Stadtteil Annen sind die wärmsten Bereiche vorzufinden. Die hohen Temperaturen sind v.a. auf den Effekt der „Städtischen Wärmeinsel“ zurückzuführen, der bei dichter Bebauung durch den hohen Versiegelungsgrad und die hohe Wärmeleitfähigkeit sowie Wärmekapazität der Bausubstanz auftritt.

An der Ardeystraße im Bereich der Gesamtschule Holzkamp wurden Temperaturen von bis zu 20,7 °C gemessen, da die Kaltluft hangabwärts in Richtung Norden fließen kann.

Nordwestlich des Stadtzentrums macht sich die tagsüber stark erwärmte Luft über den Gleisanlagen des Weichenwerkes bemerkbar. Durch leicht südliche Winde werden diese Luftmassen in Richtung Autobahnpolizei transportiert und führen dort ebenfalls zu Werten von über 20 °C. Die starke Versiegelung in diesem Bereich sowie das von Crengeldanz her ansteigende Gelände verstärken diese Überwärmungstendenz.

Karte 9: Messfahrt 9 vom 03.05.2006.



Im östlichen Stadtgebiet sind hingegen mittlere Temperaturwerte (18,5 – 19,5 °C) vorzufinden. Dort sind ausgedehnte Waldflächen (Buchenholz und Herrenholz) vorhanden, die nachts ein Abfließen der Luftmassen verhindern und tagsüber die Einstrahlung auf die Erdoberfläche verringern und somit einer Erwärmung bodennaher Luftschichten entgegenwirken.

Im Ruhr- und Ölbachtal sind niedrigere Temperaturen gemessen worden. Die Werte liegen hier meist zwischen 16,0 und 17,5 °C, teilweise zwischen 17,5 und 18,5 °C. Die tiefen Temperaturen sind auf die Bildung von Kaltluftseen in den Niederungen zurückzuführen. Die Landnutzung wird vor allem durch Wiesen- und Ackerflächen bestimmt. Somit ist eine hohe Ausstrahlung und folglich eine starke Abkühlung der bodennahen Luftschichten möglich. In den Gebieten mit lockerer Bebauung sind etwas höhere Werte (17,5 bis 18,5 °C) zu finden.

Neben den großflächigen Abkühlungsgebieten des Ruhr- und Ölbachtales sind auch im nordöstlichen, insgesamt wärmeren Bereich vereinzelt lokale Kältepole vorzufinden. Teilweise werden auch hier Temperaturen von nur 16,0 bis 17,5 °C erreicht (Einmündung Herdeckerstr. / Ardeystr. & Einmündung Eckardtstr. / Herdeckerstraße). Diese niedrigen Werte sind auf benachbarte Kaltluftproduktionsflächen wie Waldgebiete oder Parkanlagen zurückzuführen, die eine ausreichende Frischluftzufuhr gewährleisten.

Messfahrt 10 (08.05.2006, Bezugszeit: 22:15 Uhr MEZ)

Die Messungen beginnen an der nördlichen Stadtteilgrenze bei Stockum, führen dann ins Stadtzentrum, durch das Ruhrtal und über Bommern bis zur südlichen Stadtgrenze. Danach wurde die Messfahrt über Herbede, durch das Ruhrtal und Crengeldanz in Richtung Norden zum Ausgangspunkt zurückgeführt.

Lufttemperatur

Die Temperatur schwankt zwischen 14,7 und 18,2 °C. Die höchsten Werte sind dabei vor allem den hochverdichteten Bereichen zuzuordnen und es ist generell eine Abhängigkeit der Temperatur von der Bebauungsdichte zu erkennen.

So wurden in der Innenstadt sowie im Zentrum des Stadtteils Bommern Werte zwischen 17,7 und 18,2 °C gemessen. Diese Werte sind auf den Effekt der „Städtischen Wärmeinsel“ zurückzuführen. Ebenso sind am Südrand von Herbede erhöhte Werte von 16,9 – 17,7 °C anzutreffen, da hier die Kaltluft ungehindert in das Ruhrtal abfließen kann. Auch im Bereich des Wasserwerks am Prallhang der Ruhr und an der Sprockhöveler Straße kommen, hervorgerufen durch den bewachsenen Unterhang mit geringerer Ausstrahlung, erhöhte Werte vor.

Hingegen liegen rund um Stockum sehr tiefe Werte zwischen 14,5 und 15,3°C vor. Auf den ausgedehnten, überwiegend ebenen Wiesen- und Ackerflächen kommt es zur Ansammlung von

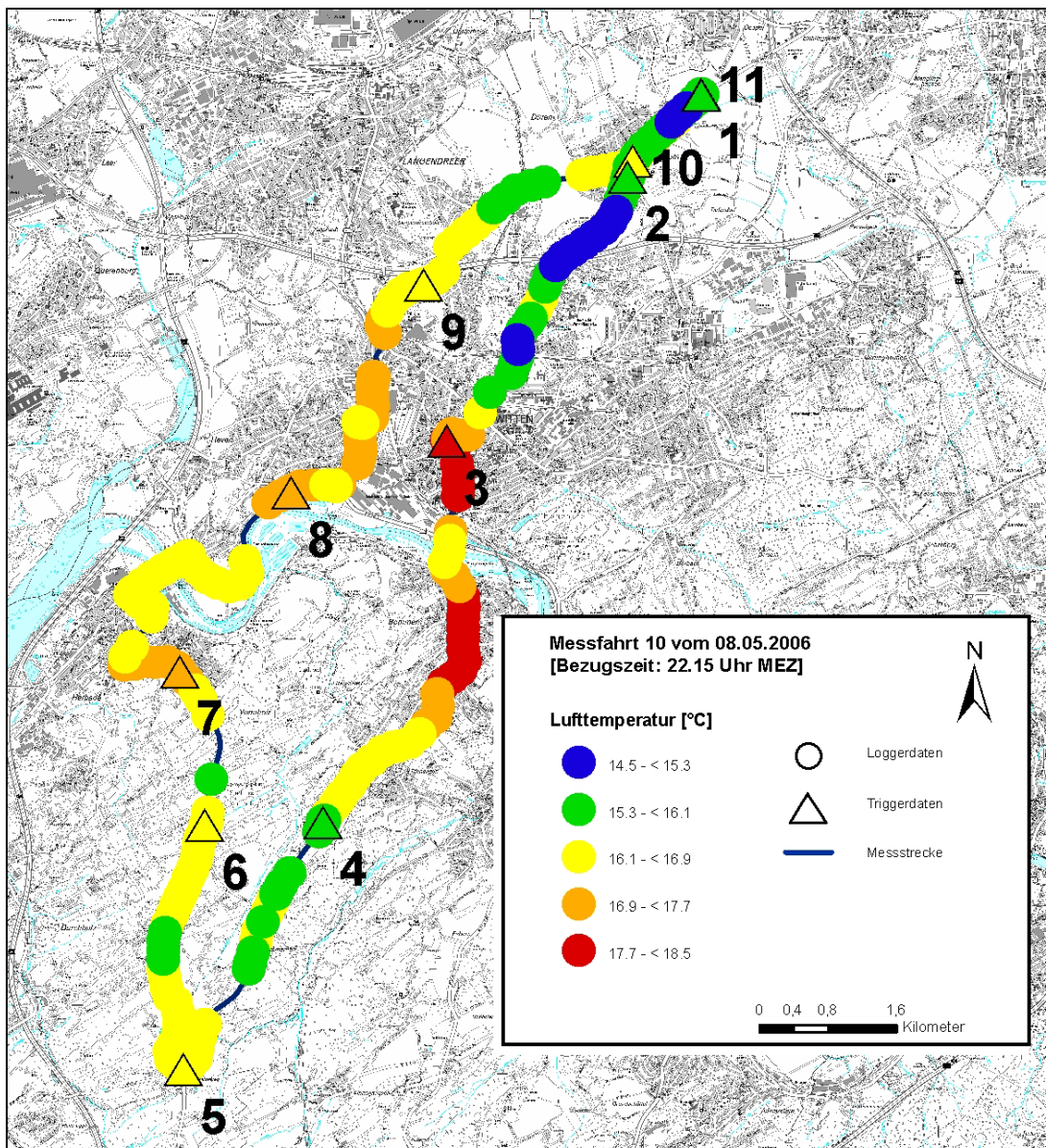
Mobile Messungen

Kaltluft. Deutlich hebt sich das um etwa 2 K wärmere Stockum von der Umgebung ab. Hier liegt in abgeschwächter Form wieder eine Städtische Wärmeinsel vor.

Auch südwestlich des Stadtforstes Vormholz liegt ein niedriger Wert (14,5 – 15,3 °C) vor, der auf die benachbarte Kaltluftproduktionsfläche des Waldgebietes zurückzuführen ist.

Im südlichen Muttenbachtal sind auf Grund der großräumigen Kaltluftproduktion der Wiesen- und Ackerflächen leicht unterkühlte Werte von 15,3 – 16,1 °C gemessen worden. Auch südlich der A 44 auf der Pferdebachstraße wurden die gleichen Werte, zum Teil auch noch darunter liegend, gemessen. Hier sorgen die benachbarten Grünflächen (z.B. Hauptfriedhof) für eine Frischluftzufuhr.

Karte 10: Messfahrt 10 vom 08.05.2006.



4.1.5 Karte der Lufttemperaturverteilung

In der Karte der Lufttemperaturverteilung sind die Ergebnisse der mobilen Temperaturmessungen zusammengefasst. Dargestellt sind relative nächtliche Lufttemperaturen in der Messhöhe 2 m über Grund, wie sie bei Strahlungswetterlagen während wolkenloser Nächte auftreten können. Bei diesen Wetterlagen bilden sich die durch Flächennutzungen und Oberflächenformen verursachten Temperaturunterschiede am deutlichsten aus. Damit können die dargestellten Lufttemperaturunterschiede als Idealfall einer nur von den Standortunterschieden beeinflussten Temperaturverteilung angesehen werden. Bei anderen Wetterlagen schwächen sich die Unterschiede ab oder verschwinden sogar völlig.

Da die absoluten Lufttemperaturen im Untersuchungsgebiet Witten je nach Jahreszeit und genauem Messzeitpunkt sehr unterschiedlich sein können, wurde für die Darstellung der Temperaturverteilung ein relativer Ansatz gewählt. Dabei wurde die Temperatur der Flächen mit einer mittleren bis niedrigen Bebauungsdichte, die weder bemerkenswerte Überwärmungs- noch Abkühlungserscheinungen zeigten, als Bezugspunkt gewählt. Diese Flächen weisen im Vergleich zum gesamten Stadtgebiet ausgeglichene Temperaturverhältnisse auf. Davon unterschieden werden kühle Bereiche, deren Lufttemperaturen während der verschiedenen Messungen um mindestens 0,5 K (Kelvin) bis 1,5 K von den Bezugsflächen nach unten abweichen, sowie kalte Bereiche mit einer Temperaturabweichung nach unten von mehr als 1,5 K. Auf der anderen Seite gibt es im Wittener Stadtgebiet im Verhältnis zu den Bezugsflächen leicht überwärmte Flächen (+0,5 K bis +1,5 K), stark überwärmte Flächen (+1,5 K bis +2,5 K) und einen sehr stark überwärmten Bereich, dessen Lufttemperaturen um mehr als 2,5 K über denen der Bezugsflächen lag. Damit zeigten sich im Stadtgebiet von Witten nächtliche Temperaturabweichungen zwischen den kältesten und den wärmsten Bereichen von mindestens 4 Kelvin, ein Wert, der von allen Messfahrten während der Klimauntersuchungen erreicht oder sogar übertroffen wurde.

Die Temperaturuntersuchungen aus den mobilen Messungen lieferten nur punkt- oder linienbezogene Daten. Um zu einer flächendeckenden Darstellung in der Karte der Lufttemperaturverteilung zu gelangen, wurden die Daten aller Messfahrten und Klimastationen relativiert und zur Abgrenzung der Flächen herangezogen. Durch eine Übertragung der Messergebnisse auf Flächen mit gleichen Bebauungsstrukturen und unter Berücksichtigung des Einflusses der verschiedenen Oberflächenformen, z.B. höhere Lufttemperaturen in

Kuppenlagen, wurde eine flächenhafte Darstellung der relativen Temperaturverhältnisse für das gesamte Wittener Stadtgebiet erreicht.

Die Fläche mit der stärksten Überwärmung von über 2,5 K positiver Temperaturabweichung bildet die Kernzone der **Städtischen Wärmeinsel**. Diese innerstädtische Wärmeinsel beschränkt sich auf das Gebiet der am stärksten versiegelten Wittener Innenstadt. Diese Kernzone der Städtischen Wärmeinsel wird umgeben von einem dicht bebauten Bereich mit hoher Versiegelung und geringem Vegetationsanteil, der eine starke Überwärmung zeigt und dehnt sich weiter nach Osten über die hoch versiegelten Gewerbe- und Industriestandorte aus. Auch südwestlich der Innenstadt befindet sich mit dem Industriestandort des Edelstahlwerks Witten-Krefeld ein weiterer stark überwärmter Bereich. Eine weitere Wärmeinsel befindet sich im Bereich der eher aufgelockerten Wohnbebauung von Annen-Süd, die überwiegend durch das Relief und damit natürlich bedingt ist (überwärmte Kuppenlage). Auch im Bereich der Kuppenlage von Stockum ist neben der z.T. dichten Bebauung der natürliche reliefbedingte Erwärmungseffekt für die Ausbildung der Wärmeinsel maßgeblich.

Im Nordosten der Innerstädtischen Wärmeinsel erfolgt eine rasche Temperaturabnahme, die durch die Zufuhr von kühlerer Luft aus der unbebauten Umgebung zustande kommt. Auch in Stockum erfolgt ein rascher Übergang zu deutlich niedrigeren Lufttemperaturen nach Osten.

Leicht überwärmte Bereiche sind zum einen die mäßig dicht bebauten Stadtgebiete von Witten und zum anderen leicht erhöht liegende Bereiche im Südteil des Stadtgebietes und Kuppen im Norden von Witten.

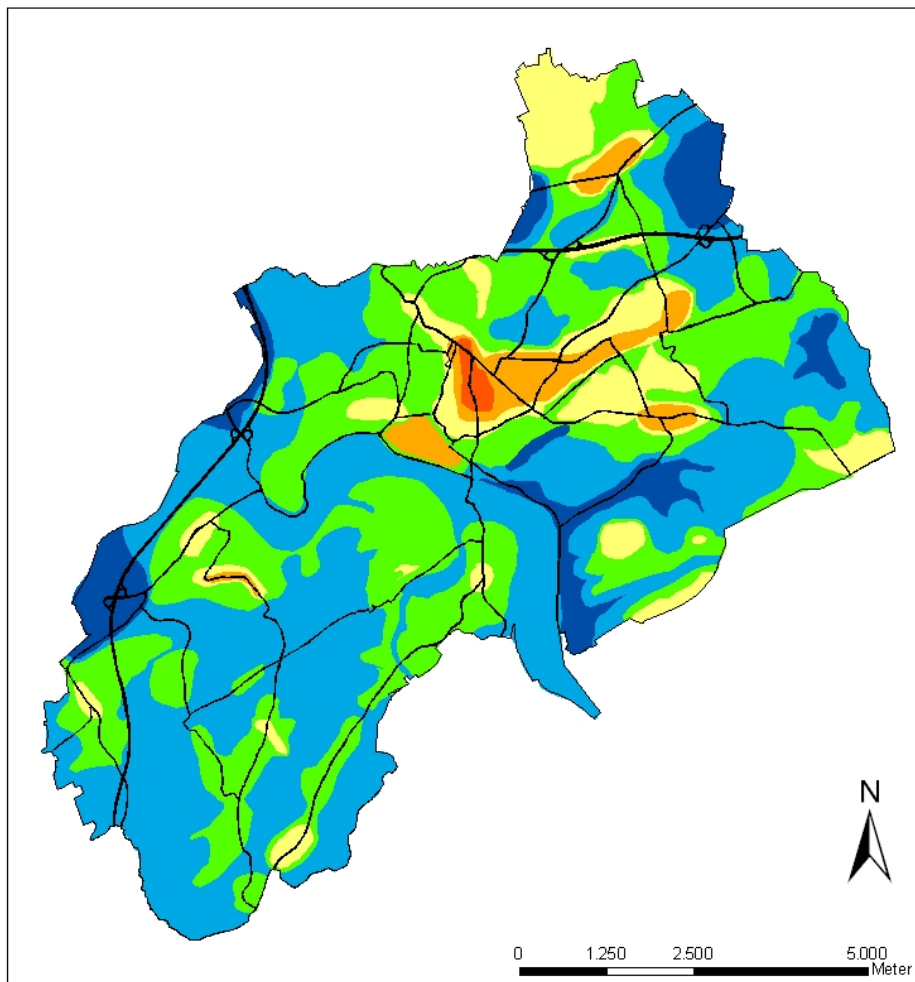
In den oberen Haldenbereichen und Kuppenlagen bildet sich nachts kühle Luft. Da kalte Luft schwerer ist als Warmluft, fließt sie langsam hangabwärts und lässt Kuppenlagen als relativ warme Bereiche aus der Umgebung herausragen.

Kühle und kalte Bereiche nehmen den Großteil des südlichen und östlichen Stadtgebietes ein. Sie sind an weitgehend fehlende Bebauung, geringe Versiegelung und einen hohen Vegetationsanteil gebunden. Die kältesten Bereiche des Wittener Stadtgebietes finden sich im Bereich von Senken und entlang einiger Bachtäler. Durch die geringe bis fehlende Versiegelung in diesen Gebieten kann nur wenig der am Tage eingestrahlt Energie gespeichert werden, sie wird in der Nacht durch Ausstrahlung schnell verbraucht. Voraussetzung für kalte Bereiche ist zudem, dass sie relativ niedriger liegen als ihre Umgebung. Dadurch sammelt sich hier die aus der Umgebung abfließende Kaltluft und führt zu einem weiteren Absinken der Lufttemperaturen. Kühle Bereiche sind fast alle flachen Freiland- und Waldgebiete sowie größere Parkanlagen im Stadtgebiet von Witten. Im Sommer sind die thermischen Belastungen hier gering, somit haben diese Bereiche eine erhöhte biometeorologische Entlastungsfunktion für die angrenzenden

Mobile Messungen

Siedlungsbereiche. Die kühlende Wirkung der Grünflächen reicht zwar nicht erheblich in die umliegende Bebauung hinein, verhindert aber eine massive zusammenhängende Fläche städtischer Überwärmung in Witten.

Karte 11: Karte der Lufttemperaturverteilung (bei windschwachen Strahlungswetterlagen nachts).



Stadt Witten : Karte der Lufttemperaturverteilung

Relative nächtliche Lufttemperaturverteilung (in 2m Höhe ü.Grund) im Stadtgebiet von Witten bei Strahlungswetterlagen

Relative Temperaturabweichung in [K]

- < -1,5 : kalte Bereiche
- > -1,5 - -0,5 : kühle Bereiche
- > -0,5 - +0,5 : ausgeglichene Temperaturverhältnisse
- >+0,5 - +1,5 : leicht überwärmte Bereiche
- >+1,5 - +2,5 : überwärmte Bereiche
- >+2,5 : stark überwärmte Bereiche

4.2 Stationäre Messungen

4.2.1 Lufttemperaturverhältnisse an den Klimastationen

4.2.1.1 Thermische Kennwerte

Der Betrachtung der Lufttemperaturverhältnisse kommt eine besondere Bedeutung zu, da diese je nach stadt- und geländeklimatologischen Gegebenheiten stark variieren. **Tab. 3** gibt einen Überblick über die luftthermischen Verhältnisse an den Stationen im Wittener Untersuchungsgebiet.

Mit Hilfe der thermischen Kenngrößen können sowohl jahres- als auch tageszeitabhängige Unterschiede im Temperaturverhalten der Stationen ermittelt werden. Neben den Jahresmittelwerten der Lufttemperaturen (T), deren Tagesminima (T_{\min}), Tagesmaxima (T_{\max}) und den Tagesamplituden (T_{amp}) werden die im folgenden aufgeführten thermischen Kennwerte zum Vergleich der Stationscharakteristika herangezogen:

| | |
|-----------------------|---|
| Heiße Tage (HT) | : Tageshöchsttemperatur $\geq 30\text{ °C}$ |
| Warme Tage (WT) | : Tage mit einer Höchsttemperatur $\geq 20\text{ °C}$ |
| Sommertage (ST) | : Tagesdurchschnittstemperatur $\geq 25\text{ °C}$ |
| Grillpartytage (GPT) | : Tage, an denen die Lufttemperatur um 21:00 Uhr $\geq 20\text{ °C}$ beträgt |
| Heiße Nächte (HN) | : Tage, an denen die Lufttemperatur um 24:00 Uhr $\geq 20\text{ °C}$ beträgt |
| Wärmesumme (WS) | : Summe aller Tagesmittel $\geq 20\text{ °C}$ |
| Kalte Tage (KT) | : Tagesdurchschnittstemperatur $\leq 0\text{ °C}$ |
| Frosttage (FT) | : Tage mit einer Tiefsttemperatur $< 0\text{ °C}$ |
| Eistage (ET) | : Tageshöchsttemperatur $< 0\text{ °C}$ |
| Frostwechseltage (FW) | : Tagestiefsttemperatur $< 0\text{ °C}$, Tageshöchsttemperatur $> 0\text{ °C}$ |
| Heiztage (HZ) | : Tage mit einem Mittelwert der Lufttemperatur $< 15\text{ °C}$ |
| Kältesumme (KS) | : Summe aller Tagesmittel $< 0\text{ °C}$ |

An den Messstationen 1 bis 3 (Durchholz, Ruhrtal und Pferdebachstraße) traten Messausfälle auf. Diese wurden durch Reduktionsverfahren bereinigt, so dass zur Auswertung lückenlose Datenreihen vorlagen. Hierbei wurde zunächst eine Korrelationsanalyse einer jeden Station mit einer Vergleichsstation durchgeführt und mit Hilfe eines linearen multiplen Regressionsmodells die Fehlwerte errechnet.

Tabelle 3: Thermische Kenngrößen der Klimamessstationen in Witten sowie für die TRY-Region 3 (Station Essen-Mülheim) im Testreferenzjahr.

Datengrundlage: 01.01.2006 – 31.12.2006; * Testreferenzjahr der Klimastation Essen-Mülheim [ROßMANN & STEFFENS 1997]

| | | | | | |
|------------------|--|-----|--|----|--|
| T | : Arithmetisches Mittel der Lufttemperatur | ST | : Tagesdurchschnittstemperatur ≥ 25 °C | FT | : Tage mit einer Tiefsttemperatur < 0 °C |
| T _{max} | : Arithmetisches Mittel der Tagestemperaturmaxima | GPT | : Tage, an denen die Lufttemp. um 21:00 Uhr ≥ 20 °C beträgt | ET | : Tageshöchsttemperatur < 0 °C |
| T _{min} | : Arithmetisches Mittel der Tagestemperaturminima | HN | : Tage, an denen die Lufttemp. um 24:00 Uhr ≥ 20 °C beträgt | FW | : Tagestiefsttemp. < 0 °C, Tageshöchsttemp. > 0 °C |
| T _{amp} | : Temperaturamplitude | HT | : Tageshöchsttemperatur ≥ 30 °C | WS | : Summe aller Tagesmittel ≥ 20 °C |
| HZ | : Tage mit einem Mittelwert der Lufttemperatur < 15 °C | WT | : Tage mit einer Höchsttemperatur ≥ 20 °C | KT | : Tagesdurchschnittstemperatur ≤ 0 °C |
| KS | : Summe aller Tagesmittel < 0 °C | | | | |

| Station | | 1 Durchholz | 2 Ruhrtal | 5 Salingerfeld | 3 Pferdebachstraße | 4 Innenstadt |
|-----------------------|-------|-------------|-----------|----------------|--------------------|--------------|
| Klimatop | TRY* | Freiland | | | Vorstadt | Innenstadt |
| T [°C] | 9,5 | 10,2 | 11,2 | 11,1 | 11,1 | 12,1 |
| T _{max} [°C] | 12,8 | 13,6 | 14,8 | 14,8 | 15,2 | 15,5 |
| T _{min} [°C] | 6,3 | 6,8 | 7,5 | 7,2 | 7,0 | 8,8 |
| T _{amp} [°C] | 6,5 | 6,8 | 7,3 | 7,6 | 8,1 | 6,7 |
| HT | 1 | 9 | 12 | 15 | 18 | 19 |
| WT | 20 | 36 | 44 | 46 | 49 | 63 |
| ST | 21 | 39 | 50 | 54 | 59 | 62 |
| GPT | 23 | 24 | 33 | 31 | 37 | 57 |
| HN | 0 | 10 | 9 | 11 | 10 | 33 |
| WS | 429,4 | 814,4 | 990,9 | 1035,6 | 1122,3 | 1457,1 |
| KT | 20 | 40 | 23 | 25 | 30 | 17 |
| FT | 52 | 70 | 57 | 64 | 71 | 41 |
| ET | - | 9 | 6 | 6 | 8 | 3 |
| FW | - | 61 | 51 | 58 | 63 | 38 |
| HZ | 275 | 261 | 232 | 235 | 235 | 221 |
| KS | -45,3 | -81,7 | -50,5 | -56,3 | -69,8 | -35,2 |

Durchschnittstemperatur

Die Jahresdurchschnittstemperatur für das Stadtgebiet von Witten wird nach dem „Klimaatlas Nordrhein-Westfalen“ mit 9,0 bis 9,5 °C angegeben [MURL 1989].

Im Vergleich zur Referenzstation für das Ruhrgebiet weisen die Freilandstationen im Untersuchungsjahr eine um 0,7 bis 1,7 K erhöhte Jahresdurchschnittstemperatur auf. Dies spiegelt den insgesamt milden Witterungsverlauf des Untersuchungszeitraumes wider.

Anhand der Durchschnittstemperaturen für das Untersuchungsjahr 2006 sind Aussagen zu interstationären Differenzen möglich. So wird deutlich, dass sich die Station **Innenstadt** (Messstation 4) aufgrund der Bebauungsdichte und des Versiegelungsgrades mit einer Erhöhung der Durchschnittstemperatur um 1,9 K von der Freilandstationen **Durchholz** (Station 1) und um 1,0 K von der Station **Salingerfeld** (Station 5) abhebt.

Im Vergleich zu anderen größeren Städten wie z.B. Dortmund ist die Temperaturdifferenz zwischen den Stationen Innenstadt und Salinger Feld jedoch als verhältnismäßig gering einzustufen (z.B. Dortmund: 1,6 K Unterschied zwischen City und Freilandstation). Der Grund liegt in der geringeren Ausdehnung des Stadtzentrums und dem höheren Anteil an Grünflächen in Witten. Der städtische Wärmeinseleffekt ist daher weniger stark ausgebildet. Die Station Durchholz nimmt eine Sonderstellung ein, da es sich um eine Kuppenstation handelt, die alleine aufgrund der Höhenlage geringere Temperaturmaxima als Freilandstationen in niedrigerer Lage aufweist und daher reliefbedingt nicht unmittelbar mit der Innenstadtstation vergleichbar ist. Aufgrund der Höhe und der dadurch begünstigten Belüftungsverhältnisse wurde hier mit 10,2°C der niedrigste Jahresmittelwert der Lufttemperatur aller Stationen ermittelt.

Die übrigen Stationen (**Ruhrtal** und **Pferdebachstraße**) zeichnen sich durch Jahresmittelwerte der Lufttemperatur zwischen 11,1°C und 11,2 °C aus und liegen somit im mittleren Bereich. Die Station Pferdebachstraße als Station innerhalb des Vorstadtklimas, zeigt in der Jahresmitteltemperatur keinen Unterschied zu den Freilandstationen. Dies liegt zum einen daran, dass der temperaturdämpfende Einfluss der umgebenden Grün- und Freiflächen relativ groß ist und zum anderen nächtliche Kaltluftabflüsse aus Richtung des Hauptfriedhofs auftreten. Hierdurch wird das niedrige Temperaturminimum erklärt, das sich ebenfalls in einer herabgesenkten mittleren Jahrestemperatur widerspiegelt. Begünstigt wird die Ansammlung der Kaltluft durch die Muldenlage des Messstandortes.

Erwärmungsverhalten

Anhand der mittleren Tagestemperaturmaxima kann auf unterschiedliches Erwärmungsverhalten der Stadtstrukturen geschlossen werden.

Für die Stationen von Witten ergeben sich interstationäre Abweichungen von bis zu 1,9 K. Die stärksten Wärmebelastungen der bodennahen Luftschichten lassen sich an den Stationen Innenstadt (15,5 °C) und Pferdebachstraße (15,2°C) nachweisen.

Für die stärkere Erwärmung im Vergleich zu den Freilandstationen ist der Versiegelungsgrad maßgeblich. Hierbei liegt das Temperaturmaximum der Station **Innenstadt** mit 0,3 K etwas höher als an der **Pferdebachstraße**.

Anhand der hohen Zahl an Heißen Tagen und Grillpartytagen in der Innenstadt lässt sich die starke Aufheizung im Vergleich zur Pferdebachstraße noch deutlicher aufzeigen. Insbesondere in den Nachtstunden macht sich die geringe Abkühlung in der Innenstadt bemerkbar. So konnten in der Innenstadt im Untersuchungsjahr 33 heiße Nächte (Lufttemperatur um 24:00 Uhr MEZ $\geq 20^{\circ}\text{C}$) festgestellt werden, während an der Pferdebachstraße im selben Zeitraum nur 10 heiße Nächte registriert wurden.

Zu den Stadtstrukturtypen, die tagsüber einer starken Wärmebelastung entgegenwirken, zählen die windoffene Höhenstation **Durchholz** und die Freilandstationen **Ruhrtal** und **Salingerfeld**. Die geringste Erwärmung am Tage erfährt die Station Durchholz aufgrund des fehlenden Siedlungseinflusses und der günstigen Belüftungssituation. Bedingt durch den hohen Strahlungsgenuss ist die Erwärmung des Ruhrtals am Tag relativ hoch, erreicht aber nicht die Werte des Salingerfeldes. Am Standort Salingerfeld trägt zusätzlich der Einfluss der umliegenden Gewerbegebiete zu höheren Lufttemperaturwerten bei.

An der Station **Pferdebachstraße** lässt sich im Vergleich zu den Freilandstationen tagsüber eine stärkere Erwärmung der Lufttemperatur nachweisen, was auf den Einfluss der umgebenden Bebauung zurückzuführen ist. Anhand der Zahl an Heißen Tagen und Sommertagen lässt sich jedoch der im Vergleich zur Innenstadt deutlich geringere Stadteinfluss nachweisen. Gründe hierfür sind die lockerere Bauweise sowie die Nähe zu Grün- und Freiflächen, durch die eine extreme Erwärmung tagsüber vermieden wird.

In den Nachtstunden sieht die Situation anders aus: das mit einem Mittel von $7,0^{\circ}\text{C}$ recht niedrige Temperaturminimum lässt vermuten, dass der Standort Pferdebachstraße durch Kaltluftzuflüsse beeinflusst wird. Während in den Abendstunden noch relativ hohe Temperaturen nachweisbar sind (relativ hoher Anteil an Grillpartytagen, d.h. Tagen, an denen die Lufttemperatur um 21:00 Uhr MEZ noch über 20°C beträgt), sinkt die Temperatur

in den Nachtstunden relativ rasch. Auch die geringe Anzahl an heißen Nächten verdeutlicht dies. Es liegt die Vermutung nahe, dass von den Kaltluftproduzierenden Grünflächen des Hauptfriedhofs Kaltluftmassen entsprechend dem Gefälle in Richtung Muldenlage des Standortes Pferdebachstraße hin abfließen, wo sie eine Senkung der Lufttemperatur bewirken.

Im Vergleich zum Testreferenzjahr zeichnet sich das Untersuchungsjahr durch den deutlich wärmeren Witterungsverlauf aus.

Nächtliches Abkühlungsverhalten

Bei Betrachtung der durchschnittlichen Tagesminimumtemperaturen (T_{\min}) werden Unterschiede im nächtlichen Abkühlungsverhalten der Stadtstrukturen deutlich.

Die niedrigste mittlere Minimumtemperatur ist mit 6,8 °C an der Station **Durchholz** gemessen worden. Zwei Gründe sind hierfür ausschlaggebend: zum einen handelt es sich um einen von Bebauung unbeeinflussten Bereich, zum anderen ist bedingt durch die Kuppenlage die Belüftung und damit der Abtransport von warmen Luftmassen sehr günstig. Üblicherweise jedoch zeigen Stationen in Kuppenlage ein etwas anderes Bild der thermischen Situation: in der Regel weisen Standorte in Kuppenlagen bei autochthonen Wetterlagen nachts Temperaturen auf, die zum Teil die Werte der Innenstadtstationen erreichen. Der Grund hierfür liegt darin, dass bei solchen Wetterlagen im Freilandbereich Kaltluftmassen produziert werden, die ab einer gewissen Mächtigkeit die Hänge hinabfließen und sich in den Tälern ansammeln. Auf den Kuppen strömt dann wärmere Luft aus größerer Höhe nach, so dass sich eine deutliche Überwärmung in der Höhe ergibt („warme Kuppenzone“).

Die Station Durchholz zeigt diesen Effekt nicht sehr deutlich. Die Ursache für dieses abweichende Verhalten ist in der Größe der Kuppe zu finden. Im Gegensatz zu anderen Messstationen in Kuppenlagen, in denen der oben genannten Effekt nachgewiesen werden kann, handelt es sich bei der Kuppe Durchholz eher um eine große ebene Hochfläche, auf der Kaltluft produziert wird, die aber aufgrund der Flächengröße nur in den Hangbereichen abfließen kann. Auf den ebenen Hochflächen ist dieser Effekt dagegen nicht deutlich nachweisbar.

An den beiden Freilandstationen **Salingerfeld** und **Ruhrtal** wurden Minimumtemperaturen von 7,2°C und 7,5°C ermittelt. Die im Vergleich zur Station Durchholz etwas höheren Werte

sind im Falle der Station Salingerfeld mit dem Einfluss der umgebenden Bebauung und im Falle der Station Ruhrtal mit dem auf die Temperatur dämpfend wirkenden Einfluss des Wasserkörpers zu begründen. Wasser führt am Tage zu einer Temperaturenniedrigung, während in es in den Nachtstunden eine Erhöhung der Umgebungstemperatur zur Folge hat. Dieses Phänomen ist auf die hohe Wärmekapazität des Wassers zurückzuführen, die nur schwache tagesperiodische Temperaturunterschiede an der Gewässeroberfläche ermöglicht.

Die höchsten nächtlichen Temperaturen konnten in der **Innenstadt** ermittelt werden. Insbesondere während austauscharmer Strahlungsächte kommt es bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad, die hohen Oberflächenrauigkeiten und den geringen Grünflächenanteil zu einer Zunahme der Überwärmungstendenz.

Die Bebauung der Innenstadt verursacht also eine ausgeprägte Wärmeinsel mit eingeschränkten Austauschbedingungen. Durch die Ausbildung einer Wärmeinsel in den Nachtstunden wird jedoch ein konvektiver Durchmischungsraum aufrechterhalten, so dass seltener Bodeninversionen auftreten als in den Freilandbereichen und den lockerer bebauten Siedlungsflächen. Somit ist ein kontinuierlicher Luftaustausch in der Innenstadt auch bei windarmen Wetterlagen gewährleistet.

Die in **Tab. 3** aufgeführten **Grillpartytage (GPT)** geben Auskunft über die Anzahl der Tage, an denen ein abendlicher Aufenthalt im Freien nach 21:00 Uhr MEZ aus thermischer Sicht als angenehm empfunden wird ($T \geq 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$). Durch die Betrachtung der Anzahl der Grillpartytage lassen sich für die Sommermonate deutlich ausgeprägte Stadt-Land-Gegensätze nachweisen, wobei der Innenstadtbereich einen starken Wärmeinseleffekt zeigt (s.o.).

Während an den Freilandstationen bzw. an den durch die Nähe zum Freiland geprägten Stationen jeweils nur 24 (**Durchholz**) bis 33 (**Ruhrtal**) Grillpartytage ermittelt wurden, sind an der **Innenstadt**-Station 57 Tage nachgewiesen worden, an denen nach 21:00 Uhr MEZ eine Temperatur über $20 \text{ }^\circ\text{C}$ herrschte.

Eine deutliche Erwärmung der **Innenstadt**-Station kann auch anhand der Anzahl an Sommertagen mit Temperaturen $\geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$ belegt werden. Während im Innenstadtbereich 62 Sommertage ermittelt wurden, traten an der Station **Pferdebachstraße** 59 und an den Freilandstationen zwischen 39 und 54 Sommertage im Messzeitraum auf.

Während der kalten Jahreszeit sind ebenso wie für die Sommermonate deutliche thermische Gegensätze zwischen Stadt und Freiland nachweisbar. Auffällig ist hierbei die geringe Anzahl an kalten Tagen und an Frosttagen im Stadtzentrum. Die damit verbundenen Auswirkungen auf die Gebäudeheizung lassen sich mithilfe der Heiztage ausdrücken. Eine größere Anzahl an Heiztagen lässt dabei auf einen höheren Energieverbrauch zu Heizzwecken schließen. Nach dieser Definition ergibt sich im **Innenstadtbereich** im Vergleich zu den übrigen Stationen an bis zu 40 Tagen eine Ersparnis an Heizenergie.

4.2.1.2 Monatsmittel der Lufttemperaturen

Das Monatsmittel der Lufttemperaturen (s. **Abb. 5**) erlaubt Aussagen zu den jahreszeitabhängigen Abweichungen der Lufttemperaturen zwischen den unterschiedlichen Stadtstrukturen.

Hierbei fällt auf, dass sich die Innenstadtstation durchweg durch die höchsten mittleren Monatswerte der Lufttemperatur auszeichnet, die Unterschiede zu den ländlich geprägten Stationen jedoch in den Monaten Januar, Februar, August, November und Dezember nicht so deutlich wie in den Sommermonaten, speziell in den Monaten Juni und Juli, sind.

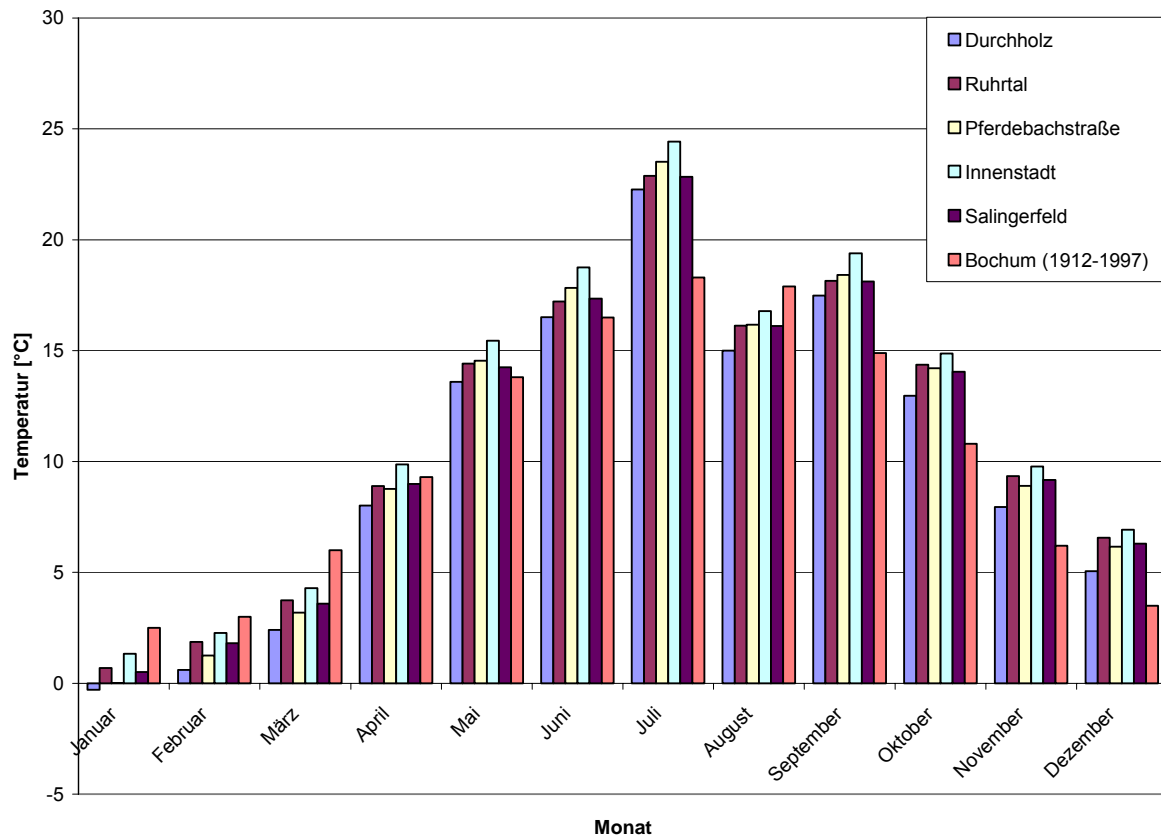
Während die Temperaturdifferenz zwischen der **Innenstadt** und den übrigen Stationen zwischen März und Oktober im Mittel 1,24 K beträgt, ist in den übrigen Monaten eine durchschnittliche Temperaturdifferenz von 0,95 K festzustellen. In den Monaten Juni und Juli sind Temperaturdifferenzen zwischen 1,5 und 1,6 K ermittelt worden, was auf trockene und strahlungsreiche Tage hindeutet. Im Gegensatz dazu steht der August, der im Vergleich zum langjährigen Mittel extrem feucht und kühl war. Dementsprechend konnten auch nur durchschnittliche Temperaturdifferenzen von 0,9 K nachgewiesen werden.

Die jahreszeitlich bedingten Unterschiede resultieren aus Einstrahlungsverlusten durch Abschattungseffekte der Gebäude bei den im Winter niedrigeren Sonnenstandshöhen. Die Temperaturerhöhung des Innenstadtgebietes im Winter ist darüber hinaus auf anthropogene Heizeffekte zurückzuführen, während in den Sommermonaten die Sonneneinstrahlung entscheidend für die Entstehung des Wärmeinseleffektes ist.

Zur Beurteilung der Allgemeingültigkeit der Untersuchungsergebnisse werden diese zu den im langjährigen Mittel errechneten Monatswerten der Lufttemperatur der Stadt Bochum (Bezugszeitraum: 1912 bis 1997) in Beziehung gesetzt. Beim Vergleich der in Witten ermittelten Temperaturverläufe mit den Werten für Bochum in **Abb. 5** fällt die niedrigere Temperatur der Monate Januar bis März und August während des Messzeitraums auf, während sich übrigen Monate durchweg als deutlich wärmer darstellen.

Abbildung 5: Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen an den Wittener Messstationen.

Datengrundlage: 01.01.2006 – 31.12.2006.



4.2.1.3 Auswirkungen der Tages- und Jahreszeit auf das Temperaturfeld

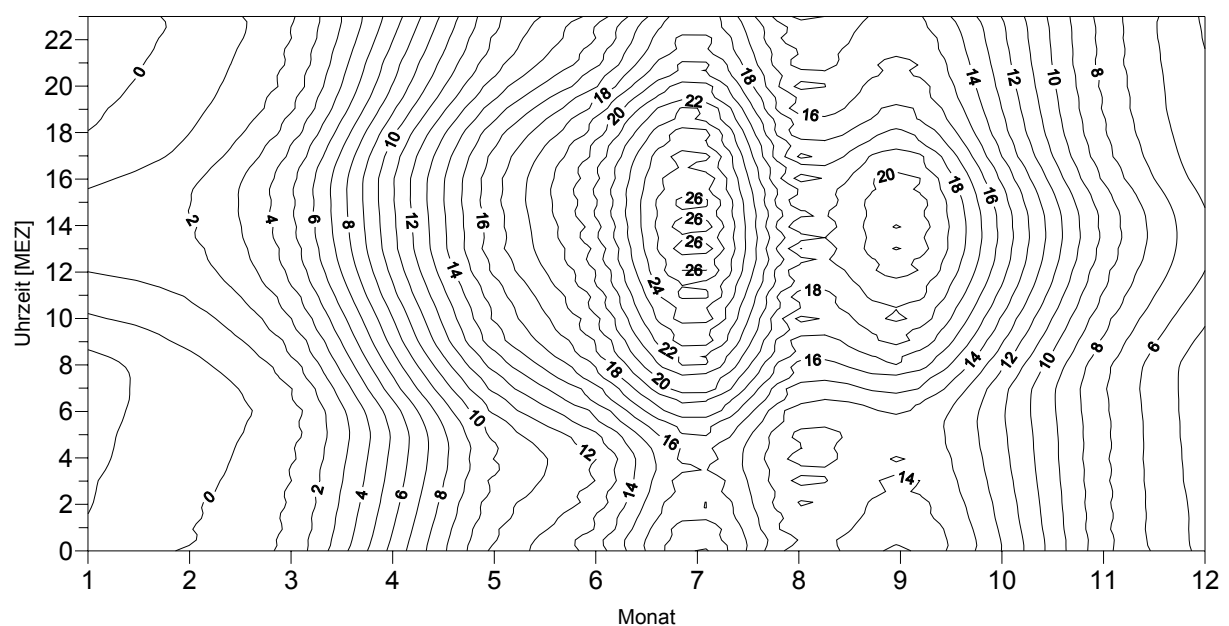
Stadt- und geländespezifische Eigenschaften eines Standortes unterliegen tages- und jahreszeitlich bedingten Modifikationen, wie im Folgenden zunächst am Beispiel des Isoplethendiagramms der Lufttemperatur für die Freilandstation **Durchholz** verdeutlicht werden soll.

Das Diagramm veranschaulicht, dass insbesondere in den Sommermonaten ein deutlich ausgebildeter Tagesgang der Lufttemperatur auftritt.

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

Abbildung 6: Isoplethendiagramm der Lufttemperatur [°C] für die Station Durchholz (Freilandstation) in Witten.

Datengrundlage: 01.01.2006 bis 31.12.2006



Interstationäre Differenzen lassen sich am deutlichsten beim Vergleich der Stationen mit einer durch Bebauung und Relief weitgehend unbeeinflussten Freilandstation nachweisen. Als Vergleichsstation wurde der Standort **Durchholz** gewählt und die Temperaturdifferenzen zu ausgewählten Stationen in den Isoplethendiagrammen (**Abb. 7**) dargestellt. Die Ergebnisse lassen sie wie folgt zusammenfassen:

Für die Station **Innenstadt** erweist sich die Bebauung als dominierende Einflussgröße hinsichtlich der Erwärmungs- und Abkühlungsraten. Der Standort liegt außerhalb der Reichweite lokaler oder regionaler Kaltluftproduktionsflächen, so dass sich in den sommerlichen Nachtstunden eine hohe Wärmeinselintensität mit bis zu + 2,8 K aufbauen kann. Die geringsten Erwärmungserscheinungen ergeben sich während der Sommermonate in den Morgenstunden, wenn bedingt durch die umliegenden hohen Gebäude eine Beschattung des Standortes eintritt.

Der stadtklimatische Ausprägungsgrad der Bebauungsstrukturen wird am Standort **Pferdebachstraße** einerseits durch den stärkeren Einfluss von Ausgleichsräumen modifiziert, andererseits tragen Kaltluftabflüsse in den Nachtstunden zu einer deutlichen Absenkung der Lufttemperatur bei. Während von den Vormittagsstunden bis in den frühen Abend hinein durch den vergleichsweise hohen Versiegelungsgrad eine deutliche Aufheizung der Luft eintritt, sind die Temperaturdifferenzen zum Standort Durchholz in den Nachtstunden deutlich geringer ausgeprägt. Die Abkühlung in den Nachtstunden ist vermutlich auf Kaltluftabflüsse aus Richtung des westlich gelegenen Hauptfriedhofs zurückzuführen.

In den meisten Stunden konnten an der Station **Ruhrtal** höhere Temperaturwerte als am Standort Durchholz ermittelt werden, was unter anderem mit dem temperaturnah wirkenden Einfluss der Wasserfläche zu erklären ist. Darüber hinaus lässt sich hier die für Tallagen charakteristische Erwärmung in den Mittags- und Nachmittagsstunden belegen, die sich im Vergleich zur Station Durchholz durch Temperaturerhöhungen bis zu 2 K bemerkbar macht.

Im Monat Juli zeigt sich für die Nacht- und frühen Morgenstunden eine etwas abweichende Situation mit insgesamt vergleichsweise niedrigen Temperaturwerten. Diese sind damit zu erklären, dass die durchschnittliche Lufttemperatur im Monat Juli so hoch war, dass der Einfluss der Wasserfläche nicht mehr ausreichte, um die Lufttemperatur weiter aufzuheizen.

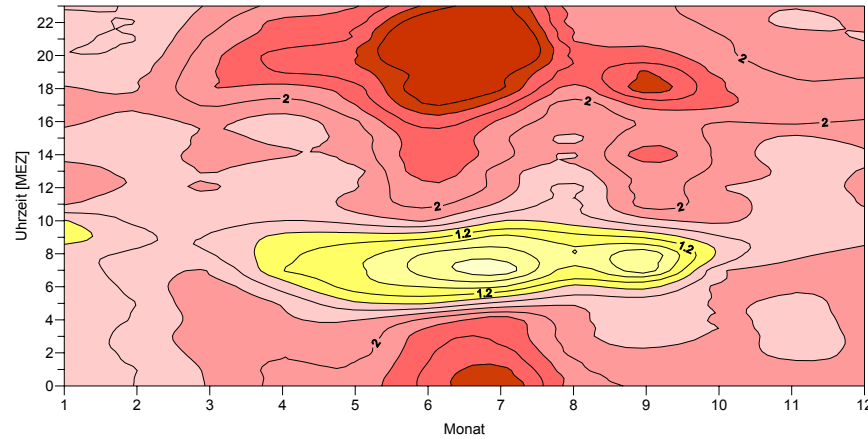
Bedingt durch den Einfluss umliegender Gewerbegebiete konnten am Standort **Salingerfeld** tagsüber bis zu 1,8 K höhere Lufttemperaturwerte gemessen werden. Der

Versiegelungsgrad am unmittelbaren Stationsstandort ist zwar sehr gering, jedoch vermindert die umgebende Bebauung eine ausreichende Belüftung, so dass erwärmte Luftmassen nicht so leicht abtransportiert werden können wie am Stationsstandort Durchholz. In den Nachtstunden kühlt sich der Standort dagegen stark ab. Dies beruht auf dem Einfluss der umgebenden Grün- und Brachflächen.

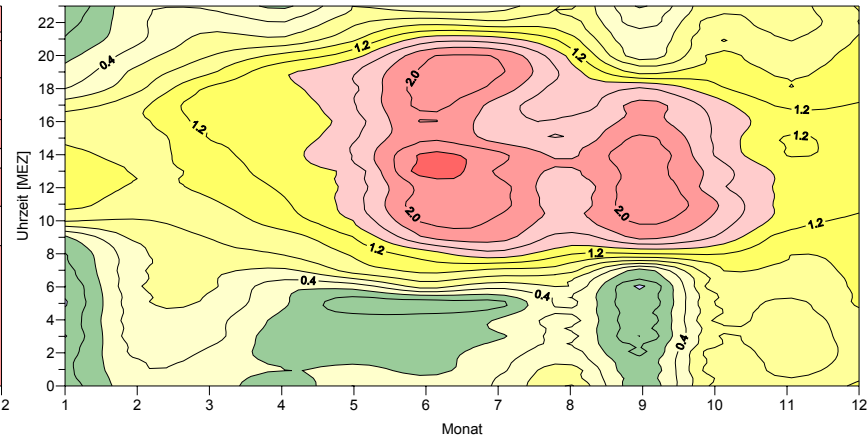
Abbildung 7: Isolethendiagramme der Temperaturdifferenzen [K] zwischen ausgewählten Stadt- und Geländestrukturen des Wittener Stadtgebietes und den Freilandverhältnissen der Station Durchholz.

Datengrundlage: 01.01.2006 bis 31.12.2006

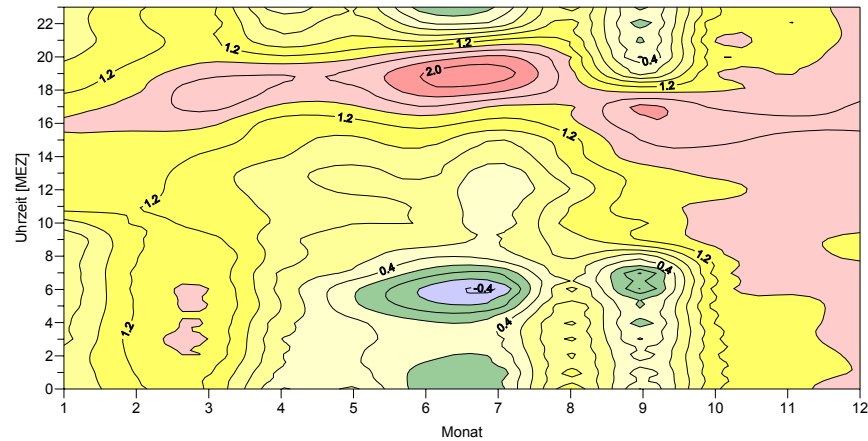
Station Innenstadt



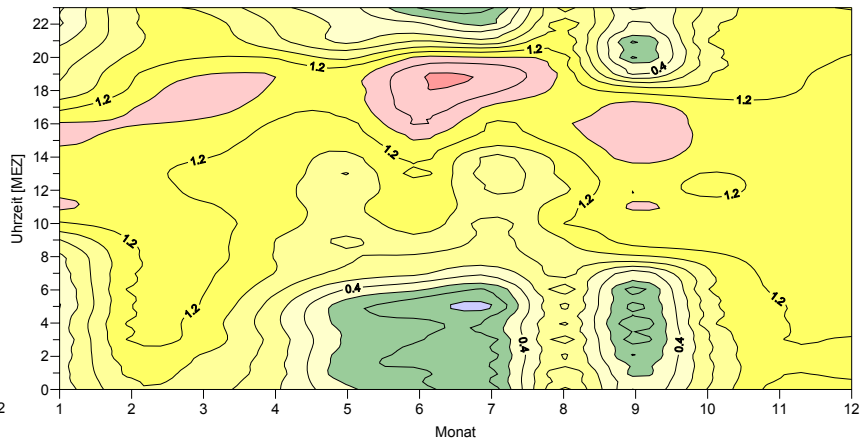
Station Pferdebachstraße



Station Ruhrtal



Station Salingerfeld



4.2.1.4 Tagesgänge der Lufttemperatur während austauscharmer Strahlungsnächte

Die Eigenklimate der verschiedenen städtischen Oberflächen treten während windschwacher Strahlungswetterlagen am deutlichsten in Erscheinung. Daher sollen diese im Folgenden näher untersucht werden.

Zur Auswertung der klimatischen Verhältnisse bei windschwachen Wetterlagen standen im Untersuchungsjahr 2006 sechzig Strahlungstage zur Verfügung, auf deren Grundlage die mittleren Lufttemperaturen für die Stationen ermittelt wurden (s. **Abb. 8**).

Abbildung 8: Mittlere Tagesgänge der Lufttemperaturen [°C] während autochthoner Wetterlagen für die Stationen im Stadtgebiet von Witten.

Datengrundlage: 60 Strahlungstage während der Messperiode 01.01.2006 bis 31.12.2006.

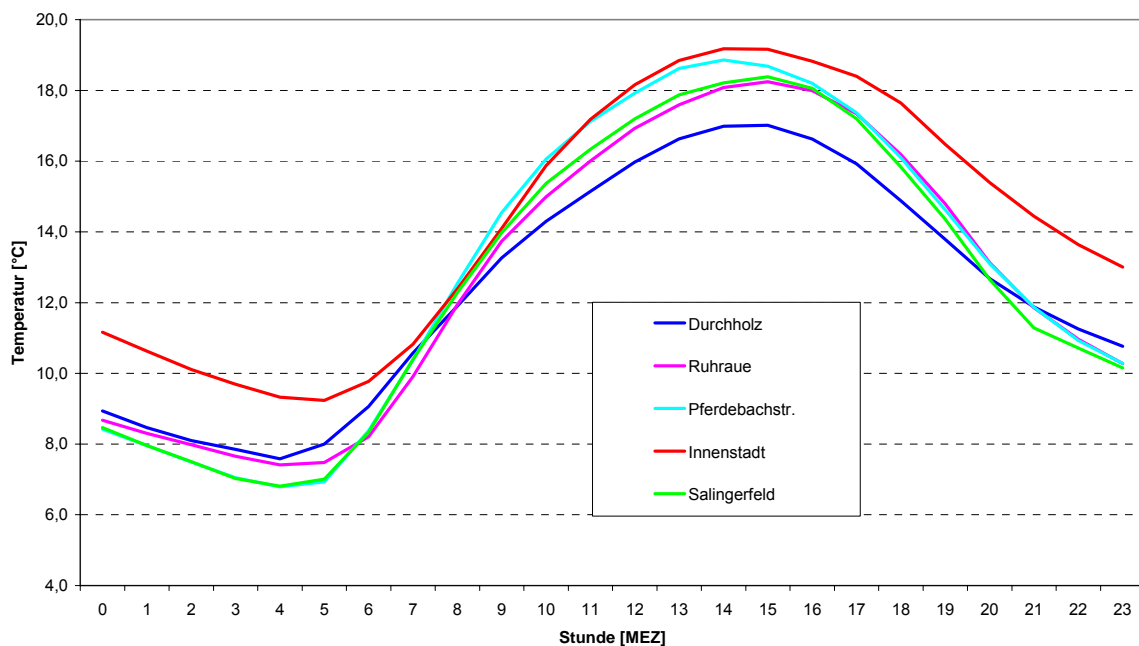
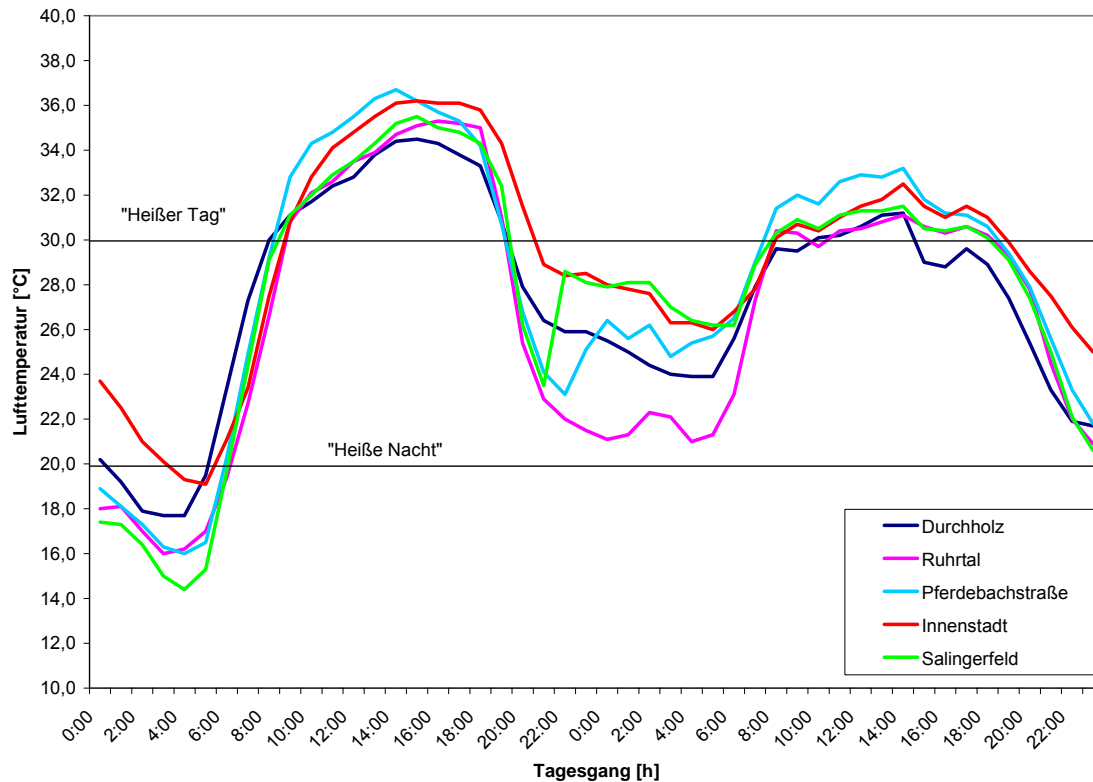


Abbildung 9: Mittlere Tagesgänge der Lufttemperaturen [°C] während der Hitzeperiode im Juli; hier dargestellt der 19. und der 20.07.2006 im Wittener Stadtgebiet.



Kennzeichnend für die Kuppenlage des Standorts **Durchholz** sind die gegenüber den bebauten Arealen um bis zu 2 K reduzierten Temperaturmaxima. Die geringe thermische Belastung tagsüber ist eine Folge der günstigen Austauschverhältnisse. In den Nachstunden zeichnet sich eine Temperaturinversion ab, die die Höhenlage als „Warme Kuppenzone“ in Erscheinung treten lässt. Die Überwärmung ist jedoch aufgrund des eingeschränkten Kaltluftabflusses der Hochfläche relativ schwach ausgeprägt (maximal 0,5 K).

Der natürliche Überwärmungsgrad der Kuppe wird daher durch die Bebauung der **Innenstadt** deutlich übertroffen. Der stark ausgeprägte anthropogene Wärmeinseleffekt in der Innenstadt kommt durch Temperaturerhöhungen bis zu 2 K im Vergleich zu den unbebauten Standorten während der Strahlungsnächte zum Ausdruck.

In **Abb. 9** sind die Tagesgänge der Lufttemperaturen an den Stationen für die Hitzeperiode im Juli (hier dargestellt der 19. und der 20. Juli 2006) abgebildet.

Die stärkste Erwärmung in den Nachtstunden tritt erwartungsgemäß an der Innenstadtstation auf. In der ersten Nacht, am 19. Juli, wird dabei nur an der Innenstadtstation der Schwellenwert

für „Heiße Nächte“ (Temperaturen von mindestens 20°C um 24:00 Uhr) überschritten. In der zweiten Nacht liegen die Temperaturen um 24:00 Uhr an allen Stationen über 20°C. Auffällig ist dabei die starke Erwärmung an der Station Salingerfeld und die eher niedrigen Temperaturwerte an der Station Ruhrtal.

In den Tagstunden sind die höchsten Werte an der Station Pferdebachstraße nachweisbar; hierfür sind die Muldenlage sowie die geringe Beschattung als Ursache zu nennen.

4.2.2 Bodennahe Luftfeuchtigkeitsverhältnisse

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

Urbane Standorte weisen sowohl erhöhende als auch verringernde Faktoren bezüglich des Wasserdampfgehaltes der Luft auf. Zu den Faktoren, die den Wasserdampf senken, zählen:

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

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

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

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

Die häufigen Situationen mit Werten von über 90 % relativer Feuchte am Standort **Durchholz** sind mit den niedrigeren Lufttemperaturen zu erklären. Auch am Standort **Salingerfeld** konnte eine Vielzahl an Stunden mit rel. Feuchte über 90% nachgewiesen werden. Der Grund hierfür ist der hohe Grünflächenanteil der unmittelbaren Umgebung (Wiesen- und Brachflächen), durch den große Wassermengen für die Verdunstung zur Verfügung stehen.

Die geringste Anzahl an Stunden mit Werten der rel. Feuchte über 90 % konnten für den Standort **Innenstadt** registriert werden. Die insgesamt hohen Temperaturwerte sind für die niedrigen Werte der relativen Feuchtigkeit verantwortlich. Entsprechend der hohen Lufttemperaturen in der Innenstadt kann die Luft viel Wasser aufnehmen; der Dampfdruck weist entsprechend hohe Werte auf.

Tabelle 4: Vergleich der Anzahl der Stunden mit einer relativen Feuchte über 90 % sowie die Jahresmittelwerte des Dampfdrucks an den Messstationen in Witten.

| Station | Anzahl der Stunden mit rel. Feuchte > 90 % | Dampfdruck [hPa] |
|------------------|--|------------------|
| Durchholz | 1972 | 9,7 |
| Innenstadt | 736 | 10,2 |
| Pferdebachstraße | 1565 | 9,6 |
| Ruhraue | 1517 | 9,9 |
| Salingerfeld | 1707 | 9,8 |

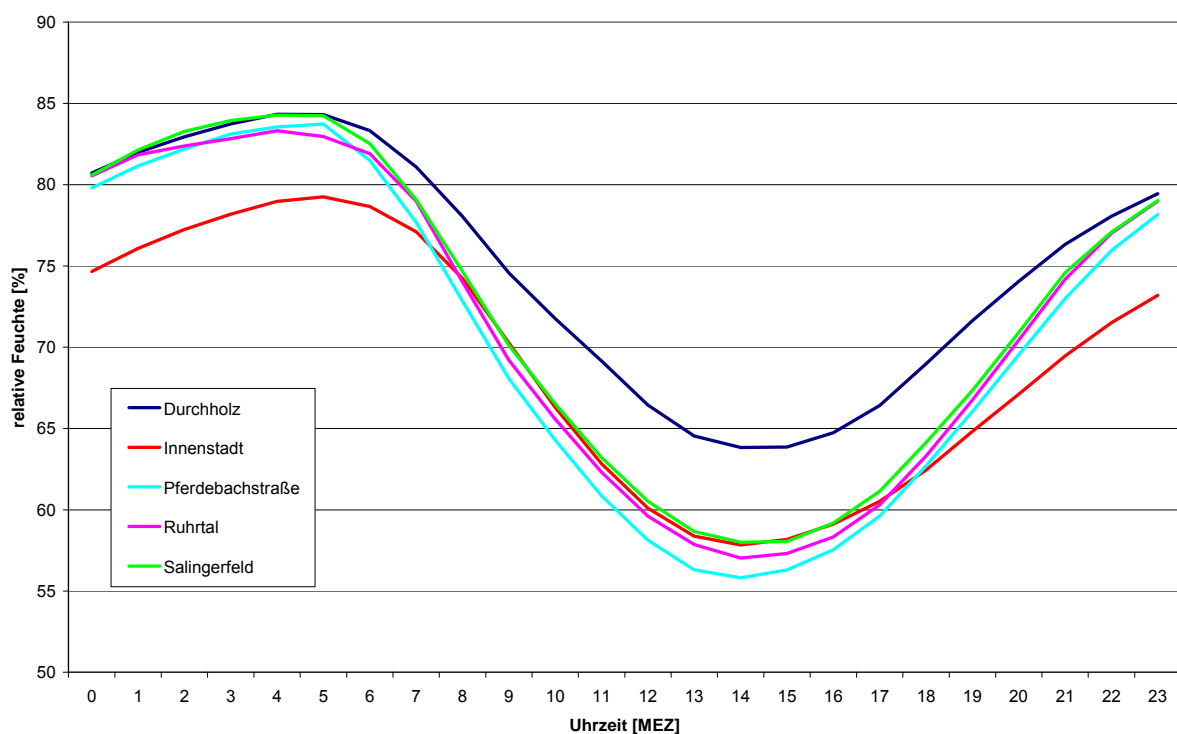
In den **Abb. 10** sind die Tagesgänge der relativen Feuchte für die Wittener Stationen dargestellt.

Die **Innenstadtstation** von Witten erreicht in den Nachtstunden im Vergleich zu den übrigen Stationen die geringsten Werte der relativen Feuchte, was gut mit der nächtlichen

Bodennahe Luftfeuchtigkeitsverhältnisse

Überwärmung korreliert. In bioklimatischer Hinsicht ist der niedrige Wert der relativen Feuchte als positiv zu betrachten, da Schwülebelastungen an hohe Temperaturen in Verbindung mit hohen relativen Feuchten gekoppelt sind. Die geringen Differenzen zwischen den Stationen während der Tagstunden (mit Ausnahme der Station Durchholz) sind mit der Angleichung der Temperaturwerte zu dieser Tageszeit zu erklären.

Abbildung 10: Mittlere Tagesgänge der relativen Feuchte an den untersuchten Stationen:



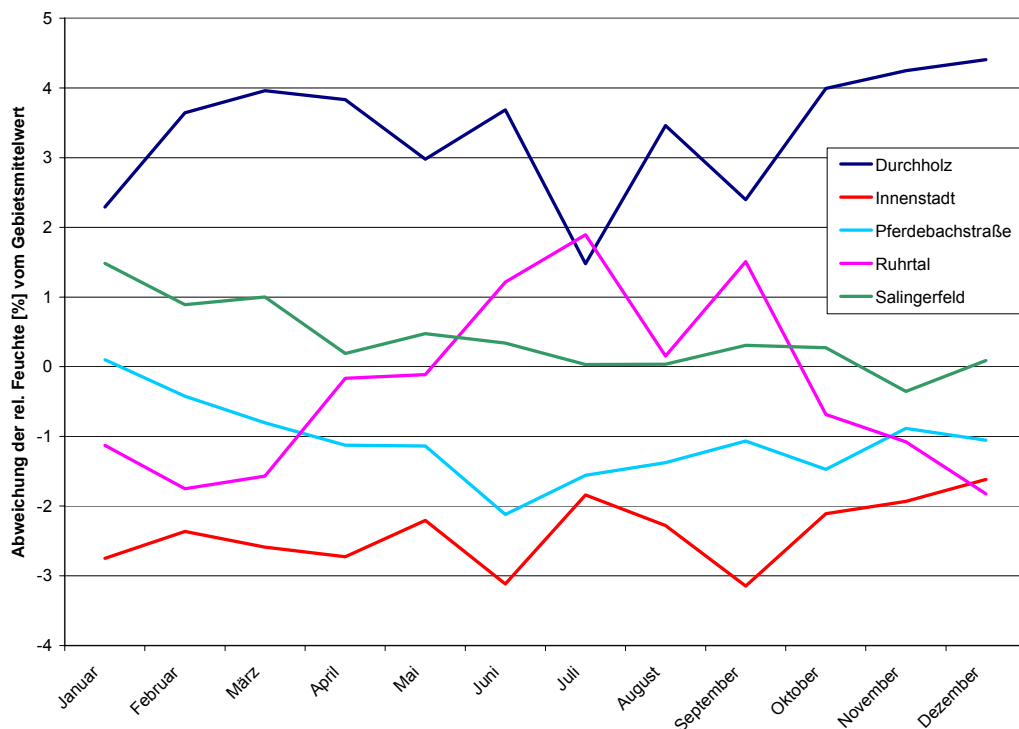
Bodennahe Luftfeuchtigkeitsverhältnisse

Die Abweichungen der Monatsmittel der relativen Feuchte vom Gebietsmittel zeigt **Abb. 11**. Für die Stationen **Pferdebachstraße**, **Ruhrtal** und **Salingerfeld** liegen die Abweichungen mit unter 2 % relativer Feuchte unterhalb der Messgenauigkeit der Thermohygrographen. Nur für die Stationen **Innenstadt** und **Durchholz** sind deutliche Abweichungen der relativen Feuchte vom Gebietsmittel erkennbar. Während die niedrigen Werte der relativen Feuchte der Innenstadtstation eine Folge der insgesamt höheren Lufttemperatur sind, lassen sich die hohen Feuchtwerte in Durchholz mit dem hohen Anteil verdunstungsaktiver Flächen sowie dem insgesamt niedrigen Temperaturniveau erklären.

Eine Besonderheit zeigt darüber hinaus die Station Ruhrtal: während in den Wintermonaten eine negative Abweichung der relativen Feuchte vom Gebietsmittelwert feststellbar ist, sind in den Sommermonaten positive Abweichungen nachweisbar.

Abbildung 11: Abweichungen der Monatsmittel der relativen Feuchte vom Gebietsmittel.

Datengrundlage: 01.01.2006 – 31.12.2006



Da die Verteilung der relativen Feuchte im Wesentlichen die Temperaturverteilung im Stadtgebiet widerspiegelt, erfolgt in einem nächsten Schritt die Analyse der Luftfeuchtigkeitsverhältnisse auf der Grundlage des Dampfdrucks [hPa]. Dieser stellt ein absolutes Maß für das in der Atmosphäre enthaltene Wasser dar. Mithilfe der Monatsmittelwerte

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

Abb. 12 zeigt eine Übersicht über die mittleren monatlichen Dampfdruckverhältnisse für die Stationen im Stadtgebiet von Witten im Jahresgang 2006. Bei Betrachtung der jahreszeitlichen Variation der Dampfdruckverteilung fallen für die Wintermonate die geringsten Dampfdrücke auf. Die in dieser Jahreszeit registrierten niedrigen Werte sind mit der starken Einschränkung der Verdunstung durch die Vegetation im Winter sowie die niedrigen Lufttemperaturen und den damit verbundenen geringeren Sättigungsdampfdrücken zu erklären. In den Sommermonaten treten deutlich höhere Werte des Dampfdrucks in Erscheinung.

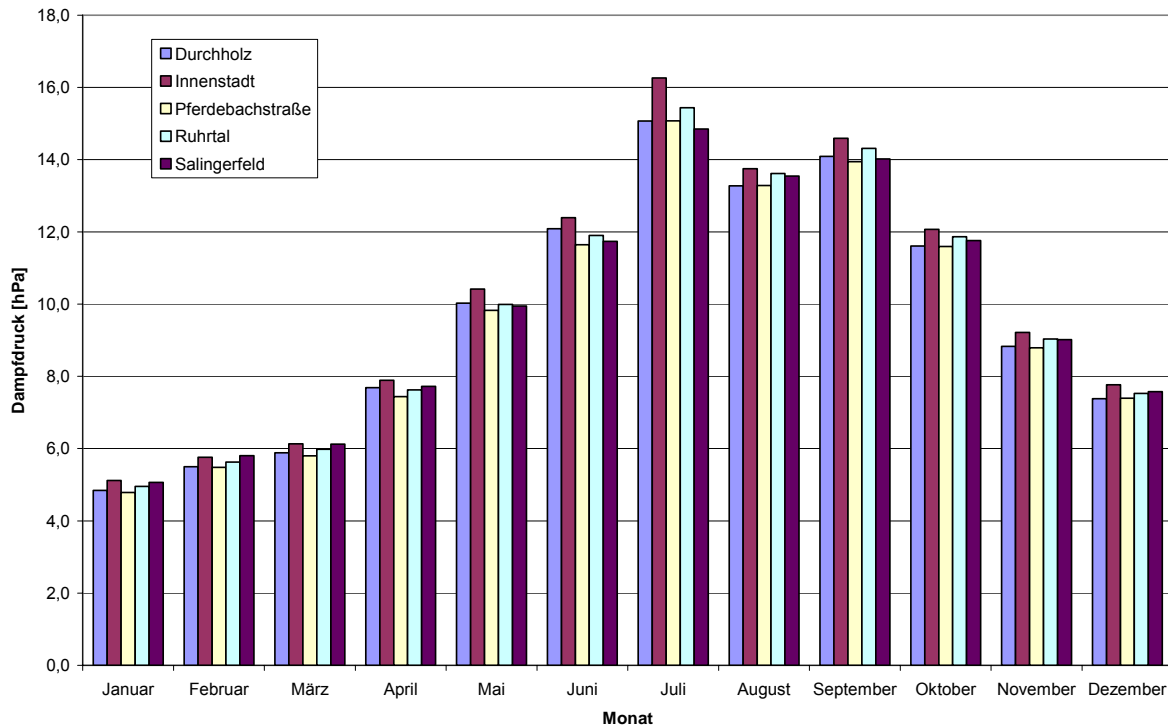
Beim Vergleich der Dampfdruckwerte im Stadtgebiet von Witten fällt auf, dass sich insbesondere die Station **Innenstadt** durchweg durch höhere Werte auszeichnet.

In der Regel sind sich bebaute Bereiche durch einen geringen Vegetationsanteil sowie wenige verdunstungsaktive Flächen gekennzeichnet, wodurch die zur Verdunstung bereitstehende Wassermenge reduziert ist. Darüber hinaus fließt das Wasser aufgrund der hohen Versiegelungsraten in Innenstädten rasch in die Kanalisation ab und kann nicht zu einer Erhöhung des Wasserdampfgehaltes in der Luft beitragen. Die künstlichen Oberflächen in Städten sind außerdem nicht in der Lage, Wasser zu speichern und an die Luft abzugeben. Dennoch können in Städten häufig höhere absolute Luftfeuchtigkeitswerte nachgewiesen werden (siehe z.B. auch Klimaanalyse Dortmund 2004). Ursache sind neben anthropogenen Wasserdampfemissionen aus den Verbrennungsprozessen fossiler Brennstoffe auch die eingeschränkten Ventilationsverhältnisse im Stadtgebiet, die eine Folge der hohen Rauigkeitslängen sind und den Abtransport feuchter Luftmassen einschränken. Aufgrund des Wärmeinseleffektes im Stadtgebiet verzögert sich zudem eine Kondensation überschüssigen Wasserdampfes durch Tau-, Reif- oder Nebelbildung.

In fast allen Monaten verzeichnet der Standort **Pferdebachstraße** die geringsten Werte des Dampfdrucks. Dies liegt an den insgesamt niedrigen Temperaturwerten, durch die relativ rasch der Taupunkt erreicht wird.

Abbildung 12: Mittlere monatliche Dampfdruckverhältnisse für die Stationen im Stadtgebiet von Witten.

Datengrundlage: 01.01.2006 – 31.12.2006.



In **Abb. 13** ist der mittlere Tagesgang des Dampfdrucks während windschwacher Strahlungswetterlagen für die Stationen abgebildet. Bei den meisten Stationen tritt das nächtliche Maximum des Dampfdrucks, dessen Ursache in der Wasserdampfausfällung durch Tauabsatz liegt, zwischen 21:00 und 1:00 Uhr auf. Gegen 7:30 Uhr stellt sich ein zweites Maximum ein, bedingt durch die einsetzende Erwärmung und die damit verbundene Erhöhung der Verdunstungsrate. Tagsüber bewirken die zunehmende Windgeschwindigkeit und die vertikalen Durchmischungsvorgänge ein Abfallen der Dampfdruckwerte. In den Abendstunden überwiegt wieder die Wasserdampfzufuhr durch Verdunstungsvorgänge, so dass die Kurve erneut ansteigt.

Die untersuchten Stadtstationen weisen deutliche Unterschiede im Tagesgang auf. Insbesondere die Stationen **Durchholz** und **Innenstadt** heben sich deutlich von den übrigen Stationen ab.

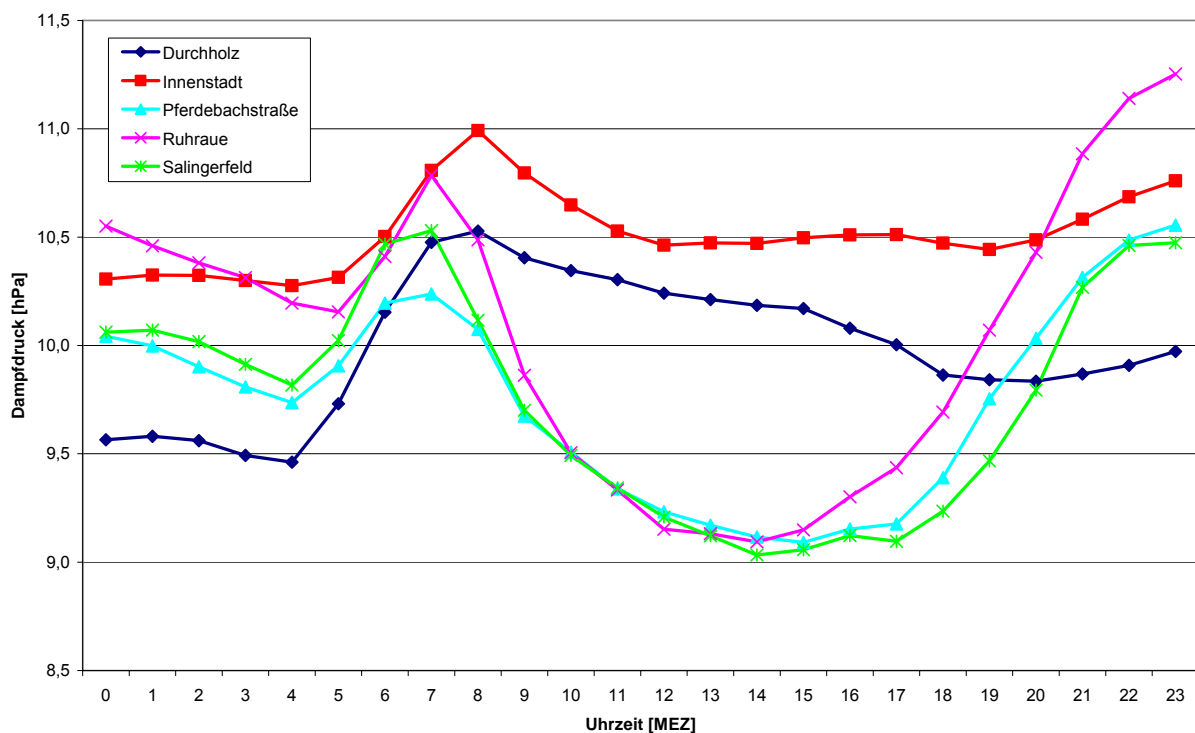
An der Höhenstation Durchholz können nachts die niedrigsten Werte des Dampfdrucks nachgewiesen werden. Das niedrige Temperaturniveau und das somit rasche Erreichen der Taubildung sind während der windschwachen Strahlungswetterlagen für den niedrigen Feuchtegehalt der Luft verantwortlich. Am Tage haben die Stationen **Durchholz** und **Innenstadt** die höchsten Werte des Dampfdrucks.

Im Falle der Innenstadt sind die eingeschränkten Belüftungsverhältnissen für die erhöhten Dampfdruckwerte verantwortlich.

Am Standort Durchholz steht bedingt durch den großen Vegetationsanteil ein ausreichendes Angebot an Wasser zur Verdunstung zur Verfügung.

Abbildung 13: Tagesgang des Dampfdrucks während windschwacher Strahlungswetterlagen.

Quelle: 60 Strahlungswetterlagen im Jahr 2006



4.2.3 Untersuchungen zur Schwülebelastung

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

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

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

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

Nach der -Richtlinie 3787 Blatt 2 (1996) ist eine standardisierte Bewertung des humanbiometeorologischen Wirkungskomplexes auf der Grundlage der Behaglichkeitsgleichung nach FANGER (1972) vorgesehen. Aufgrund fehlender Eingangsgrößen kann für die vorliegende Untersuchung eine Beurteilung der Schwülebelastung nach Fanger jedoch nicht vorgenommen werden. Alternativ muss daher auf konservative Schwülemaße zurückgegriffen werden. Vielfach Anwendung gefunden hat die Beurteilung der Schwüleverhältnisse anhand der Äquivalenttemperatur (t_a), die sich nach folgender Formel berechnen lässt:

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

T_a = Lufttemperatur

m = Mischungsverhältnis des Wasserdampfs

C_p = spezifische Wärme der Luft bei konstantem Druck

R = Verdunstungswärme von Wasser

C_w = spezifische Wärme von Wasser

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

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

In **Tab. 5** ist das Auftreten von Schwülestunden, auf geteilt in die Kategorien „etwas schwül“ und „schwül“, für die Wittener Messstationen aufgeführt (Zeitraum: April bis September 2006).

Tabelle 5: Anzahl der Stunden der Behaglichkeitsstufen „etwas schwül“ und „schwül“ (nach ROBITZSCH & LEISTNER in FLACH 1957) im Wittener Stadtgebiet. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Anzahl an Sommerstunden des betrachteten Zeitraumes (4391 Stunden zwischen April und September).

| Stationen | etwas schwül [Stunden] | schwül [Stunden] | Summe [Stunden] | Anteil [%] |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------|
| Durchholz | 202 | 127 | 329 | 7,5 |
| Ruhrtal | 311 | 295 | 606 | 13,8 |
| Pferdebachstraße | 267 | 389 | 656 | 14,9 |
| Innenstadt | 338 | 459 | 797 | 18,2 |
| Salingerfeld | 331 | 158 | 489 | 11,1 |
| Gebietsmittelwert | 290 | 286 | 575 | 13,1 |

Für das Stadtgebiet von Witten konnte für die Sommermonate eine durchschnittliche Schwülehäufigkeit an den untersuchten Standorten von 13 % mit einem Minimum von 7,5 % am Standort **Durchholz** und einem Maximum von 18,2 % in der **Innenstadt** berechnet werden. Die hohe Schwülebelastung in der **Pferdebachstraße** hat ihre Ursache in der insgesamt geringen Windgeschwindigkeit bedingt durch die Muldenlage sowie umliegende Bäume und Sträucher. Das hohe Schwülepotehtial ist hier also in engem Zusammenhang mit der extremen Austauscharmut zu sehen, wodurch sich die bodennahen Luftschichten in der Straße stark aufheizen und die wasserdampfbeladene Luft nicht abgeführt werden kann. Im Bereich **Salingerfeld** treten Schwülebelastungen aufgrund der günstigen Belüftungsverhältnisse seltener auf.

Ebenfalls häufig treten bioklimatische Belastungen im **Ruhrtal** auf. Die Tallage sowie das hohe Wasserangebot sind für die häufigen Schwülebelastungen an diesem Standort ausschlaggebend.

Da über die Häufigkeit hinaus auch die Dauer der Belastungen von Bedeutung ist, wurde im nächsten Schritt die Anzahl kurz (< 5 Stunden), lang (> 5 Stunden) und extrem lange (> 40 Stunden) andauernder Schwüleepisoden an den Messstandorten ermittelt.

Die am längsten andauernden bioklimatischen Belastungssituationen weisen die Standorte **Innenstadt** und **Ruhrtal** auf. Positiv zu bewerten ist in diesem Zusammenhang die Situation an der Station **Durchholz**, wo die Dauer bioklimatischer Belastungen deutlich reduziert ist.

Tabelle 6: Anzahl kurz (< 5 Stunden), lang (> 5 Stunden) sowie extrem lang (40 Stunden) anhaltender Schwülebelastungen im Stadtgebiet von Witten. Die Schwülebelastungen umfassen die Behaglichkeitsstufen „etwas schwül“ und „schwül“ nach ROBITZSCH & LEISTNER (zitiert in FLACH 1957).

| Stationen | Andauer | | |
|------------------|-------------|-------------|--------------|
| | < 5 Stunden | > 5 Stunden | > 40 Stunden |
| Durchholz | 19 | 26 | 0 |
| Ruhrtal | 24 | 33 | 3 |
| Pferdebachstraße | 18 | 26 | 3 |
| Innenstadt | 21 | 36 | 2 |
| Salingerfeld | 33 | 24 | 2 |

4.2.4 Windfeld

Windgeschwindigkeit und Windrichtung wurden an sieben Messstationen mit mechanischen Windschreibern nach Woelfle gemessen. Dabei lagen die Messhöhen für den Wind bei den RVR-eigenen Messstationen bei ca. 4 m ü. Grund und bei den externen Stationen (LANUV) bei 10 m ü. Grund. Da die Windgeschwindigkeit mit zunehmender Höhe über dem Bodenniveau ansteigt, ist mit den Originaldaten nur ein Vergleich der auf gleicher Höhe ermittelten Winddaten untereinander möglich.

4.2.4.1 Windgeschwindigkeit

Zur Beurteilung der bodennahen Belüftungs- und Austauschverhältnisse werden die in 4 m ü. Grund gemessenen Winddaten der Stationen 1 bis 5 herangezogen, während mit Hilfe der in 10 m ü. Grund ermittelten Daten der Stationen 6 (Innenstadt-LANUV) und der in 25 m Höhe ermittelten Daten der Station 7 (Annen-LANUV) am ehesten eine Aussage zum übergeordneten Windfeld getroffen werden kann.

Mit einer Windgeschwindigkeit von knapp 2,6 m/s im Jahresmittel ist die Station **Durchholz** relativ gut durchlüftet (**Tab. 7**). Gründe hierfür sind die reliefbedingte geringe Oberflächenrauigkeit sowie die weitgehend fehlende Bebauung des Umfeldes. Aufgrund seiner von baulichen Strukturen unbeeinflussten Lage erlaubt der Standort Aussagen zum

Windfeld

ungestörten bodennahen Windfeld und wird daher als Bezugsstation zur Beurteilung der Windfeldmodifikationen der Stationen 2 bis 5 herangezogen.

Im Vergleich zur Station **Durchholz** zeichnet sich die Station **Salingerfeld** mit 1,9 m/s als Jahresdurchschnittswert der Windgeschwindigkeit als noch relativ gut durchlüftet aus. Der Grund für die vergleichsweise gute Belüftungssituation im Gewerbegebiet Annen ist die weitgehend offene Bebauung mit großen Brach- und Grünflächen. Der Wind wird daher nur mäßig abgebremst.

Die zwei Stationen **Innenstadt** und **Pferdebachstraße** müssen dagegen bezüglich ihrer Belüftungsverhältnisse als ungünstig bewertet werden. An beiden Standorten sind es die dichten Bauungsstrukturen, die zu einer Einschränkung der Belüftungsverhältnisse führen. An der Station **Pferdebachstraße** sammeln sich aufgrund der Nähe zum Hauptfriedhof (Kaltluftabflüsse) und aufgrund der Muldenlage darüber hinaus häufig Kaltluftmassen an, so dass der Luftaustausch zusätzlich deutlich eingeschränkt wird.

Ein ebenfalls niedriger Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit konnte für das **Ruhrtal** ermittelt werden. Dieser resultiert aus dem häufigen Auftreten von Bodeninversionen, bedingt durch die Tallage der Station und macht sich zusätzlich anhand einer Vielzahl an Stunden mit Calmen bemerkbar.

Tabelle 7: Jahreswindstatistik der Messstationen. Für die Stationen 4 bis 6 sind zusätzlich die mittleren Windgeschwindigkeiten nach der unten aufgeführten Formel für eine einheitliche Höhe von 4 m in Klammern aufgeführt.

| Klimaanalyse Stadt Witten – Jahreswindstatistik der Messstationen (Messzeitraum 01.01.2006 – 31.12.2006) | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------------------|
| Station | Anteil an den Windstärkeklassen (in%) | | | | | Mittlere Windgeschw. [m/s] |
| | 1 Calmen < 0,1 m/s | 2 0,1 – 1,5 m/s | 3 1,6 – 3,0 m/s | 4 3,1 – 5,0 m/s | 5 > 5,0 m/s | |
| Durchholz | 1,2 | 26,7 | 36,3 | 27,3 | 8,4 | 2,6 |
| Ruhrtal | 12,5 | 38,0 | 33,6 | 14,6 | 1,3 | 1,6 |
| Pferdebachstr. | 3,3 | 67,4 | 26,7 | 2,4 | 0,1 | 1,1 |
| Innenstadt | 0,7 | 55,0 | 36,0 | 8,0 | 0,3 | 1,5 |
| Salingerfeld | 2,0 | 38,1 | 40,7 | 17,7 | 1,5 | 1,9 |
| Annen-LANUV | 0,0 | 15,2 | 36,3 | 34,9 | 13,6 | 3,3 (1,9) |
| Innenstadt-LANUV | 0,0 | 63,8 | 33,1 | 3,0 | 0,0 | 1,4 (1,0) |

Zur Abschätzung der Strömungsmodifikationen im Stadtgebiet ist es erforderlich, die Werte auf ein einheitliches Messniveau zu beziehen. Dies wurde für die Jahresdurchschnittswerte der Windgeschwindigkeit mit Hilfe des 1/7 – Potenz - Gesetzes erreicht. Bei Kenntnis der mittleren Windgeschwindigkeit lassen sich hiermit unter Berücksichtigung der Rauigkeitsverhältnisse die Windgeschwindigkeiten auf andere Höhen über dem Gelände umrechnen:

$$v(h) = v(m) * (h/m)^a \quad \text{wobei:}$$

$v(h)$ = Geschwindigkeit des Windes in der zu berechnenden Höhe

$v(m)$ = Windgeschwindigkeit in der Messhöhe

a = Exponent

Die Größe a wird dabei von der Bodenrauigkeit und der thermischen Schichtung der Atmosphäre bestimmt. Der Exponent nimmt Werte zwischen 0,15 und 0,4 an und liegt nach Molly [zitiert in Min. f. Wirtschaft, Mittelstand u. Technologie 1994] bei offenem Gelände mit

Windfeld

wenigen und niedrigen Hindernissen bei 0,16 und bei Gelände mit großen und ungleichmäßig gestreuten Hindernissen bei 0,4. Die in Klammern angegebenen mittleren Windgeschwindigkeiten für die Stationen Annen-LANUV und Innenstadt-LANUV wurden auf diese Weise ermittelt.

Der Vergleich der Anteile an den fünf Windstärkeklassen verdeutlicht, dass in der **Innenstadt** von Witten Windgeschwindigkeiten über 5 m/s an lediglich ca. 0,3 % der Stunden auftraten, während die Station **Durchholz** Windgeschwindigkeiten dieser Klasse an über 8 % der Stunden aufweist.

Bedingt durch die Überwärmung der hochversiegelten Innenstadt wird in den Nachtstunden eine Labilisierung der Luftmassen aufrechterhalten. Dadurch tritt eine erhöhte vertikale Durchmischung auf, so dass seltener Bodeninversionen im Stadtzentrum vorkommen. Dies lässt sich durch den niedrigen Anteil an Calmen (0,7 %) in der **Innenstadt** belegen.

An der Station **Ruhrtal** konnten hingegen an 12,5% der Stunden Calmen registriert werden, was auf häufige Kaltluftansammlungen im Tal zurückzuführen ist. Trotz der häufig auftretenden Calmen sind im Ruhrtal auch alle anderen Windstärkeklassen vertreten. So konnten beispielsweise an fast 16% der Stunden Windgeschwindigkeiten über 3 m/s registriert werden.

Ein ebenfalls vergleichsweise hoher Anteil an Calmen konnte an der **Pferdebachstraße** mit 3,3% der Stunden nachgewiesen werden. Der hohe Anteil an Calmen ist mit der Ansammlung von Kaltluftmassen in der Muldenlage zu erklären. Hinzu kommt eine Beeinflussung der Windgeschwindigkeit durch die umliegende Vegetation und Bebauung, was zu einer deutlichen Windreduzierung führt. Belegt dafür ist der sehr geringe Anteil an Winden über 3 m/s (2,5% aller Stunden).

An der Freilandfläche **Salingerfeld** traten im Untersuchungsjahr im Vergleich zum Standort Pferdebachstraße höhere Windgeschwindigkeiten auf. So konnten an fast 20% der Stunden Windstärken über 3m/s gemessen werden, was die günstige Belüftungssituation des Standortes belegt.

Die Stationen **Innenstadt-LANUV** und **Annen-LANUV** sind aufgrund der Messhöhe (10 bzw. 25 m ü. Grund) nicht mit den übrigen Stationen vergleichbar. Daher ist nur ein Vergleich der Stationsergebnisse untereinander möglich.

Die Messung an der Station **Annen-LANUV** zeigen, dass in 25 m ü. Grund eine sehr günstige Belüftungssituation vorherrscht. Calmen (Windgeschwindigkeiten unter 0,1 m/s) traten nicht auf,

Windfeld

was damit zusammenhängt, dass die Messhöhe über der Bodeninversion lag. Das gleiche Phänomen lässt sich an der Station Innenstadt-LANUV nachweisen. Obwohl das Windfeld in nur 10 m über Grund erhoben wurde, konnten auch hier keine Calmen nachgewiesen werden. Dies lässt darauf schließen, dass Bodeninversionen im Umfeld des Standortes eine Mächtigkeit von unter 10 m erreichen.

Die Belüftung wird am Standort Innenstadt-LANUV trotz der Messhöhe von 10 m über Grund insgesamt stark von der Bebauung beeinflusst, was in dem hohen Anteil an Windstärkeklasse 2 (0,1 bis 1,5 m/s) und dem Fehlen der Windstärkeklasse 5 (> 5 m/s) zum Ausdruck kommt.

Die anhand der o.g. Formel übertragene Windgeschwindigkeit auf eine Messhöhe von 4 m ü. Grund ergibt für die Station Innenstadt-LANUV eine mittlere Windgeschwindigkeit von 1,0 m/s, was gut mit der mittleren Windgeschwindigkeit der Innenstadt-Station korreliert. Für den Standort Annen-LANUV konnte ein Wert von 1,9 m/s für eine Betrachtungshöhe von 4 m ü. Grund ermittelt werden, der wiederum gut mit der mittleren Windgeschwindigkeit im Bereich des Salingerfeldes übereinstimmt.

4.2.4.2 Windrichtung

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

Die Analyse des übergeordneten Windfeldes erfolgt in Form von Windrosen, so dass Aussagen zur Hauptwindrichtungsverteilung der untersuchten Stationen möglich sind.

Kennzeichnend für das durch die Station **Durchholz** repräsentierte übergeordnete Windfeld sind Südwestwinde, die für den Westteil der Bundesrepublik Deutschland großwetterlagenmäßig vorherrschend und in der Regel mit höheren Windgeschwindigkeiten gekoppelt sind. Aufgrund der nahezu uneingeschränkten Belüftungsverhältnisse sind alle Windstärkeklassen vertreten. Winde der Stärkeklasse 4 (über 5 m/s) sind jedoch selten festzustellen und kommen überwiegend aus Südwest und West bis West-Nordwest. Schwache Winde treten bei autochthonen Wetterlagen auf und kommen häufig aus östlichen bis nordöstlichen Richtungen.

Bei Betrachtung der Windrichtungsverteilungen (**Abb. 14**) wird deutlich, dass das Stadtgebiet von Witten im Bereich der **Innenstadt** einer dominierenden NW-Strömung unterliegt, welche eine Häufigkeit von ca. 36 % erreicht. Ein Nebenmaximum entfällt auf östliche Windrichtungen mit einem Anteil von über 23 %.

Der erhöhte Anteil an südlichen und östlichen Windrichtungen beruht auf einer Beeinflussung der Windströmungen durch die Leit- und Umlenkeffekte der umliegenden Gebäudekomplexe. Auffällig ist der geringe Anteil an Windgeschwindigkeiten über 3 m/s und das Fehlen der Windgeschwindigkeiten über 5 m/s, die auf der hohen Oberflächenrauigkeit des Stadtgebietes beruhen. Dadurch wird der Wind stark abgebremst.

Auch am Standort **Pferdebachstraße** ist eine deutliche Reduzierung der Windgeschwindigkeit ersichtlich, was auf drei Aspekte zurückzuführen ist:

- Reduzierung der Windgeschwindigkeit durch die hohe Oberflächenrauigkeit des Stadtkörpers
- Reduzierung der Windgeschwindigkeit durch die die Station umgebenden Bäume
- Häufung von Bodeninversionen aufgrund der Muldenlage, was mit einer Einschränkung der Belüftungsverhältnisse einhergeht

Am häufigsten traten an der Station Pferdebachstraße Windgeschwindigkeiten der Klasse 1 (0 – 1,5 m/s) auf. Hierbei handelt es sich um sehr schwache Winde, die am häufigsten aus südsüdwestlichen bis nordwestlichen Richtungen kamen und z.T. auf Kaltluftabflüsse der umliegenden Grünflächen (Hauptfriedhof und Sportplatz) zurückzuführen waren.

An der Station **Salingerfeld** trat im Untersuchungsjahr nur eine geringe Windrichtungsmodifikation auf; der vorgelagerte Stadtkörper führte dennoch insgesamt zu einer Reduzierung höherer Windgeschwindigkeiten. Im unmittelbaren Umfeld der Station ist die Oberflächenrauigkeit gering, so dass kaum Ablenkeffekte auftraten.

Im Überdachniveau der Station **Annen-LANUV** (25 m über Grund) wird eine dominierende SSW- bis WSW-Strömung ersichtlich, die überwiegend bei höheren Windgeschwindigkeiten auftrat, während Schwachwinde mit einem hohen Anteil aus nördlichen bis östlichen Richtungen kamen. Dies entspricht weitgehend der Situation an der Freilandstation Durchholz.

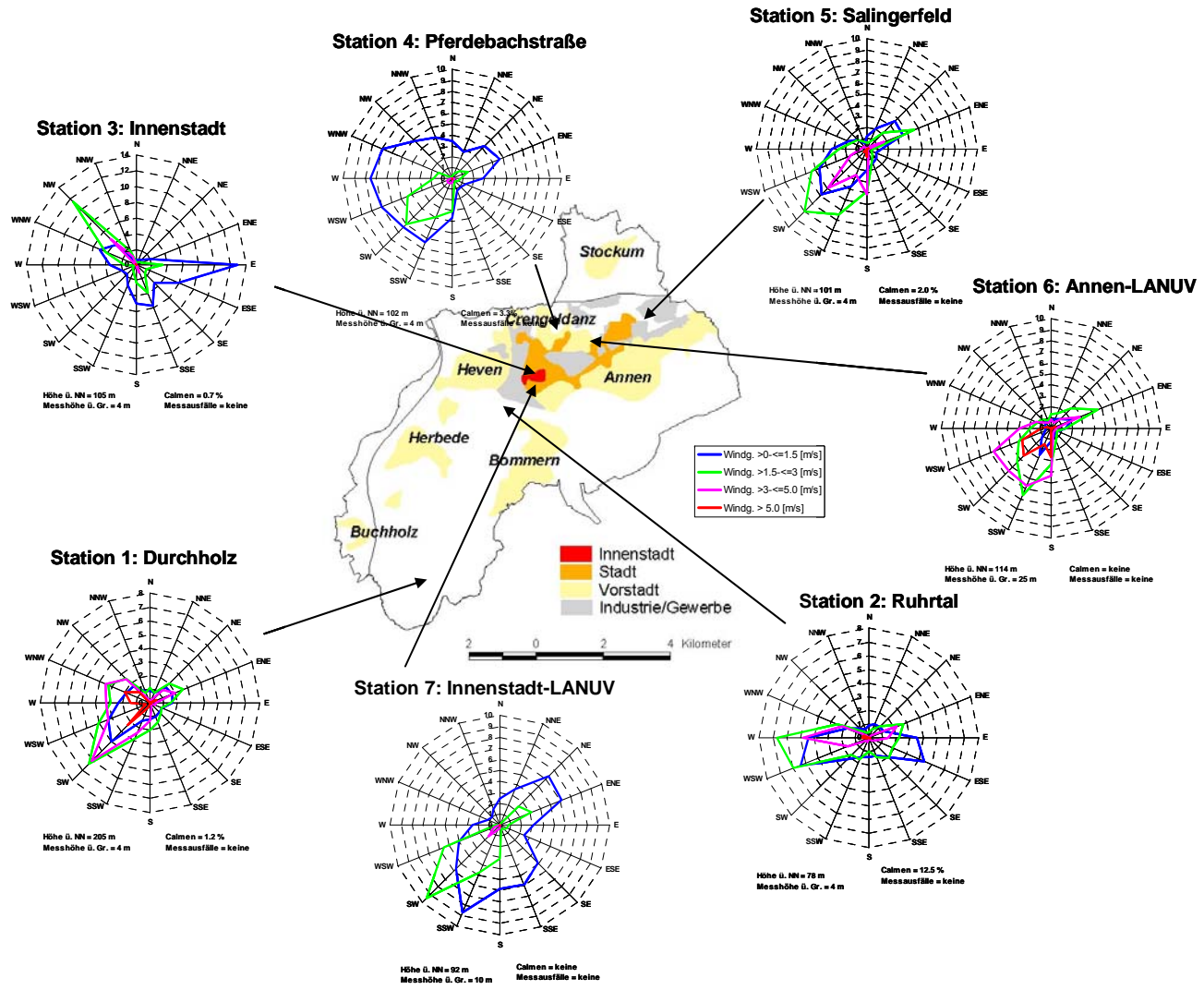
Die Windrichtungen unterliegen in dieser Höhe nur einer geringen Windrichtungsmodifikation durch Umlenk- und Leiteffekte von Gebäudestrukturen und Straßen.

An der Station **Ruhrtal** dominieren Winde entsprechend dem Talverlauf aus westlichen und östlichen Richtungen. Aufgrund der Leitfunktion des Ruhrtals und der damit verbundenen Reduzierung der Windgeschwindigkeit treten Windstärken der Klasse 4 selten auf.

An der Station **Innenstadt-LANUV** dominieren Winde des Schwachwindsektors, die hauptsächlich aus südlichen bis südwestlichen Richtungen kommen und ihr Sekundärmaximum aus östlichen Richtungen haben.

Grund für die stark eingeschränkte Belüftungssituation und die Modifikation der Windrichtungen an diesem Standort ist eine Beeinträchtigung durch die umgebende dichte Vegetation sowie die dichte Bebauung. Dennoch konnten an diesem Standort keine Calmen verzeichnet werden. Während windstillen Strahlungswetterlagen wird vielmehr die Entstehung von Calmen durch kontinuierliche leichte Luftströmungen verhindert. Hierfür ist die Messhöhe (10 m über Grund) oberhalb der eigentlichen Entstehungshöhe der Bodeninversion entscheidend.

Abbildung 14: Windrosen für die Stationen des Wittener Untersuchungsgebietes.



4.2.4.3 Modellierte Windgeschwindigkeit

Die Ergebnisse zum Windfeld wurden anschließend mit Hilfe eines multiplen Regressionsansatzes flächendeckend für das Stadtgebiet von Witten berechnet.

Die Abschätzung der Windgeschwindigkeit [m/s] erfolgte mit dem (bereits im Rahmen der Klimaaanalyse für Essen erprobten) Regressionsmodell:

$$V_n = H \cdot 0,009222 + R_{12} \cdot 0,3404 - 0,386645$$

mit: v_n = Jahresmittel der Windgeschwindigkeit [m/s]

H = Geländehöhe über NN [m]

R_{12} = Prozentualer Anteil der Rauigkeitsklassen 1 und 2 bezogen auf einen Rasterquadrat 500 m [%]

Beide Einflussgrößen liegen flächendeckend für das Stadtgebiet von Witten vor, so dass mit Hilfe des oben genannten Regressionsmodells bezogen auf eine Rastergröße von 500 m eine flächendeckende Darstellung der Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeiten erzielt werden konnte.

Die in **Karte 12** dargestellten Ergebnisse unterstreichen den hohen Durchlüftungsgrad des Wittener Südens, der nur in den bebauten und bewaldeten Bereichen eingeschränkt ist.

Auch die günstigen Belüftungsverhältnisse um Stockum werden auf der Karte der berechneten mittleren Jahreswindgeschwindigkeit ersichtlich.

Neben der geringen Belüftung über die im Süden befindlichen Wälder ist auch das bebaute Stadtgebiet als schlecht belüftet charakterisiert; als besonders ungünstig stellt sich das unmittelbare Stadtzentrum bezüglich der Belüftungsverhältnisse dar.

Bei der Ermittlung der mittleren Windgeschwindigkeit wurden nur die Verhältnisse auf einer Rasterfläche unabhängig von der Umgebungsausstattung berücksichtigt. Daher blieb beispielsweise die Ausrichtung von Tälern bei der Ermittlung der Windgeschwindigkeit unberücksichtigt. Diese können in Abhängigkeit von der Windrichtung zu einer Kanalisierung aber auch zu einem Abbremsen der Winde führen kann.

Windfeld

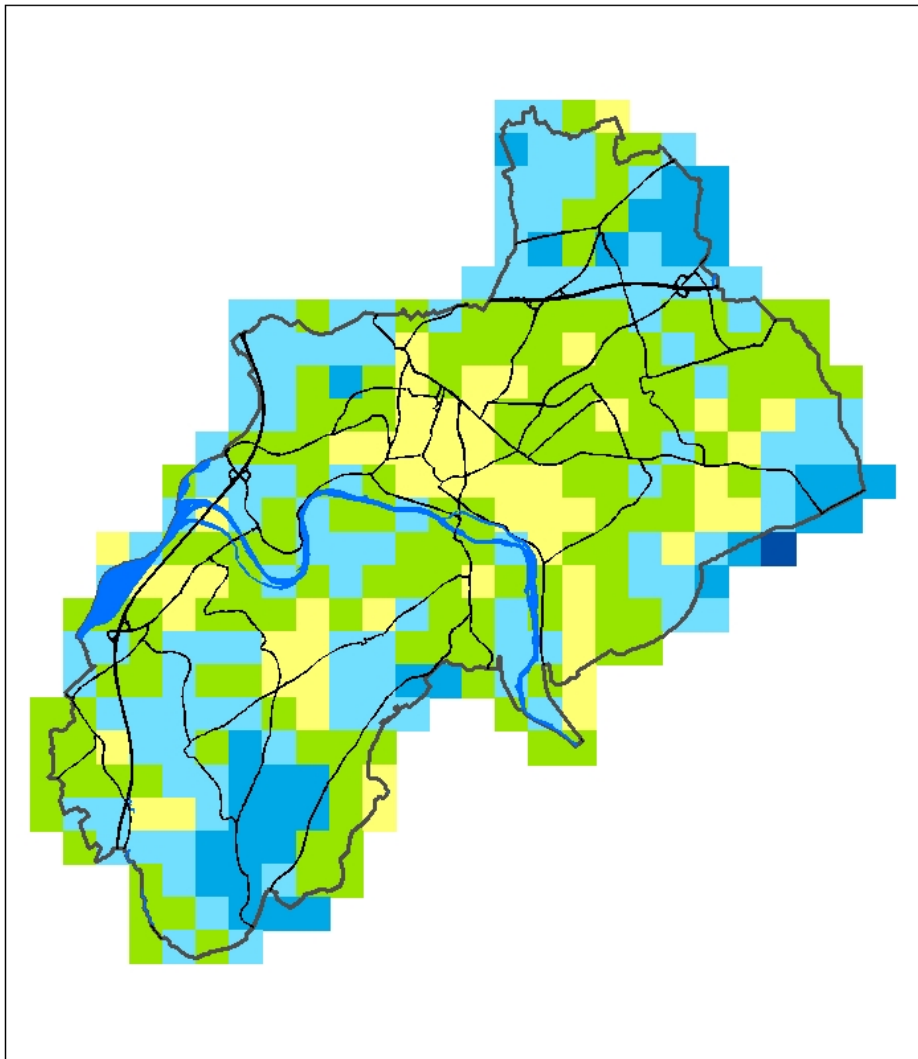
Karte 12: Windgeschwindigkeit [m/s] in 4 m ü. Gr. im Wittener Stadtgebiet, berechnet auf der Grundlage der Rauigkeit und der Geländehöhe bezogen auf ein Rasterquadrat von 500 * 500 m.

Regressionsmodell: $V_n = H \cdot 0,009222 + R_{12} \cdot 0,3404 - 0,386645$ [ROSSMANN & KOCH 2001]

mit: v_n = Jahresmittel der Windgeschwindigkeit [m/s]

H = Geländehöhe über NN [m]

R_{12} = Prozentualer Anteil der Rauigkeitsklassen 1 und 2 bezogen auf einen Rasterquadrat 500 m [%]



Witten

Theoretisches Jahresmittel der Windgeschwindigkeit

Windgeschwindigkeit (m/s)

- ≤ 2
- >2 - 3
- >3 - 4
- >4 - 5
- > 5

- Straßen/Gleise
- Gewässer

Je Rasterfläche
500m x 500m

4.2.4.4 Belüftungssituation

Für die Belüftung der dicht bebauten Innenstadt von Witten sind zwei große Landschaftsräume von zentraler Bedeutung:

- der durch Freiland- und Waldbereiche charakterisierte Süden, der aufgrund weitgehend fehlender Emittenten einen bedeutsamen Ausgleichsraum für das gesamte Stadtgebiet darstellt und
- die als Kaltluftproduzenten wirksamen großen Freilandareale um Stockum

Das **Windfeld** im Süden von Witten ist durch nahezu ungestörte Verhältnisse gekennzeichnet, was sich in einem verhältnismäßig hohen Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit und dem Auftreten aller Windrichtungen zeigt. Eingeschränkte Belüftungsverhältnisse bestehen aufgrund der erhöhten Oberflächenrauigkeit nur im Bereich der Wälder und den Zentren von Herbede und Bommern. Aufgrund der großen, zusammenhängenden weitgehend unbebauten bis locker bebauten Flächen stellt der Süden von Witten einen wichtigen Ausgleichsraum für den Lastraum der Innenstadt dar. Insbesondere beim Auftreten der Hauptwindrichtungen SSW bis West (ca. 50 % aller Stunden), bei denen gleichzeitig die höchsten Windgeschwindigkeiten auftreten, können frische und unbelastete Luftmassen bis in die bebauten Areale des Zentrums eindringen und so die Luftqualität verbessern und die klimatischen Verhältnisse abmildern. Eine ungünstige Situation ergibt sich jedoch durch die Lage des Edelstahlwerks Witten-Krefeld, da dieses ein Hindernis für die Zufuhr von frischen Luftmassen aus dem südlichen Witten darstellt.

Im Norden von Witten (**Stadtkern**) zeigt sich eine starke Modifikation des Windfeldes, was zum einen in einer Reduktion der Windgeschwindigkeit und einer Einschränkung der Windrichtungen zum Ausdruck kommt. Aufgrund der dichten Bauweise einzelner Stadtbereiche wird der Wind gebremst und gemäß der Straßenausrichtung geleitet. Hierdurch wird in vielen Bereichen eine straßenparallele Be- und Entlüftung begünstigt. Auf den stark befahrenen Straßen begünstigt die dichte Bebauung zu einer Schadstoffanreicherung. Die Belüftungsintensität wird durch die Breite der Straßen und deren Ausrichtung zur Hauptwindrichtung bestimmt.

Die Freiflächen im Umfeld von **Stockum** sind aufgrund ihrer Größe und ihres Zusammenhangs als Kaltluftproduzenten und Frischluftlieferanten wirksam.

Windfeld

Bei autochthonen Wetterlagen, die in der Regel mit schwachen Winden aus östlichen Richtungen verbunden sind, und mit einem Anteil von ca. 20 % aller Stunden auftreten (und damit ein Sekundärmaximum darstellen), können sich aufgrund von Temperaturgegensätzen der unterschiedlichen Nutzungsstrukturen lokale Windsysteme aufbauen. Diese lokalen Windsysteme sind bei austauscharmen Wetterlagen für eine ausreichende Belüftung besonders wichtig.

Das Auftreten von lokalen Windsystemen ist im Umfeld von Stockum reliefbedingt möglich. Voraussetzung ist eine effektive Kaltluftproduktion, die an das Vorhandensein großer Freiflächen mit einer Mindestgröße von 50 ha gebunden ist. Hierbei gilt: je größer diese Flächen sind, umso höher sind die Kaltluftproduktionsraten.

Die über den Freiflächen gebildete Kaltluft bewegt sich gemäß dem Gefälle in Richtung der bebauten Bereiche von Witten und Stockum und bewirkt hier eine Abmilderung der klimatischen Effekte und sorgt für einen kontinuierlichen Luftaustausch.

Eine Voraussetzung für einen effektiven Kaltluftabfluss ist das Vorhandensein von Frischluftzufuhrbahnen, die durch eine geringe Rauigkeit gekennzeichnet sein müssen. Entlang dieser Bahnen können die frischen Luftmassen in die Lasträume eindringen. Die Frischluftzufuhr ist aber nicht nur an windschwache Wetterlagen gebunden, sondern entfaltet ihre Wirksamkeit ebenfalls bei geeigneten Windrichtungen aus Norden bzw. Nordosten.

Zwei potentielle Frischluftzufuhrbahnen sind in diesem Zusammenhang zu nennen:

- Leitbahn von den Freiflächen in Tiefendorf über die Grünflächen entlang der Dortmunder Straße
- Freilandflächen nördlich des Hauptfriedhofs, die sich nach Süden als Grünflächen fortsetzen

Die Leitbahnen entfalten ihre maximale Wirksamkeit nur dann, wenn keine Hindernisse (z.B. in Form von dichter Bebauung) die Kaltluftmassen an einem Weiterfließen hindern und zu einem Kaltluftstau führen. Dies ist jedoch z.T. der Fall, insbesondere dort, wo der Wall der BAB 44 die Frischluftzufuhrbahnen quert.

Die genannten Flächen sind jedoch nicht nur als Leitbahnen wirksam, sondern es handelt sich hierbei auch um einen Verbund von Grünflächen, die als Regenerationsräume eine weitere, wichtige Funktion erfüllen.

Werden diese bzw. einzelne Grünflächen in diesem Verbund bebaut, so wird der Regenerationsraum unterbrochen und kann nicht mehr effektiv wirken.

Der Regenerationsraum zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Frischluftzufuhr
- Kaltluftzufuhr

- Abbau von Schadstoffen bzw. Vermischung von Schadstoffen mit unbelasteten Luftmassen

Eine ähnliche Bedeutung hat auch der Grünverbund in Witten-Annen, der von den Freilandflächen zwischen der Gewerbebebauung in Richtung Südosten bis hin zum Wald (Herrenholz) wirksam ist.

4.2.4.5 Windverhältnisse während windschwacher Strahlungswetterlagen

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

Die Berechnung der in **Abb. 15** dargestellten Tagesgänge der Windgeschwindigkeit basiert auf der Auswertung von 60 als austauscharme Wetterlagen charakterisierte Tage. An der Station Annen-LANUV konnte die Windgeschwindigkeit nur an 19 Strahlungswetterlagen ausgewertet werden, da die Messungen Anfang Juni 2006 bereits eingestellt wurden.

Darüber hinaus werden in **Tab. 8** die mittleren Windgeschwindigkeiten der Standorte nach Tag- und Nachtstunden getrennt abgebildet.

Das übergeordnete Windfeld, das an der Station **Annen-LANUV** gemessen wurde, weist während austauscharmer Wetterlagen einen ausgeprägten Tagesgang der Windgeschwindigkeit auf (s. **Abb. 15**). Der Rauigkeitseinfluss des Stadtgebietes ist zwar in einer Messhöhe von 25 m über Grund nicht auszuschließen, es zeigt sich aber dennoch sowohl in den Tagstunden als auch nachts eine höhere Windgeschwindigkeit als an den übrigen Standorten. Nur in den frühen Morgenstunden ist eine Annäherung an die Windgeschwindigkeit am Standort **Durchholz** nachweisbar. Mit Werten über 2,5 m/s ist die Überdachstation am Tage gut belüftet, während die Windgeschwindigkeit nachts auf Werte unter 1,5 m/s sinkt.

Windfeld

Im bodennahen Windfeld zeigen sich Unterschiede zwischen den Grünstrukturen im besiedelten Bereich und den dichter bebauten Arealen des Stadtgebietes. So herrscht an den Stationen **Innenstadt**, **Innenstadt-LANUV** und **Pferdebachstraße** tagsüber eine starke Austauscharmut. Dieser Umstand ist an heißen Sommertagen problematisch, es kann zu Hitzestau und Wärmestress kommen. Abhilfe können schattenspendende Bäume schaffen. An den Stationen **Salingerfeld** und **Ruhrtal** bestehen dagegen aufgrund der geringen Oberflächenrauigkeit tagsüber günstigere Belüftungsverhältnisse.

Die günstigsten Belüftungsverhältnisse in Bodennähe sind am Tage im Freilandbereich (**Station Durchholz**) festzustellen.

Während sich an den durch Grün- und Freiflächen geprägten Standorten (**Pferdebachstraße** und **Salingerfeld**) sowie im **Ruhrtal** als Folge der starken Abkühlung stabile Luftmassen in den Nachtstunden aufbauen, herrschen zu dieser Tageszeit in den dicht bebauten Bereichen Labilisierungseffekte durch warme, aufsteigende Luftmassen vor. Daher ist in dicht bebauten innerstädtischen Gebieten ein zwar schwacher, aber fast kontinuierlicher Luftstrom festzustellen. Für die Immissionssituation ist dies vorteilhaft. Anhand der vergleichsweise hohen Windgeschwindigkeit am Standort **Innenstadt** kann dieses Phänomen belegt werden.

Die Belüftungsverhältnisse der Station **Innenstadt-LANUV** sind in den Nachtstunden vergleichsweise gering eingeschränkt, was mit der Messhöhe (10 m ü. Grund) und der Lage des Windmessgerätes oberhalb der Bodeninversion zusammenhängt. Tagsüber ist die Windgeschwindigkeit jedoch nur unwesentlich höher, so dass kein deutlich ausgeprägter Tagesgang der Windgeschwindigkeit vorliegt.

Flurwinde, die aufgrund unterschiedlicher Luftdruckverhältnisse zu nächtlichen stadteinwärts gerichteten Luftströmungen führen, konnten für das Stadtgebiet von Witten nicht nachgewiesen werden. Flurwinde treten eher in Großstädten mit ausgeprägter Wärmeinsel (z.B. Essen und Dortmund) auf und sind an optimal ausgebildete Belüftungsbahnen gebunden.

Abbildung 15: Tagesgänge der Windgeschwindigkeiten an den untersuchten Standorten während 60 windschwacher Strahlungswetterlagen

Datengrundlage: 60 Strahlungswetterlagen im Jahr 2006 (19 Strahlungstage: Station Innenstadt-LANUV)

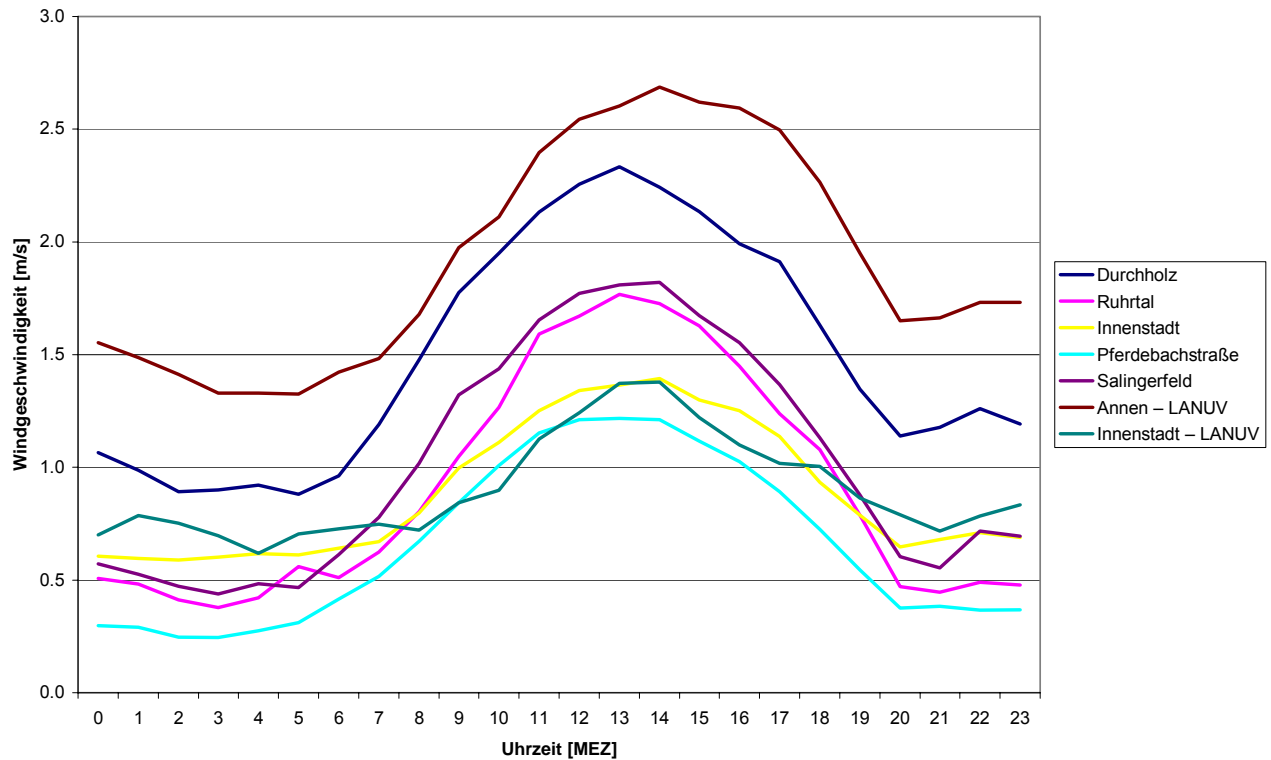


Tabelle 8 : Mittlere Windgeschwindigkeit während austauscharmer Strahlungstage im Wittener Stadtgebiet, aufgeteilt in Tag- und Nachtstunden.

Berechnungsgrundlage: 60 Strahlungstage innerhalb der Messperiode vom 01.01.2006 bis 31.12.2006 (Innenstadt-LANUV: 19 Strahlungstage im Zeitraum 01.01.2006-30.05.2006)

| | Durchholz | Ruhrtal | Innenstadt | Pferde- bachstraße | Salinger- feld | Annen- LANUV | Innenstadt- LANUV |
|--------|-----------|---------|------------|-----------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| Tag | 1,8 | 1,2 | 1,1 | 0,9 | 1,3 | 2,2 | 1,1 |
| Nacht | 1,1 | 0,5 | 0,6 | 0,3 | 0,6 | 1,6 | 0,7 |
| Mittel | 1,5 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 1,0 | 1,9 | 0,9 |

Windfeld

Für die Beurteilung des Belüftungsgeschehens bei windschwachen Strahlungswetterlagen in Witten wird auf die Ergebnisse der Station **Annen-LANUV** zurückgegriffen, da sie die einzige das übergeordnete Windfeld messende Station war. Beeinträchtigungen durch den umliegenden Stadtkörper sind jedoch bei dieser Vorgehensweise nicht auszuschließen. Aufgrund von Kaltluftabflüssen an der Station **Durchholz** wird diese nicht als repräsentativ für das Belüftungsgeschehen bei windschwachen Strahlungswetterlagen betrachtet und daher nicht zur Beurteilung herangezogen.

Kennzeichnend für das Belüftungsgeschehen während windschwacher Strahlungswetterlagen in Witten sind übergeordnete ostnordöstliche Windrichtungen in der Nacht und schwerpunktmäßig nordöstliche Winde am Tage. Ein zweites Windrichtungsmaximum liegt bei südsüdwestlichen Richtungen (s. **Abb. 16**).

Calmen traten im Untersuchungsjahr am Standort Annen-LANUV nicht auf, da die hierfür verantwortlichen Kaltluftansammlungen unterhalb des Messniveaus der Station liegen. Dieses zeigt, dass oberhalb der Bodeninversion das Belüftungsgeschehen aufrecht erhalten bleibt.

Die Verhältnisse im Überdachniveau unterliegen bezüglich der Windrichtungsverteilung im bodennahen Luftraum starken Modifikationen durch die Bebauung und das Relief. Hierbei fallen zunächst zwei Standorte durch ihr abweichendes Verhalten aus dem Rahmen: Station 3 (**Innenstadt**) und Station 2 (**Ruhrtal**). Bei Station 3 konzentriert sich die Herkunft der Luftströmungen auf östliche bis südsüdöstliche Richtungen. Ursache hierfür ist die straßenorientierte Lenkung und Kanalisierung der aus östlichen Richtungen kommenden Winde. Bei Station 2 (Ruhrtal) ist die Ausrichtung des Ruhrtals ausschlaggebend für die aus überwiegend östlichen bis ostsüdöstlichen Richtungen kommenden Luftmassen. Bedingt durch die Tallage kommt es weiterhin zu einer Ansammlung von Kaltluftmassen, was sich in einem sehr hohen Anteil an Calmen ausdrückt (fast 30%).

Für die modifizierten Windrichtungsverhältnisse an der Station **Pferdebachstraße** ist ein anderes Phänomen verantwortlich: das Relief. Bei windschwachen Strahlungswetterlagen bilden sich hier durch unterschiedliche Luftdruckverhältnisse und durch das Relief bedingte autochthone Windsysteme aus. Dies bedeutet, dass von höheren Lagen (Hauptfriedhof und südlich anschließende Grünflächen) Kaltluftmassen in Richtung der Station Pferdebachstraße herabfließen. Der relativ hohe Anteil an Calmen (3,7 % in der Nacht) deutete jedoch darauf hin, dass die Kaltluftabflüsse entweder relativ selten sind oder am Standort Pferdebachstraße bereits eine Ansammlung von Kaltluftmassen stattfindet, die den weiteren Luftaustausch

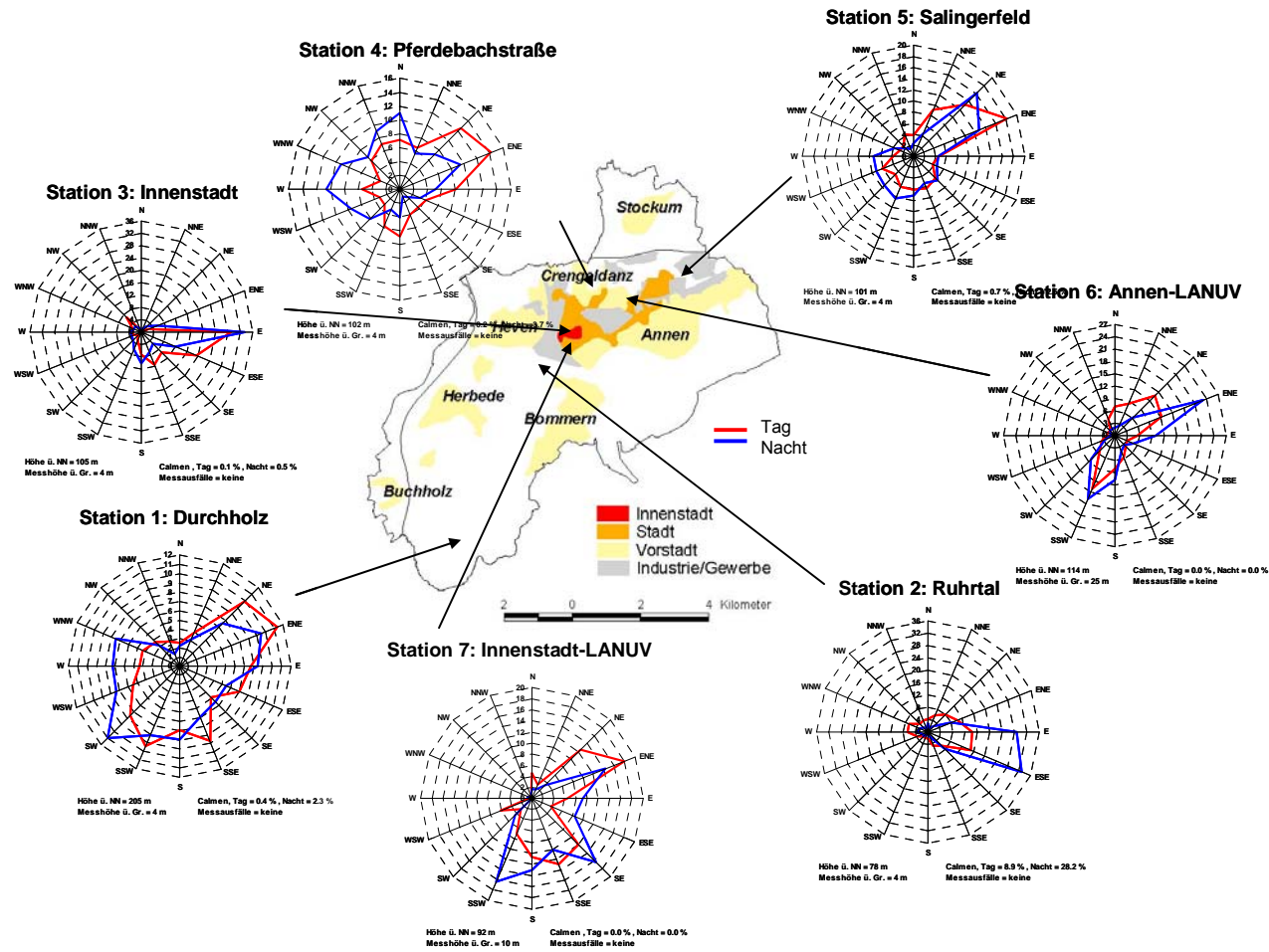
einschränkt. Da es sich um einen Standort in Muldenlage handelte, ist eher die Kaltluftansammlung wahrscheinlich.

Auch am Standort **Salingerfeld** führt die Ansammlung nächtlicher Kaltluft zur Entstehung von Calmen; ihr Anteil beträgt jedoch nur 2,5% in den Nacht- und 0,7% in den Tagstunden. Auch hier handelt es sich um einen Standort in Muldenlage, in der sich Kaltluftmassen ansammeln. Die Windrichtungen werden gebäude- und straßenbedingt nur unwesentlich verändert.

Am Standort **Innenstadt-LANUV** treten aufgrund der Straßenausrichtung Umlenkeffekte der Luftströmungen auf. So wird die Südsüdwest-Richtung gebäudebedingt in südöstliche bis südliche Richtungen umgelenkt. Östliche Richtungen werden dagegen entsprechend der Straßenausrichtung und der Gebäudestellung nur unwesentlich modifiziert.

Am Standort Innenstadt-LANUV traten keine Calmen auf, was auf die Messhöhe oberhalb möglicher Bodeninversionen zurückzuführen ist. Zusätzlich führt der städtische Erwärmungseffekt dazu, dass ein kontinuierlicher Luftaustausch gewährleistet und somit die Bodeninversion aufgehoben wird. Zu berücksichtigen ist bei der Auswertung der Daten auch der eingeschränkte Messzeitraum, der bereits im Juni 2006 endete und somit eine Vergleichbarkeit mit den übrigen Stationen erschwert.

Abbildung 16: Windrosen für die Wittener Messtations, gemittelt aus 60 Strahlungstagen des Jahres 2006 (19 Strahlungstagen für die Station Innenstadt-LANUV).



5 Ergebnisse der lufthygienischen Auswertungen

5.1 Einleitung

„Gesunde Luft gehört zu den elementaren Lebensgrundlagen von Menschen, Tieren und Pflanzen. Der Schutz und die Verbesserung unserer Atemluft ist daher eine der vordringlichsten Aufgaben des Umweltschutzes“ [Rossmann & Koch 2001].

Unbelastete Luft ist ein Gemisch verschiedener Gase mit den Hauptbestandteilen Stickstoff (N₂, 78 Vol %), Sauerstoff (O₂, 21 Vol %), Kohlendioxid (CO₂, 0,03 Vol %) und Edelgasen (etwa 1 Vol %) [Hupfer & Kuttler 2005]. Neben diesen Bestandteilen sind in der Luft noch Gase mit schwankenden Anteilen (z.B. Wasserdampf 0 – 4 Vol %) und Spurengase (Anteile meist unter 1 Vol %) enthalten.

Neben diesen natürlichen Bestandteilen der Luft findet sind vor allem in Ballungsräumen eine Vielzahl überwiegend anthropogen erzeugter Stoffe in der Luft, die Luftschadstoffe. Hierbei handelt es sich um Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft durch Rauch, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe oder Geruchsstoffe. Die Zusammensetzung der Luftschadstoffe sowie deren Konzentrationen in der Atmosphäre schwanken sowohl örtlich als auch zeitlich sehr stark.

Wirkungen von Luftverunreinigungen

Aufgrund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften können die einzelnen Luftschadstoffe ihre Umwelt nachhaltig beeinflussen. Die Auswirkungen werden im Folgenden beschrieben; die Kombinationswirkungen mehrerer Schadstoffe sind jedoch zum Großteil auch heute noch unerkannt und unerforscht.

Auswirkungen auf den menschlichen Organismus

In zahlreichen wissenschaftlichen Studien wird die Wirkung einzelner Luftschadstoffe auf den menschlichen Organismus aufgezeigt. NO₂, O₃ und NO beispielsweise sind Reizgase, die sich auf die Atemwege und die Lunge nachteilig auswirken. CO wirkt auf die Sauerstoffversorgung des Gewebes ein. Von Staub wird überwiegend der Atemtrakt beeinträchtigt und die Staubinhaltsstoffe Blei und Cadmium wirken sich auf das Blutbild bzw. die Nierenfunktion aus.

Darüber hinaus ist Cadmium, ebenso wie Benzol, krebserregend [MUNLV 2004]. Zu beachten ist, dass Kombinationen von verschiedenen Schadstoffen veränderte Auswirkungen haben können. Entscheidend für die Schwere der Beeinträchtigung des menschlichen Organismus ist die Konzentration der Schadstoffe, die Dauer der Einwirkung und nicht zuletzt auch der gesundheitliche Zustand eines jeden Individuums.

Auswirkungen auf Materialien und Pflanzen

Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid können in gelöster und umgewandelter Form als „saurer Regen“ erhebliche Schäden an Materialien und Pflanzen verursachen.

Weiterhin verändern sie die chemischen Eigenschaften von Boden. Luftschadstoffe gelangen zudem durch die Aufnahme von Nährstoffen durch Pflanzen in die Nahrungskette und tragen auch auf diesem Weg zur Gesundheitsbelastung der Menschen bei.

Auswirkungen auf die Globale Atmosphäre

Neben lokalen können Luftschadstoffe auch globale Auswirkungen haben. So führen die sog. „Treibhausgase“ wie z.B. Kohlendioxid (CO₂) zu einer Erwärmung der Atmosphäre und damit zum „Klimawandel“.

Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) sind verantwortlich für die Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht und den damit verbundenen global wirksamen Folgen. Maßnahmen zum Schutz der Ozonschicht haben jedoch bereits zu einem drastischen Rückgang der ozonschädigenden Gase geführt.

5.2 Emissionssituation in Witten

Die im Folgenden dargestellten Auswertungen zur Luftqualität im Wittener Stadtgebiet orientieren sich an der Wirkungskette Emission – Transmission – Immission.

Zunächst wird die Emissionssituation betrachtet. Anhand der Emissionen aus den verschiedenen Sektoren kann festgestellt werden, an welchen Stellen im Stadtgebiet besonders hohe Schadstoffmengen freigesetzt werden. Über die Angabe der Quellhöhe kann zusätzlich auch eine Aussage über die Ausbreitung getroffen werden.

Das Emissionskataster wird für die drei Sektoren:

- Industrie (genehmigungspflichtige Anlagen)
- Hausbrand
- Kfz-Verkehr

dargestellt.

5.2.1 Industrieemissionen aus genehmigungspflichtigen Anlagen

Im Folgenden werden die Luftschadstoffe der genehmigungspflichtigen Anlagen aufgelistet, da Emissionen aus nicht-genehmigungspflichtigen Anlagen im Vergleich zum Gesamtemissionsaufkommen eine eher untergeordnete Stellung einnehmen.

Aus der Vielzahl an Stoffen, die aus verschiedenen anthropogenen Quellen emittiert werden, werden die Emissionen der toxikologisch und mengenmäßig bedeutsamen Stoffe Schwefeldioxid (SO₂), Feinstaub (PM₁₀), Stickoxide (NO_x) und Kohlenmonoxid (CO) betrachtet.

In **Tab. 9** ist Gesamtmenge der emittierten Mengen des Jahres 2004 aufgeführt. Zusätzlich sind die Emissionen für verschiedene Quellhöhenklassen, d.h. entsprechend der Kaminhöhen, erfasst.

Tabelle 9: Emittierte Gesamtmengen aus genehmigungspflichtigen Anlagen in Witten für die Luftschadstoffe SO₂, PM₁₀, NO_x und CO in kg/a für das Jahr 2004.

Datenquelle: LANUV NRW.

| Quellhöhenklasse | SO ₂ | PM ₁₀ | NO _x | CO |
|--------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| <= 20 | 2,37 | 11,42 | 17,66 | 0,07 |
| 21 - 50 m | 94,36 | 88,58 | 79,7 | 99,89 |
| 50 - 100 | 3,27 | 0,001 | 2,64 | 0,04 |
| Gesamtmenge 2004 [kg/a] | 11.503 | 43.115 | 106.295 | 2.111.648 |
| Gesamtmenge 1996 [kg/a] | 2.893 | 33.283 | 102.453 | 1.631.053 |

Ein Großteil der SO₂-Emissionen wird aus einer Höhe von 21-50 m emittiert und ist damit sowohl lokal als auch regional wirksam. Nur etwas über 5% der SO₂-Emissionen stammen aus Quellhöhen unter 20 m bzw. über 50 m. Auch bei den PM₁₀-, NO_x- und CO-Emissionen spielen bei den industriellen Emittenten vor allem Quellhöhen zwischen 21 und 50 m eine Rolle. Die Schadstoffe setzen sich zum Teil lokal ab, werden aber auch weiter transportiert. Emissionshöhen über 50 m existieren jedoch kaum.

Im Vergleich der Gesamtemissionsmengen für Witten aus den Jahren 1996 und 2004 (Daten des LANUV NRW) zeigt sich, dass anders als in vielen Kommunen des Ruhrgebietes, ein Anstieg sämtlicher Luftschadstoffe stattgefunden hat. Dies ist nur damit zu erklären, dass neue Emittenten hinzugekommen sind, die im Jahr 1996 noch nicht vorhanden waren. Insbesondere der starke Anstieg bei den SO₂-Emissionen bestätigt diese Vermutung.

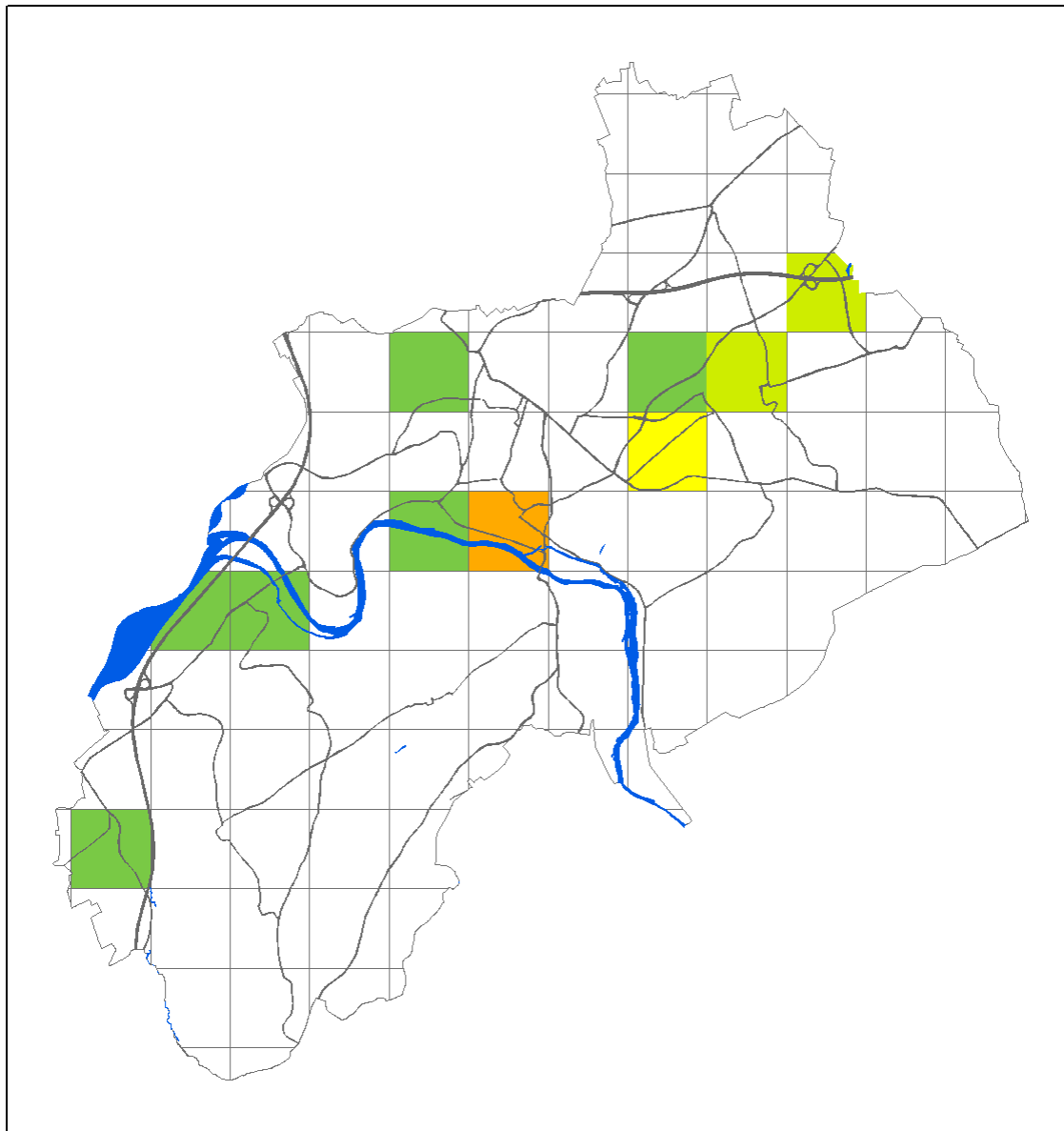
Für die **PM₁₀-Emissionen** zeigen sich im Stadtgebiet von Witten zwei Emissionsschwerpunkte bei den genehmigungspflichtigen Anlagen: Im Bereich der Edelstahlwerke Witten-Krefeld GmbH werden mit fast 40 t/km² Feinstaub (Jahr 2004) die höchsten Mengen freigesetzt. Weitere 1,9 t/km² werden im Umfeld des Degussa-Hüls-Werks emittiert. Die übrigen Emittenten setzen pro km² nicht mehr als 1t Feinstaub frei (s. **Karte 13**).

Eine vergleichbare Situation ergibt sich für die **NO_x-Emissionen (s. Karte 14)**. Die höchsten Emissionsmengen treten wiederum am Standort Edelstahlwerke Witten-Krefeld (ca. 54 t/km² und Jahr) sowie am Standort Degussa-Hüls-Werk (fast 20 t/km² und Jahr) auf. Darüber hinaus existiert in Bommern ein Emittent, der ebenfalls fast 20 t/km² und Jahr emittiert.

Wie die **Karten 15 und 16** belegen, wird an allen Standorten mit hohen Emissionsmengen ein Großteil in Bodennähe (unter 30 m über Grund) freigesetzt, so dass die Emissionen lokal als Immissionen wirksam werden können. Die beiden Standorte Edelstahlwerke-Witten-Krefeld (ca 25 t/km² und Jahr) und Bommern (ca. 19 t/km² und Jahr) weisen hierbei die höchsten Emissionsmengen auf. Insbesondere im Innenstadtbereich hat dieser Umstand, auch wegen der schlechten Belüftungsverhältnisse, negative Auswirkungen auf die Luftschadstoffsituation in Bodennähe.

Am Standort Edelstahlwerke Witten-Krefeld sind auch die höchsten PM₁₀-Emissionen (fast 9 t/km² und Jahr) festzustellen.

Karte 13: PM10-Emissionen.



Emission Stadt Witten

Karte der PM10 - Belastungen [t/(km²/a)] : Industrie

Legende



0



1,0 - < 2,0



Strassen



< 0,5



> 2



Gewässer

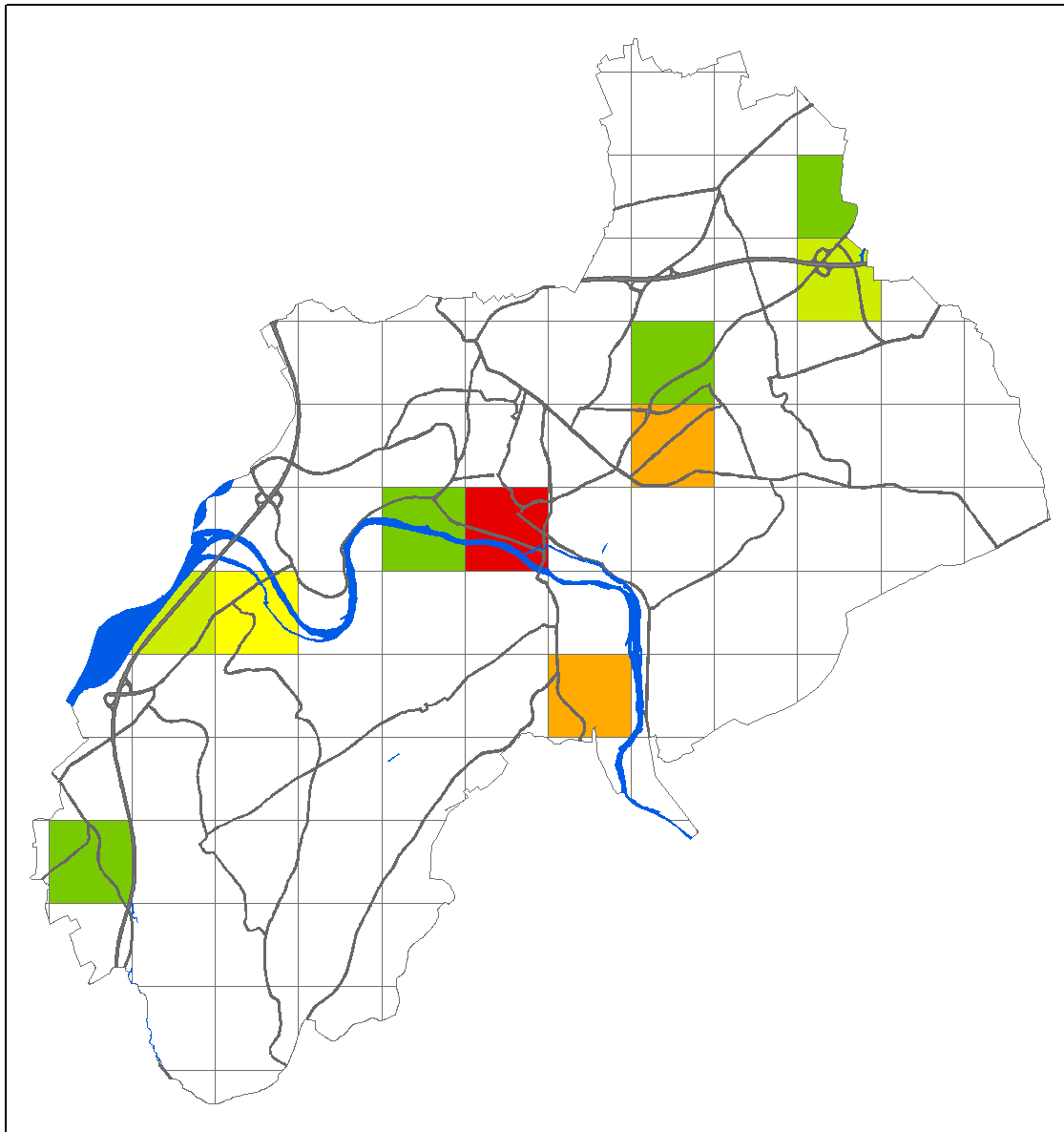


0,5 - < 1,0



Regionalverband Ruhr

Karte 14: NOx-Emissionen.



Emission Stadt Witten

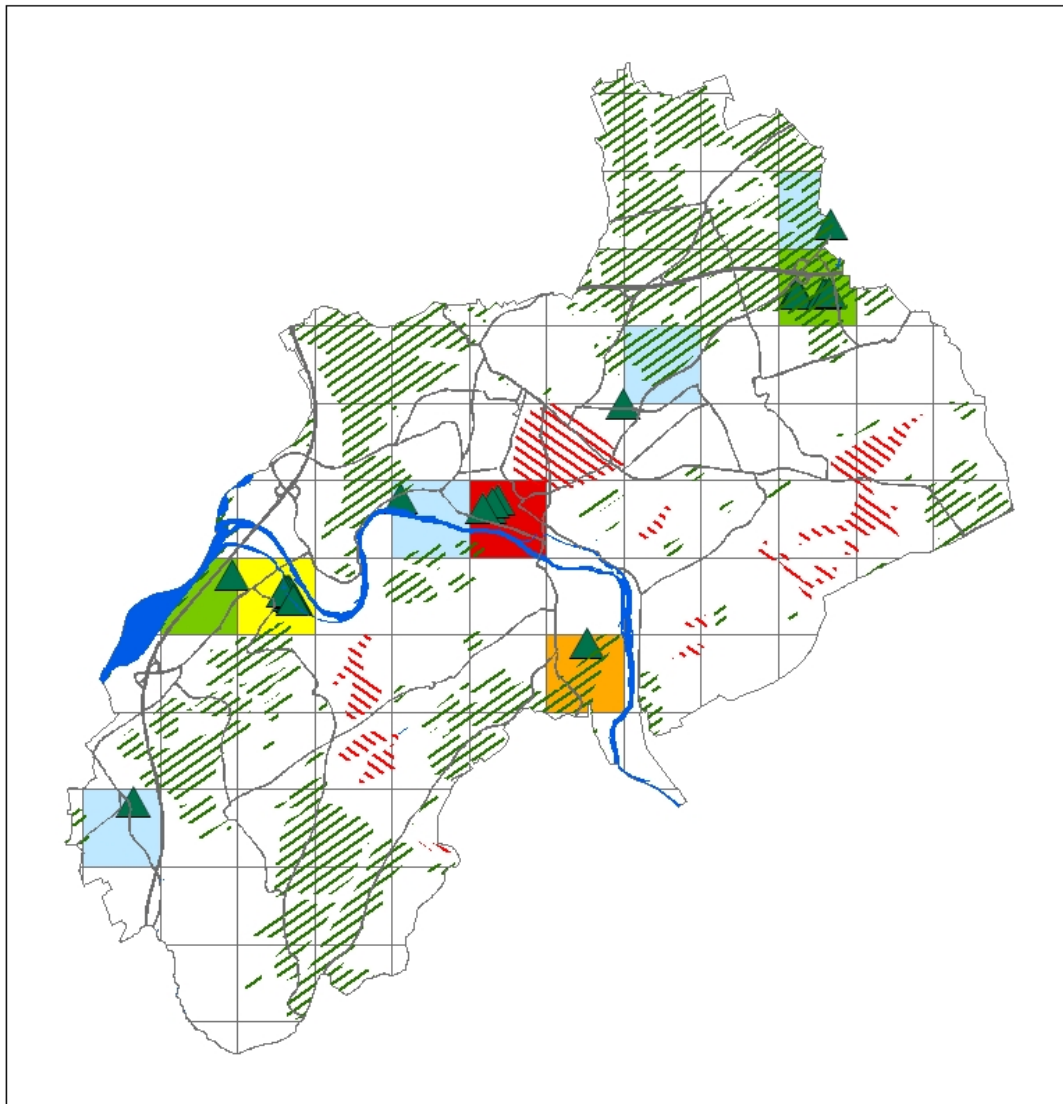
Karte der NOX - Belastungen [t/(km²/a)] : Industrie

Legende



Regionalverband Ruhr

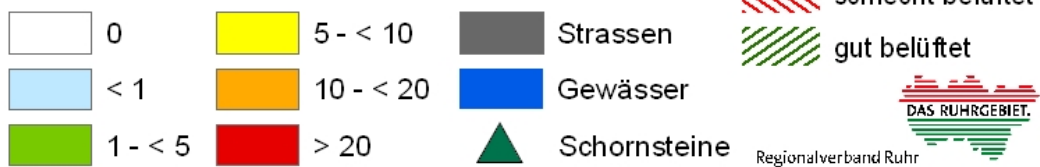
Karte 15: NOx-Emissionen der Industrie mit Schornsteinhöhe < 30m.



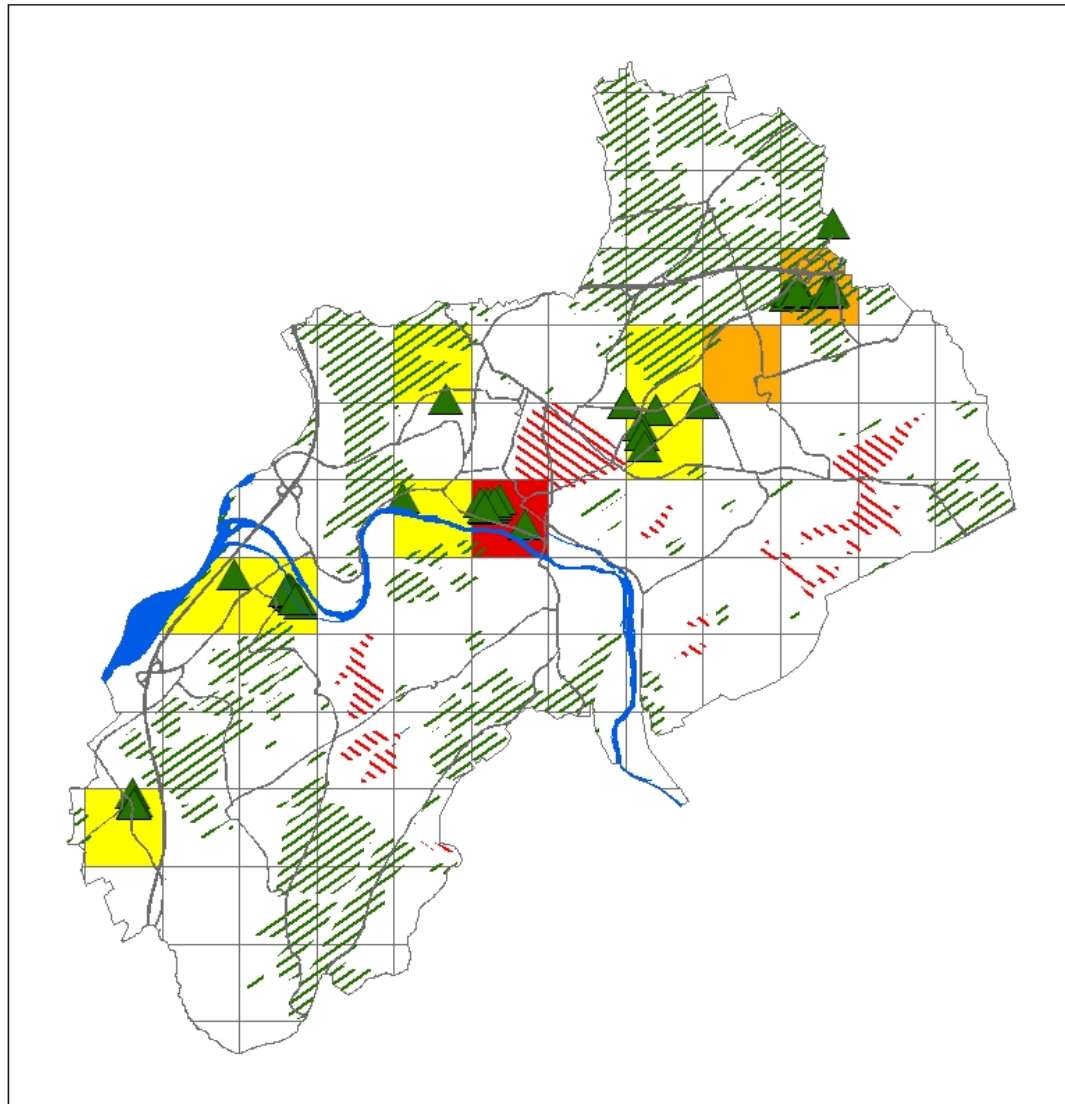
Stadt Witten Emissionen an Industriestandorten

Karte der NOX-Belastungen in (t/a) : Schornsteinhöhe unter 30 m

Legende



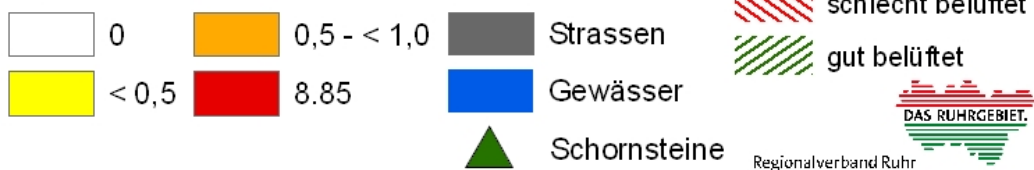
Karte 16: PM10-Emissionen der Industrie mit Schornsteinhöhe < 30m.



Stadt Witten Emissionen an Industriestandorten

Karte der PM10-Belastungen in (t/a) : Schornsteinhöhe unter 30 m

Legende



Die Entwicklung der SO₂-, der NO_x- und der PM10-Emissionen für das Stadtgebiet von Witten zwischen 1996 und 2004 ist der **Tabelle 10** zu entnehmen.

Mit Ausnahme des Schadstoffs PM10 kann sowohl für die SO₂- als auch die NO_x-Emissionen zwischen 1996 und 2004 ein nicht unerheblicher Anstieg verzeichnet werden. Dieser ist damit zu begründen, dass im Jahr 1996 noch keine SO₂- und NO_x-Emissionen von der Degussa AG ausgingen. Werden die von Degussa ausgehenden Emissionen von der Gesamtemissionsmenge subtrahiert, so liegen die Emissionsmengen unter den Werten von 1996 (SO₂: 613 kg/a weniger; NO_x: 16044 kg/a weniger). Bei den meisten Betrieben, die NO_x- bzw. SO₂-Emissionen ausstoßen, ist dennoch eine zum Teil deutliche Zunahme der Emissionen nachzuweisen (Beispiel: SO₂-Emissionen des Edelstahlwerks Witten-Krefeld: Anstieg um das 14fache). Zahlreiche Betriebe sind im Jahr 2004 nicht mehr als SO₂- und NO_x-Emittenten aufgeführt.

Die besten Ergebnisse auf dem Gebiet der Luftreinhaltung sind bei den Feinstaubemissionen erzielt worden. Hier wurden im Jahr 2004 nur noch ca. 13 % der Emissionen des Jahres 1996 in Witten emittiert.

Tabelle 10: SO₂-, NO_x- und PM10-Emissionen einzelner Betreiberfirmen im Stadtgebiet von Witten 2004 im Vergleich zum 1996 in kg/a. Datenquelle: LANUV NRW.

| | SO ₂ | | NO _x | | PM10 | |
|---|-----------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------|
| | 2004 | 1996 | 2004 | 1996 | 2004 | 1996 |
| Degussa AG - Werk Witten | 8988 | | 19935 | | 1769 | |
| Edelstahl Witten-Krefeld GmbH | 2278 | 159 | 53575 | 48949 | 183 | 29051 |
| Edelstahlzieherei Mark GmbH | | | | 2632 | | |
| Eisenwerk Böhmer GmbH & Co. KG. | | | | | 620 | 520 |
| Flachglas Automotive GmbH | | 40 | | 3428 | | 1 |
| Gelsenwasser AG | | 18 | | | | 4 |
| Hoesch Federn GmbH | | | | 6873 | | |
| Hp chemie Pelzer GmbH | | 50 | 3994 | 710 | 852 | 715 |
| Hüls AG - Werk Witten | | 2469 | | 10093 | | 360 |
| Hüsselmann, Fleischgroßhandlung GmbH & Co. KG | | | | | | 14 |
| Lohmann & Stolterfoht GmbH | | 60 | | | 174 | |
| Lohmann GmbH | | | 7011 | 2427 | 280 | 2147 |
| Luhn & Pulvermacher Dittmann & Neuhaus GmbH | | | 2484 | | 2 | |
| Pleiger Maschinenbau GmbH & Co. KG | | | | | 443 | 284 |
| Reimers GmbH & Co. KG | | | | | 100 | 171 |
| Ruhrtaler Gesenkschmiede F.W. Wengeler KG | | | | 3238 | | |
| Sommer GmbH & Co. KG | | | | | | 6 |
| Stadtwerke Witten GmbH | | 95 | 18930 | 23929 | | |
| Voss | | | | | | 1 |
| Wasserwerk Westfalen GmbH | | | 241 | | 2 | |
| Wiegard GmbH & Co. KG | | | | | 6 | 10 |
| Wittener Wachswarenfabrik GmbH | | | | | | < 1 |
| Sasol Germany GmbH | | | | | 41 | |
| Summe | 11266 | 2891 | 106170 | 102279 | 4472 | 33284 |

5.2.2 Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen und Verkehr

Bei den Emissionsquellen spielt nicht nur die Menge der emittierten Schadstoffe, sondern auch die Quellhöhe über Grund eine Rolle, da durch höher liegende Quellen in der Regel eine bessere Durchmischung und eine niedrigere Konzentration im Umfeld erreicht werden kann. Dementsprechend sind die bodennahen Emissionen hinsichtlich der lokalen Luftqualität im Stadtgebiet als besonders kritisch zu betrachten.

Die hier dargestellten bodennahen Emissionen entstammen dem Hausbrand und dem Verkehr. Ein Großteil der bodennahen Emissionen – vor allem der Schadstoffe PM10 und NO_x - entstammen dem Verkehr, während die SO₂-Emissionen zum überwiegenden Teil dem Hausbrand und den Kleinfeuerungsanlagen entstammen.

Tabelle 11 verdeutlicht den Anteil, den die einzelnen Verursacher am Gesamtaufkommen haben.

Tabelle 11: Bodennah emittierte Mengen für SO₂, NO_x, CO₂ und PM10 aus den Emissionsquellen Verkehr, Industrie (bodennah) und Hausbrand/Kleinfeuerungsanlagen im Stadtgebiet von Witten.

Datenquelle: LANUV 2004.

| Schadstoff | Verkehr* | Hausbrand / Kleinfeuerungsanlagen | Industrie mit Quellhöhe < 30m |
|-----------------|-------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| SO ₂ | 2.669 | 76.351 | 1.677 |
| NO _x | 798.169 | 153.743 | 57.475 |
| CO ₂ | 221.240.574 | 204.471.647 | k.A. |
| PM10 | 69.400 | 7.034 | 11.403 |

Die Verkehrsemissionen setzen sich zusammen aus den Kfz-Emissionen 2004, den Offroad-Emissionen 1997/99 und den Emissionen von Schiene, Schiff und Flugzeug jeweils aus 2000.

Im Vergleich zu den industriellen Emissionen, die meist aus hochgelegenen Quellen emittieren und den Emissionen aus Hausbrand und Kleinfeuerungsanlagen, die aus dem Dachniveau emittieren, werden die Emissionen des Kraftfahrzeugverkehrs unmittelbar über dem Boden ausgestoßen. Aus diesem Grund tragen diese Emissionen stärker zur Immissionsbelastung in verkehrsreichen Straßen bei als die Emissionen von Industrie und Hausbrand. Durch den Kraftfahrzeugverkehr werden vor allem unverbrannte und teilverbrannte (anoxidierte)

Emissionen

Kohlenwasserstoffe (CH) und Kohlendioxid sowie Stickoxide in sehr geringer Höhe über dem Erdboden emittiert. Weitere Schadstoffe, die hierbei eine Rolle spielen, sind Schwefeloxide, Blei, Benzol und Feinstaub (PM10).

Die Emissionsmengen lassen sich mit Hilfe entsprechender Emissionsfaktoren, die mit dem Verkehrsaufkommen multipliziert werden, rechnerisch abschätzen. Die Werte werden in sog. Emissionskatastern dargestellt.

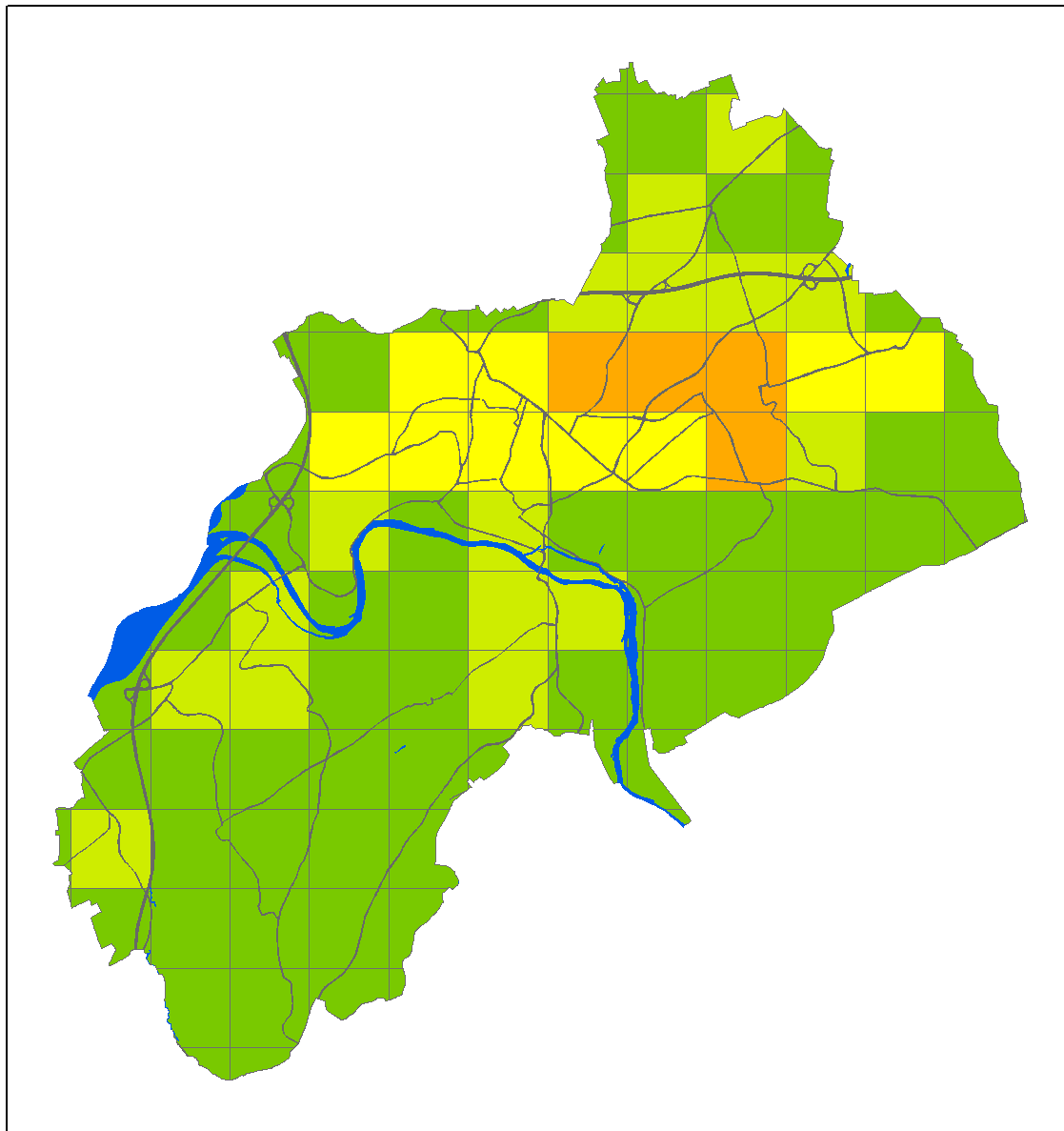
Die **Karten 19 und 20** beruhen auf der Datengrundlage des Jahres 2004 und stellen die Kfz-Emissionen in Witten flächendeckend in Form von 1km² großen Rasterflächen dar.

Sowohl für die PM10- als auch die NO_x-Emissionen lässt sich ein deutlicher Emissionsscherpunkt entlang der Autobahnen A 43 und A 44 mit über 2 t/km² für PM10 und bis zu 56 t/km² und Jahr für NO_x belegen. Eine ebenfalls erhöhte Belastung lässt sich für diese beiden Schadstoffe im Stadtkern von Witten nachweisen. Im Bereich der locker besiedelten ländlichen Regionen liegen die Emissionen in der niedrigsten Belastungsklasse.

Die im Emissionskataster des LANUV NRW aufgeführten Schadstoffmengen für die Emittentengruppe Hausbrand sind als Rasterquadratwerte in [kg/a] flächendeckend in den **Karten 17 und 18** dargestellt. Die Karten verdeutlichen, dass die Hauptbelastungsgebiete für Hausbrandemissionen im dicht besiedelten Stadtgebiet von Witten liegen. Hierzu zählen die Stadtteile Rüdinghausen, Annen, Crengeldanz, Heven und Wullen.

Der Stadtteil Bommern wird zum Teil mit Fernwärme versorgt, was die hier insgesamt niedrigeren Emissionsmengen erklärt. Da durch ein gut ausgebautes Fernwärmenetz einer potentiell starken Belastung durch Hausbrandemissionen in dicht besiedelten Gebieten entgegengewirkt werden kann, sollten auch weitere Stadtteile mit einer Fernwärmeversorgung ausgestattet werden.

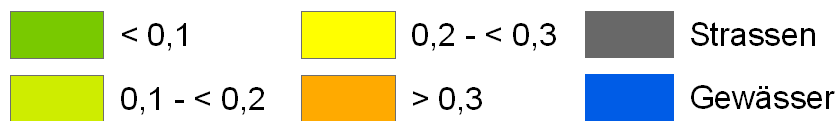
Karte 17: PM10-Emissionen Hausbrand.



Emission Stadt Witten

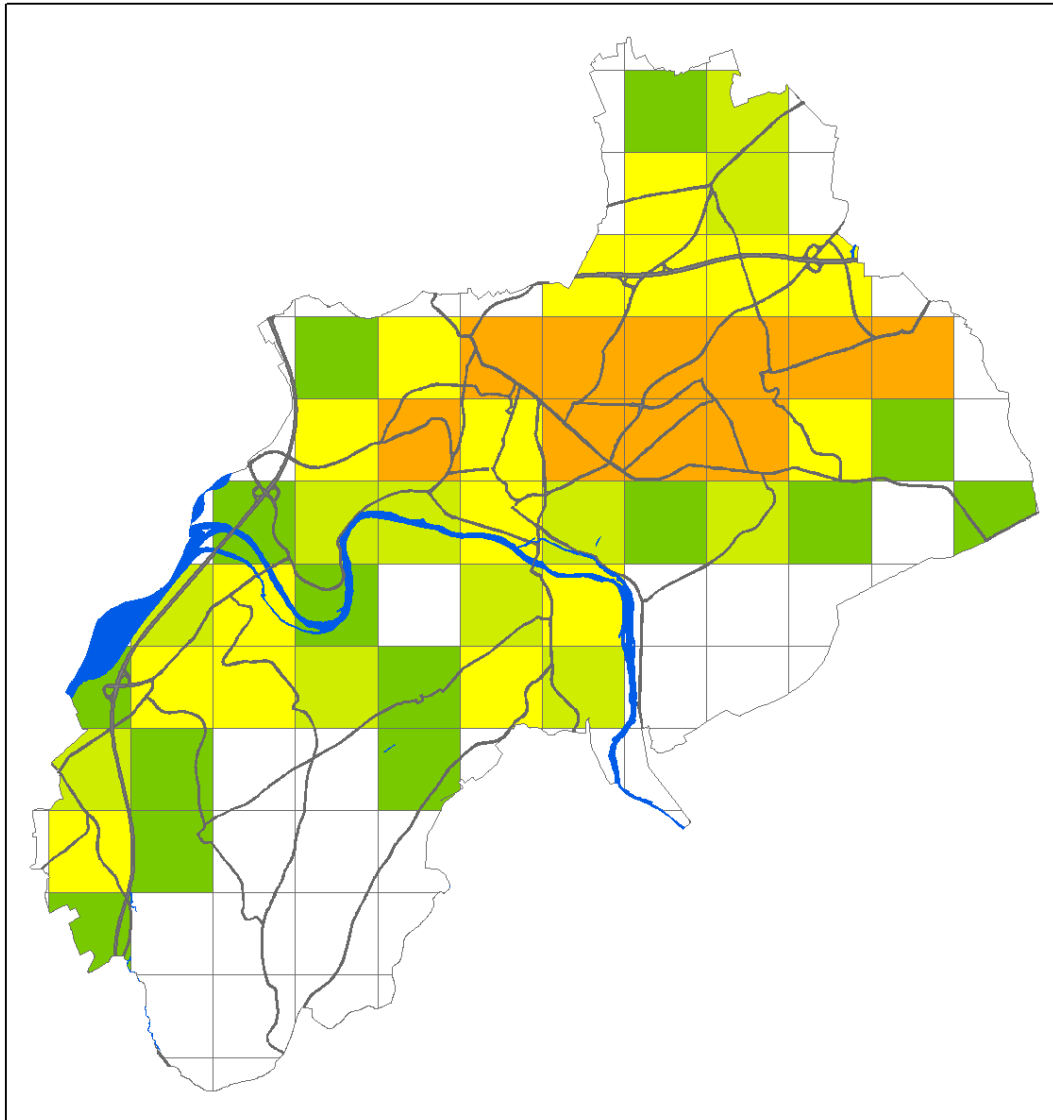
Karte der PM10 - Belastungen [t/(km²/a)] : Hausbrand

Legende



Regionalverband Ruhr








Karte 18: NO_x-Emissionen Hausbrand.



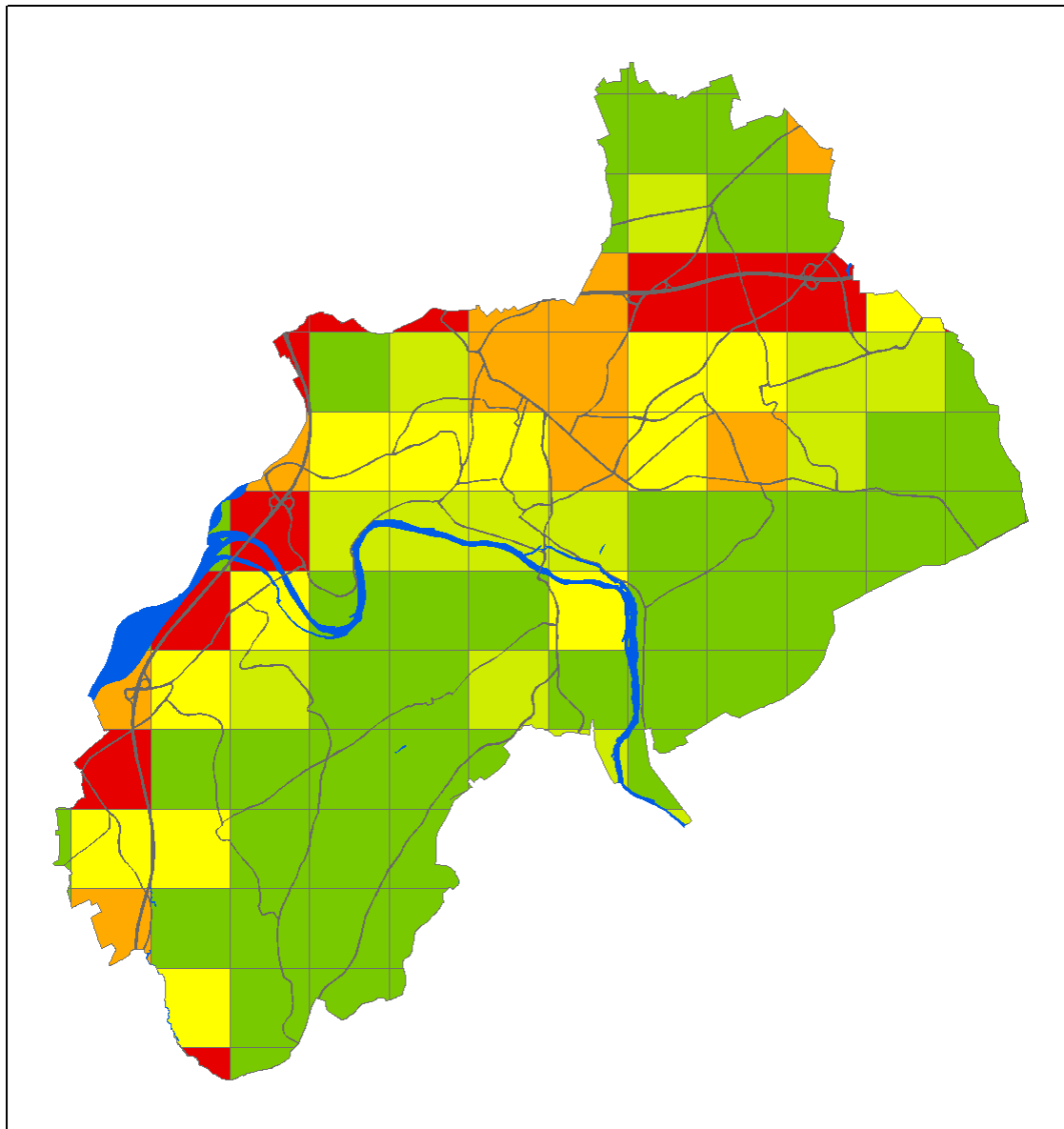
Emission Stadt Witten

Karte der NO_x - Belastungen [t/(km²/a)] : Hausbrand

Legende

| | | |
|---|---|--|
|  0 |  3 - < 5 |  Strassen |
|  < 1 |  > 5 |  Gewässer |
|  1 - < 3 | | |

Karte 19: PM10-Emissionen Kraftfahrzeuge.



Emission Stadt Witten

Karte der PM10 - Belastungen [t/(km²/a)] : Kraftfahrzeuge

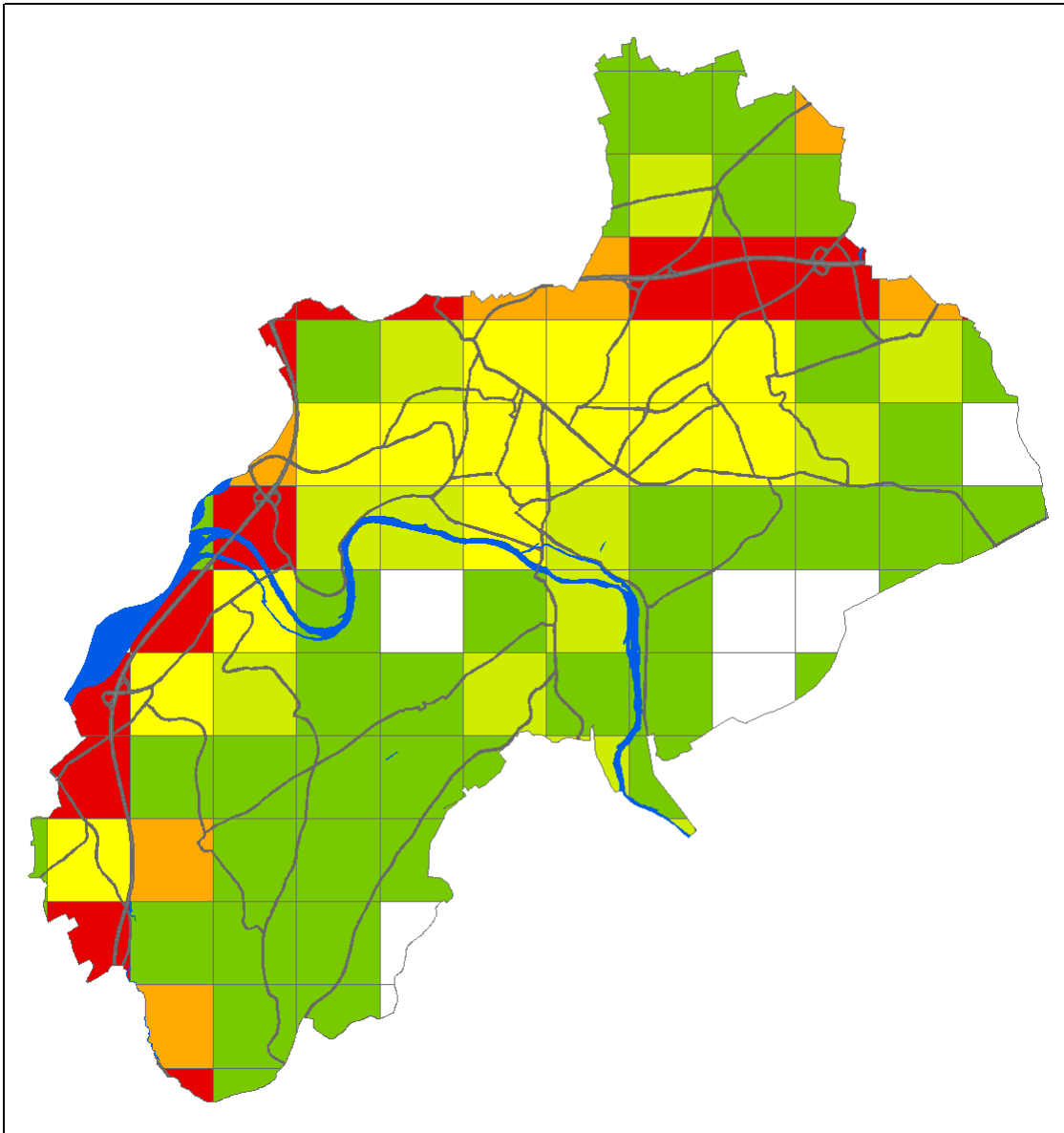
Legende



Regionalverband Ruhr



Karte 20: NOx-Emissionen Kraftfahrzeuge.



Emission Stadt Witten

Karte der NOX - Belastungen [t/(km²/a)] : Kraftfahrzeuge

Legende

| | | |
|--|---|--|
|  0 |  10 - < 20 |  Strassen |
|  < 5 |  20 - < 30 |  Gewässer |
|  5 - < 10 |  > 30 | |

5.2.3 Karte der Emissionen und des Luftaustausches

Die räumliche Verteilung der Emissionen im Stadtgebiet von Witten wird in **Karte 21** für die Emittentengruppen „Genehmigungsbedürftige Anlagen“ und „Hausbrand“ dargestellt. Die Belastung durch den Kfz-Verkehr wird anhand der Verkehrsdichte wiedergegeben, wobei alle Straßen mit einer Mindestbelastung von 20.000 Kfz/Tag als stark belastete Straßen definiert wurden. Alle davon betroffenen Straßenzüge werden in der Synthetischen Klimafunktionskarte als Hauptverkehrsstraßen gekennzeichnet.

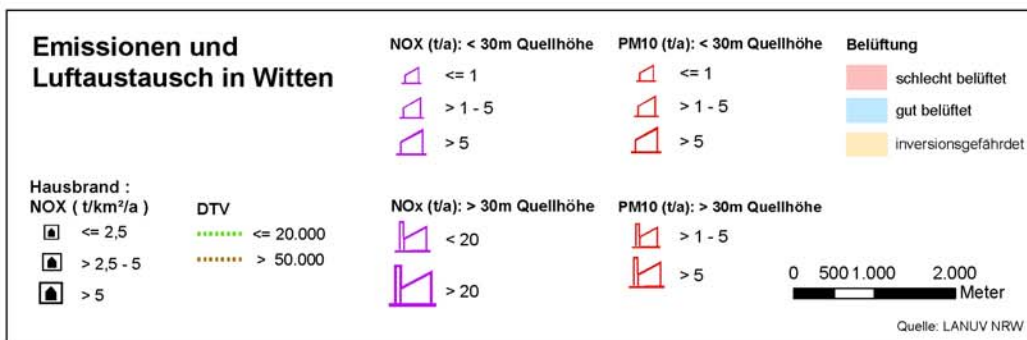
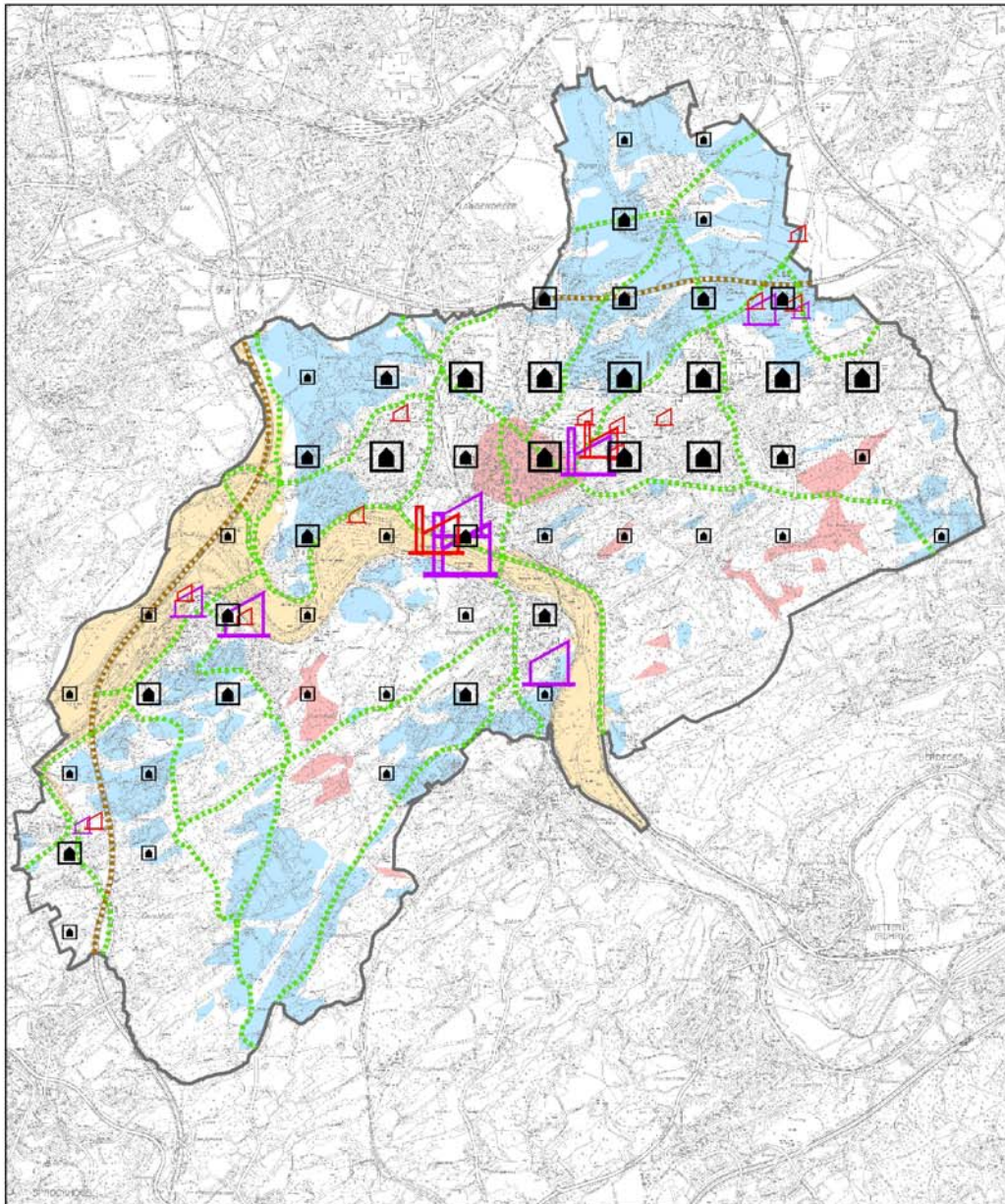
Da für die Luftqualität an einem Standort nicht nur die Emissionen vor Ort eine Rolle spielen, sondern auch der Luftaustausch entscheidend ist, werden zusätzlich zu den Emittenten sowohl schlecht als auch gut belüftete Flächen im Stadtgebiet abgebildet. Alle Standorte, die in keine dieser beiden Kategorien fallen, zeichnen sich durch eine mittlere Belüftungsqualität aus. Die Einstufung in die beiden Belüftungskategorien gibt Auskunft darüber, wie stark die Luftschadstoffe verdünnt und abtransportiert werden können. Die Einteilung in diese Kategorien erfolgte anhand der Auswertung der Geländehöhe und der Oberflächenrauigkeit sowie umfangreicher, im Stadtgebiet durchgeführter Klimamessungen. Eingeschränkte Austauschverhältnisse werden auch durch die Abgrenzung der inversionsgefährdeten Räume (Ruhrtal, Kemnader See) dargestellt.

Schlecht belüftete Räume besitzen ein erhöhtes Immissionspotential, wobei insbesondere die bodennahen Emissionen eine Rolle spielen.

Für die unterschiedlichen Quellgruppen ergeben sich in **Karte 21** folgende Emissionsschwerpunkte:

- Degussa-Hüls-Werk nordöstlich des Stadtkerns mit hohen PM₁₀- und NO₂-Emissionen, die überwiegend in einer Quellhöhe über 30m ausgestoßen werden und sich daher eher regional auswirken.
- Hohe PM₁₀- und NO₂- Emissionen im Ruhrtal, die aufgrund der niedrigen Quellhöhe überwiegend lokal wirksam sind. Aufgrund häufig auftretender Inversionen im Ruhrtal und damit verbundener ungünstiger Belüftungsverhältnisse werden die bodennah freigesetzten Luftschadstoffe hier nur schlecht abtransportiert und führen lokal zu einer hohen Luftbelastung. Zu den bodennah emittierenden Betrieben zählen das Edelstahlwerk Witten-Krefeld, die Stadtwerke Bommern sowie genehmigungsbedürftige Anlagen im Stadtteil Herbede.

Karte 21: Emissionen und Luftaustausch in Witten.



5.3 Darstellung und Beurteilung der Immissionssituation

Die Immissionen der Luft werden in Nordrhein-Westfalen durch das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) mit mehreren aufeinander abgestimmten Messsystemen und Alarmdiensten überwacht.

Zum Luftqualitäts-Überwachungssystem (LUQS) des LANUV gehören sowohl kontinuierlich arbeitende Messeinrichtungen als auch diskontinuierliche Messungen an ortsfesten und mobilen Stationen. In einigen Gebieten finden darüber hinaus Messungen des Staubniederschlags im 1 km Raster statt.

Das Messnetz erfüllt die Anforderungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes und der in nationales Recht umgesetzten Luftqualitätsrichtlinien (www.lanuv.nrw.de).

Die EU hat Richtlinien zur Luftqualität (RL 96/62/EG sowie Tochterrichtlinien) verabschiedet, um den Gesundheitsgefahren durch Luftschadstoffe für die Bevölkerung entgegen zu wirken.

Hierbei regelt die erste Tochterrichtlinie die Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Stickstoffoxide (NO_x als Summe aus Stickstoffdioxid NO₂ und Stickstoffmonoxid NO), Partikel (< 10 µm, PM10) und Blei in der Luft. Darüber hinaus sind für Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid Alarmschwellen festgelegt.

Durch die Novellierung des Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und der 22. Bundes – Immissionsschutzverordnung (22. BImSchV) im September 2002 wurde die EU-Richtlinie in deutsches Recht umgesetzt.

Zweck des BImSchG ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen [www.bmu.de].

Tabelle 12: Grenzwerte und Alarmschwellen der 1. Tochterrichtlinie (1999/30/EG) (www.lanuv.nrw.de sowie HÜWELS)

| | Mittelungszeitraum | Grenzwert/ Alarmschwelle | Toleranzmarge (noch gültig) | Grenzwert einzuhalten seit/ab |
|---|---|--|---|----------------------------------|
| Schwefeldioxid (SO₂) | | | | |
| Grenzwerte)¹ | | | | |
| 1. Gesundheitsschutz | 1 Stunde | 350 µg/m ³ 24 zulässige Überschreitungen pro Jahr | | 01.01.2005 |
| 2. Gesundheitsschutz | 24 Stunden | 125 µg/m ³ 3 zulässige Überschreitungen pro Jahr | | 01.01.2005 |
| 3. Schutz von Ökosystemen | Kalenderjahr und Winter (01.10. – 31.03.) | 20 µg/m ³ | | 19.07.2001 |
| Alarmschwelle)² | | | | |
| Gesundheitsschutz | 1 Stunde | 500 µg/m ³ 3 aufeinanderfolgende Stunden | | |
| Stickstoffdioxid (NO₂) und Stickstoffoxide (NO_x) | | | | |
| Grenzwerte | | | | |
| 1. Gesundheitsschutz | 1 Stunde | 200 µg/m ³ (NO ₂) 18 zulässige Überschreitungen pro Jahr | 2007 – 30 µg/m ³ 2008 – 20 µg/m ³ 2009 – 10 µg/m ³ | 01.01.2010 |
| 2. Gesundheitsschutz | Kalenderjahr | 40 µg/m ³ (NO ₂) | 2007 – 6 µg/m ³ 2008 – 4 µg/m ³ 2009 – 2 µg/m ³ | 01.01.2010 |
| 3. Schutz der Vegetation | Kalenderjahr | 30 µg/m ³ (NO _x) | | |
| Alarmschwelle | | | | |
| Gesundheitsschutz | 1 Stunde | 400 µg/m ³ 3 aufeinanderfolgende Stunden | | |

Immissionen

| Partikel (PM10) | | | | |
|----------------------|--------------|--|--|------------|
| Grenzwerte Stufe 1 | | | | |
| 1. Gesundheitsschutz | 24 Stunden | 50 µg/m ³ 35 zulässige Überschreitungen pro Jahr | | 01.01.2005 |
| 2. Gesundheitsschutz | Kalenderjahr | 40 µg/m ³ | | 01.01.2005 |
| Partikel (PM2,5)* | | | | |
| 1. Gesundheitsschutz | Kalenderjahr | 25µg/m ³ | | 01.01.2010 |
| Blei | | | | |
| Grenzwerte | | | | |
| Gesundheitsschutz | Kalenderjahr | 0,5 µg/m ³ | | 01.01.2005 |
| | | | in unmittelbarer Nachbarschaft bestimmter industrieller Quellen: | |
| | | | 2007 – 0,3 µg/m ³ 2008 – 0,2 µg/m ³ 2009 – 0,1 µg/m ³ | 01.01.2010 |

* voraussichtlich Zielwerte; evtl. Überarbeitung der 1. Tochterrichtlinie

¹ Grenzwerte sind auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder der Umwelt zu vermeiden oder zu verringern, aufgestellt worden. Es gibt neben den Grenzwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit auch Grenzwerte für den Schutz von Ökosystemen (SO₂) und für den Schutz der Vegetation (NO_x).

² Bei der Überschreitung von Alarmschwellen besteht bei kurzfristiger Exposition eine Gefahr für die menschliche Gesundheit. In Abhängigkeit vom Ausmaß und der Dauer der Belastung kann es zu vorübergehenden

Beeinträchtigungen der Lungenfunktion oder/und von Herz-/Kreislauffunktionen bei empfindlichen Personengruppen kommen. Eine Alarmschwelle ist überschritten, wenn in einem Bereich von mind. 100 km² oder im gesamten Gebiet/Ballungsraum an drei aufeinander folgenden Stunden der Konzentrationswert über der jeweiligen Schwelle liegt.

Damit die Grenzwerte eingehalten werden können, müssen an zahlreichen Standorten Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffimmissionen eingeleitet werden. Um die dafür notwendige Zeit einzuräumen, sind für die einzelnen Schadstoffe zeitlich abnehmende **Toleranzmargen** festgelegt worden. Sie sollen das Erreichen der Grenzwerte zum festgesetzten Zeitpunkt gewährleisten.

Wird die Summe aus Grenzwert und Toleranzmarge überschritten, muss für die entsprechenden Gebiete ein Maßnahmenplan aufgestellt werden mit dem Ziel, die Grenzwerte bis zum festgesetzten Zeitpunkt einzuhalten. Toleranzmargen kennzeichnen eine Bandbreite, für die befristet eine Grenzwertüberschreitung toleriert wird und sind nicht als eine befristete Erhöhung der Grenzwerte zu verstehen.

Für Schwefeldioxid und für Stickstoffdioxid sind neben den Grenzwerten auch Alarmschwellen angegeben. Hierbei handelt es sich um Werte, bei dessen Überschreitung bei kurzfristiger Exposition eine Gefahr für die menschliche Gesundheit besteht. Bei Überschreitung der

Alarmschwellen soll die Öffentlichkeit informiert werden. Weiterhin müssen Maßnahmen ergriffen werden, die in Aktionsplänen festgelegt sind.

Die seit dem 13.12.2000 gültige 2. Tochterrichtlinie regelt die Grenzwerte für die Luftschadstoffe Benzol und Kohlenmonoxid. Die Grenzwerte sind in **Tab. 13** aufgeführt.

Tabelle 13: Grenzwerte der 2. Tochterrichtlinie (Richtlinie 2000/69/EG des europ. Parlamentes und des Rates vom 16.11.2000).

| | Mittelungszeitraum | Grenzwert | Toleranzmarge (noch gültig) | Grenzwert einzuhalten seit/ab |
|----------------------|---|----------------------|--|-------------------------------------|
| Benzol | | | | |
| Gesundheitsschutz | Kalenderjahr | 5 µg/m ³ | 2007 – 3 µg/m ³ 2008 – 2 µg/m ³ 2009 – 1 µg/m ³ | 01.01.2010 |
| Kohlenmonoxid | | | | |
| Gesundheitsschutz | Höchster 8- Stundenmittelwert eines Tages | 10 mg/m ³ | | 01.01.2005 |

Auf die 3. Tochterrichtlinie, die sich mit den Luftqualitätszielen für Ozon befasst, soll hier nicht näher eingegangen werden.

5.3.1 Auswertung der MILIS-Stationsdaten für PM10 und NO₂

Die Immissionssituation in Witten wird anhand der gemessenen Konzentrationen an der MILIS-Station Witten-Mitte dargestellt. Die hier ausgewerteten Daten wurden im Zeitraum vom 31.05.2005 bis zum 30.05.2006 erhoben. MILIS-Stationen sind mobile Messstationen, die in der Regel einer nicht kontinuierlichen Luftqualitätsüberwachung unterliegen. Aus diesem Grund liegen die Daten nur für den o.g. Zeitraum vor; Aussagen über die Immissionssituation können

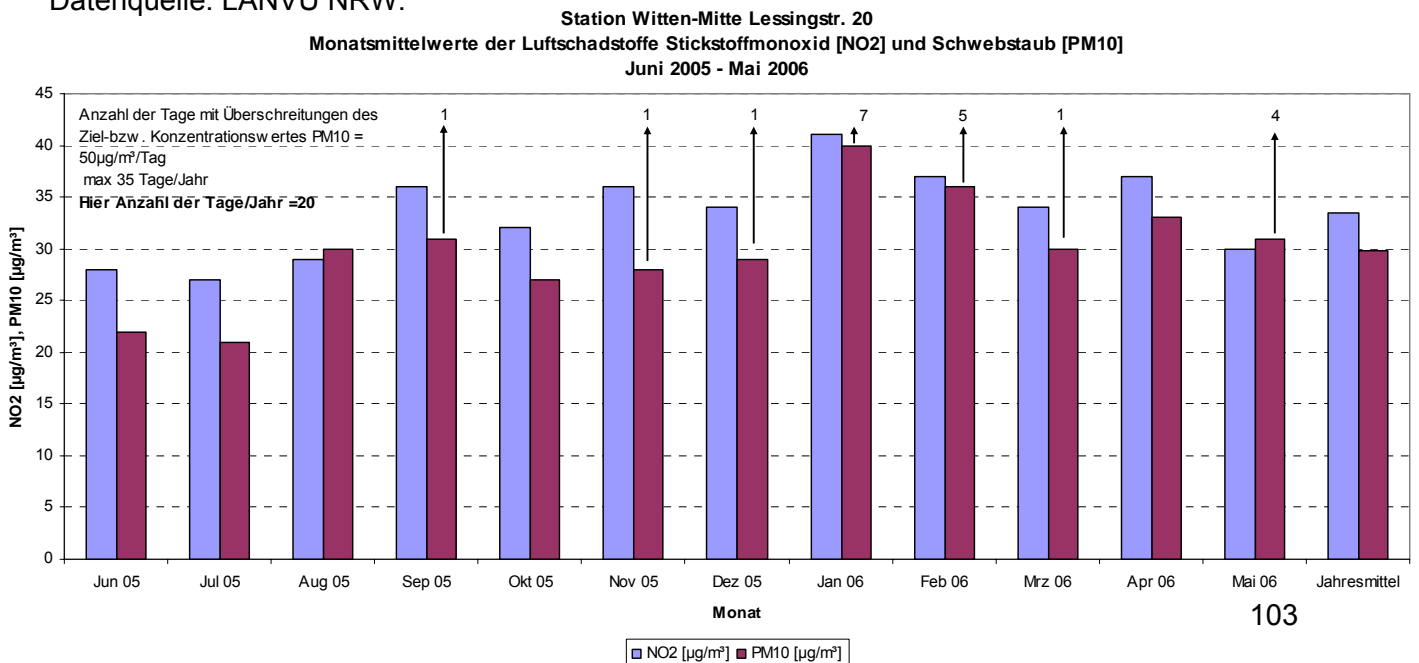
daher für das eigentliche Untersuchungsjahr 2006 nicht getroffen werden. Andere, noch messende Stationen existieren im Stadtgebiet von Witten nicht.

Auf Grund der Werte lassen sich allgemeine Aussagen zur Immissionssituation im Stadtgebiet von Witten treffen, die wie folgt zusammengefasst werden können:

- die in der 1. Tochterrichtlinie angegebenen Grenzwerte werden weder erreicht noch überschritten
- die Anzahl der Überschreitungstage mit mindestens 50 µg/m³ PM10 an 35 Tagen wird nicht erreicht; der Jahresmittelwert für den o.g. Zeitraum beträgt 20 µg/m³.
- der Jahresmittelwert von 40 µg/m³ wird weder bei PM10 noch bei NO₂ erreicht

Abbildung 17: Monatsmittelwerte der Luftschadstoffe NO₂ und PM10 an der MILIS Station Witten-Mitte.

Datenquelle: LANVU NRW.



Ein detailliertes Bild der Immissionssituation in Witten kann die Betrachtung der Tages- und Jahresgänge der Luftbelastung sowie der Schadstoffwindrosen vermitteln.

Diese erlauben die zeitliche Verknüpfung der Messwerte mit der jeweiligen klimatischen Situation und der Emissionssituation. Im Folgenden werden daher diese Darstellungen für die Schadstoffe NO₂ und PM10 betrachtet.

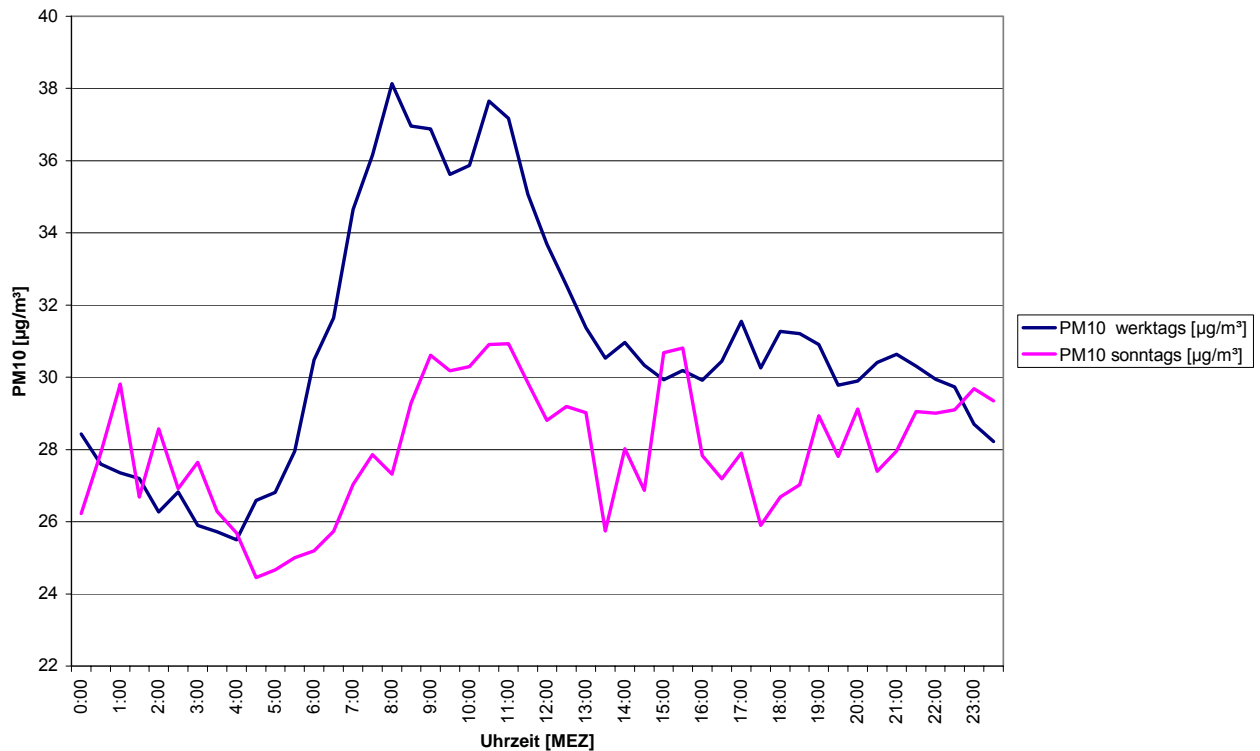
5.3.1.1 Feinstaub (PM10)

Das **Isoplethendiagramm** für die Feinstaubkonzentrationen zeigt deutlich erhöhte Werte in den Monaten mit austauscharmer Witterung. Insbesondere der Januar war geprägt durch ein ausgedehntes Hochdruckgebiet mit lang anhaltender Inversion. In dieser austauscharmen Situation machten sich erhöhte Feinstaubbelastungen bemerkbar. Diese wurde zusätzlich durch die Belastungsspitzen am Vormittag und Abend noch erhöht. Die Belastungsspitzen traten in der Regel zwischen ca. 7:00 und 11:00 Uhr und zwischen 15:00 und 19:00 Uhr während der Rush-hour auf. Während der übrigen Stunden ist eine deutliche Konzentrationsabnahme nachweisbar. Das Diagramm in **Abb. 18** zeigt noch einmal deutlich die Abhängigkeit der PM10-Konzentrationen vom Verkehrsaufkommen.

Abbildung 18: Tagesgänge der PM10-Konzentrationen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] an der MILIS-Station Witten.

Datengrundlage: 01.06.2005 – 31.05.2006.

Datenquelle: LANUV NRW.



Schadstoffwindrosen geben Aufschluss über die Schadstoffimmissionen in Abhängigkeit von der Windrichtung und damit über die Richtungen, aus denen besonders hohe bzw. besonders niedrige Schadstoffkonzentrationen zum Messstandort verfrachtet werden. Deutlich erkennbar ist die bevorzugte Anströmrichtung aus südwestlichen Richtungen. Darin zeigt sich, dass hohe Feinstaubkonzentrationen nicht alleine auf das hohe Verkehrsaufkommen zurückzuführen sind, sondern auch industrielle Verursacher für die hohen Feinstaubkonzentrationen relevant sind. So wird vom Gelände des Edelstahlwerks Witten-Krefeld bei südwestlichen Windrichtungen ein gewisser Anteil Feinstäube bis in das Gebiet der Messstation verfrachtet.

Abbildung 19: 36- teilige Schadstoffwindrose PM10 für die MILIS-Station Witten-Mitte

Datengrundlage: 01.06.2005 – 31.05.2006.

Datenquelle: LANUV NRW.

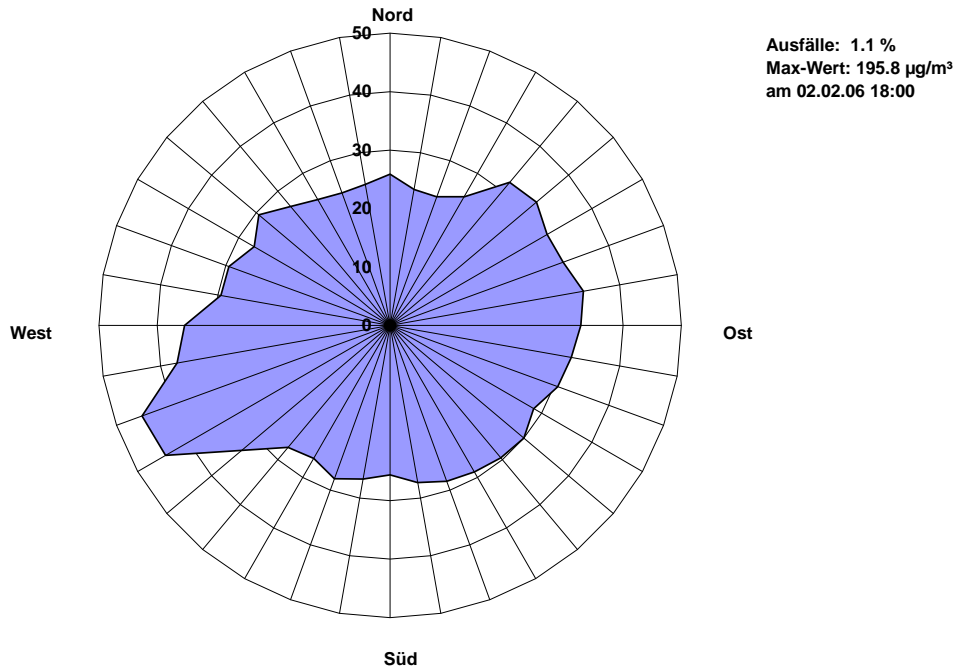
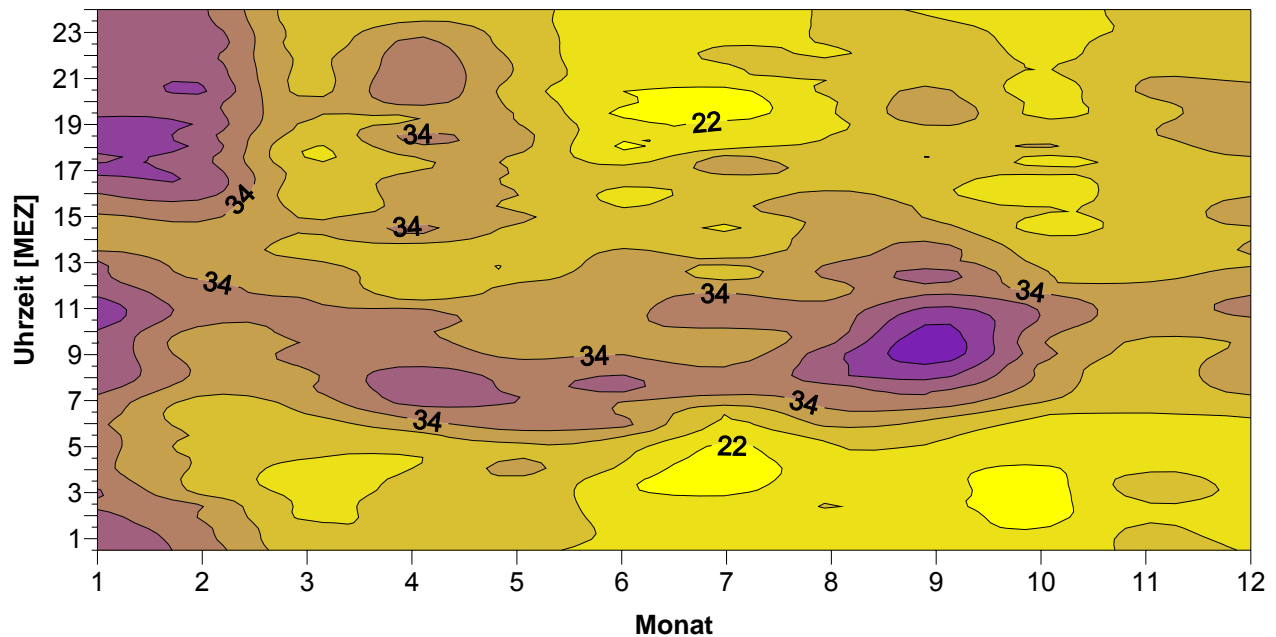


Abbildung 20: Isolethendiagramm für die PM10-Belastungen an der MILIS-Station Witten-Mitte.

Datengrundlage: 01.06.2005 – 31.05.2006.

Datenquelle: LANUV NRW.



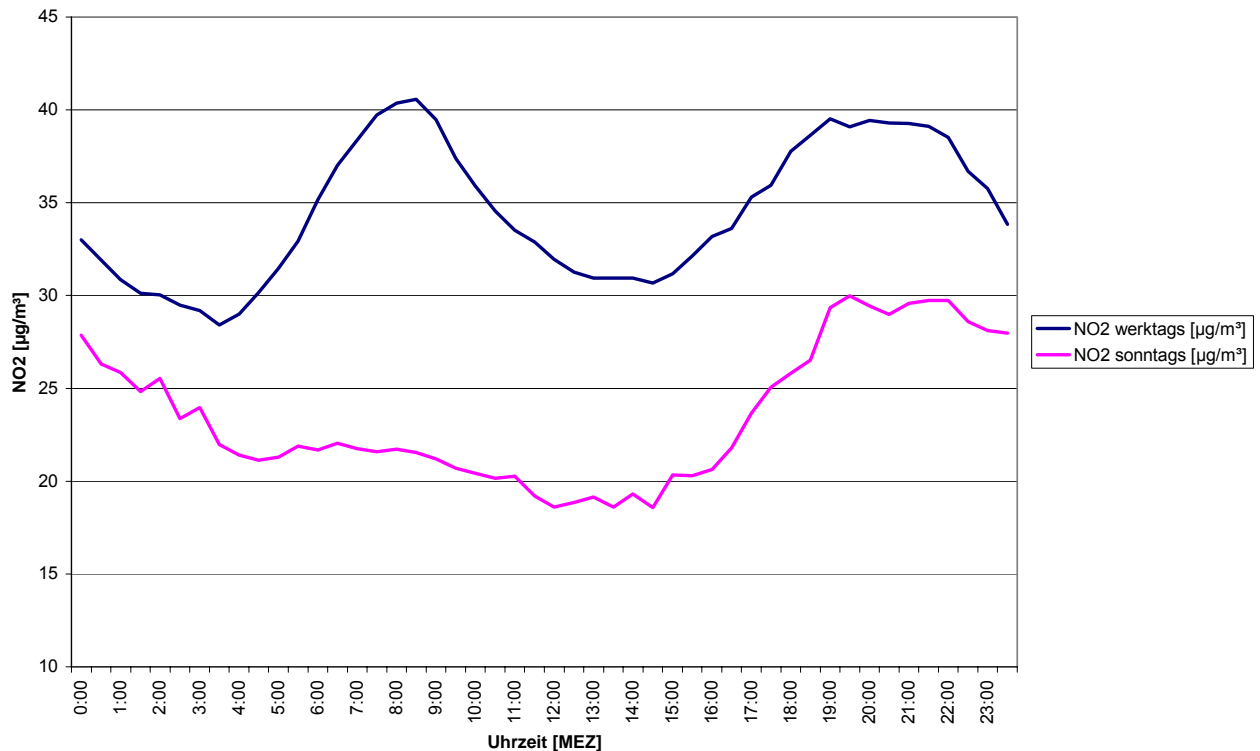
5.3.1.2 Stickstoffdioxid (NO₂)

Die gemessenen Stickstoffdioxid-Konzentrationen liegen an der Wittener Messstation auf einem relativ niedrigen Niveau. So liegt die ½-Stunden-Maximalbelastung bei 88 µg/m³. Der in **Abb. 21** dargestellte Tagesgang der NO₂-Konzentrationen für die Werktage Montag bis Samstag sowie die Sonntage zeigt auch hier – ähnlich wie für die PM10-Belastungen – eine deutliche Abhängigkeit der Werte von der Verkehrsbelastung.

Abbildung 21: Tagesgänge der NO₂-Konzentrationen [µg/m³] an der MILIS-Station Witten.

Datengrundlage: 01.06.2005 – 31.05.2006.

Datenquelle: LANUV NRW.



Das Isoplethendiagramm verdeutlicht eine zeitliche Variation der NO₂-Belastungen, die u.a. in Zusammenhang mit der Abhängigkeit der Ozonentstehung durch Umwandlungsprozessen von NO in NO₂ steht. Zur Bildung von Ozon in der Troposphäre ist Sonnenenergie notwendig, daher tritt Ozon vermehrt im Sommer auf und erreicht dann auch die höchsten Konzentrationen. Durch das große Angebot an Ozon im Sommer werden leicht oxidierbare Komponenten wie NO in NO₂ umgewandelt. Da diese Reaktion zeitverzögert zur Ozonbildung eintritt, sind die höchsten NO₂-Konzentrationen erst in den Abendstunden nachweisbar. Die geringeren Konzentrationen tagsüber sind mit der verbesserten Durchmischung der bodennahen Luftschichten zu erklären, denn in den Nachmittagsstunden ist der konvektive Luftaustausch mit höheren Atmosphärenschichten am intensivsten. Die Windgeschwindigkeit nimmt im Mittel zwei Stunden nach Sonnenhöchststand ihre höchsten Werte an.

Die höchsten Belastungen sind im Winter nachweisbar, da dann neben den Kfz-bedingten Emissionen bei NO₂ zusätzlich auch Hausbrandemissionen eine Rolle spielen. Darüber hinaus hat die Wetterlage einen wesentlichen Einfluss auf die Austauschsituation und damit die

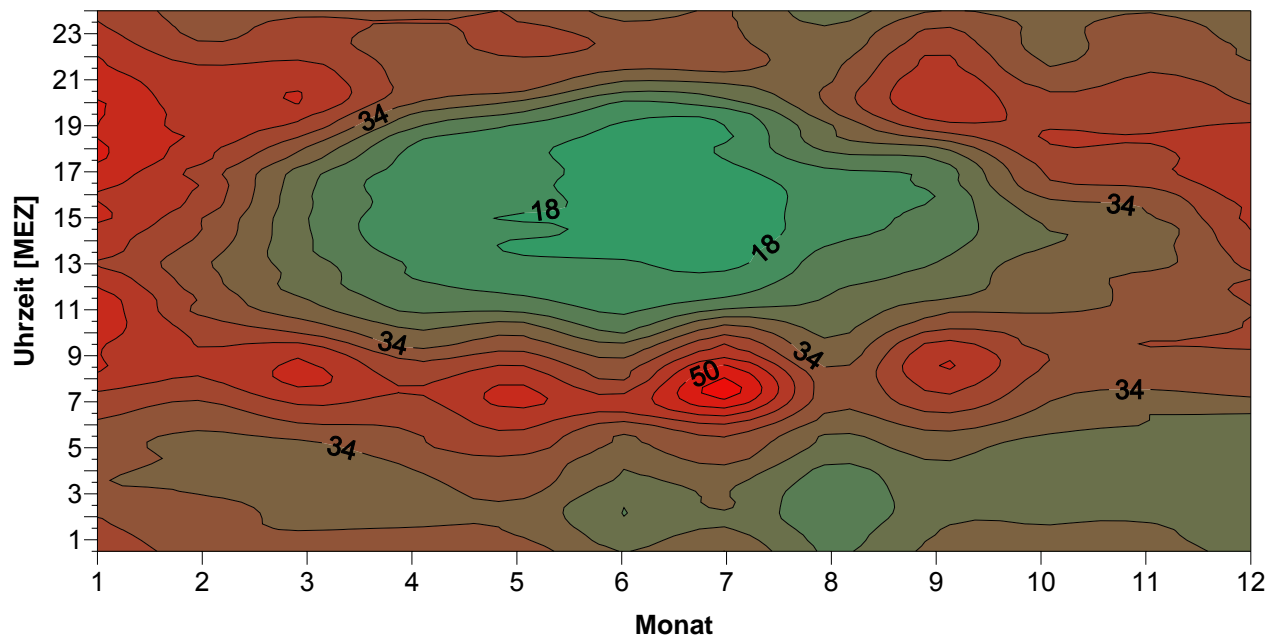
Immissionen

Immissionssituation. Bei austauscharmen Wetterlagen in den Wintermonaten können die Schadstoffe schlechter abtransportiert werden, was die hohen Belastungen in dieser Jahreszeit erklärt.

Abbildung 22: Isolethendiagramm für die NO₂-Belastungen an der MILIS-Station Witten-Mitte.

Datengrundlage: 01.06.2005 – 31.05.2006.

Datenquelle: LANUV NRW.

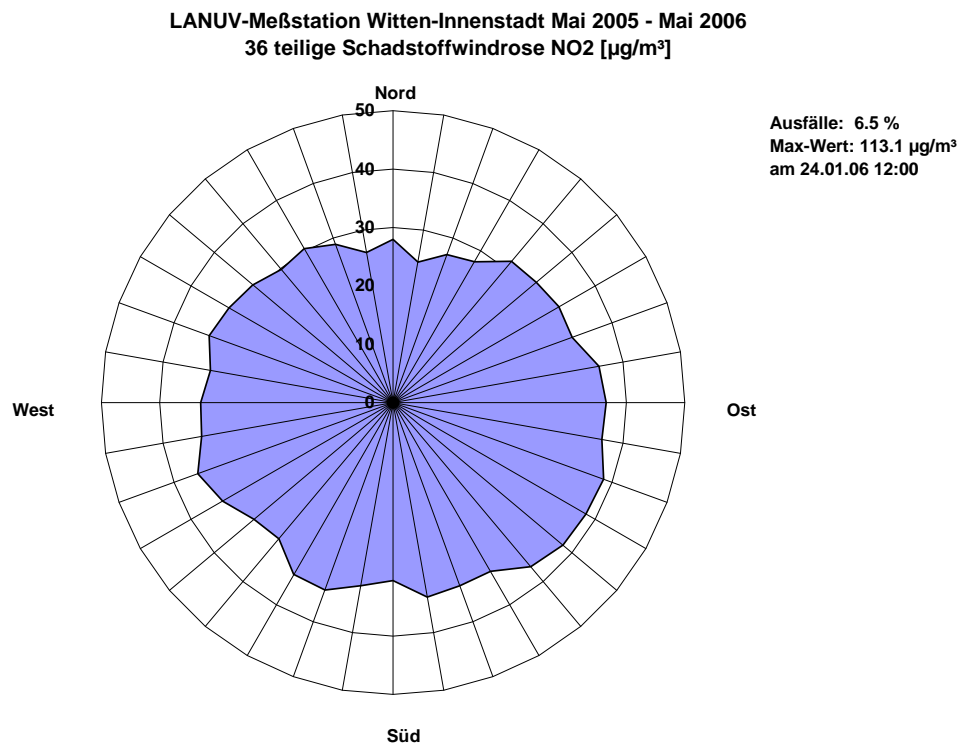


Die Schadstoffwindrose zeigt im Jahresmittel eine weitgehend gleichförmige Verteilung mit leicht erhöhten Werten aus östlichen Richtungen.

Abbildung 23: 36- teilige Schadstoffwindrose NO₂ für die MILIS-Station Witten-Mitte

Datengrundlage: 01.06.2005 – 31.05.2006.

Datenquelle: LANUV NRW.



6 Die Synthetische Klimafunktionskarte

Im Vergleich zu der räumlichen Darstellung einzelner Klimaelemente in herkömmlichen Klimakarten werden in der synthetischen Klimafunktionskarte komplexe Struktur-, Beziehungs- und Funktionsgeflechte zusammengefasst und kartographisch dargestellt [VDI 1994].

Die Gliederung des Stadtgebietes von Witten erfolgt nach klimatischen Gesichtspunkten unter Einbezug stadtklimatologischer Untersuchungen und unter Berücksichtigung der morphologischen Verhältnisse sowie der realen Flächennutzung.

Die auf diese Weise entstandene Synthetische Klimafunktionskarte teilt das Stadtgebiet in **Klimatope** ein. Hierunter sind Flächen mit vergleichbaren mikroklimatischen Verhältnissen zu verstehen.

Neben dem Relief gehören die Flächennutzungsstrukturen zu den wichtigsten Klimaelementen, die für die Zuordnung eines Gebietes zu einem Klimatop entscheidend sind. So ist in der Regel von vergleichbaren mikroklimatischen Bedingungen auszugehen, wenn ähnliche oder gleiche Flächennutzungsstrukturen bei gleichen oder ähnlichen Reliefeigenschaften vorliegen.

In Bezug auf die Abgrenzung der Klimatope ist anzumerken, dass sich klimatische Prozesse nicht linienscharf an Bebauungs- und Nutzungsgrenzen anpassen, sondern fließende Übergänge zu benachbarten Flächen bilden. Daher dürfen die Abgrenzungen der Klimatope innerhalb der Synthetischen Klimafunktionskarte nicht als flächenscharfe Grenzziehungen aufgefasst werden.

In der Klimafunktionskarte sind neben den Klimatopen **spezifische Klimateigenschaften** dargestellt. Hierunter sind zusätzliche Modifikationen der Klimatepeneigenschaften einzelner Flächen durch natürliche und anthropogene Klimafaktoren zu verstehen. In einer dritten Informationsebene sind die für die **Belüftung** bedeutsamen Bereiche anhand von Pfeilsignaturen hervorgehoben.

Auf der Basis der Synthetischen Klimafunktionskarte erfolgt die Ableitung der **Planungshinweise** für das Stadtgebiet.

6.1.1 Die Klimatope

Gewässer-/Seeklima

Gewässer- bzw. Seeklimate zeichnen sich tagsüber durch deutlich reduzierte Erwärmungsraten aufgrund des durch die Verdunstung herabgesetzten fühlbaren Wärmestroms aus.

Während Wasserflächen am Tage relativ kühl sind, sind sie nachts dagegen relativ warm. Dieses Phänomen ist auf die hohe Wärmekapazität des Wassers zurückzuführen, die nur schwache tagesperiodische Temperaturunterschiede an der Gewässeroberfläche ermöglicht. Ein zusätzlich positiver Effekt für die klimatische Situation wird durch die geringe Rauigkeit von Gewässerflächen bewirkt, wodurch Austausch- und Ventilationsverhältnisse begünstigt werden.

| Gewässerklima | |
|--|--|
| klimatische Gunstfaktoren | klimatische Ungunstfaktoren |
| ☺ Die geringe Oberflächenrauigkeit begünstigt die Belüftungsfunktion | ☹ Kaltluft erwärmt sich beim Überströmen von Wasserflächen |
| ☺ Reduzierte Erwärmung am Tage mit gleichzeitig hoher Verdunstung | ☹ Die bioklimatisch günstige Situation ist auf den Ufersaum beschränkt |
| ☺ Geringe thermische und bioklimatische Belastung tagsüber im Uferbereich | ☹ Aufgrund der hohen Wärmekapazität der Wasserkörper kühlen diese nachts nur gering ab |
| ☺ Keine Emissionen | ☹ Erhöhte Nebelbildung |
| ☺ Die Reliefsituation der Bachläufe begünstigt den Kaltlufttransport in die Bebauung | |

Als einziges großes Stillgewässer auf Wittener Stadtgebiet ist der Kemnader See klimatisch wirksam. Bei den übrigen Stillgewässern handelt es sich um kleinere Teichanlagen innerhalb von Waldflächen (z.B. der Hammerteich im Hohensteiner Wald) sowie im südlichen Freilandbereich des Stadtgebietes.

Neben den Stillgewässern erlangen die im Süden und Südosten zahlreich vorkommenden Bachläufe eine klimatische Bedeutung. Sie sind bedeutsam als windoffene Ventilationsschneisen und rauigkeitsarme Luftleitbahnen während gradientschwacher Strahlungstage. Dem Ruhrtal, das das Stadtgebiet von Westen nach Osten durchzieht, kommt hierbei sowohl für die Belüftungsrichtung als auch für die Häufung von Inversionen eine besondere Bedeutung zu.

Freilandklima

Dieser Klimatoptyp gibt die Verhältnisse des Freilandes wieder. Freilandklimate stellen sich über den überwiegend landwirtschaftlich genutzten Außenbereichen ein und zeichnen sich durch ungestörte Tagesgänge von Temperatur und Feuchte sowie nahezu unveränderte Windströmungsbedingungen aus. Da zudem in diesen Bereichen keine Emittenten angesiedelt sind, handelt es sich um bedeutsame Frischluftgebiete mit einer hohen Ausgleichswirkung für die in bioklimatischer und immissionsklimatischer Hinsicht belasteten Gebieten mit Wohnbebauung. Bei geeigneten Wetterlagen tragen landwirtschaftlich genutzte Flächen darüber hinaus zur Kaltluftbildung bei.

| Freilandklima | |
|--|--|
| klimatische Gunstfaktoren | klimatische Ungunstfaktoren |
| <ul style="list-style-type: none"> ☺ Geringe Schwüle- und Wärmebelastung und hoher bioklimatischer Stellenwert als Erholungsraum ☺ Geringe Veränderungen des Windfeldes ☺ Wertvolle Frischluft Räume ☺ Keine Emissionen ☺ Landwirtschaftlich genutzte Flächen mit hoher Kaltluftproduktion (starke Abkühlung in den Nachtstunden) ☺ Klimaökologische Ausgleichsräume für angrenzende Bebauungsstrukturen | <ul style="list-style-type: none"> ☹ Bedingt durch die geringe Rauigkeit Winddiskomfort möglich ☹ Bodeninversionen während autochthoner Strahlungsnächte fördern das Immissionspotential ☹ Erhöhter Heizenergiebedarf im Vergleich zu den städtischen Bereichen |

Von regionaler Bedeutung sind die Freiflächen im Süden des Stadtgebietes von Witten; hier besteht in Verbindung mit den großen Waldflächen ein hoher Freizeit- und Erholungswert. Aus klimatischer Sicht haben sie darüber hinaus einen hohen Stellenwert als Kaltluftproduktionsgebiete. Der in lufthygienischer Hinsicht belastete Stadtkern von Witten profitiert von den positiven Eigenschaften der Freiflächen im Süden bei südlichen bis westlichen Windrichtungen durch den Transport von unbelasteten Luftmassen nach Norden.

Nicht weniger bedeutsam sind die Freiflächen im Norden im Umfeld des Stadtteils Stockum, da auch hier aufgrund der Flächengröße Kaltluftmassen produziert werden, und die Belüftungsverhältnisse relativ günstig sind. Bei nördlichen bis östlichen Windrichtungen, die in der Regel mit niedrigen Windgeschwindigkeiten einhergehen, erlangen diese Freiflächen eine

besonders große Bedeutung, da sie zur Frischluftzufuhr für die belasteten umliegenden städtischen Bebauungsstrukturen beitragen können. Ein weiterer positiver Effekt wird durch die Freilandflächen im Westen des Stadtgebietes ausgeübt, da diese einerseits einen Puffer zur benachbarten Stadt Dortmund darstellen und andererseits die Belüftungssituation im westlichen Stadtgebiet verbessern.

Waldklima

Typische Merkmale des Waldklimas sind stark gedämpfte Temperatur- und Feuchteamplituden, die eine Folge des Energieumsatzes im Stammraum (verminderte Ein- und Ausstrahlung) sind. Waldflächen erweisen sich daher aufgrund sehr geringer thermischer und bioklimatischer Belastungen als wertvolle Regenerations- und Erholungsräume. Bei geringen oder fehlenden Emissionen sind Waldflächen darüber hinaus Frischluft- und Reinluftgebiete, können jedoch im Gegensatz zu den unbewaldeten Freiflächen aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion übernehmen. Daher zeichnen sie sich auch durch niedrige Windgeschwindigkeiten im Stammraum aus. Oberhalb des Kronenraumes, der Hauptumsatzfläche für energetische Prozesse, kann auch bei Waldbeständen Kaltluft gebildet werden.

Hervorzuheben ist weiterhin die Filterkapazität der Waldflächen gegenüber Luftschadstoffen. Durch Ad- und Absorption können Waldflächen gas- und partikelförmige Luftschadstoffe ausfiltern.

| Waldklima | |
|--|--|
| klimatische Gunstfaktoren | klimatische Ungunstfaktoren |
| <ul style="list-style-type: none"> ☺ Mildes ausgeglichenes Stammraumklima aufgrund des gedämpften Tagesgang der Lufttemperaturen bei allgemein tiefen Temperaturen ☺ Sehr geringe thermische und bioklimatische Belastung ☺ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen ☺ Keine Emissionen ☺ Frischluft- und Reinluftgebiete | <ul style="list-style-type: none"> ☹ Aufgrund der hohen Oberflächenrauigkeit keine Luftleitfunktion |

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ☺ Filter für gas- und staubförmige Luftschadstoffe ☺ Wertvolle Regenerations- und Erholungsräume | |
|---|--|

Im Stadtgebiet von Witten existieren zahlreiche und z.T. große Waldflächen, die sich vor allem auf den Süden und Osten des Stadtgebietes konzentrieren. Insbesondere an der östlichen Stadtgrenze bilden sie einen großen Pufferraum zur Nachbarstadt Wetter.

Vereinzelt finden sich kleinere Waldflächen, die in die offene Kulturlandschaft eingestreut sind, auch im Norden und Nordwesten sowie innerhalb des städtischen Lastraums.

Parkklima

Parkklimata sind gekennzeichnet durch aufgelockerte Vegetationsstrukturen mit Rasenflächen und reich strukturierten lockeren Baumbeständen. Sowohl tagsüber als auch in der Nacht treten die Park- und Grünanlagen als Kälteinseln hervor (Oaseneffekte).

Die klimatischen Verhältnisse von Park- und Grünanlagen sind zwischen Freiland- und Waldklima einzustufen. In Abhängigkeit von der Größe der Parkanlagen, deren Ausstattung sowie von der Anbindung an die Bebauung variiert deren klimatische Reichweite. Die Auswirkungen in die Randbereiche der Umgebung sind meist gering.

| Parkklima | |
|--|---|
| klimatische Gunstfaktoren | klimatische Ungunstfaktoren |
| <ul style="list-style-type: none"> ☺ Gedämpfter Tagesgang der Lufttemperaturen und der Windgeschwindigkeiten ☺ Lokale Abkühlungseffekte durch Schattenzonen und erhöhte Verdunstungsraten (Oaseneffekt) ☺ Geringe thermische und bioklimatische Belastungen am Tage ☺ Größere parkartige Grünflächen erweisen sich als innerstädtische Kaltluftproduzenten ☺ Vielfältig variierende Ein- und Ausstrahlungsbedingungen ☺ Keine Emissionen | <ul style="list-style-type: none"> ☹ Das günstige Bioklima begrenzt sich in der Regel auf die Fläche selbst ☹ Keine Fernwirkung (≤ 200 m) |

| | |
|---|--|
| ☺ Filter für gas- und staubförmige Luftschadstoffe | |
| ☺ Wertvolle Regenerations- und Erholungsräume | |

Das Wittener Stadtgebiet weist einige Park- und parkähnliche Strukturen auf, wobei sich die meisten auf die locker bebauten Siedlungsflächen konzentrieren (Rüdinghausen, Wullen, Heven und Bommern). Im eigentlichen Lastraum des Wittener Stadtgebietes, der Innenstadt, kommen nur wenige kleinere Park- und Grünflächen vor. Hierzu zählen der Lutherpark sowie die Grünflächen südöstliche der Innenstadt. Für diese meist kleinen und z.T. isoliert liegenden Park- und Grünflächen gilt, dass ihre klimatische Bedeutung meist auf die Fläche selbst beschränkt ist. Eine Wirkung über die Fläche hinaus ist nicht zu erwarten.

Die größeren Park- und Grünflächen sind bezüglich ihrer klimatischen Wirkung insbesondere dann von Bedeutung, wenn sie mit anderen Frei- oder Waldflächen in Verbindung stehen, da dadurch der Ausgleichsraum vergrößert wird. So kann den Grünflächen in Wullen eine besondere Funktion zugesprochen werden, da sie in Verbindung mit den umgebenden Freilandflächen einen insgesamt großen Regenerationsraum darstellen. Der dadurch entstehende fast unbesiedelte Raum innerhalb des Stadtgebietes begünstigt das Klima und die Luftqualität der umgebenden Bebauungsflächen. Auch das Relief spielt hierbei eine zentrale Rolle, denn nur aufgrund des Gefälles können Kaltluftmassen von den höheren Bereichen in die bebauten Gebiete abfließen. Nachgewiesen werden konnten solche Kaltluftabflüsse insbesondere für den Bereich um den Parkfriedhof an der Messstation Pferdebachstraße.

Kaltluftabflüsse sind ebenfalls von den Grünflächen an der Herdecker Straße zu erwarten, da auch hier das Gefälle in Richtung der dichten Bebauung von Wullen geneigt ist.

Vorstadtklima

Das Vorstadtklima bildet den Übergangsbereich zwischen den Klimaten der dichter bebauten Flächen und den Klimaten des Freilandes. Charakteristisch für Flächen, die dem Vorstadtklima zugeordnet werden, sind in erster Linie Bebauungsstrukturen mit einem geringeren Versiegelungsgrad und stärkerer Durchgrünung mit Baum- und Strauchvegetation.

Dieser Klimatotyp ist charakteristisch für die Vorstadtsiedlungen, die im unmittelbaren Einflussbereich des Freilandes stehen und dadurch günstige bioklimatische Verhältnisse aufweisen. Das Klima in den Vorstadtsiedlungen zeichnet sich durch eine leichte Dämpfung der

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

| Vorstadtklima | |
|---|---|
| klimatische Gunstfaktoren | klimatische Ungunstfaktoren |
| <ul style="list-style-type: none"> ☺ Zum Teil ausgeprägte Winddämpfung, die wohnklimatisch günstig einzustufen ist, da die Aufenthaltsqualität im Winter und in den Übergangsjahreszeiten im Freien verbessert wird ☺ Die Nähe zu regionalen und lokalen Ausgleichsflächen begünstigt die Zufuhr kühlerer und frischerer Luftmassen ☺ Die starke Abkühlung in der Nacht wirkt der Ausbildung „heißer Nächte“ entgegen, so dass ein optimales Wohn- und Schlafklima resultiert ☺ Hohe Variabilität der Mikroklimata durch das Nebeneinander unterschiedlich stark verdichteter Wohngebiete (Einfamilienhäuser, lockere Reihenhausbebauung, offene Bauungsstrukturen) sowie Park- und Grünflächen | <ul style="list-style-type: none"> ☹ Natürliche Ungunstlagen, wie Mulden und Senken können lokal zur Erhöhung des bioklimatischen Belastungspotentials beitragen ☹ Wärmebelastungen am Tage können durch fehlende Abschattungsstrukturen (hoher Rasenanteil im Wohnumfeld, geringer Baumbestand) erhöht sein ☹ Eingeschränkte vertikale Austauschverhältnisse während windschwacher Strahlungswetterlagen können bedingt durch lokale bodennahe Emittenten das Immissionsrisiko erhöhen ☹ Im Einflußbereich windexponierter Kuppenlagen oder bodennaher Kaltluftströme erhöhter Heizenergiebedarf |

Im Stadtgebiet von Witten kommt dieser Klimatotyp sowohl in dem durch Freilandklimatope dominierten Süden sowie im Stadtrandbereich von Witten vor (Rüdinghausen, südliches Annen, Heven sowie im Umfeld der Universität Witten-Herdecke).

Stadtrandklima

Das Stadtrandklima unterscheidet sich vom Vorstadtklima in erster Linie durch zwei Aspekte: zum einen durch eine dichtere Bebauung und zum anderen durch einen geringeren Grünflächenanteil. Dennoch handelt es sich um Bereiche mit einer noch lockeren Bebauung

und einer relativ guten Durchgrünung. Hieraus resultiert eine nur schwache Ausprägung von Wärmeinseln. Ein ausreichender Luftaustausch sowie in der Regel gute bioklimatische Bedingungen sind in diesen Stadtbezirken gewährleistet.

Charakteristisch für die Wohngebiete des Stadtklimas ist, dass die stadtklimatischen Effekte nur einen geringen und selten belastenden Ausprägungsgrad erreichen. Dies ist nicht zuletzt auch eine Folge von Überlagerungseffekten durch geländeklimatische Faktoren wie Kaltluftströme oder Bodeninversionen.

Nachts findet in den Gebieten eine relativ starke Abkühlung statt, tagsüber kommt es nur zu geringen bis leichten Erwärmungsraten. Das Windfeld weist meist geringe Strömungsveränderungen auf. Durch die relative Nähe zu regionalen und lokalen Ausgleichsräumen ist eine Frischluft- und Kaltluftzufuhr auch während gradientschwacher Wetterlagen gewährleistet.

| Stadtrandklima | |
|---|---|
| klimatische Gunstfaktoren | klimatische Ungunstfaktoren |
| <ul style="list-style-type: none"> ☺ Die zum Teil ausgeprägte Winddämpfung wirkt sich wohnklimatisch günstig aus und führt zu einer Einsparung an Heizenergie ☺ Durch die Nähe zu regionalen und lokalen Ausgleichsräumen wird die Frischluft- und Kaltluftzufuhr während windschwacher Wetterlagen begünstigt ☺ Optimales Wohn- und Schlafklima durch eine starke nächtliche Abkühlung im Sommer ☺ Lokale und regionale Grünzonen sind häufig fußläufig zu erreichen ☺ Hohe Variabilität der Mikrokimate durch das Nebeneinander unterschiedlich stark verdichteter Wohngebiete (Einfamilienhäuser, lockere Reihenhausbebauung, offene Bebauungsstrukturen) und Park- und Grünflächen | <ul style="list-style-type: none"> ☹ Natürliche Ungunstlagen, wie Mulden und Senken können lokal zur Erhöhung des bioklimatischen Belastungspotentials beitragen ☹ Wärmebelastungen am Tage können durch fehlende Abschattungsstrukturen (hoher Rasenanteil im Wohnumfeld, geringer Baumbestand) erhöht sein ☹ Eingeschränkte vertikale Austauschverhältnisse während windschwacher Strahlungswetterlagen können bedingt durch lokale bodennahe Emittenten das Immissionsrisiko erhöhen ☹ Im Einflussbereich bodennaher Kaltluftströme und windexponierter Kuppenlagen erhöhter Heizenergiebedarf |

Das Stadtgebiet von Witten weist große Flächen mit Stadtrandklima auf. Hierzu zählen die Stadtteile Stockum, Herbede, Heven-Ost, Crengeldanz, Annen-Nord und Bommern-Zentrum.

Die klimatischen Verhältnisse im Stadtgebiet von Witten sind somit in weiten Teilen als relativ günstig einzustufen.

Stadtklima

Kennzeichnend für das Stadtklima ist eine überwiegend dichte, geschlossene Zeilen- und Blockbebauung mit meist hohen Baukörpern und engen Straßen.

Während austauscharmer Strahlungsnächte kommt es bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad, die hohen Oberflächenrauigkeiten und geringen Grünflächenanteile zu einer Zunahme der Überwärmungstendenz.

Die dichte städtische Bebauung verursacht also ausgeprägte Wärmeinseln mit eingeschränkten Austauschbedingungen, die z.T. mit ungünstigen bioklimatischen Verhältnissen und hoher Luftbelastung einhergehen. Durch die Ausbildung von Wärmeinseln in den Nachtstunden wird ein konvektiver Durchmischungsraum aufrechterhalten, so dass seltener Bodeninversionen auftreten als in den Freilandbereichen und den lockerer bebauten Siedlungsflächen.

| Stadtklima | |
|---|---|
| klimatische Gunstfaktoren | klimatische Ungunstfaktoren |
| <p>☺ Durch die Rauigkeit bedingte Windgeschwindigkeitsreduktionen sind unter der Voraussetzung geringer bodennaher Schadstoffemissionen wohnklimatisch und heizklimatisch als günstig einzustufen</p> <p>☺ Kältestress und Winddiskomfort werden durch die Bebauungsstrukturen reduziert</p> <p>☺ Während Inversionswetterlagen trägt der Wärmeinseleffekt zu einer Aufrechterhaltung eines bodennahen Durchmischungsraumes bei; bodennahe Luftschadstoffe werden verdünnt</p> <p>☺ Großkronige Bäume senken die Wärmebelastung innerhalb der Wohngebiete</p> | <p>☹ Innerhalb enger Straßenzüge eingeschränkte Austauschverhältnisse sowie Wärmestau durch direkte Sonneneinstrahlung</p> <p>☹ erhöhtes Schwülepotential in engen austauscharmen Straßenschluchten</p> <p>☹ fehlende Abschattungsstrukturen durch verdunstungsaktive Baumkronen fördern die Hitze- und Wärmebelastung</p> <p>☹ Im Einflussbereich bodennaher Schadstoffemittenten (v.a. Kfz-Verkehr) erhöhtes Immissionspotential durch eingeschränkte horizontale Austauschverhältnisse</p> <p>☹ Lang anhaltende nächtliche Überwärmungsphasen können sich im Sommer negativ auf das Innenraumklima auswirken</p> |

Die größten als Stadtklimatop gekennzeichneten Siedlungsgebiete sind um die Kernzone von Witten herum anzutreffen und bilden zusammen mit der Innenstadt sowie den angrenzenden Gewerbe- und Industriegebieten eine relativ große Lastraumzone.

Kennzeichnend für die Stadtklimatope ist u.a. eine straßenparallele Be- und Entlüftungssituation, wie sie z.B. im Bereich der Ardeystraße nachweisbar ist. Die Austauschintensität wird durch das Höhen-/Abstandsverhältnis der Bebauung und durch die Ausrichtung der Straßenachse zur Hauptwindrichtung bestimmt.

Im Stadtgebiet von Witten existieren zwei weitere, jedoch relativ kleine Gebiete, die dem Stadtklima zugeordnet wurden. Dies sind das Zentrum von Herbede und das Umfeld des Bahnhofes Annen-Nord. Die Situation am Bahnhof Annen-Nord wird durch die Nähe zu Grün- und Waldflächen abgemildert.

Innenstadtklima

Charakteristische Flächennutzungen in Innenstadtklimatopen sind Verwaltungs-, Geschäfts- und Wohngebäude mit vielgeschossigen Baublöcken. Kennzeichnend sind weiterhin ein sehr hoher Versiegelungsgrad sowie ein geringer Grünflächenanteil, der lediglich aus Einzelbäumen im Straßenraum sowie kleine Rasenflächen, z.T. mit Strauchvegetation als Straßenbegleitgrün, besteht.

Aufgrund dieser Merkmale weist das Innenstadtklima die stärksten mikroklimatischen Veränderungen im gesamten Stadtgebiet auf. Hierzu zählen vor allem der starke Wärmeinseleffekt, bedingt durch die Fähigkeit der Baumaterialien, Wärme zu speichern, und die starken Windfeldveränderungen, die sich in der straßenparallelen Be- und Entlüftungssituationen äußern.

Am Tag kann in den Bereichen mit Innenstadtklima ein erhöhtes Belastungspotential durch Hitzestress und Schwüle, hervorgerufen durch eingeschränkte Austauschverhältnisse und geringe Verdunstungskühlung aufgrund fehlender Vegetation, entstehen. Hitze und Schwülebelastungen im Sommer und erhöhte Luftschadstoffbelastungen während austauscharmer Wetterlagen führen in Innenstadtklimatopen zu einer hohen bioklimatischen Belastung. Zusätzlich macht sich ein Winddiskomfort durch Böigkeit und Windturbulenzen im Bereich von Straßenschluchten und offenen Plätzen bemerkbar.

Demgegenüber stehen ein erhöhter Freizeitwert, der sich in der höheren Anzahl an sog. „Grillpartytagen“, d.h. Tagen mit Temperaturen über 20°C um 21 Uhr, ausdrückt sowie ein geringerer Heizenergieverbrauch in den Wintermonaten. Aufgrund weitgehend fehlender

Verdunstungsflächen ist die relative Feuchte stark reduziert. Staub- und Lärmbelastungen vor allem durch den Kfz-Verkehr führen zu einer erheblichen Einschränkung der Lebensqualität dieser Gebiete.

| Innenstadtklima | |
|---|---|
| klimatische Gunstfaktoren | klimatische Ungunstfaktoren |
| <p>☺ Durch die geringe Abkühlung in den Abendstunden wird die Aufenthaltsdauer im Stadtzentrum verlängert, wodurch die Attraktivität der Innenstadt als kulturelles Zentrum erhöht wird.</p> <p>☺ Die in den Nachtstunden anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung)</p> <p>☺ Geringer Anteil stagnierender Luftaustauschsituationen</p> <p>☺ Starke Senkung des Heizenergieverbrauchs</p> | <p>☹ Tagsüber erhöhtes Belastungspotential durch Hitzestress und Schwüle möglich</p> <p>☹ Winddiskomfort im Bereich von Straßenschluchten und offenen Plätzen. Erhöhte Böigkeit, Windturbulenzen und Zugigkeit</p> <p>☹ Ein- und Ausfallstraßen erweisen sich als belastete Luftleitbahnen; hohe Luft- und Lärmbelastung im Straßenraum</p> |

Der Klimatop „Innenstadt“ wird nur im Zentrum von Witten ausgewiesen. Durch Hitze und Schwülebelastungen im Sommer und erhöhte Luftschadstoffsituationen während austauscharmer Wetterlagen wird der Innenstadtbereich zum bioklimatischen und lufthygienischen Belastungsraum. Die Messungen an der Station Innenstadt bestätigen die hohe Belastung des Standortes. So konnten beispielsweise 33 Heiße Nächte (Lufttemperatur um 24:00 Uhr MEZ $\geq 20^{\circ}\text{C}$) im Untersuchungsjahr in der Innenstadt registriert werden, während an der Pferdebachstraße nur 10 Heiße Nächte nachgewiesen werden konnten.

Gewerbe- und Industrieklima

In diesem Klimatotyp prägen Gewerbe –und Industriegebiete mit den dazugehörigen Produktions-, Lager- und Umschlagstätten das Mikroklima. Bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad in Kombination mit erhöhten Emissionen kommt es verstärkt zu immissionsklimatischen und bioklimatischen Belastungssituationen.

| Gewerbe- und Industrieklima | |
|---|---|
| klimate Günstfaktoren | klimate Ungünstfaktoren |
| ☺ Die in den Nachtstunden anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung) | ☹ Lufthygienischer Lastrraum, lokale Schadstoffemissionen |
| ☺ Relativ günstige bodennahe Austauschverhältnisse | ☹ lang anhaltende nächtliche Wärmebelastungen |

Der Schwerpunkt der Industrieflächen in Witten konzentriert sich auf das Stadtzentrum sowie weite Flächen südlich der BAB 44.

Die im Randbereich des Innenstadtzentrums liegenden Industrieflächen bilden in Verbindung mit den umgebenden Innenstadt- bzw. Stadtklimaflächen einen für die Stadtgröße sehr ausgedehnten Lastrraum mit den typischen Erscheinungen wie extremer bioklimatischer Belastung während windschwacher Strahlungswetterlagen und stark eingeschränkter Belüftung. Aufgrund dieser Eigenschaften können sich im Zentrum produzierte Schadstoffe bei niedriger Quellhöhe stark anreichern.

Die Lage des Edelstahlwerks Witten-Krefeld südwestlich der Innenstadt wirkt sich vor allem auf die nordöstlich liegenden Gebiete nachteilig aus, da bei Hauptwindrichtung SW Luftschadstoffe bis hierher transportiert werden. Da der Industriekomplex zusätzlich im Niederungsbereich der Ruhr liegt, sind aufgrund häufiger Inversionen und damit eingeschränkter Belüftungsverhältnisse Schadstoffanreicherungen wahrscheinlich.

Bei Winden aus nordöstlichen Richtungen, die ebenfalls häufig vorkommen, gelangen aus dem nordöstlich liegenden Industriegebiet bei niedrigeren Windgeschwindigkeiten ebenfalls Luftschadstoffe bis in das dicht bebaute Zentrum. In Verbindung mit einem hohen Verkehrsaufkommen sowie hohen Hausbrandemissionen ist der Bereich zwischen Edelstahlwerk und Degussa-Werk als lufthygienisch hoch belastet einzustufen.

Größere Gewerbeflächen befinden sich darüber hinaus südlich der BAB 44. Aufgrund der z.T. lockeren Bauweise und zahlreichen Grün- und Freiflächen ist die Belüftung in einzelnen Abschnitten jedoch relativ günstig. Dies wird auch durch die Messungen an der Station Salingerfeld bestätigt.

Als ungünstig erweist sich jedoch die relativ dichte Bebauung direkt im Anschluss an die BAB 44, da diese den Abfluss von Kaltluftmassen, die auf den großen Freilandflächen um Stockum gebildet werden, behindern. Über weite Strecken ist eine Frischluftzufuhr von den großen

Kaltluftproduktionsgebieten im Norden daher nicht möglich. Zurzeit noch vorhandene Verbindungsstrecken in Richtung der Freilandareale um Stockum sollten daher unbedingt von weiterer Bebauung freigehalten werden.

5.1.2 Zusammenfassung der Klimatope

In Bezug auf die Verteilung der Flächenanteile der in Witten ausgewiesenen Klimatope stellt sich das Stadtgebiet als sehr heterogen dar.

Den überwiegenden Flächenanteil nehmen Freiflächen ein; ihre größte Ausdehnung liegt südlich der Ruhr. Mit knapp 23 % nehmen die Waldflächen ebenfalls einen großen Anteil an der Stadtfläche ein, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass sich die Waldflächen fast ausschließlich auf die südlichen und östlichen Stadtbereiche beschränken.

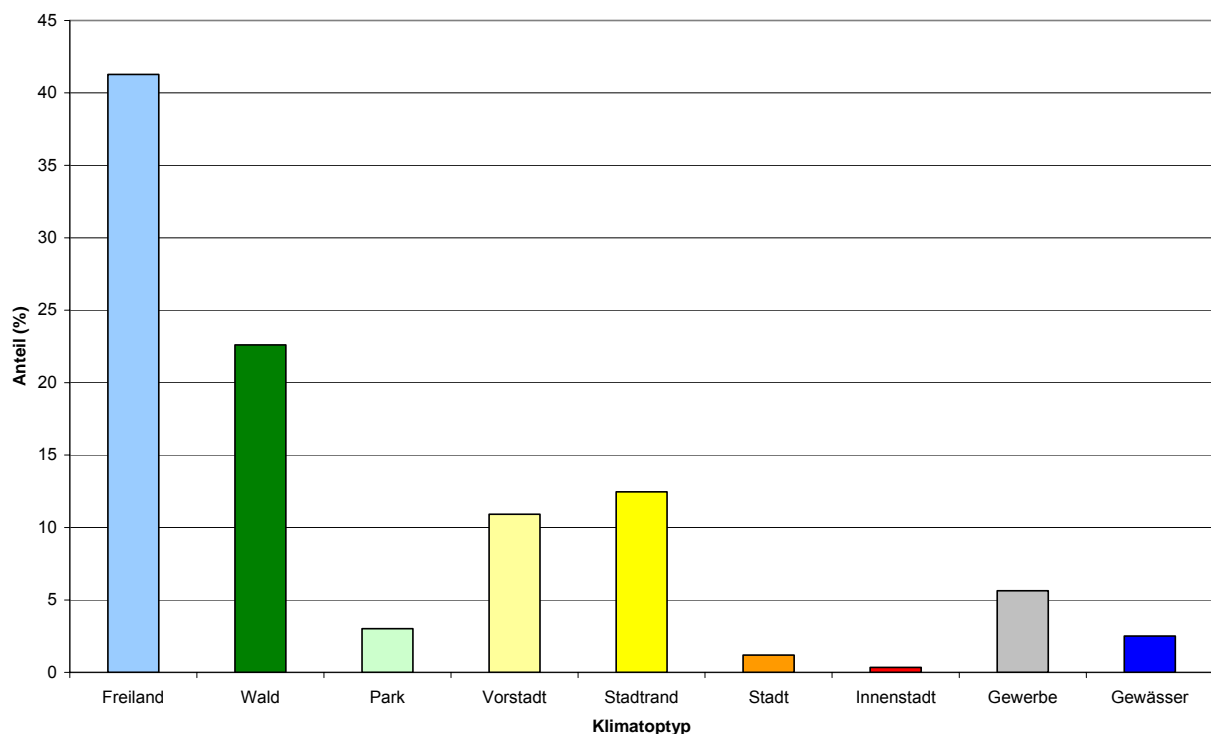


Abbildung 24: Flächenanteile der Klimatope im Stadtgebiet von Witten.

Auffallend hoch ist der Anteil an Klimatopen des Stadtrandklimas und des Vorstadtklimas. Es handelt sich hier um Bereiche, die sich hinsichtlich des Bioklimas und der Luftbelastung

aufgrund ihrer Lage im Einflussbereich der Freiland- und Waldflächen zum größten Teil noch als günstig darstellen.

Schwerpunkte mit stärker modifizierten Klimaten sind im Bereich der Innenstadt sowie im Zentrum von Herbede und im Umfeld des Bahnhofs Annen-Nord zu finden. Daneben sind es vor allem die gewerblich und industriell genutzten Flächen, auf denen negative Klimaeigenschaften zu erwarten sind. Als nachteilig erweist sich insbesondere die Lage der Industriegebiete in unmittelbarer Nachbarschaft zum Stadtkern sowie innerhalb des Niederungsbereiches der Ruhr.

Der eigentliche Lastraum in Witten (Stadtkern) befindet sich topographisch gesehen in einer Art Muldenlage, was die Belüftungsverhältnisse noch zusätzlich zur dichten Bebauung einschränkt. Günstigere Belüftungsverhältnisse weisen die im Süden befindlichen Siedlungen und der Stadtteil Stockum auf. Nur im Niederungsbereich der Ruhr ist die Belüftung aufgrund der häufigen Inversionsbildung teilweise eingeschränkt.

6.1.2 Spezifische Klimaeigenschaften

Die Eigenschaften der Klimatope werden durch natürliche und anthropogene Klimafaktoren modifiziert. Daraus ergibt sich die Ebene der spezifischen Klimaeigenschaften. Hierunter sind lokale Eigenschaften zu verstehen, die innerhalb eines Klimatops kleinräumig zu Klimaveränderungen führen können.

In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass die Ausprägung der spezifischen Klimaeigenschaften eng an bestimmte Wetterlagen gebunden ist. Hierbei sind besonders die windschwachen Strahlungswetterlagen von Bedeutung.

Kaltluftsammlgebiet und Niederungsbereich

In der Klimafunktionskarte ist der Niederungsbereich der Ruhr hervorgehoben, der sich von Westen nach Osten durch das gesamte Stadtgebiet zieht.

Dieses Gebiet weist eine erhöhte Inversionshäufigkeit auf, die in der Nacht zu Nebelbildung führen kann.

Tallagen

In Witten existiert vor allem innerhalb der Wälder eine Reihe kleiner Täler, die abhängig vom Gefälle und vom Talquerschnitt als Kaltluftammelgebiete und Kaltluftabflußbereiche in Frage kommen. In der Mitte des Stadtgebietes sind die Kaltluftabflüsse in Richtung des Ruhrtals, wo sich mächtige Kaltluftmassen ansammeln, orientiert.

Warme Kuppennonen

Die „warmen Kuppennonen“ zeichnen sich dadurch aus, dass sie lange Zeit aus den nächtlichen Bodeninversionen herausragen, kalte Luft abfließen kann und somit die Kuppennonen relativ warm bleiben.

So erreichen sie eine den dichten Bebauungsstrukturen analoge Überwärmung durch eine natürliche Temperaturzunahme mit der Höhe während nächtlicher Inversionswetterlagen. Darüber hinaus ist den Kuppennonen ein hoher Durchlüftungsgrad zuzusprechen.

Kuppennonen sind vor allem im Süden und Osten des Stadtgebietes anzutreffen. Einige der Kuppen sind jedoch eher als hochgelegene Ebenen zu bezeichnen, auf denen aufgrund der flächenhaften Ausdehnung Kaltluftabflüsse nur an den unmittelbaren Hangbereichen stattfinden.

Bahnanlagen

Die größeren Bahntrassen im Stadtgebiet weisen einen ausgeprägten Temperaturtagesgang (hohe Oberflächentemperaturen tagsüber, niedrige Temperaturen nachts) und zumeist einen guten Luftaustausch auf.

Als klimatisch relevant wurden die Gleisanlagen des Bundesbahn-Ausbesserungswerks nordwestlich des Zentrums und innerhalb des Gewerbe- und Industriegebietes nordöstlich der Innenstadt ausgewiesen.

Hauptverkehrsstraßen

Hauptverkehrsstraßen erweisen sich als lineare Emissionsbänder für Luftschadstoffe mit zusätzlich erhöhter Lärmemission. Aufgrund ihrer Breite und geringen Rauigkeit übernehmen sie häufig die Funktion einer belasteten Luftleitbahn.

Als Hauptverkehrsstraßen wurden nur Straßen mit mindestens 20.000 Kfz/Tag ausgewiesen. Daher treten als Hauptemissionsbänder im Wittener Stadtgebiet nur die BAB 43 und die BAB 44 hervor.

Bodennebel

Aufgrund des hohen Wasserangebotes und bedingt durch die topographische Lage besteht eine erhöhte Nebelhäufigkeit. Betroffen ist der Niederungsbereich der Ruhr sowie das Umfeld des Kemnader Sees.

6.1.3 Spezielle Klimafunktionen

Unter diesem Stichwort werden Funktionen hervorgehoben, die in einigen Klimatopen besonders hervortreten und Eigenschaften haben, die zwar schon im Zusammenhang mit der Klimatopbeschreibung erwähnt wurden, hier jedoch stärker ausgeprägt sind.

Bioklimatische Entlastung durch Park- und Grünflächen

Die als Parkklimatope bezeichneten Flächen haben aufgrund ihrer besonderen bioklimatischen Funktion einen hohen Stellenwert als wohnumfeldnahe Klimaoasen.

Größere Parkflächen mit vielfältigen Vegetationsstrukturen weisen sowohl ähnliche bioklimatische Gunstbedingungen wie der Wald als auch Freilandeigenschaften auf. Damit können diese Flächen als sehr wertvolle Regenerationsräume für die Bevölkerung, aber auch für die Tier- und Pflanzenwelt, angesehen werden.

Aufgrund ihrer Struktur und Lage im Stadtgebiet sind es in erster Linie die Parkflächen des Hauptfriedhofs, die Grünflächen entlang der Herdecker Straße in Annen sowie die Grünanlagen südlich des Stadtzentrums, die zu einer Verbesserung der bioklimatischen Situation beitragen.

Durch großkronige Bäume als natürliche Schattenspender werden Belastungen durch Hitzestreß und Schwüle abgemildert. Auch die nächtliche Kaltluftbildungsrate in den Grünflächen wirkt sich in thermischer Hinsicht positiv aus, hiervon profitieren insbesondere die durch erhöhte thermische Belastungen charakterisierten umliegenden Bebauungsstrukturen im Nahbereich (< 200 m). Die Reichweite der Kaltluftströmungen ist hierbei abhängig vom Mikrorelief. Für die Umgebung des Hauptfriedhofes konnten anhand der einjährigen Messperiode am Standort Pferdebachstraße solche Kaltluftabflüsse nachgewiesen werden, die am Messstandort zu einer deutlichen Temperatursenkung beigetragen haben.

Filterfunktion des Waldes

Größere Waldflächen haben die Eigenschaft, einerseits durch trockene Deposition im Stammraum und am Blatt- und Nadelwerk, andererseits durch nasse Deposition im Erdreich

und Wurzelraum des Waldes eine Filterfunktion auf Luftschadstoffe auszuüben. Erhöht wird die Filterleistung noch während nächtlicher Strahlungswetterlagen, wenn die Luftmassen am Blattwerk abkühlen, in den Stammraum absinken und durch wärmere Luft aus größerer Höhe ersetzt werden. Dadurch ist ein kontinuierlicher Luftdurchsatz gewährleistet.

Als lufthygienisch und bioklimatisch besonders bedeutungsvolle Ausgleichsräume erweisen sich die großflächigen, zusammenhängenden Wälder im Süden und Osten des Stadtgebietes. Im Umfeld von Gewerbe- und Industriezonen (Umfeld der BAB 44) zeichnen sich die Wälder durch ihre nachhaltige Immissionsschutzwirkung aus.

Bioklimatischer Belastungsraum

Bioklimatische Belastungsräume weisen bedingt durch die hohe Versiegelung durch eine starke Erwärmung am Tag und eine ausgeprägte nächtliche Wärmeinsel auf. Dies kann in den Sommermonaten Hitze- und Schwülebelastungen hervorrufen, was eine starke bioklimatische Belastung für den Menschen darstellt. Zusätzlich wird bei windschwachen Wetterlagen eine Situationsverschlechterung durch lokal emittierte Schadstoffe hervorgerufen.

Als bioklimatischer Belastungsraum in Witten tritt der zentrale Stadtkern sowie die Industrie- bzw. Gewerbegebiete südlich und nordöstlich der Innenstadt hervor. Auch die umliegenden, dem Klimatop „Stadtklima“ zugeordneten Siedlungsstrukturen haben ungünstige Bioklimate und erhöhte lufthygienische Belastung. Der Großteil der Wohnbebauung ist jedoch durch eine aufgelockerte Bebauung charakterisiert, so dass bioklimatische Belastungen nicht sehr intensiv in Erscheinung treten.

Windfeldveränderungen

Das Windfeld in der Stadt wird durch Kanalisierung im Straßenraum oder durch Düsen- und Kanteneffekte stark modifiziert. Beim Vorkommen unterschiedlicher Bauformen sowie stark unterschiedlicher Höhen der Gebäude in Verbindung mit einem Nebeneinander von bebauten und unbebauten Flächen tritt eine starke Turbulenz des Windfeldes auf. Dadurch erhöhen sich die Zugigkeit und Böigkeit im Straßenraum, dies hat eine stark reduzierte Aufenthaltsqualität im Freien zur Folge.

Starke Windfeldveränderungen sind sowohl im Klimatop „Innenstadt“ als auch im Bereich der Industrie- und Gewerbegebiete im Umfeld des Zentrums festzustellen.

Vertikalaustausch

Durch den anthropogenen Wärmeinseleffekt werden die Luftmassen in zentralen Stadtbereichen labilisiert. Daraus resultiert eine nächtliche Vergrößerung des

Durchmischungsraumes und eine starke thermische Konvektion am Tag. Dadurch wird die Bodeninversionshäufigkeit im Vergleich zu den Freilandgebieten auf ein Minimum herabgesetzt. Die Veränderungen im Vertikalaustausch finden überwiegend innerhalb der dichtesten städtischen Bebauung von Witten statt.

Abwärmeemission

Auch die Abwärmeemissionen der Industrie wirken sich in thermisch-bioklimatischer Hinsicht aus. In erster Linie bedeutet dies eine Erhöhung der bioklimatischen Belastung im Umfeld der Quellstandorte.

Emittent mit lokaler und regionaler Bedeutung

Zu den Emittenten mit lokaler und regionaler Bedeutung zählen die genehmigungspflichtigen Anlagen. Sie können niedrige und hohe Emissionsquellen (mindestens 30 m) aufweisen und sind durch ihre Fernwirkung auch für weiter entfernte Gebiete relevant. Als Emittent mit sowohl lokaler als auch regionaler Bedeutung sind die Edelstahlwerke Witten-Krefeld zu nennen.

Emittent mit lokaler Bedeutung

Bei den Emittenten mit lokaler Bedeutung handelt es sich um genehmigungspflichtige Anlagen mit lokaler Immissionsbelastung durch niedrige Quellhöhen (< 30 m).

6.1.4 Luftaustausch

Einen hohen Stellenwert in der Stadtklimatologie nimmt der Luftaustausch zwischen den Entlastungsräumen und den Lasträumen einer Stadt ein.

Der kleinräumige Luftaustausch wird in der Klimafunktionskarte durch unterschiedliche Pfeilsignaturen dargestellt.

Luftleitbahnen

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

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

oder das Relief vorgegeben. Im Wittener Stadtgebiet existieren Luftleitbahnen unterschiedlicher Qualität. Zum einen handelt es sich um Leitbahnen mit nur gering belasteten Luftmassen (Ruhrtal, Kemnader See und Bahntrasse westlich des Stadtzentrums), zum anderen um Leitbahnen, die im Einflussbereich von Emittenten stehen und mit Schadstoffen angereicherte Luft transportieren.

Frischluftezufuhr

Bei entsprechenden Windrichtungen können frische Luftmassen aus den Freilandarealen in die Lasträume transportiert werden und dort durch die Vermischung mit belasteten Luftmassen bzw. einen Luftmassenaustausch zu einer Verbesserung der Luftqualität beitragen. In Witten sind vor allem zwei Frischluftzufuhrgebiete zu nennen, die für die Belüftung angrenzender belasteter Wohngebiete einen positiven Effekt erzielen. Dies sind die Frischluftzufuhrschneisen südlich von Stockum, die über vorhandene Frei- und Grünflächen in SW- bzw S-Richtung verlaufen.

Auch im Süden des Stadtgebietes sowie im Bereich des Naherholungsgebietes Hohenstein gibt es Frischluftzufuhrschneisen, die eine Ausgleichsfunktion für angrenzende Wohngebiete haben.

Nächtlicher Kaltluftabfluß

Reliefbedingte Kaltluftabflüsse sind im Wittener Stadtgebiet ein Phänomen, das in zahlreichen kleineren und größeren Tälern auftritt.

Kaltluftabflüsse treten bevorzugt bei windschwachen Strahlungswetterlagen auf, wobei ihre Intensität und Dauer aus der Größe des Talquerschnitts und des Einzugsgebietes resultiert. So können Kaltluftabflüsse im Laufe einer Nacht zum Erliegen kommen, sobald das Tal mit Kaltluft aufgefüllt und ein weiterer Abfluss nicht mehr möglich ist.

Die meisten Kaltluftabflußbereiche liegen außerhalb der dichteren Bebauung im Süden und Osten des Stadtgebietes. In der Regel haben sie eine Verbindung zu großen Kaltluftproduktionsflächen. Die Kaltluftabflüsse zahlreicher Täler verlaufen in Richtung des Ruhrtals, wo sich mächtige Kaltluftmassen ansammeln.

7 Karte der Planungshinweise

Auf der Basis der Synthetischen Klimafunktionskarte werden für das Stadtgebiet von Witten Planungsempfehlungen abgeleitet und auf der Karte der Planungshinweise abgebildet. Die in der Karte enthaltenen Planungsempfehlungen sind Rahmenvorgaben, die der Bauleitplanung als Orientierung dienen sollen.

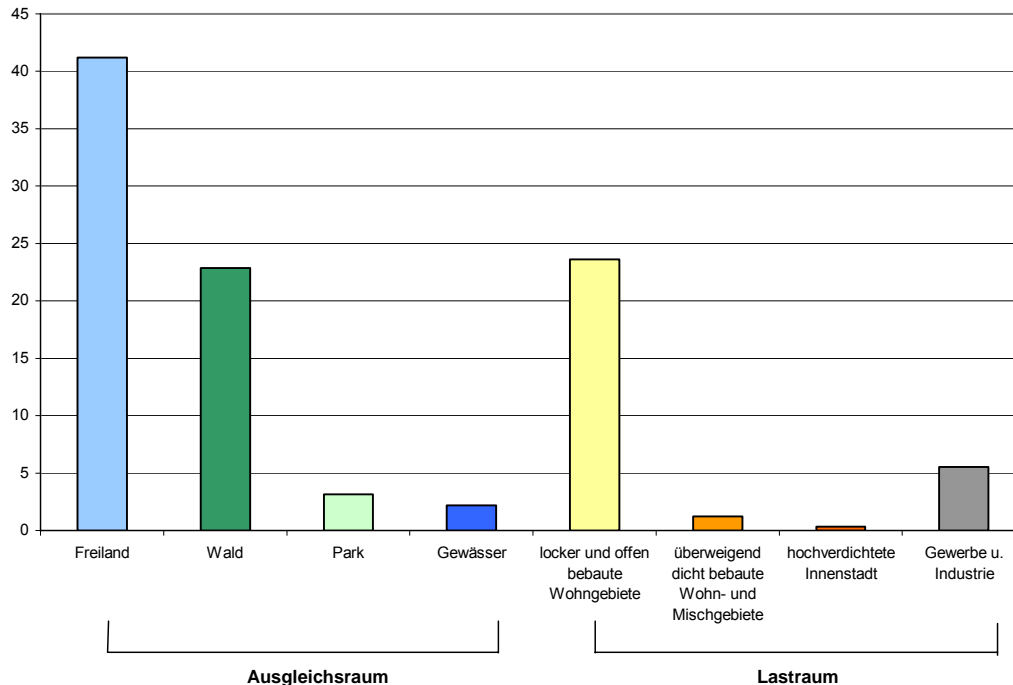
Sie leiten sich aus der Analyse der klimatischen und lufthygienischen Situation im Stadtgebiet von Witten mit dem Ziel der Stabilisierung positiver Raumstrukturen und der Verbesserung belasteter Räume ab. Es ist noch zu erwähnen, dass nur die beiden Umweltaspekte Klima und Lufthygiene, soweit möglich, herangezogen wurden, um die Planungsempfehlungen abzuleiten. Eine Abwägung mit anderen ökologischen oder der Raumentwicklung dienenden Vorgaben ist nicht erfolgt und ist bei allen Vorhaben noch zu berücksichtigen.

Das Ziel der Planungshinweiskarte ist die Schaffung einer klimatisch-lufthygienischen Situation, die nicht zu extremen Belastungen führt bzw. diese abbaut. Darüber hinaus werden günstige Bedingungen hervorgehoben und positive Zusammenhänge dargestellt.

In der Karte der Planungshinweise sind Bereiche mit erhöhter Belastung als „Lastraum“ und Räume mit ausgleichender Funktion als „Ausgleichsraum“ dargestellt. Für diese Raumtypen werden im Folgenden Hinweise zur Ausgestaltung gegeben, die zum Ziel haben, die klimatische und lufthygienische Situation zu verbessern und günstige Bedingungen zu schützen und zu erhalten. Das nachfolgend abgebildete Diagramm zeigt die Anteile der Planflächen an der Gesamtfläche.

Ca. 70% der Gesamtfläche des Stadtgebietes sind als Ausgleichsräume definiert worden und nur ca. 30 % entfallen auf die Lasträume, wobei 24% den Lasträumen der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete zugeordnet werden. Diese zeichnen sich durch insgesamt noch günstige klimatische Verhältnisse aus, die es in erster Linie zu erhalten gilt. Nur ca. 6% des Stadtgebietes sind aus klimatischer und lufthygienischer Sicht als hochbelastet einzustufen und bedürfen daher der näheren Betrachtung.

Abbildung 25: Anteile der Ausgleichs- und Lasträume im Stadtgebiet von Witten.



7.1.1 Ausgleichsräume

Zahlreiche Flächen im Stadtgebiet von Witten erfüllen aufgrund ihrer Ausstattung und Größe eine Ausgleichsfunktion zu klimatischen bzw. lufthygienischen Belastungen, hierzu zählen insbesondere größere Grün- und Freiflächen.

Im einzelnen sind folgende positive Eigenschaften dieser Flächen hervorzuheben:

- geringer Emissionsanteil und die Fähigkeit, Luftschadstoffe zu filtern, woraus eine Absenkung der Immissionsbelastungen resultieren kann
- geringe Oberflächenrauigkeit, die zu einer Verbesserung der Belüftungssituation beiträgt
- Produktion von Frischluft durch starke verdunstungsbedingte Abkühlungen an warmen und heißen Tagen im Sommer

Die Ausgleichsflächen können in die drei verschiedenen Flächentypen Freiland, Wald und Parklandschaft eingeteilt werden.

Ausgleichsraum Freiland

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

Der größte Teil an Ausgleichsräumen des Typs Freiland befindet sich südlich der Ruhr. Die hier vorkommenden großen zusammenhängenden Flächen sind effektive Kaltluftproduzenten, da große, dichte Ansiedlungen weitgehend fehlen. Bei südwestlichen Windrichtungen, die häufig auftreten und mit hohen Windgeschwindigkeiten verbunden sind, kann daher die Zufuhr frischer und unbelasteter Luftmassen bis in das Stadtzentrum stattfinden. Als Hindernis in Bodennähe stellen sich jedoch die Gebäudekomplexe des Edelstahlwerks Witten-Krefeld dar, da diese ein ungehindertes Eindringen der Luftmassen bis in das Zentrum verhindern.

Auch die Freiflächen im Umfeld von Stockum sind als Kaltluftproduzenten von großer Bedeutung. Da sie zudem (mit Ausnahme der BAB 44) emissionsarm sind, tragen sie zur Belüftung der umliegenden Siedlungsbereiche bei. In Verbindung mit den großen Frei- und Grünflächen, die sich von Tiefendorf (Dortmunder Str.) über die Frei- und Grünflächen in Wullen im Bereich der Universität Witten-Herdecke bis zum Friedhof nördlich der Diakonissenstraße erstrecken, sind die positiven Eigenschaften der Freilandareale um Stockum auch bis an den Nordrand des Stadtzentrums relevant. Als nachteilig erweist sich hier jedoch die Lage der BAB 44, da sie ein effektives Abfließen von Kaltluftmassen in Richtung Süden einschränkt. Zusätzlich vermindert die dichte Gewerbeansiedlung entlang der Autobahn das Abfließen von Kaltluftmassen in Richtung Süden. Die vorhandenen Freilandareale sollten in ihrem Zusammenhang weitgehend erhalten und ihre Verbindung zum Stadtzentrum von Witten aufrechterhalten bleiben, damit auch in Zukunft ein ausreichend großer Regenerationsraum die Funktion als Frisch- und Reinluftlieferant ausüben kann.

Auch die Freilandareale im Umfeld der Gewerbeansiedlung von Annen haben einen positiven Effekt auf die klimatischen Verhältnisse. Hier sollte ein mehr oder weniger starker Zusammenhang der Flächen angestrebt werden. Erweiterungen sollten möglichst mit einer ausreichenden Grünausstattung geplant werden, um den Regenerationsraum weitgehend zu erhalten.

Die Freilandflächen nördlich des Kemnader Sees übernehmen eine Pufferfunktion zum benachbarten Dortmund und sorgen durch eine Auffrischung der Strömung und ihren geringen Emissionsanteil für eine Absenkung der Belastungen bei entsprechenden Windrichtungen. Im Zusammenwirken mit der Leitfunktion des Kemnader Sees erfüllen die Freiflächen hier eine wichtige Aufgabe als Frischluftlieferanten für die umgebenden Wohngebiete.

Ausgleichsraum Park

In klimatischer Hinsicht kann die Wirkung von Parkanlagen zwischen der von Wald- und der von Freiflächen eingestuft werden. Auch bei den Parkflächen handelt es sich um Bereiche, die sich durch das weitgehende Fehlen von Emittenten auszeichnen und die somit den Abbau von Luftschadstoffen begünstigen können.

Die Wirkung von Grün- und Parkanlagen ist sehr stark von der Größe ihrer Flächen abhängig. Kleine Flächen unter 10 ha entwickeln zwar ein Eigenklima, haben jedoch in der Regel keinen Einfluss auf die umliegenden Flächen. Hierbei muss erwähnt werden, dass die Fernwirkung nicht nur von der Größe einer Fläche beeinflusst wird, sondern auch sehr stark von der jeweiligen Reliefsituation und der Umgebung abhängt. So kann beispielsweise eine dichte Randbebauung auch bei großen Grünflächen eine Fernwirkung unterbinden, während die Wirkung kleinerer Flächen in Kuppenlage durch reliefbedingte Kaltluftabflüsse über die Fläche hinausreichen kann. Voraussetzung hierfür sind ausreichend breite, rauhigkeitsarmen Belüftungsbahnen, entlang derer die kühleren Luftmassen abfließen können.

Die größten Park- und Grünflächen im Stadtgebiet von Witten befinden sich außerhalb der Kernzone der Stadt.

Die hoch verdichtete Innenstadt von Witten weist nur wenige kleine Grünanlagen auf, deren positive Wirkungen sich weitestgehend auf die Flächen selbst beschränken. Um diese wohnungsnahen Klimaoasen zu bewahren und ihre Wirkung zu sichern, sind sie durch eine dichte Randbepflanzung vor den Einflüssen der Umgebung zu schützen. Größere Grünflächen, wie z.B. östlich der Innenstadt sollten durch weitere Begrünungsmaßnahmen miteinander vernetzt werden, um ihre Wirkung zu erhöhen.

Ausgleichsraum Wald

Die Vorteile von Waldflächen liegen insbesondere in der Fähigkeit, durch Schadstoffadsorption und –diffusion die Luftqualität zu verbessern. Darüber hinaus handelt es sich um Bereiche, die nur geringe Emissionen aufweisen.

Bioklimatische Vorteile ergeben sich für diesen Ausgleichsraumtyp durch die Dämpfung von Strahlungs-, Temperatur- und Windverhältnissen. Als nachteilig erweisen sich bewaldete Flächen jedoch dort, wo Ventilationsbahnen verlaufen, da der Wald die Oberflächenrauigkeit erhöht und somit den Luftaustausch einschränkt. So wird auch durch den ausgedehnten Stadtforst Vormholz südlich des eigentlichen Lastraums von Witten ein Vordringen frischer Luftmassen aus dem südlichen Stadtgebiet in Richtung Norden eingeschränkt. Auch bei östlichen, schwachen Winden wird eine Frischluftzufuhr über die Wälder von Herrenholz, Buchenholz und Hohenstein abgeschwächt.

Die kleineren Waldflächen nördlich von Heven und im Bereich der Gewerbegebiete in Wullen erfüllen z.T. wichtige Funktionen als Puffer- und Trennflächen zwischen den hoch belasteten Gewerbe- und den sensiblen Wohngebieten. Diese kleineren im Stadtgebiet vorkommenden Waldflächen erfüllen zwar ausgleichende Funktionen, können jedoch aufgrund ihrer Größe nicht als Filterflächen eingestuft werden.

Als Puffer- und Regenerationsräume erfüllen Waldflächen eine wichtige Funktion und sind daher als solche zu erhalten. Dort, wo hoch belastete Areale an sensible Wohnbereiche angrenzen, können Aufforstungsmaßnahmen eine bedeutsame Trennfunktion der unterschiedlichen Nutzungsansprüche erfüllen. Hierbei sollte jedoch bedacht werden, vorhandene Belüftungsbahnen zu erhalten und möglichst von dichter und hoher Bepflanzung freizuhalten.

7.1.2 Lasträume

Neben den Ausgleichsräumen wird das Stadtgebiet von Witten durch Lasträume geprägt. Hierbei kann in Abhängigkeit vom Versiegelungsgrad, der Bebauungsdichte und der Höhe der Gebäude zwischen unterschiedlich stark ausgeprägten Lasträumen unterschieden werden. Im Folgenden sollen die unterschiedlichen Arten der Lasträume charakterisiert, ihre Wirkungen auf das Stadtklima dargestellt sowie raum- und nutzungsbezogene Planungsempfehlungen aufgezeigt werden.

Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete

Zu den Flächen der lockeren Bebauung zählen unterschiedliche Baugebiete: reine Wohngebiete (außer Blockrandbebauung), aufgelockerte allgemeine Wohngebiete, aufgelockerte Mischgebiete und Kleinsiedlungsgebiete sowie Dorfgebiete. Kennzeichnend für diese Flächen ist die aufgelockerte und offene Bauweise mit einer guten Durchgrünung. Charakteristisch sind weiterhin eine Grundflächenzahl (GRZ) von 0,1 bis 0,4 und eine Geschossflächenzahl (GFZ) unter 1,0. Die Baukörperlängen liegen unter 50 m und die Versiegelung beträgt maximal 60 %. Aufgrund der aufgelockerten Bauweise und dem hohen Anteil an Grünstrukturen ist in diesen Bereichen tritt nur eine geringe bis mäßige Änderung der Klimaelemente gegenüber dem Freiland auf. Daher sind lufthygienische und bioklimatische Probleme in diesen Bereichen eher selten anzutreffen.

Flächen, die dem Lastraum der überwiegend locker und offen bebauten Wohngebiete zuzuordnen sind, nehmen in Witten einen Anteil von über 20 % der Gesamtfläche ein. In ihrer Ausdehnung entsprechen sie weitgehend den Flächen des Stadtrandklimas und des Vorstadtklimas in der Synthetischen Klimafunktionskarte. Da die Flächen einen Großteil des Stadtgebietes einnehmen und durch relativ günstige Bedingungen gekennzeichnet sind, kann die klimatische Situation in Witten im Allgemeinen als relativ gut eingestuft werden.

Problematisch wird es nur dort, wo starke Emittenten den Lastraum queren und zu einer Schadstoffhöhung sowie einer zusätzlichen Lärmbelastung führen.

Um die lufthygienische und klimatische Situation in diesem Lastraum zu sichern, sollten die Bebauungsstrukturen vor allem nördlich der Ruhr nicht weiter verdichtet werden und – soweit möglich – Grünnetzungen mit den damit verbundenen positiven Auswirkungen geschaffen werden.

Weitere Problemzonen ergeben sich dort, wo besonders hohe Hausbrandemissionen entstehen (v.a. in den Stadtteilen Annen, in Rüdinghausen, und in Witten-Mitte). Hier sollte ein Umstieg auf die Nutzung von Fernwärme angestrebt werden.

Auch die unmittelbare Nähe einzelner Wohngebiete zu den Gewerbe- und Industriebetrieben wirkt sich vielfach nachteilig auf die klimatische und lufthygienische Situation aus. So werden beispielsweise bei südwestlichen Windrichtungen Luftschadstoffe von dem Gelände des Edelstahlwerks Witten-Krefeld und bei nordöstlichen Windrichtungen von den Industrieanlagen nordöstlich der Innenstadt in die angrenzenden Wohngebiete verfrachtet, wodurch die Luftqualität in diesen Gebieten stark beeinträchtigt wird. Dichte Immissionsschutzpflanzungen könnten hier zu einer Verbesserung der Situation beitragen.

Weitere wichtige Entwicklungsziele für diesen Lastraum sind:

- Erhalt bzw. Verbesserung der Grünausstattung u.a. mit großkronigen Laubbäumen
- Maßvolle Nachverdichtung
- Sicherung und Anlage von Grünflächen zur Verbesserung bzw. zum Erhalt der Belüftung
- Begrenzung der Neuversiegelung sowie Entsiegelung bzw. Belagsänderung oder Rückbau von (überdimensionierten) Erschließungs- und Stellplatzflächen
- Reduzierung der Emissionen durch Hausbrand (z.B. durch den Bau von Niedrigenergiehäusern, Isolierung alter Gebäudesubstanz, Nutzung von Abwärme und Solarenergie)

Optimale Geschossflächenzahlen bei diesem Gebäudetyp liegen bei 0,6 bis 1,0 mit Versiegelungsgraden um 40 %.

Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete

Der Lastraum der überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebiete entspricht hinsichtlich seiner räumlichen Ausdehnung dem Klimatotyp Stadtklima in der Synthetischen Klimafunktionskarte. Er schließt unmittelbar an die hochverdichtete Innenstadt an und erstreckt sich entlang der Hauptstraße bis zur Ardeystraße und zur Breiten Straße. Nach Osten dehnt er sich bis zum Gewerbegebiet nordöstlich der Innenstadt und bis zur Oberstraße aus. Südlich des Zentrums wird nur ein schmaler Abschnitt bis zur Schillerstraße diesem Lastraumtyp zugeordnet.

Anders als in der hochverdichteten Innenstadt ist die Bebauung auf diesen Flächen zwar etwas weniger stark verdichtet, führt aber dennoch zu einer deutlichen Veränderung der mikroklimatischen Verhältnisse. Dazu zählen insbesondere eine erhöhte thermische und zugleich bioklimatische Belastung sowie verschlechterte Luftaustauschbedingungen. Besonders problematische Verhältnisse entstehen dort, wo bodennahe Emittenten (Kfz-Verkehr) zu einer Schadstoffanreicherung beitragen.

Zu den Entwicklungszielen in den dicht bebauten Wohn- und Mischgebieten zählen:

- Begrünungsmaßnahmen mit dem Schwerpunkt der Anpflanzung höherer Vegetation und großkroniger Bäume
- Rückbau und Begrünung der Straßenräume
- Herabsetzung des Versiegelungsgrades
- Verkehrsreduzierung und Minimierung des Hausbrands

- Aufwertung der Blockinnenhöfe durch Begrünung

Aufgrund der vielseitigen Bebauungsstrukturen auf diesen Flächen, die unterschiedlichen Formen geschlossener und dichter Bebauung die Zeilen- und Blockrandbebauung sowie Reihenhausbebauung umfassen können, kann auch eine Vielzahl an Maßnahmen als Planungshinweise genannt werden. Typische Maße der baulichen Nutzung sind Grundflächenzahlen über 0,4 und Baukörperlängen über 50 Metern. Der Anteil an Vegetationsstrukturen schwankt stark, da die Nutzungsstrukturen in diesem Lastraumtyp sehr variabel sind. Die Nutzung der Innenhöfe reicht von kleingewerblicher Nutzung über Garagen bis hin zur Gartennutzung.

Als Maßnahmen zur Verbesserung der lufthygienischen Situation in den überwiegend dicht bebauten Wohn- und Mischgebieten Wittens sind die Auflockerung der vorhandenen Bebauungsstrukturen sowie ein Verbot von weiteren massiven Gebäudekomplexen zu nennen. Zusätzlich sollten vorhandene Grün- und Freiflächen erhalten bzw. neue geschaffen werden, um die mikroklimatischen Verhältnisse zu verbessern. Eine weitere Maßnahme, die zu einer mikroklimatischen Verbesserung führen kann, ist die Begrünung von Innenhöfen sowie von privaten Flächen.

Insbesondere bei innenstadtnahen Wohn- und Mischgebieten ist es sinnvoll - zumindest in einzelnen Bereichen - eine möglichst hohe bauliche Dichte anzustreben. Hierbei sind jedoch auch die klimatischen und lufthygienischen Bedingungen zu verbessern. So sind als Richtwerte Geschossflächenzahlen zwischen 1,2 und 2,4 bei einem maximalen Versiegelungsgrad von 60 % anzustreben. Auf diese Weise lässt sich eine 3 – 4 geschossige Bebauung auf einer zu 40 – 60 % überbauten Fläche realisieren.

Zusätzlich sollte insbesondere im Bereich der Innenhöfe eine Verbesserung der Grünausstattung vorgenommen werden. Um das Bestandsklima der Innenhöfe in den dicht bebauten Bereichen zu verbessern, bietet es sich bei ausreichender Größe der Innenhöfe an, locker stehende Baumbestände anzulegen.

Nicht alle Innenhöfe lassen sich entkernen und als Grünflächen nutzbar machen. Einzelne der Stadtversorgung dienende Gewerbebetriebe sollten erhalten bleiben, was den Bestrebungen zur Minimierung des Flächenverbrauchs in den Außenbereichen zugute kommt und somit indirekt positive Wirkungen auf das Stadtklima hat. Durch Dach- und Fassadenbegrünungen

bestehen weitere Möglichkeiten, in den Hinterhofbereichen eine Verbesserung der stadtklimatischen Bedingungen zu erzielen.

Die Begrenzung des Versiegelungsgrades sowie die Festsetzung von Bepflanzungsmaßnahmen ist in den rechtlichen Grundlagen der Gestaltungssatzung nach § 81 BauONW und dem § 9 (1) BauGB geregelt. Weitere wichtige Umsetzungsinstrumente sind Förderprogramme zur Blockinnenhofbegrünung und Wohnumfeldverbesserung. Über Baumschutzsatzungen sowie die Überprüfung bauordnungsrechtlicher Nebenbestimmungen sind Möglichkeiten gegeben, Maßnahmen umzusetzen und schützenswerte Elemente zu erhalten. Durch finanzielle Förderungen von Umbaumaßnahmen (Heizung, Isolation) lässt sich die Einsparung von Energie erzielen, womit auch eine Verbesserung der klimatischen und lufthygienischen Situation einhergeht.

Geschwindigkeitsbeschränkungen (Einrichtung von Tempo 30 – Zonen), die Ausweisung von Wohnstraßen sowie die Reduzierung von Kfz-Stellplätzen bieten Möglichkeiten, durch den Verkehr bedingte Emissionen zu reduzieren.

Die klimatische und lufthygienische Situation in den Straßenzügen kann durch die Anpflanzung von Laubbäumen verbessert werden. Hierbei bietet sich bei schmalen Straßen an, kleinkronige Bäume anzupflanzen, um eine ausreichende Belüftung zu gewährleisten. Bei breiteren Straßen bzw. Straßen mit geringen Emissionen ist die Anpflanzung großkroniger Bäume empfehlenswert.

Lastraum der hochverdichteten Innenstadt

Der Lastraum der hochverdichteten Innenstadt umfasst eine relativ kleine Fläche im Zentrum von Witten. Er erstreckt sich zwischen dem Hauptbahnhof im Westen und der Ruhrstraße im Osten sowie etwas darüber hinaus. Die Begrenzung im Norden wird durch die Bonhoefferstraße gebildet, während die Ausdehnung nach Süden durch die Körnerstraße begrenzt wird. Der Lastraum der hochverdichteten Innenstadt ist durch eine dichte Bebauungsstruktur mit z.T. hohen Gebäuden, einen hohen Versiegelungsgrad und einen nur geringen Grünflächenanteil geprägt. Kennzeichnend für den Lastraum der Innenstadt sind die hohen baulichen Dichten, welche sich in Grundflächenzahlen (GRZ) zwischen 0,8 und 1,0, Geschossflächenzahlen (GFZ) von 1,5 bis 6,0 sowie Baukörperlängen von oft über 50 m widerspiegeln. Ein weiteres charakteristisches Merkmal ist die Ausbildung von Straßenschluchten, d.h. die Gebäudehöhe übertrifft deutlich die Straßenbreite.

Typisch ist auch die starke Verkehrsbelastung auf den schneidenden bzw. umgebenden Straßenzügen (Ardeystraße, Ruhrstraße und Husemannstraße). Diese Eigenschaften

zusammen bewirken die stärkste Ausprägung des Stadtklimas, was sich durch erhöhte Lufttemperaturen insbesondere in den Sommermonaten bemerkbar macht. Verschlechterte Belüftungsverhältnisse sowie hohe lufthygienische Belastungen sind ebenso die Folge der starken anthropogenen Überformung. Besonders nachteilig in klimatischer und lufthygienischer Hinsicht wirken sich die geringe Anzahl an Grünanlagen sowie das weitgehende Fehlen von Frischluftschneisen, die zu einer Verbesserung der lufthygienischen Situation beitragen könnten, aus. Daher ist es wichtig, die kleinräumigen Grünareale zu erhalten und durch Begrünungsmaßnahmen im Innenstadtbereich auf eine Milderung des Stadtklimas hinzuwirken.

Die im Folgenden aufgeführten Hinweise können zu einer Verbesserung des Mikroklimas beitragen. Es ist im Rahmen der Stadtplanung zu beachten, in den Kerngebieten eine Geschossflächenzahl (GFZ) von 2,5 nicht zu unterschreiten, um eine optimale bauliche Nutzung zu gewährleisten. Dabei ist darauf zu achten, die ortsüblichen Bauhöhen nicht zu überschreiten, um eine Verstetigung der Luftströmungen zu erhalten. Der Versiegelungsgrad sollte nicht über 70 – 80 % liegen, wobei unversiegelte Flächen zu begrünen sind. Hierbei steigern insbesondere großkronige Laubbäume die Aufenthaltsqualität im Außenraum (Schattenwurf u.a.), so dass Grünvolumenzahlen (GVZ) zwischen 2 und 5 erreicht werden können [BKR 1994]. Die GVZ bemisst hierbei das Grünvolumen auf einem Grundstück im Verhältnis zur Grundstücksfläche. Ein vegetationsloses Grundstück weist eine GVZ von 0, ein hochstämmiger Wald eine GVZ bis zu 30 auf. Zur Begrenzung der Neuversiegelung und zum Erhalt von Freiflächen sind Festsetzungen im Bebauungsplan zur Gestaltung u.a. von Stellplätzen nach § 9 (1) BauGB und § 9 (1) BauONW heranzuziehen. Die Begrenzung der Stellplatzzahl ist nach § 9 (1) Nr. 4 BauGB i.V.m. § 12 (6) BauNVO festzusetzen. Als Umsetzungsinstrument zum Erhalt der Freiflächen kann weiterhin die Stellplatzeinschränkungssatzung angewendet werden.

Ergänzende Fassaden- und Dachbegrünungen sollten nicht nur aus ästhetischen Gründen durchgeführt werden, sondern auch aus klimatischer Sicht.

Die Vorteile von Fassadenbegrünungen bestehen in erster Linie in folgenden Eigenschaften:

- Verbesserung der Wärmedämmung
- Verringerung des Wärmeverlustes
- Kühlwirkung durch Verdunstung, Absorption und Reflexion der Strahlung im Blattwerk
- Verdunstungsbedingte Feuchteanreicherung
- Schutz der Fassade

Durch Dachbegrünungen können folgende mikroklimatische Verbesserungen erreicht werden:

- Minderung der Temperaturextreme im Jahresverlauf (bis zu 60 °C geringere Oberflächentemperaturen am Mittag und um bis zu 20 °C höhere Oberflächentemperaturen in der Nacht)
- Speicherung von Feuchtigkeit und Abgabe an die Luft (50 – 70 % des Niederschlags werden bei begrünten Dächern zusätzlich an die Stadtluft abgegeben und gelangen nicht in die Kanalisation) [HELBIG et al. 1999].

Dachbegrünungen sind vor allem dort effektiv, wo niedrige Flachdächer klimatisch auf umstehende, höhere Gebäude wirken können (etwa in bebauten Innenhöfen). Bei ausreichender Größe der angelegten Dachbegrünung kann so der Wärme- und Feuchtehaushalt spürbar verbessert werden. Hochgelegene Dachgärten wirken sich im Gegensatz dazu nicht auf die bodennahen Klimaverhältnisse aus. Begrünungsmaßnahmen können in der Planung und Baugenehmigung über eine Gestaltungssatzung nach Pflanzgeboten gemäß § 9 (1) 25 a und 25 b BauGB in Verbindung mit § 178 BauGB umgesetzt werden [BKR 1994].

Lastraum der Gewerbe- und Industrieklimate

Im Stadtgebiet von Witten existieren große Flächen, die dem Lastraum der Gewerbe- und Industrieklimate zugeordnet werden können. Besonders problematisch ist hierbei, dass einige emittierenden Betriebe in unmittelbarer Nähe zum Stadtzentrum und zur Wohnbebauung liegen. Einige der Gewerbegebiete liegen in unmittelbarer Nähe oder direkt im Niederungsbereich der Ruhr (z.B. Edelstahlwerk Witten-Krefeld und Gewerbeflächen in Herbede). Aufgrund der Häufung von Talinversionen in diesen Lagen kann es zu einer Anreicherung von Luftschadstoffen kommen. Zudem werden bei südwestlichen Windrichtungen Luftschadstoffe in das angrenzende Stadtzentrum sowie die umliegenden Wohngebiete verfrachtet und begünstigen hier die lufthygienische Belastung.

Weitere größere Gewerbegebiete konzentrieren sich auf die Flächen südlich der BAB 44 und den Stadtteil Crengeldanz. Als nachteilig erweist sich die unmittelbar benachbarte Lage zu reinen Wohngebieten. Vorteilhaft ist dagegen die große Zahl an angrenzenden Freilandflächen, die als Ausgleichsräume und z.T. als Pufferraum zur benachbarten Wohnbebauung eine wichtige Funktion erfüllen.

Bei locker bebauten Gewerbe- und Industrieflächen liegt die GRZ im Allgemeinen zwischen 0,6 und 0,8, während in den dicht bebauten Bereichen Werte über 0,8 erreicht werden. Die

Geschossflächenzahlen variieren stark und liegen zwischen 1,5 und 3,0; auch die Baumassenzahlen schwanken mit Werten zwischen 1 und 10 stark. Ebenso starke Schwankungen zeigen die Versiegelungsgrade, die zwischen 30 und 100 % liegen. Der Flächenanteil der Vegetation bewegt sich zwischen 0 und 20 % und ist damit in der Regel relativ gering.

Zu den stadtklimatischen Auswirkungen der Industrie- und Gewerbeflächen zählen eine hohe thermische Belastung und eine schlechte Belüftungssituation. Damit verbunden ist auch eine erhöhte bioklimatische Belastung und aufgrund der hohen Emissionen eine deutliche Verschlechterung der lufthygienischen Situation, wobei zwischen Immissionen mit lokaler und Immissionen mit regionaler Bedeutung unterschieden werden muss. Emittenten mit lokaler Bedeutung zeichnen sich durch niedrige Schornsteinhöhen aus, so dass insbesondere in deren Umfeld die Schadstoffbelastungen hoch sind. Quellen mit regionaler Bedeutung weisen dagegen höhere Schornsteine auf, wodurch die mit Schadstoffen angereicherten Luftmassen weiter transportiert werden und sich erst in entfernteren Bereichen auswirken. Emittenten mit regionaler Bedeutung befinden sich nordöstlich der Innenstadt und auf dem Gelände der Edelstahlwerke Witten-Krefeld; Emittenten mit lokaler Bedeutung liegen ebenfalls in den genannten Gebieten und darüber hinaus im Niederungsbereich der Ruhr (Stadtteil Herbede), im östlichen Bommern sowie südlich der BAB 44 an der Stadtgrenze zu Dortmund. Auch das VEW-Werk und das Gewerbegebiet südlich von Herbede an der BAB 43 zählen zu den Emittenten mit lokaler Bedeutung. Besonders hohe Schadstoffmengen werden an den Standorten im Ruhrtal sowie dem Industriegebiet nordöstlich der Innenstadt emittiert.

Entwicklungsziele für die Industrie- und Gewerbeflächen sind neben der Reduzierung nachteiliger Wirkungen auf die umliegenden Gebiete die Optimierung der lufthygienischen Situation sowie die Vermeidung großflächiger Wärmeinseln.

Weiterhin ist die Entwicklung von akzeptablen Aufenthaltsqualitäten im Gewerbeumfeld tagsüber anzustreben.

Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Situation in den Lasträumen der Gewerbe- und Industriegebiete führen, sind in erster Linie die Entsiegelung und der Erhalt sowie die Erweiterung von Grün- und Brachflächen. Eine weitere sinnvolle Maßnahme ist die Begrünung von Fassaden und Dächern.

Die hoch verdichteten Bauflächen sowie Lager- und Freiflächen sollten durch eine Anpflanzung breiter Grünstreifen gegliedert werden, um eine Verbesserung der lufthygienischen und

klimatischen Bedingungen zu erzielen. Darüber hinaus sind Stellplatzanlagen und das Umfeld von Verwaltungsgebäuden für Begrünungsmaßnahmen geeignet.

Insbesondere in den Niederungsbereichen der Emscher sollte eine Reduzierung von Emissionen angestrebt werden, um bei Inversionswetterlagen eine zu hohe Schadstoffanreicherung zu vermeiden.

Trotz der o.g. Maßnahmen, die der Verbesserung der klimatischen Situation in den Gewerbe- und Industrieflächen dienen, sind für verdichtete, mehrgeschossig bebaute Gewerbegebiete mit einer GFZ von 1,5 bis 2,4 Versiegelungsgrade bis zu 70 % hinzunehmen. Um den Kern der Gewerbezone herum sollte jedoch ein bepflanzter Freiraum von ca. 30 % als Puffer zu angrenzenden Flächen eingehalten werden.

Zur Gestaltung von neuen Gewerbe-, Industrie- und Sonderflächen sind als weitere geeignete Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der klimatischen Situation beitragen, im Folgenden zu nennen:

- Wahl eines geeigneten Standortes zur Sicherung einer hinreichenden Be- und Entlüftung
- Verringerung der Kfz-Emissionen durch einen guten ÖPNV-Anschluss
- Flächensparendes Bauen und Flächenrecycling
- Entsiegelung betrieblich nicht mehr genutzter Flächen und deren Begrünung
- Sicherung und Erweiterung von Grünflächen zur Optimierung der Aufenthaltsqualität
- Soweit möglich Reduzierung produktionsbedingter Emissionen auf ein unvermeidbares Maß
- Abwärmenutzung von Industrieanlagen
- Begrünung von Fassaden und Dächern

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

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

durch eine geeignete Baukörperanordnung und die Einschränkung bestimmter Bauhöhen eine optimale Durchlüftung zu gewährleisten.

7.1.3 Raumspezifische Hinweise

Raumspezifische Hinweise beziehen sich auf Planungsempfehlungen, die sich nicht in Last- oder Ausgleichsräume einordnen lassen, aber eine wichtige klimatische und lufthygienische Funktion erfüllen können.

Grünvernetzung

Durch zusätzliche Begrünungsmaßnahmen können bereits existierende Grünflächen miteinander vernetzt werden, was zur Verbesserung der bioklimatischen und lufthygienischen Situation beiträgt. Darüber hinaus werden so wichtige Pufferräume geschaffen und stadtklimatische Belastungen abgemildert.

Im Stadtgebiet von Witten sind folgende Flächen zur Grünvernetzung geeignet:

- die Frei- und Grünflächen von Tiefendorf über das Gelände der Universität Witten-Herdecke bis hin zum Friedhof nördlich der Diakonissenstraße
- die Frei- und Waldflächen von Papenholz über das Gewerbegebiet (VEW-Werk) und die Gleisanlagen des Ausbesserungswerks bis hin zu den Wohngebieten nordwestlich des Stadtzentrums
- die Freilandflächen im Bereich der Müllumladestation in Düren über den Hauptfriedhof bis zum Ökogarten
- die Grünflächen östlich des Stadtzentrums bis zum Waldgebiet Hohenstein
- vom Herrenholz nach Norden über die Grünflächen bis hin zu den Freilandflächen zwischen den Gewerbegebieten in Annen
- die Wald- und Freilandflächen im äußersten Osten des Stadtgebietes in Rüdinghausen als Pufferflächen zum benachbarten Dortmund

Unter Grünvernetzung ist dabei der Erhalt vorhandener Grün- und Freiflächen und Einbezug von Hausgärten durch umfangreiche Begrünungsmaßnahmen zu verstehen. Auch Dach- und Fassadenbegrünungen können in diesem Zusammenhang einen wichtigen Beitrag leisten. Bei allen Bebauungsmaßnahmen in diesen Bereichen sollte in Zukunft sorgfältig abgewogen werden, inwieweit sie erforderlich und klimatisch verträglich sind.

Um die klimatische Wirkung der Grün- und Parkanlagen im Stadtgebiet zu erhalten bzw. zu verbessern, sind auch hier umfangreiche Begrünungsmaßnahmen vorzunehmen. Ziel ist es hierbei, die positive Wirkung der vorhandenen Grünflächen für die angrenzende Wohnbebauung zu erhöhen und somit die stadtklimatischen Belastungen in den Wohngebieten zu reduzieren.

Durch die Vernetzung vorhandener Grünflächen können mehrere große Grünzonen geschaffen werden, die in Richtung Stadtzentrum orientiert sind. Dadurch werden Lasträume voneinander stärker getrennt und Belastungen besser abgebaut.

Durch intensive Dach- und Fassadenbegrünungen sowie die Begrünung von Lagerflächen und Parkplätzen können ergänzend Maßnahmen in den angrenzenden Gewerbe- und Industriestandorten umgesetzt werden.

Hauptverkehrsstraßen

Breite Straßenbänder erweisen sich sowohl tagsüber als auch in der Nacht aufgrund der starken Überwärmung als klimatisch belastet. Bedingt durch ihre geringe Oberflächenrauigkeit erfüllen sie gleichzeitig die Funktion von Belüftungsschneisen, sind jedoch durch hohe Emissions- und Immissionsbelastungen gekennzeichnet. Darüber hinaus weisen sie hohe Lärmbelastungen im Straßenraum und der angrenzenden Umgebung auf.

Im Wittener Stadtgebiet sind die BAB 43 und die BAB 44 als Hauptverkehrsstraßen ausgewiesen. Dort, wo Lärmschutzwände existieren, konzentrieren sich die Schadstoffe weitgehend auf den Straßenquerschnitt und nehmen im angrenzenden Raum rasch ab. Bei freier Lage allerdings können die Emissionen bis zu mehreren hundert Metern in die Umgebung eindringen. Zusätzlich führen hohe Lärmemissionen zu starken Umweltbelastungen in den angrenzenden Bereichen. Wenn möglich, sollen die Emissionen reduziert und die angrenzende Wohnbebauung durch breite Immissionsschutzpflanzungen geschützt werden.

Bahnanlagen

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

In Witten sind die Bahntrassen nordwestlich des Stadtzentrums und nördlich des Industriegebietes (südl. Westfalenstraße) mit dem Symbol Bahnanlagen belegt.

Kaltluftsammelgebiete

In den Niederungsbereichen der Ruhr können Kaltluftmassen entstehen und angereichert werden. Folglich können nächtliche mit Nebelbildung verbundene Bodeninversionen auftreten. Die eingeschränkten Belüftungsverhältnisse in Situationen mit stabilen Luftmassen können zu einer verstärkten Anreicherung von Luftschadstoffen führen. Daher sollten die Niederungsbereiche von Emittenten soweit wie möglich freigehalten werden. Darüber hinaus sollten diese Gebiete möglichst nicht weiter bebaut werden, um ihre Funktion als Luftleitbahnen nicht einzuschränken. Nur dann können sie bei geeigneten Windrichtungen zu einer Belüftung von Lasträumen beitragen.

7.1.4 Lokale Hinweise

Zusätzlich zu den allgemeinen Empfehlungen liefern die lokalen Hinweise Planungsempfehlungen für abgegrenzte Areale. Bei der Erstellung dieser Hinweise wurden die lokalen Gegebenheiten weitestgehend berücksichtigt. Sie sind daher nicht für eine größere Fläche, sondern nur für das unmittelbare Umfeld maßgeblich.

Begrünung Gewerbe und Industrie

Begrünungsmaßnahmen im Bereich großer Abstands-, Lager- oder Reserveflächen innerhalb der gewerblich und industriell genutzten Areale von Witten können die mikroklimatischen Bedingungen zusätzlich verbessern. Dabei ist in erster Linie an die Anpflanzung von Gehölzen, bei Parkplätzen an großkronige Bäume gedacht.

Hinweise zur Begrünung von Gewerbe- und Industriegebieten sind in allen größeren Gewerbe- und Industriegebieten auf der Karte der Planungshinweise zu finden. Hier sind ausreichend große Freiflächen vorhanden, durch deren Begrünung eine Verbesserung der klimatischen Bedingungen erzielt werden kann.

Weitere Bebauung möglich

Im Stadtgebiet von Witten existieren Flächen, auf denen eine weitere Bebauung keine zusätzlichen nachteiligen Auswirkungen auf die Ausprägung der klimatischen Bedingungen hätte. Diese Flächen sind auf der Planungshinweiskarte durch das Symbol „weitere Bebauung möglich“ hervorgehoben worden. Bei der Bebauung dieser Gebiete ist jedoch zu berücksichtigen, dass die vorhandene Bebauungsstruktur umliegender Wohngebiete weitgehend aufgegriffen und eine zu hohe Verdichtung vermieden werden sollte.

Eine weitere Bebauung ist vor allem in den weniger stark verdichteten Siedlungsgebieten südlich der Ruhr möglich. So würde eine Verdichtung der Wohnbebauung in Bommern und Bommerholz keine weitreichende klimatische Folgewirkung hervorrufen. Auch südlich der Ardeystraße in Annen und in Rüdinghausen „Auf dem Schnee“ würde eine maßvolle Bautätigkeit keine Veränderungen der klimatischen Situation im Umfeld bewirken.

Keine weitere Verdichtung

Bereiche, die aufgrund von Bautätigkeiten nachteilige Veränderungen erfahren würden, sind durch das Symbol „keine weitere Verdichtung“ auf der Planungshinweiskarte gekennzeichnet. In Witten werden v.a. für die Wohngebiete in Heven, Annen (nördlicher Abschnitt), Rüdinghausen (nördlicher Abschnitt) und Stockum Hinweise für eine nicht zu intensivierende Verdichtung gegeben. Bautätigkeiten im Bereich dieser Flächen würden eine Verschlechterung der klimatischen Situation im Umfeld bewirken. Einige dieser Flächen haben aufgrund ihrer aufgelockerten Bebauungsstruktur und ihres z.T. sehr großen Grünflächenanteils eine wichtige Funktion als Regenerationsräume.

Begrünung in den Wohngebieten

Neben den städtischen Grünanlagen und Freiflächen können auch kleinteilige begrünte Areale in bebauten Gebieten eine bioklimatische Entlastung der Anwohner begünstigen. Gegenüber den größeren Flächen beschränken sich bei diesen kleinen Grünflächen die klimatischen Auswirkungen auf die Flächen selbst (Oaseneffekt). Eine positive Wirkung wird also nur dann erzielt, wenn die Flächen während klimatisch belastender Wetterlagen aufgesucht werden und von den bioklimatischen und lufthygienischen Vorteilen dort profitiert wird.

Zu den Begrünungsmaßnahmen in Wohnbereichen zählt u.a. die Bepflanzung und Begrünung größerer Innenhöfe. Für die Bewohner werden durch diese Maßnahmen wichtige Klimaoasen geschaffen. Darüber hinaus können auch Begrünungen im Straßenraum die bioklimatische und

lufthygienische Situation verbessern. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass dichte alleearartige Anpflanzungen in Straßenschluchten und in stark befahrenen Straßen in lufthygienischer Hinsicht eher nachteilig wirken, da durch diese Art der Bepflanzung der Luftaustausch eingeschränkt werden kann. Insbesondere dort, wo große Emissionsmengen bodennah freigesetzt werden, kann eine Alleebepflanzung die Luftqualität vermindern. Daher sollten dichte Straßenbegrünungen vor allem auf Bereiche mit einem geringen Emittentenanteil bzw. auf breite Straßen beschränkt werden.

Fassaden- und Dachbegrünungen bewirken eine verminderte Erwärmung der Umgebungsluft in den Sommermonaten und eine geringere Abkühlung der Gebäudeoberflächen im Winter, so dass auch hierdurch ein kleiner Beitrag zur Verbesserung der klimatischen Situation geleistet werden kann.

„Begrünung im Wohnbereich“ wurde als Planungsempfehlung in Bereichen mit schlechteren bioklimatischen und lufthygienischen Bedingungen ausgesprochen. Das Anlegen kleinräumiger Grünflächen als Regenerationsräume für die unmittelbaren Anwohner würde vor allem im Stadtkern zu einer Verbesserung der klimatischen und lufthygienischen Situation führen.

Darüber hinaus existieren öffentliche Plätze oder größere Parkplätze, die für Begrünungsmaßnahmen in Frage kommen.

Festschreiben von Bebauungsgrenzen

Um klimatisch wertvolle Räume zu schützen und eine Zersiedelung des Stadtgebietes zu verhindern, wurde an besonders wichtigen Stellen das Liniensymbol „Bebauungsgrenzen festschreiben“ gesetzt. Das Ziel ist hier, eine über die Begrenzung hinausgehende Bebauung zu vermeiden und positive Zonen zu erhalten.

Im Stadtgebiet von Witten erfüllt das Symbol zum Festschreiben von Bebauungsgrenzen insbesondere die Funktion, den Außenraum vor weitergehender Bebauung zu schützen.

Zum Schutz des Außenraumes sollte die Bebauung von Stockum nicht über die angegebenen Grenzen im Norden, Osten und Westen ausgedehnt werden. Nur dann kann gewährleistet werden, dass die großen Freilandflächen auch weiterhin ihre Funktion als Kaltluftproduzenten erfüllen.

Darüber hinaus sollte der Ausgleichsraum im westlichen Anschluss an die Bebauung von Heven aus den folgenden Gründen nicht weiter bebaut werden:

- im Niederungsbereich der Ruhr bilden sich häufig Bodeninversionen, was mit einer Verschlechterung der Belüftungssituation verbunden ist und sich daher lufthygienisch nachteilig auswirkt
- die Luftleitbahn westlich von Heven ist zu erhalten
- die Belüftung über den Hauptfriedhof und die anschließenden Grünflächen bis in die bebauten Bereiche hinein kann nur gewährleistet sein, wenn die Freilandflächen unbebaut bleiben

Die Freiflächen im Gewerbegebiet Annen sollten in östliche Richtung nicht weiter ausgedehnt werden, um ihre Pufferfunktion zum benachbarten Dortmund zu erhalten.

Anstreben von Bebauungsgrenzen

Im Gegensatz zu festzuschreibenden Bebauungsgrenzen, die nach Möglichkeit keinerlei Siedlungstätigkeit jenseits der Baugrenzen empfehlen, ist durch das Symbol „Anstreben von Bebauungsgrenzen“ eine möglichst weitgehende Zurückhaltung bei Bautätigkeiten über die Grenzen hinaus anzustreben. Einzelne Gebäude können durchaus die Grenze überschreiten, größere zusammenhängende Baugebiete sollten jedoch nicht in den Außenraum vordringen.

Das Symbol „Anstreben von Bebauungsgrenzen“ wurde für den westlichen Siedlungsrand von Stockum und den südlichen Siedlungsrand von Herbede verwendet. Die umliegenden Freiflächen haben eine positive bioklimatische und lufthygienische Bedeutung, und ihre Funktion sollte weiterhin gesichert werden.

Immissionsschutzpflanzungen

In Bereichen mit bodennahen Emissionen können Immissionsschutzpflanzungen eine deutliche Verringerung der Immissionsbelastung bewirken. Um eine möglichst effektive Wirkung zu erzielen, sollte eine dichte (Durchblasbarkeit < 50 %) und tiefe (Mindesttiefe 15 m) Gehölzanzpflanzung angelegt werden. Besonders geeignet sind solche Anpflanzungen dort, wo Wohnbebauung unmittelbar an Gewerbe- oder Industriegebiete und an stark befahrene Straßen angrenzt.

Im Stadtgebiet von Witten können Empfehlungen zu Immissionsschutzpflanzungen für Gewerbe- bzw. Industriegebiete (Degussa-Hüls-Werk Witten und Gewerbebauung in Annen) ausgesprochen werden.

Darüber hinaus eignen sich Immissionsschutzpflanzungen an Straßen mit einem hohen Anteil an bodennahen Emittenten. Hierzu zählt vor allem die BAB 44.

Begrünung im Straßenraum

Zusätzlich zu den lufthygienischen Belastungen und den Lärmemissionen durch den Kfz-Verkehr sind auch die bioklimatischen Belastungen innerhalb einzelner Straßenräume oft recht hoch. Für diese Straßenräume werden Empfehlungen zur Begrünung gegeben. Ausgenommen bleiben enge Straßenschluchten, in denen Baumpflanzungen die Austauschverhältnisse einschränken können. Die Begrünung im Straßenraum sollte in erster Linie durch den Erhalt vorhandener großkroniger Laubbäume oder durch deren Anpflanzungen erreicht werden.

Für Witten werden Empfehlungen zur Begrünung im Straßenraum vorwiegend für einzelne Straßenzüge in Heven, Witten-Mitte und Annen gegeben.

Waldflächen

Die positive Wirkung von Waldflächen wurde bereits unter dem Stichwort „Ausgleichsräume“ (s. oben) angesprochen. Größere, zusammenhängende Waldflächen haben neben einem günstigen Bioklima auch eine Filterwirkung für Luftschadstoffe. Besonders effektiv ist die Filterwirkung bei Stäuben, aber auch gasförmige Luftbeimengungen können verdünnt und gebunden werden. Gerade in einem Ballungsraum wie dem Ruhrgebiet mit zahlreichen Emittenten spielen Waldflächen damit als Pufferräume eine wichtige Rolle.

Das Zusatzsymbol für bioklimatisch und lufthygienisch wertvolle Waldflächen wurde für die großen Wälder im Osten und Süden der Stadt gewählt.

Die größeren innerstädtischen Wälder in Witten (südlich der Ruhr und östliches Stadtgebiet) haben aufgrund ihrer Größe eine wichtige Filterfunktion für Luftschadstoffe und tragen zur Verbesserung des Bioklimas bei.

Park- und Grünanlagen

Größere Park- und Grünanlagen sind in der Lage, das Bioklima positiv zu beeinflussen. Sie können ein eigenständiges Mikroklima ausbilden und sind – je nach Ausstattung und Umgebungsstruktur – fähig, einen positiven Einfluss auf die Umgebung zu erzielen. Darüber hinaus sind sie aufgrund weitgehend fehlender Emittenten in der Regel Frisch- und Reinluftgebiete und können bei geeigneter Ausstattung eine Filterfunktion für Luftschadstoffe ausüben.

Im Stadtgebiet von Witten erhalten diejenigen Grün- und Parkanlagen das Zusatzsymbol für eine besondere Wirksamkeit, die aufgrund ihrer Größe und ihrer Lage im Umfeld belasteter

Wohngebiete eine besonders deutliche positive Wirkung erzielen können. Zu diesen Flächen zählen der Lutherpark, die Grünflächen südöstlich des Stadtzentrums sowie die Grünflächen in Annen an der Herdecker Straße.

7.1.5 Luftaustausch

Der Luftaustausch trägt wesentlich zur Qualität des Mikroklimas bei. Durch ihn können überwärmte Luftmassen aus dem Stadtgebiet abgeführt und durch kühlere aus dem Umland ersetzt werden. Weiterhin können mit Schadstoffen angereicherte Luftmassen durch immissionsärmere ausgetauscht und die vertikale Durchmischung kann durch die Zunahme der Windgeschwindigkeit erhöht werden.

Zwei Faktoren sind für den Luftaustausch entscheidend:

- Die mittlere Windgeschwindigkeit, die die Stärke des Luftaustausches, d.h. die Masse der herantransportierten bzw. abtransportierten Luftmassen und auch den Grad der vertikalen Durchmischung steuert. Bei Stundenmittelwerten unter 1,5 m/s in 10 m Messhöhe spricht man in der Stadtklimatologie von Schwachwindlagen; liegt die Windgeschwindigkeit unter 0,5 m/s, wird von stagnierenden Luftmassen gesprochen. Starkwindlagen sind normalerweise durch Windgeschwindigkeiten über 5 m/s gekennzeichnet.
- Die vertikale Durchmischung. Neben dem Antrieb durch das Windfeld tragen die bodennahe Rauigkeit, die Erwärmung am Erdboden und mögliche Kaltluftbildungen zum vertikalen Austausch bei. Dadurch bleibt in der Innenstadt auch in den Nachtstunden ein vertikaler Luftaustausch erhalten, der durch den Wärmeinseleffekt angetrieben wird.

Luftleitbahnen/Belüftungsbahnen

Aufgrund ihrer Lage, der Oberflächenrauigkeit bzw. des Strömungswiderstandes und der Ausrichtung können einzelne Flächen im Stadtgebiet zu einer wirkungsvollen Stadtbelüftung beitragen. Diese Flächen sind auf der Planungshinweiskarte mit dem Pfeilsymbol für Luftleitbahnen/Belüftungsbahnen gekennzeichnet. Besonders gut geeignet als Luftleitbahnen sind Flächen, die eine Mindestbreite von 50 m aufweisen, möglichst hindernisarm sind und eine ausreichend geradlinige Ausrichtung besitzen. Nur dann sind sie in der Lage, Luftmassen über längere Entfernungen ohne stärkere Verwirbelungen und Strömungswiderstände zu transportieren.

Als Luftleitbahn wurde im Stadtgebiet von Witten das Ruhrtal mit unterschiedlichen Richtungskomponenten ausgewiesen.

Daneben kann auch der Bahntrasse westlich des Stadtzentrums eine Funktion als Luftleitbahn mit Belüftungsfunktion für die umliegenden Wohngebiete zugesprochen werden. Als besonders wirkungsvoll erweist sich diese Belüftungsbahn während südlicher oder nördlicher Windrichtungen.

Zur Unterstützung dieser kleinräumigen Belüftungsbahnen sollten keine weiteren Emittenten angesiedelt bzw. vorhandene Kfz-Emissionen gesenkt werden. Die Bautätigkeit sollte darüber hinaus auf die in der Planungshinweiskarte empfohlenen Schwerpunkte beschränkt bleiben. Zur Unterstützung der Belüftungsfunktion wird die Anlage zusätzlicher ruhigkeitsarmer Grünzonen im Umfeld der Belüftungsbahnen empfohlen.

Frischlufzufuhr

Bei geeigneten Windrichtungen können frische Luftmassen aus den Freilandarealen in die belasteten Stadtgebiete geführt werden und dort durch die Vermischung mit belasteten Luftmassen bzw. einen Luftmassenaustausch zu einer Verbesserung der Luftqualität beitragen. In Witten sind insbesondere die großen Kaltluftproduktionsflächen im Stockumer Raum für die Belüftung der südlich gelegenen Lasträume von Witten von Bedeutung. So werden bei nordöstlichen Winden, die in der Regel schwach ausgebildet sind, kühlere und frischere Luftmassen aus dem Bereich Tiefendorf über die vorhandenen Grün- und Freiflächen in Richtung des Wittener Stadtkerns transportiert. Das Ausmaß dieses Luftmassenstroms konnte anhand der durchgeführten Messungen jedoch nicht belegt werden. Ebenso wenig ist bekannt, ob mögliche Hindernisse in Form von Bebauung, Relief oder dichter Vegetation den Abfluss der Luftmassen einschränken. Dennoch sollte dieser zusammenhängende Grünverbund als Regenerationsraum und mögliche Frischluftschneise unbedingt von weiterer Bebauung freigehalten werden.

Eine weitere Frischluftzufuhr über die Freiflächen im Bereich der Müllumladestation und den südlich anschließenden Hauptfriedhof konnte anhand von Kaltluftabflüssen im Bereich der Pferdebachstraße nachgewiesen werden. Voraussetzung hierfür sind Winde aus nördlichen Richtungen sowie die Entstehung kleinräumiger Windsysteme bei windschwachen Strahlungswetterlagen.

Auch im Süden des Stadtgebietes sowie im Bereich des Naherholungsgebietes Hohenstein existieren Frischluftzufuhrschneisen, die für die angrenzenden Wohnbebauung Ausgleichsfunktionen haben.

Luftaustausch fördern und erhalten

Im vorangegangenen Kapiteln wurde gezeigt, dass in Witten Luftleitbahnen bzw. Belüftungsbahnen existieren, die für das Stadtgebiet oder für Stadtteile von Witten als Frisch- und Reinluftlieferanten von Bedeutung sind. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, durch kleinräumige Verflechtungen zwischen Bebauung und Grünflächen schwächere Luft- und Ausgleichsströmungen lokal zu nutzen. Damit sich diese ausbilden können, bedarf es einer größeren Freifläche, die ihr eigenes Mikroklima ausbildet, sowie einer angrenzenden möglichst lockeren und gut durchgrüntem Bebauung. Aufgrund des Temperaturgegensatzes können sich dann Ausgleichsvorgänge ergeben, wobei sich allerdings nur sehr schwache Luftbewegungen mit geringer Reichweite (< 100 m) ausbilden. Eine weitere Möglichkeit, den Luftaustausch zu fördern, besteht darin, das Relief oder die großräumigen Windrichtungen zu berücksichtigen. An einigen größeren Grün- bzw. Freiflächen im Stadtgebiet von Witten können diese kleinräumigen Luftaustauschvorgänge gefördert werden.

Die Übergänge folgender Grünflächen sollten weitgehend offen bleiben bzw. geöffnet werden, um den Luftaustausch zu begünstigen:

- Grünflächen entlang der Herdecker Straße in Annen
- Grünflächen südlich und östlich des Stadtzentrums
- Grünflächen des Hauptfriedhofs und des Friedhofs nördlich der Diakonissenstraße
- Grünflächen in Heven
- Sportplatz und umliegende Grünflächen in Rüdighausen

Um einen Luftaustausch zwischen den Flächen wirksam zu fördern, sollten die Frei- und Grünflächen an ihren Rändern offen gestaltet werden. Weiterhin können die Wirkungen durch Grünverbünde zwischen Parkanlagen und umliegender Bebauung in Form von Straßenbäumen, begrünten Hausgärten oder zu den Grünflächen hin geöffneten Innenhöfen verstärkt werden.

8 Zusammenfassung

In der Untersuchung werden die klimatische und die lufthygienische Situation im Stadtgebiet von Witten anhand umfangreicher Messungen beschrieben und bewertet.

Ziel der Untersuchungen und Auswertungen ist die Ableitung von Planungsempfehlungen im Hinblick auf verbesserte bio- und immissionsklimatische Verhältnisse im Stadtgebiet.

Zur Bewertung der stadtklimatischen und lufthygienischen Situation wird die folgende Datenbasis herangezogen:

- fünf RVR-eigene Klimastationen zur Registrierung von Temperatur, Feuchte und Windfeld für den Zeitraum vom 01.01.2006 bis zum 31.12.2006
- zwei LANUV-Messstationen zur Registrierung des Windfeldes
- 12 Temperaturmessfahrten in den Jahren 2005 und 2006
- Emissionskataster für die Stadt Witten (LANUV)
- Messergebnisse der MILIS-Station Witten-Mitte für den Zeitraum 31.05.2005 bis 30.05.2006

Die **mesoklimatische Situation** des Wittener Stadtgebietes wird durch die topographische Situation sowie anthropogene und natürliche Flächennutzungsstrukturen bestimmt.

Bezogen auf die klimatischen Eigenschaften lassen sich im Stadtgebiet von Witten drei Räume voneinander abgrenzen:

- ein durch große landwirtschaftliche Flächen und Waldgebiete geprägter Süden und Osten, dem als Ausgleichsraum eine wichtige Bedeutung zugesprochen werden kann. Das Relief spielt hier für die Ausprägung der klimatischen Verhältnisse, insbesondere für die Bildung kleinräumiger Windsysteme, eine zentrale Rolle.
- ein stadtklimatisch überprägter Verdichtungsraum nördlich der Ruhr, in dem das Relief für die Ausprägung der klimatischen Verhältnisse eine nur untergeordnete Rolle spielt
- und der Kuppenbereich um Stockum, der durch große, zusammenhängende Freiflächen geprägt ist und dem für die Zufuhr von frischen Luftmassen in Richtung der Lasträume eine wesentliche Funktion, insbesondere bei windschwachen Wetterlagen, zugesprochen werden kann.

Südlich der Ruhr sowie im Osten der Stadt wird die klimatische Situation durch große, zusammenhängende Frei- und Waldflächen bestimmt. Aufgrund ihrer Ausdehnung sind diese als Kaltluftproduzenten wirksam, was durch insgesamt niedrige Temperaturen zum Ausdruck kommt. Aufgrund der stark ausgeprägten Reliefdynamik kommt es aufgrund der effektiven Kaltluftproduktion zur Kaltluftansammlung in Muldenlagen und zur Überwärmung der Kuppenlagen.

Der Einfluss der Bebauungsstrukturen ist im Vergleich zur Verdichtungszone im Süden als gering anzusehen. Eine erhöhte thermisch-bioklimatische Belastung in Verbindung mit einem erhöhten Immissionspotential durch lokale Emissionen (v.a. Hausbrand und Industrie) ist nur im Zentrum von Herbede sowie im Bereich der Ruhraue zu erwarten. Als problematisch stellt sich hier die Lage bodennah emittierender genehmigungspflichtiger Anlagen im Bereich des Ruhrtals dar, da aufgrund häufig auftretender Bodeninversionen Luftschadstoffe angereichert werden können und dadurch ein erhöhtes Immissionspotential besteht.

Die klimatischen Verhältnisse des dichter bebauten **Nordens** werden in erster Linie durch den Grad der anthropogenen Überformung eines Standortes (Versiegelungsgrad, Bebauungsdichte, Rauigkeitslänge) bestimmt.

Die Verdichtungszone von Witten sind durch thermische Belastungen während der Tages- und Nachtstunden gekennzeichnet. Als Belastungsschwerpunkte mit Hitzestress im Sommer treten neben den Gewerbe- und Industrieflächen das Zentrum sowie angrenzende dicht bebauten Gebiete hervor. Dem gegenüber steht die positive Wirkung von Parkanlagen und Grünflächen, die sich als kleinräumige Klimaoasen durch ihre bioklimatische Wohlfahrtswirkung auszeichnen. Die zum Teil hohen Versiegelungsgrade begünstigen einen stark ausgeprägten nächtlichen Wärmeinseleffekt, der während gradientschwacher Strahlungswetterlagen im Innenstadtkern bis auf knapp 8 K ansteigt. Im Vergleich zu anderen, größeren Städten im Ruhrgebiet konzentriert sich der Wärmeinseleffekt jedoch auf eine verhältnismäßig kleinere Fläche und ist schwächer ausgebildet. Dennoch sind die thermischen Ausgleichswirkungen umliegender Grün- und Parkanlagen zur Abmilderung der Erwärmungserscheinungen von großer Bedeutung. Ein wichtiges Planungsziel ist daher der Erhalt und Ausbau sowie die Vernetzung vorhandener Grünflächen als lokale Ausgleichsräume. Aber auch kleine Grünflächen erfüllen als wohnungsnahe Klimaoasen eine wichtige Funktion und sind daher zu erhalten bzw. auszubauen.

Die **bioklimatische Situation** zeichnet sich in Witten durch eine hohe Variabilität aus. Neben der bioklimatischen Ungunstlage des bebauten Niederungsbereichs der Ruhr treten erhöhte Belastungswerte in der Innenstadt auf. Als bioklimatische Gunsträume treten die Stadtteile auf, die durch eine lockere Bauweise und einen hohen Anteil an Grünflächen gekennzeichnet sind (Wullen, Annen-Süd, Rüdinghausen und Heven). In einzelnen Bereichen sind reliefbedingte Einflüsse für die Ausprägung der klimatischen Verhältnisse entscheidend. So treten beispielsweise Kaltluftabflüsse im Bereich des Hauptfriedhofs auf, die an der angrenzenden Pferdebachstraße noch spürbar sind.

Es darf in diesem Zusammenhang nicht unerwähnt bleiben, dass die Erwärmungserscheinungen in den dicht bebauten Arealen in den kühlen Monaten einen positiven Effekt mit sich bringen. Aufgrund der Erwärmung wird der Heizenergiebedarf herabgesetzt und die Aufenthaltsqualität im Zentrum begünstigt.

Für die **Belüftung** der Lasträume von Witten sind zwei große Gebiete im Stadtgebiet von zentraler Bedeutung:

- der durch große Freiland- und Waldareale charakterisierte Süden, der insbesondere bei Hauptwindrichtung Südwest frische, überwiegend unbelastete Luftmassen in Richtung Stadtzentrum liefert
- die Freilandflächen um Stockum, die bei windschwachen Wetterlagen und bei Winden aus nördlichen bis nordöstlichen Richtungen Frischluft über vorhandene Grün- und Freiflächen in Richtung Wittener Zentrum bringen

Um die Wirksamkeit der Freilandflächen als Ausgleichsräume zu gewährleisten, sind die Freiflächen zu erhalten und die in Richtung Innenstadt orientierten Grünverbundsysteme weiter auszubauen.

Zur räumlichen Lokalisierung erhöhter **Emissionen** werden die Schadstoffmengen aus genehmigungspflichtigen Anlagen, Verkehr und Hausbrand kartographisch dargestellt. Hierbei treten die Belastungsschwerpunkte im Bereich des Stadtkerns (Hausbrand, Verkehr), der Autobahnen und einiger Industriestandorte (Degussa-Hüls-Werk, Edelstahl-Werk Witten-Krefeld, Stadtwerke Bommern) deutlich hervor.

Die Beurteilung der **Immissionssituation** von Witten erfolgt anhand der Ergebnisse der MILIS-Station Witten-Mitte. Die Auswertungen zeigen, dass die in der 1. Tochtterrichtlinie für PM10 und NO₂ angegebenen Grenzwerte nicht überschritten werden.

Die Ergebnisse der Klima- und Lufthygieneauswertungen werden in Form einer **Synthetischen Klimafunktionskarte** dargestellt. Das Stadtgebiet wird hierbei in Klimatope untergliedert, die durch ähnliche mikroklimatische Ausprägungen gekennzeichnet sind. Dynamische Faktoren werden in Form der spezifischen Klimaeigenschaften und spezieller Klimafunktionen dargestellt und beschrieben. Die Synthetische Klimafunktionskarte bildet die Grundlage zur Ableitung des Planungs- und Handlungsbedarfs, der in der **Planungshinweiskarte** dargestellt ist.

9 Literatur

Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23.09.2004.

Baumüller, J.; Reuter, U. (2003): Umweltmeteorologie und Planung. In: promet. Meteorologische Fortbildung, Jahrgang 30, Heft 1/2.

BKR, Büro für Kommunal- und Regionalplanung (1994): Klimaanalyse der Landeshauptstadt Düsseldorf. 5. Planungshandbuch. Essen.

Deutscher Bäderverband und Deutscher Fremdenverkehrsverband (1991): Begriffsbestimmungen für Kurorte und Heilbrunnen. 10. Ausg. vom 16.03.1991, Bonn, Frankfurt.

Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Witterungsreport Express. Monatsberichte 1-12 für das Jahr 2006.

Flach, E. (1957): Grundbegriffe und Grundtatsachen der Bioklimatologie. In: LINKES Meteorologisches Taschenbuch, Neue Ausgabe, Bd. III, S. 178-268.

Gerstengarbe, F.-W., Werner, P.C. (1999): Katalog der Großwetterlagen 1881 bis 1998. Nach Paul Hess und Helmuth Brezowsky. Potsdam, Offenbach a.M.

Helbig, A. et al. (1999): Stadtklima und Luftreinhaltung. Heidelberg.

Hupfer, P.; Kuttler, W. (Hrsg.)(2005): Witterung und Klima. Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. Wiesbaden.

Hüwels, H. (2007): Vortrag „Stand der Diskussion über die Luftreinhaltungspolitik der EU“ im Rahmen der Diskussionsveranstaltung „Feinstaub – Problem oder Hysterie?“ am 03.08.2007 in Düsseldorf.

LÖBF (2006) (Hrsg.): Fortschreibung der Klimaszenarien für Nordrhein-Westfalen. Bericht.

Meynen, E.; Schmithüsen, J.; Gellert, J.; Neef, E.; Müller-Miny, H.; Schultze, H.J. (Hrsg.)(1957): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. 6. Lieferung. Remagen.

MUNLV (2004): Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.

Ministerium f. Wirtschaft, Mittelstand u. Technologie (Hrsg.) (1994): Umsetzung von Windenergie in Schwachwindgebieten. Errichtung und Betrieb von Windkraftanlagen mittlerer Größe aus betriebswirtschaftlicher, technischer und juristischer Sicht. Handbuch für die Praxis. Münster.

Roßmann, F., Koch, M. (2001): Analyse der klimatischen und lufthygienischen Verhältnisse der Stadt Essen. Dortmund.

Roßmann, F., Steffens, H. (1997): Analyse und Klassifikation des Testreferenzjahres nach thermischen Kenngrößen und Schwellenwerten für das Ruhrgebiet und Ballungsräume des Flachlandes. Durchgeführt im Auftrag des Kommunalverbandes Ruhrgebiet, Dortmund.

Sukopp, H., Wittig, R. (Hrsg.)(1993): Sonderdruck aus: Stadtökologie.

MURL (Hrsg.) (1989): Klima-Atlas von Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.

Verein Deutscher Ingenieure (1994): VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1. Umweltmeteorologie. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen.

Verein Deutscher Ingenieure (1996): VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima.

www.bmu.de

www.dwd.de

www.lanuv.nrw.de