

2. Informationsgewinnung und Datenbasis

2.1 Methoden der Informationsgewinnung

Zur Bearbeitung von klimatisch-lufthygienischen Fragestellungen, die sich bei der Behandlung der stadtklimatischen Problemfelder (siehe auch Kapitel 3.1) ergeben, ist es notwendig, die urbane Situation zu erfassen, hinsichtlich der Ursachen zu analysieren und bezüglich der Auswirkungen zu beurteilen (Kuttler & Düttemeyer 2003). Hieraus können anschließend planerische Handlungskonzepte abgeleitet werden (Baumüller & Reuter 2003).

Im Mittelpunkt des stadtklimatischen Untersuchungsinteresses steht die räumliche und zeitliche Struktur der klimatischen und lufthygienischen Situation von Städten oder urbanen Teilräumen (Helbig et al. 1999). Bei der Ursachenanalyse des Stadtklimas findet daher die Berücksichtigung der Klimafaktoren besonderes Interesse, insbesondere wenn die zu erwartenden klimatisch-lufthygienischen Modifikationen Folgen einer Umnutzung der Flächennutzungsstruktur sind. Stadtklimatische Untersuchungen beschränken sich daher nicht nur auf die Analyse der bestehenden stadtklimatischen Situation im Sinne der diagnostischen Feststellung des sog. Ist-Zustandes, sondern erfordern ggf. auch die prognostische Abschätzung eines zukünftigen Plan-Zustandes (Kuttler 2004). Ebenfalls in den Bereich der Prognose fällt die Untersuchung der stadtklimatischen Situation und der veränderten makroklimatischen Randbedingungen, wie sie für den Klimawandel erwartet werden.

Da die klimatisch-lufthygienische Situation eines Untersuchungsraumes nicht in Form einer integrativen Bewertungsgröße erfasst werden kann, besteht die Notwendigkeit der separaten Untersuchung der einzelnen meteorologischen und lufthygienischen Zustands- und Messgrößen, aus denen anschließend eine Gesamtaussage abgeleitet werden muss (Mayer 2006). In der Regel werden die Aussagen nicht nur für einzelne Standorte oder Flächen benötigt, sondern für übergeordnete Raumeinheiten, z. B. für Stadtquartiere oder für die gesamte Stadtfläche.

Welche Messgrößen bzw. stadtklimatischen Charakteristika für die einzelnen Thermenfelder zu untersuchen sind, ist im Rahmen der Aufgabenstellung festzulegen. Zu den meteorologischen Standardmessgrößen zählen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit sowie Windgeschwindigkeit und Windrichtung. In speziellen Fällen kann die Erfassung weiterer Größen notwendig sein. Hierzu gehören Strahlungstemperatur, Bodentemperatur, kurz- und langwellige Strahlungsströme, Energiebilanz, Verdunstung, atmosphärische Turbulenz, Mischungsschichthöhe, Bewölkung, fallender und abgesetzter Niederschlag, Schlagregen, Nebelart und -häufigkeit, Sichtweite sowie ggf. meteorologisch bedingte Lärmausbreitungen. Auch die Analyse des Klimas in Wohnungen, Büroräumen, Nahverkehrsmitteln und Kraftfahrzeugen kann – mit einer darauf abgestimmten Methodik – Gegenstand stadtklimatischer Arbeiten sein. Die meisten Messgrößen werden heutzutage mit hinreichender Genauigkeit (zehntel bis hundertstel Maßeinheit) und bei Bedarf mit hoher zeitlicher Auflösung (> 1 Hz) elektronisch erfasst und aufgezeichnet, was insbesondere für die Ermittlung der Spurenstoffausbreitung von Bedeutung ist (Hupfer & Kuttler 2006).

Im Rahmen der Luftreinhaltung werden auf Grundlage des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) und seiner Verordnungen nur diejenigen Substanzen untersucht, denen Indikatorfunktionen in Bezug auf entsprechende Quellen bzw. auf vermutete Akzeptorschäden in Frage kommen. Das Spektrum der überwiegend gemessenen Spurenstoffe umfasst primäre und sekundäre Luftverunreinigungen (NO, NO₂, O₃, CO, SO₂, Staubbiederschlag, Schwebstaub

(PM10, PM2,5) sowie Ruß)). Je nach Fragestellung werden der Messumfang um CO₂, anthropogene Kohlenwasserstoffe (AVOC, z. B. BTEX) oder pflanzliche Kohlenwasserstoffe (BVOC, z. B. Isopren, Terpen, etc.) erweitert. Ferner kann die Luftqualität durch Gerüche (Industrie, Intensivtierhaltung, Entsorgungsanlagen) belastet werden, die meist aus einem Gemisch gasförmiger Substanzen bestehen und in summa oder einzeln nachzuweisen sind.

2.1.1 Untersuchungskonzepte

Für die Untersuchung stadtklimatischer Fragestellungen existieren verschiedene etablierte Untersuchungskonzepte, die sich hinsichtlich der Untersuchungsziele, der Methodik, des technischen, zeitlichen und monetären Aufwandes und der Aussagegenauigkeit unterscheiden (Kuttler & Düttemeyer 2003, Foken 2006). Grundsätzlich lässt sich, wie in Abb. 2-1 dargestellt, eine stadtklimatische Untersuchungsmethodik in vier Arbeitsabschnitte untergliedern:

- Fachwissenschaftliche Auswertung vorhandenen Datenmaterials,
- Datenerhebung im Gelände durch in-situ-Messungen und Beobachtung bzw. Einsatz von Fernerkundungsverfahren sowie Phänologie und Bioindikation,
- Anwendung physikalischer bzw. numerischer Modellsimulationen zur Diagnose und Prognose sowie
- Bewertung der Ergebnisse.

Die Fragestellung entscheidet jeweils darüber, welche der genannten Untersuchungsschritte zur Problemlösung herangezogen werden können. Bei Auswertung vorhandenen Datenmaterials ist der technische Aufwand gering, allerdings besteht die Gefahr, dass aus den vorhandenen Unterlagen keine zufrieden stellende Beantwortung spezifischer Fragestellungen möglich ist. In diesem Falle sind aufgabenspezifische Untersuchungen unter Einbeziehung analytischer Verfahren (Messung und/oder Modellierung) empfehlenswert, da hierdurch konkrete Aussagen bezüglich der Aufgabenstellung getroffen werden können. Allerdings ist bei den analytischen Methoden der technische und zeitliche Aufwand besonders hoch. In jedem Fall wird eine stadtklimatische Untersuchung mit der Bewertung der Ergebnisse abgeschlossen, um die Auswirkungen der festgestellten klimatisch-lufthygienischen Situation korrekt einschätzen und ggf. Handlungsmaßnahmen erarbeiten zu können.

Die genannten Untersuchungsschritte werden in Abbildung 2-1 und im folgenden Text näher erläutert.

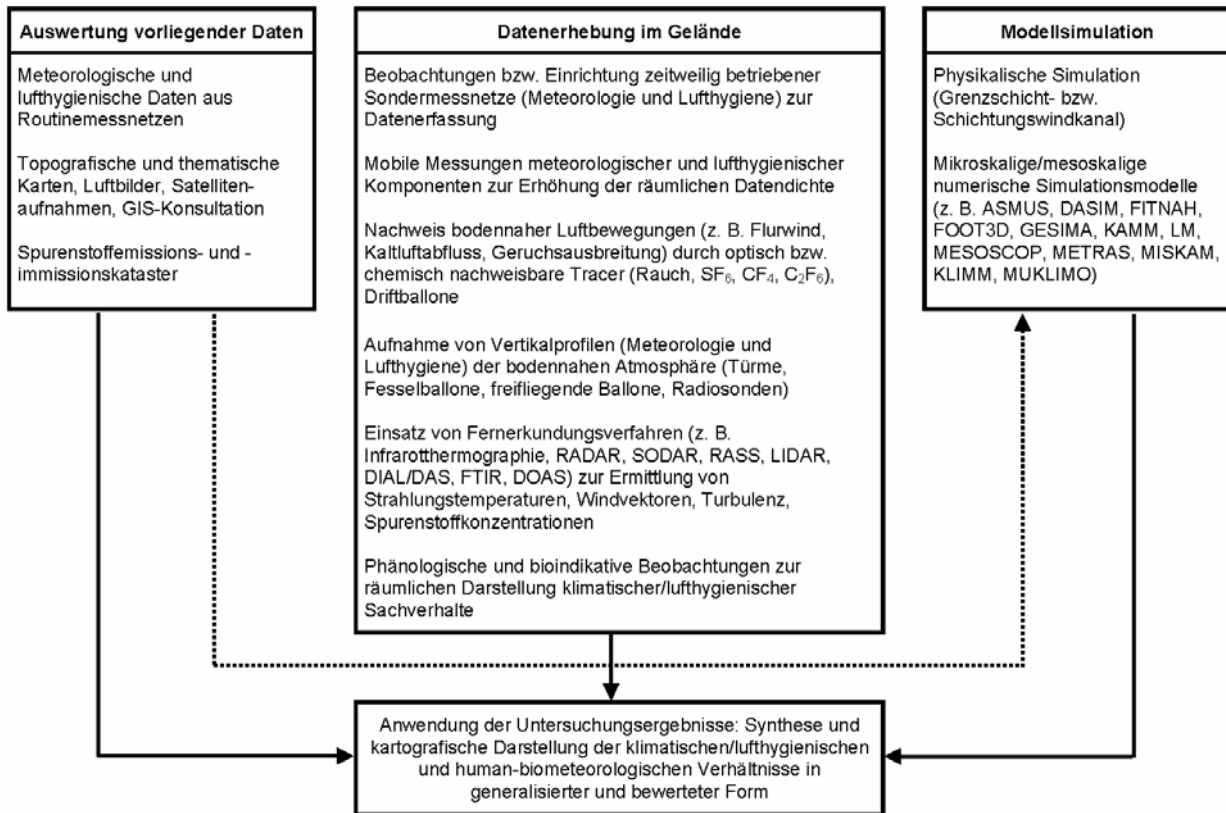


Abb. 2-1 Umweltmeteorologische Untersuchungsmethoden (nach VDI RL 3787, Bl. 9, 2004, verändert)

2.1.2 Auswertung vorhandener Daten und Unterlagen

Der erste Untersuchungsschritt bei einer stadtklimatisch-lufthygienischen Fragestellung besteht in der Recherche nach bestehenden Unterlagen, die für den konkreten Untersuchungsraum bereits Informationen zum Thema oder einer vergleichbaren Aufgabenstellung enthalten könnten. Insbesondere im Ruhrgebiet liegen für zahlreiche Kommunen umfangreiche Informationen zur stadtklimatischen und lufthygienischen Situation vor (Kap. 2.2.1), die häufig flächendeckende Aussagen zu den unterschiedlichsten Klima- und Lufthygieneigenschaften enthalten. Diese Informationen können oftmals für die Bearbeitung aktueller Problemstellungen herangezogen werden, indem sie günstigstenfalls eine direkte Beantwortung erlauben oder aber wertvolle Hinweise für das weitere methodische Vorgehen geben können. Es ist jedoch auf die Aktualität der bestehenden Unterlagen zu achten, da ihre Nutzung nur dann sinnvoll ist, wenn die dargestellten Informationen zum Zeitpunkt der Inanspruchnahme in natura noch Gültigkeit besitzen. Dieses ist jedoch in Städten aufgrund der stetigen, dynamischen Änderung von Flächennutzungen, welche dominierende Klimafaktoren darstellen, nicht immer für alle Flächen oder Quartiere gewährleistet.

Für den Fall, dass zu Fragestellungen keine stadtklimatischen oder lufthygienischen Fachinformationen für das Untersuchungsgebiet vorliegen, besteht die Möglichkeit, in einer ersten Annäherung die stadtklimatische oder lufthygienische Situation über eine sog. Analogieschlussbetrachtung abzuschätzen (Kuttler & Düttemeyer 2003). Dabei werden bereits andernorts ermittelte

Sachverhalte für vergleichbare Fragestellungen auf das betroffene Untersuchungsgebiet unter Berücksichtigung lokaler Spezifika übertragen. Bei diesem Verfahren werden die Klimafaktoren (Tab. 2-1) des Untersuchungsraumes analysiert. Da die Einzelwirkungen der Klimafaktoren auf das Klima oder die Lufthygiene prinzipiell bekannt sind, können für das Untersuchungsgebiet hinsichtlich der Fragestellung Plausibilitätsbetrachtungen zur Ausprägung der zu untersuchenden Sachverhalte vorgenommen werden. Dabei werden die in anderen Untersuchungen nachgewiesenen Wirkungen der betreffenden Klimafaktoren auf diejenigen Flächenbereiche des eigenen Untersuchungsraumes angewendet, in denen die gleichen Klimafaktoren vorkommen. Dieses Prinzip der räumlichen Übertragbarkeit von klimatisch-lufthygienischen Sachverhalten stößt jedoch an Grenzen, wenn mehrere Klimafaktoren den Untersuchungsraum prägen und dadurch eine kombinatorische Wirkung auf Klima und Lufthygiene aufweisen. Dieses Problem wird umso gravierender, je größer das zu untersuchende Gebiet ist, da hiermit auch die Vielfalt sowie die Anzahl und die räumliche Anordnung der Klimafaktoren zunehmen. Somit ist eine Beurteilung größerer Areale oder gesamter Städte über diese Methode kaum möglich. Besser ist die Analogieschlussbetrachtung für kleinräumige Fragestellungen geeignet, da hier häufig homogene Flächennutzungen mit einer überschaubaren Anzahl von Klimafaktoren vorherrschen.

Tab. 2-1 Typen und Merkmale von stadtklimatischen Umweltfaktoren (Kuttler & Dütemeyer 2003)

Typ	Merkmale
Bebaute Gebiete	Grund-/Aufriss, Rauigkeit, thermophysikalische Materialeigenschaften, Versiegelungsgrad, Bebauungs-/Straßengeometrie, Oberflächenfarbe, Horizontüberhöhung (Himmelssichtfaktor SVF, Straßenbreiten-/Haushöhenverhältnis), Hindernishöhen/Zwischenraum-Verhältnis (Aspect ratio)
Bodenoberfläche	Nutzung, Typ, Art, Struktur, Farbe, Bedeckung (Staub, Laub, Schnee), Feuchtigkeit, Höhe des Grundwasserspiegels, Bewirtschaftungsform, Rauigkeit
Anthropogene Emissionssituation	Quellentypen, -höhe, Emissionszusammensetzung, raum-zeitliche Emissionsmuster (z. B. Heizverhalten, Verkehrsdichte, Fahrverhalten, industrielle Produktionszyklen, Bewirtschaftungszyklen landwirtschaftlicher Nutzflächen, Massentierhaltung, etc.)
Vegetation	Art, Dichte, Bestandsstruktur, saisonaler Aspekt, Blattflächenindex (BFI/LAI) bzw. Gesamtflächenindex (PAI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Ratio Vegetation Index (RVI), Biogene Kohlenwasserstoffemissionen (BVOC), Rauigkeit
Relief	Geographische Lage (Ebene, Tal, Hang), Höhenlage (absolut, relativ), Reliefenergie, Hangexposition, Hangneigung, Horizontüberhöhung, Rauigkeit

Die Ergebnisse von Auswertungen vorhandener Unterlagen oder von Analogieschlussbetrachtungen sind als Abschätzungen klimatisch-lufthygienischer Sachverhalte zu betrachten. Dabei kann vor dem Hintergrund der methodischen Einschränkungen nicht garantiert werden, dass die Situation in natura auch tatsächlich auftritt. Sofern im Rahmen der Aufgabenstellung verlässliche bis hin zu gerichtsverwertbaren Informationen zur klimatisch-lufthygienischen Situation des Untersuchungsraumes benötigt werden, sind analytische Verfahren anzuwenden. Hierbei ist zwischen direkten Messungen im Gelände und numerischen oder physikalischen Modellierungen zu unterscheiden.

2.1.3 Analytische Untersuchungsmethoden

Zur Entscheidung, ob Datenerhebungen im Gelände oder Modellsimulationen durchgeführt werden sollen, sind die Vor- bzw. Nachteile beider Verfahren zu berücksichtigen:

Geländemessungen besitzen u. a. den Vorteil, dass ortsbezogene Messwerte mit hoher zeitlicher und je nach Meßmethode auch hoher räumlicher Auflösung generiert werden können. Erfolgen die Messungen über einen Zeitraum, der die zeitlichen Variationen der Klimateigenschaften abdeckt, können die Sachverhalte als reproduzierbar und zeitlich repräsentativ gelten. Werden im Untersuchungsgebiet mehrere Messstationen eingerichtet, können über singuläre Standortwerte hinaus raum-zeitliche Mittelwerte gebildet werden, die jedoch nur eine geringe räumliche Repräsentativität aufweisen und dreidimensional nur unzureichend aufgelöst sind. Dies kann vor allem in kleinräumig unterschiedlich strukturierten urbanen Flächennutzungen und reliefiertem Gebiet zu Verständnisproblemen führen und gibt Hinweise darauf, dass mobile Messungen vorgenommen werden sollten.

Die Vorteile der Anwendung physikalischer oder numerischer Modellsimulationen hingegen liegen in der Darstellung meist hoch aufgelöster dreidimensionaler Datenfelder, woraus Raumaussagen abgeleitet werden können, sowie in der Erstellung von Prognosen, die verschiedene Szenarien berücksichtigen können. Der Nachteil des Einsatzes von Modellsimulationen ist darin zu sehen, dass viele der verwendeten Größen parametrisiert werden müssen und deshalb nur ein unvollkommenes Bild der Realität widerspiegeln. Ferner ist die räumliche Auflösung der Modelle begrenzt.

Untersuchungen im Gelände können ggf. durch die Anwendung indirekter in-situ-Verfahren, wie Phänologie und Bioindikation, ergänzt werden.

2.1.3.1 Geländemessungen

Die Erfassung realer klimatologischer oder lufthygienischer Daten im Gelände kann über stationäre oder mobile Messungen sowie über Vertikalsondierungen und Tracerexperimente erfolgen. Bei der anschließenden Analyse von Geländedaten muss berücksichtigt werden, dass sich die Messwerte aus einer regionalen (Hintergrundwert) und lokalen Komponente (ortsspezifischer Wert) zusammensetzen (Kuttler & Düttemeyer 2003). Die Wahl der geeigneten Methode richtet sich dabei nach der Aufgabenstellung und ist individuell zu treffen. Die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Geländemessmethoden werden nachfolgend erläutert.

Stationäre Messungen

Stationäre Messmethoden werden benutzt, um die zeitliche Variabilität der klimatisch-lufthygienischen Situation im Untersuchungsraum zu ermitteln (Hupfer & Kuttler 2006). Hierbei handelt es sich um saisonale und diurnale Effekte sowie Unterschiede in den Witterungsbedingungen. Bei letzteren sind die austauscharmen, autochthonen Witterungsepisoden von großem Interesse, da hier die lokalen Mikroklimata besonders deutlich hervortreten. Die Ausprägung der Mikroklimata ist stark von lokalen Klimafaktoren abhängig, so dass die vor Ort erhobenen Daten nur für die nähere Messstandortumgebung repräsentativ sind. Der urbane Raum ist jedoch aufgrund der heterogenen Flächennutzungsstruktur und der daran geknüpften Klimafaktoren in eine Vielzahl von Arealen mit unterschiedlichen Mikroklimaten, den sog. Klimatopen (VDI RL 3787, Blatt 1, VDI RL 3785 Blatt1), gegliedert. Um ein vollständiges Bild der urbanen klimatisch-lufthygienischen Situation zu erhalten, ist daher in der Regel die Messung in jeweils mindestens

einem der vorliegenden Klimatope notwendig. Um dieses Ziel zu erreichen, ist normalerweise die Einrichtung eines eigenen, temporären Messnetzes mit Klimastationen (Abb. 2-2) erforderlich, da die offiziellen Messstationen der Wetterdienste und Umweltbehörden diesbezüglich zwei Nachteile aufweisen. Erstens ist die räumliche Dichte der Messstationen in diesen Messnetzen zu gering, um eine kleinräumige Differenzierung der urbanen klimatisch-lufthygienischen Situation zu gewährleisten. Zweitens sind die Klimastationen der Wetterdienste gemäß ihres Auftrages als überregional geltende Freilandstationen ausgelegt, so dass sie in der Regel außerhalb des urbanen Raumes liegen. Für die Messung in urbanen Räumen ist deshalb der Aufgabe entsprechend direkt in den betroffenen Klimatopen mit den jeweiligen flächennutzungstypischen Standorteigenschaften zu messen (WMO 2006). Die Daten der Wetterdienste sollten als Referenzdaten (lange Messreihen) in die Auswertung der stationären Messungen einfließen und dienen der gesamtstädtischen klimatischen Einordnung.



Abb. 2-2 Klimastation zur Erfassung von Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und – geschwindigkeit sowie verschiedenen Energiebilanzglieder in unterschiedlichen Messhöhen an der Albert Kratzer Klimastation der Universität Duisburg-Essen in Essen (Foto: Kuttler)

Zum Nachweis der Luftqualität werden aktive und passive Probennahmeverfahren eingesetzt (Moriske 2000). Aktive Verfahren zeichnen sich dadurch aus, dass Luft mittels einer Pumpe durch ein Messgerät geleitet wird. Unterschieden werden dabei kontinuierliche Messungen, die aus einer selbstständig erfolgenden Probennahme, analytischen Bestimmung sowie anschließenden Messwerterzeugung vor Ort bestehen, von diskontinuierlichen Verfahren, bei denen die Probennahme von der Analyse getrennt ist. Mit Hilfe von Passivverfahren werden gas- oder partikelförmige „Immissionsraten“ bestimmt. Die zeitliche Auflösung ist bei kontinuierlichen Messverfahren von der Einstellzeit und der Nachweisgrenze der Analysatoren, bei diskontinuierlichen und Passivsammlerverfahren von der Art der Probennahme abhängig. Da sich die

Messdauer bei nicht registrierenden Geräten im Allgemeinen über mehrere Tage erstreckt, ist eine Verknüpfung der lufthygienischen mit meteorologischen Daten kaum möglich. Kontinuierliche Immissionsmessungen erfordern in der Regel einen hohen apparativen, logistischen und damit kostenintensiven Aufwand. Sie werden deshalb seltener eingesetzt als diskontinuierliche Verfahren, die zwar wesentlich kostengünstiger, aus den o. g. Gründen jedoch auch ungenauer sind.

Mobile Messungen

Mobile Messungen dienen der flächenhaften Verdichtung punktuell erhobener Daten. Während diese im Rahmen stadt- und geländeklimatischer Analysen – insbesondere zum Nachweis der Lufttemperatur und auch der Luftfeuchtigkeit – schon seit langer Zeit Bestandteil der anwendungsorientierten Forschung sind (Persson 1997), werden lufthygienische Messfahrten und mobile Messungen ausgewählter Strahlungsgrößen erst seit einigen Jahren erfolgreich durchgeführt (Blankenstein & Kuttler 2004, Henninger & Kuttler 2007).

Mobile Messungen erfolgen meist während schwachwindiger Strahlungswetterlagen auf vorher festgelegten Routen, die durch repräsentative Flächennutzungen führen und durch die Wetterlagenabhängigkeit reproduzierbar sind. Die Messstrecken werden entweder mit geeigneten Fahrzeugen (Abb. 2-3) bei geringer Geschwindigkeit befahren oder auch mit entsprechender Messausrüstung – im Falle meteorologischer Untersuchungen – begangen (Messgänge). Die räumliche Datendichte ist sowohl vom Verlauf der Messroute und der Ansprechgeschwindigkeit der Erfassungsgeräte als auch von der Geschwindigkeit abhängig, mit der das Analysegerät durch das Untersuchungsgebiet bewegt wird.



Abb. 2-3 Mobiles meteorologisch-lufthygienisches Messlabor der Abteilung Angewandte Klimatologie der Universität Duisburg-Essen. Messgrößen: Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind, Luftdruck, UV- und Globalstrahlung, NO, NO₂, CO₂, O₃, VOC, PM_x (Foto: Ptak/Nekes)

Eine hohe Erfassungsfrequenz wird durch die Messsysteme mit Taktfrequenzen von etwa 1 Hz bereits vielfach garantiert. Bei längeren Messzeiträumen ist die tageszeitliche Variabilität übergeordneter Effekte (z. B. Tagesgang der Lufttemperatur) durch geeignete Korrekturverfahren zu kompensieren (Danzeisen 1983). Die geringe zeitliche Repräsentativität kann durch Wiederholungsmessungen erhöht werden. Erfolgt die räumliche Zuordnung der Messdaten durch den Einsatz von Global Positioning Systemen (GPS), ist eine unmittelbare digitale Weiterverarbeitung gewährleistet.

Die Daten können mit Hilfe einfacher Interpolationsverfahren bzw. durch numerische Modellierung zu flächendeckenden Karten weiter verarbeitet werden. Auch besteht die Möglichkeit, für vorherrschende Flächennutzungstypen Mittelwerte anzugeben oder diese in Form von Linien-signalen kartographisch darzustellen.

Vertikalsondierungen

Vertikalsondierungen dienen zur Erfassung der meteorologischen und lufthygienischen Verhältnisse in Abhängigkeit von der Höhe über Grund. Entsprechende Messungen können an Türmen, frei fliegenden Ballonen, Fesselballonen (Abb. 2-4), Zeppelinen, Hubschraubern oder Flugzeugen vorgenommen werden (Baumbach & Vogt 1999).



Abb. 2-4 Fesselballonsonde zur klimatologischen Untersuchung der vertikalen Struktur der bodennahen Atmosphäre (Foto: Düttemeyer)

Darüber hinaus lassen sich Fesselballone als „mobile Messmasten“ (meteorological towers) einsetzen, wenn das Halteseil des Trägerballons bei voreingestellter Flughöhe mehrere Instrumente in zuvor festgelegten Höhenstufen trägt. Diese und die an Türmen vorgenommenen Messungen erlauben kontinuierliche Untersuchungen. Sie sind jedoch, im Vergleich zu anderen Messgeräteträgern, räumlich nicht bzw. nur eingeschränkt variabel verwendbar.

Der Einsatz von Zeppelin, Hubschraubern oder Flugzeugen (letztere auch als ferngesteuerte Miniaturfluggeräte) bietet sich an, wenn ein größeres Areal in der vertikalen Struktur untersucht werden soll, oder wenn die zu untersuchenden Messgrößen aufgrund der Instrumentengewichte den Einsatz von Ballonen verhindern.

Tracerexperimente

Tracer sind luftfremde Spurenstoffe, die im Rahmen emittentenbezogener Untersuchungen zum Nachweis der Windbewegung, insbesondere von Schwachwindströmungen, bei Kaltluftuntersuchungen und Geruchsausbreitungen eingesetzt werden (Eggert 1999, Röckle et al. 1998, Dütemeyer et al. 2004). Es handelt sich dabei sowohl um optische Tracer wie Raucherzeuger, als auch um chemisch nachzuweisende Spurenstoffe, die in der Atmosphäre nicht oder nur in geringen Konzentrationen enthalten sind (z. B. Schwefelhexafluorid (SF_6), Tetrafluormethan CF_4 , Hexafluorethan C_2F_6).

Die Anwendung von Raucherzeugern (Abb. 2-5) hat den Nachteil, dass diese nur visuell und damit qualitativ nachgewiesen werden können, jedoch nur geringen logistischen Aufwand verursachen.



Abb. 2-5 Visualisierung der Kaltluftausbreitung mit Hilfe von Raucherzeugern. Man beachte die in der linken Bildhälfte erkennbare gegenläufige Ausgleichsströmung an der Oberseite der dickeren unteren Rauchfahne (Foto: Kuttler)

Die Markierungsstoffe SF_6 , CF_4 und C_2F_6 können zum quantitativen Nachweis herangezogen werden und geben z. B. über die Eindringtiefe von Kaltluft in Bebauungsgebiete hinein Auskunft (Abb. 2-6) (VDI RL 3787, Blatt 5). Die genannten chemisch nachzuweisenden Tracer besitzen ein z. T. hohes Treibhauspotenzial. Ihre Freisetzung sollte deshalb sparsam und nur in dringend notwendigen Fällen erfolgen. Durch Einsatz von Multitracertechniken können innerhalb eines Untersuchungsgebietes z. B. unterschiedliche Luftströmungen durch gleichzeitige Verwendung verschiedener Tracersubstanzen erfasst werden (Rühling & Lohmeyer 1999).

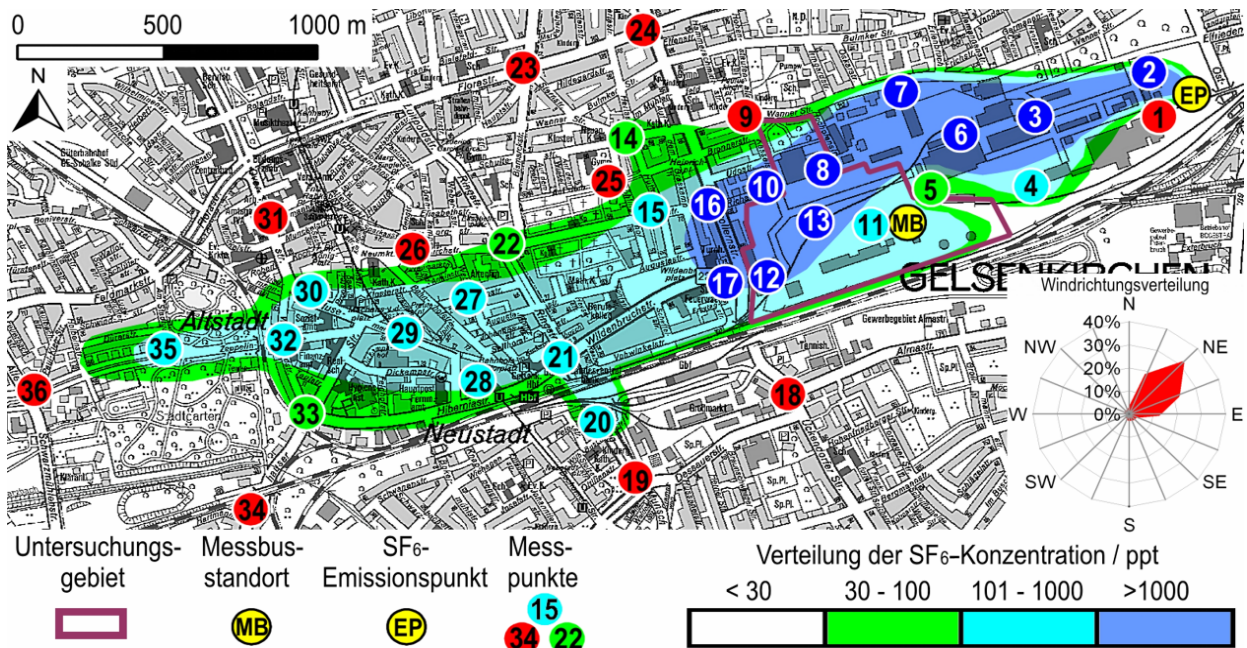


Abb. 2-6 Nachweisgebiet des Tracers Schwefelhexafluorid (SF₆) während einer strahlungsächtlichen Kaltluftausbreitungskampagne in Gelsenkirchen (4./5.09.2003), Farbe der Messpunkte entsprechend der SF₆-Konzentration (rot = Konzentration < 30 ppt) (Dütemeyer et al. 2004)

2.1.3.2 Fernerkundungsverfahren

Im Vergleich zu in-situ-Messungen handelt es sich bei den Fernerkundungsmethoden um berührungslose Messverfahren, die sich weder durch Probennahme und Probenaufbereitung noch durch Beeinflussung des Proben Volumens durch das Messsystem auszeichnen. Die Verfahren beruhen auf der Wechselwirkung von Schallwellen oder elektromagnetischer Strahlung verschiedener Wellenlängen mit festen, flüssigen bzw. gasförmigen Bestandteilen der Atmosphäre oder dem Erdboden. Der Einsatz von Fernerkundungsverfahren kann vom Boden, Flugzeug oder Satelliten aus erfolgen. Boden gestützte Messungen bieten im Gegensatz zu luft- oder weltraumgestützten Verfahren den Vorteil, dass sie kontinuierlich eingesetzt werden können. Die bodengestützten Verfahren dienen routinemäßig zur Vertikalsondierung verschiedener meteorologischer und lufthygienischer Messgrößen. In Einzelfällen können auch horizontale Messungen vorgenommen werden (Ropertz 2008). Im Vergleich zu Ballonsondierungen bieten fernerkundungsgestützte Vertikalsondierungen grundsätzlich den Vorteil einer höheren zeitlichen Auflösung sowie kontinuierlichen Messung der einzelnen Parameter. Akustische Verfahren (z. B. SODAR-Messungen) haben allerdings den Nachteil, dass sie einerseits Schall emittieren (in bewohnten Gebieten problematisch), andererseits Umweltlärm die Messwertgüte beeinflusst.

Werden Fernmessverfahren zum Nachweis atmosphärischer Spurenstoffe eingesetzt (Abb. 2-7), greifen diese auf unterschiedliche Spektralbereiche (UV, VIS und/oder IR) zurück. Die Anwendung erfolgt entweder wegstreckenintegrierend oder orts aufgelöst entlang eines Messstrahls. Diese Messverfahren bieten insbesondere bei der Untersuchung räumlich ausgedehnter und diffuser Spurenstoffquellen Vorteile, da durch das größere Probenvolumen ein Dominieren kleinräumiger Inhomogenitäten innerhalb der Messstrecke vermieden wird. Darüber hinaus können mit einem Messsystem gleichzeitig verschiedene Komponenten in demselben Probenvolumen bestimmt werden.



Abb. 2-7 Optische Fernerkundungssysteme DOAS (auf dem Fahrzeug) und FTIR (neben dem Fahrzeug) zur wegstreckenintegrierten Erfassung lufthygienischer Komponenten (Foto: Lamp)

Die Infrarot-Thermographie ist das gebräuchlichste Fernerkundungsverfahren in der Stadtklimatologie. Eine in einem Flugzeug oder Satelliten installierte Thermalkamera liefert ein flächendeckendes Bild der momentanen Temperaturen an der Erdoberfläche. Kleinere Probleme ergeben sich aus der verfälschten Erfassung der Temperaturen von Glas- oder Metallflächen. Bei der Interpretation von Thermalbildern ist zu beachten, dass die gemessenen Oberflächentemperaturen nicht identisch sind mit den jeweiligen Lufttemperaturen vor Ort. Man erhält lediglich Hinweise auf die Temperaturstruktur eines Untersuchungsgebietes. Potentielle Wärmeinseln sowie Kaltluftentstehungs-, -abfluss- und -sammelgebiete lassen sich auf Thermalbildern gut lokalisieren.



Abb. 2-8 Thermalbild (Nachtsituation) der Ruhr-Universität Bochum und Umgebung (Quelle: RVR)

2.1.3.3 Modellsimulationen

Modellsimulationen werden ergänzend zu den bisher genannten Untersuchungsmethoden herangezogen, wenn entweder im Rahmen einer Diagnose die Bewertung von geschlossenen dreidimensionalen Feldern meteorologischer und lufthygienischer Verhältnisse oder eine Prognose potentieller Auswirkungen geplanter Umwelteingriffe vorgenommen werden soll.

Unterschieden werden numerische Modelle von physikalischen Windkanal-Simulationen. Im Rahmen der numerischen Modellierung werden sowohl mikro- als auch mesoskalige Modelle verwendet, die in Abhängigkeit der Raumgittergrößen mehr oder weniger detaillierte, flächendeckende Felder verschiedener klimatisch-lufthygienischer Größen generieren können (Abb. 2-9). Jüngste Modellgenerationen berücksichtigen bei der Ausbreitungssimulation neben den übergeordneten Windverhältnissen auch potentielle chemische Spurenstoffreaktionen in der Atmosphäre sowie heterogene Flächennutzungsstrukturen und das Relief (Schlünzen 2002). Den Vorteilen bei der Anwendung numerischer Modelle stehen auch Nachteile gegenüber. Dazu zählen, dass sie eine begrenzte räumliche Auflösung haben und die Realität aufgrund unvollkommener Gleichungssysteme nicht vollständig und damit nur über erforderliche Parametrisierungen widerspiegeln können. Dieses hat zur Folge, dass einerseits zur Generierung der Modellatmosphäre Eingangsdaten bereitgestellt werden müssen, die idealerweise aus Messungen im betreffenden Untersuchungsraum stammen und dass andererseits die Modellergebnisse gleichfalls durch Messungen in natura verifiziert werden sollten.

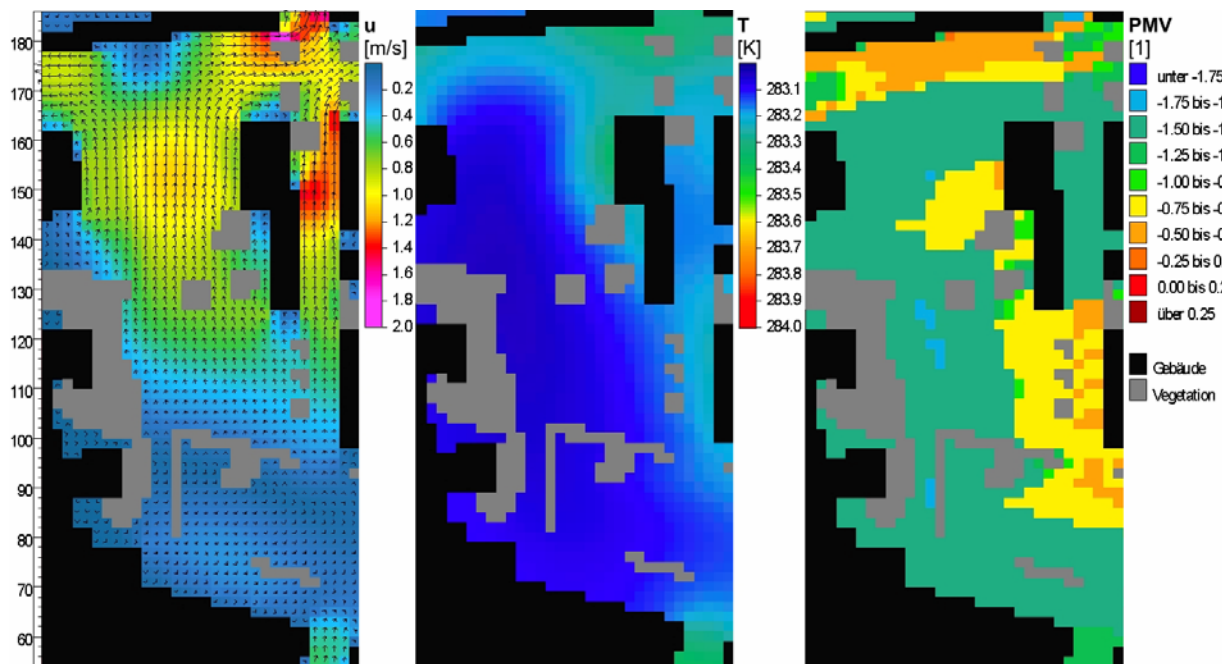


Abb. 2-9 Beispielergebnisse der numerischen Simulation des Windfeldes u (links), des Temperaturfeldes T (Mitte) und des thermischen Behaglichkeitsfeldes PMV (rechts) für ein horizontales 2-Meter-Raster in 2 m ü. Gr. um 16 Uhr Ortszeit in einer urbanen Flächennutzungsstruktur (Eigene Darstellung Düttemeyer)

Physikalische Modelle (insbesondere Windkanäle) werden eingesetzt, wenn detailgetreue Analysen in einem Untersuchungsgebiet z. B. zur Strömungsdynamik, Ausbreitung von Luftverunreinigungen, zur Klärung human-biometeorologischer Probleme oder zu Fragen der Windlast

und des Windkomforts geklärt werden sollen (Plate 1996). Im Vergleich zu numerischen Modellen sind als Nachteil der Windkanalmodellierung neben den hohen Kosten die nur eingeschränkten Möglichkeiten zur Untersuchung von Schwachwindströmungen, unterschiedlichen atmosphärischen Schichtungen, Feuchtefeldern und zeitlichen Zustandsänderungen meteorologischer Parameter zu nennen.

Zu den Modellanwendungen sind letztlich auch empirisch-statistische Verfahren zu zählen, bei denen die atmosphärische Umwelt nicht räumlich simuliert, sondern der Atmosphärenzustand – basierend auf den Umweltfaktoren – integrierend im Sinne eines Gesamtergebnisses aus empirischen Beziehungen berechnet wird (z. B. Wiesner 1986, Düttemeyer 2000, Wienert 2002).

2.1.3.4 Phänologie und Bioindikation

Ergänzend zu den physikalischen Messungen und zu Modellsimulationen wird die Pflanzenphänologie – seltener die Tierphänologie – als indirekte Methode zur räumlichen Differenzierung des Klimas herangezogen. Da die Klimaelemente in ihrer Gesamtheit auf das Pflanzenwachstum wirken, lassen die Ergebnisse phänologischer Untersuchungen keinen Rückschluss auf einen bestimmenden Faktor zu, sondern spiegeln die integrierende Wirkung aller wirksamen Klimaeinflüsse eines Standortes flächenhaft wider. Die phänologische Methode wird nicht nur zur kleinklimatischen Differenzierung verwendet, sondern auch zum Nachweis von Klimaänderungen eingesetzt (Rutishauser & Studer 2007, Chmielewski & Rötzer 2002).

2.1.4 Bewertung und Darstellung umweltmeteorologischer Sachverhalte

Um die Ergebnisse umweltmeteorologischer Messungen oder Berechnungen ihrer Bedeutung entsprechend möglichst objektiv einschätzen zu können, müssen diese einem Bewertungsverfahren unterworfen werden. Die Ziele einer Evaluation liegen vor allem in der Ausweisung klimatischer und/oder lufthygienischer Belastungs- bzw. Ausgleichsräume, in der Klassifizierung der Empfindlichkeit einer Fläche gegenüber bestimmten Nutzungen oder der Bonität eines klimatisch-lufthygienischen Phänomens im Hinblick auf die vorausschauende Optimierung von Flächennutzungen. Hinsichtlich der Bewertungsverfahren unterscheidet man relative von absoluten Evaluationen. Bei der relativen Bewertung werden räumliche bzw. zeitliche Unterschiede von gemessenen Größen festgestellt, ohne dass diese auf Standards bezogen werden. Eine absolute Bewertung orientiert sich hingegen an entsprechenden Prüfgrößen, die rechtsverbindlichen Charakter tragen können.

Neben der Interpretation der Ergebnisse sollten die klimatisch-lufthygienischen Sachverhalte, sofern sie einen Flächen- bzw. Raumbezug aufweisen, in kartographischer Form dargestellt werden, um daraus Handlungsstrategien ableiten zu können (VDI 3787 Bl.1). Dazu bieten sich sowohl „Synthetische Klimafunktionskarten“ (Abb. 2-10) an, in denen in generalisierter Form maßstabsgerecht raumnutzungsbezogene „Klimafunktionsräume“ bewertend dargestellt werden

als auch sog. „Planungshinweiskarten“ (VDI 3787 Bl. 1, Bl. 9), die Handlungsanweisungen enthalten und zwecks Weiterverarbeitung in geobasierten Umweltdatenbanken eingebunden werden können.

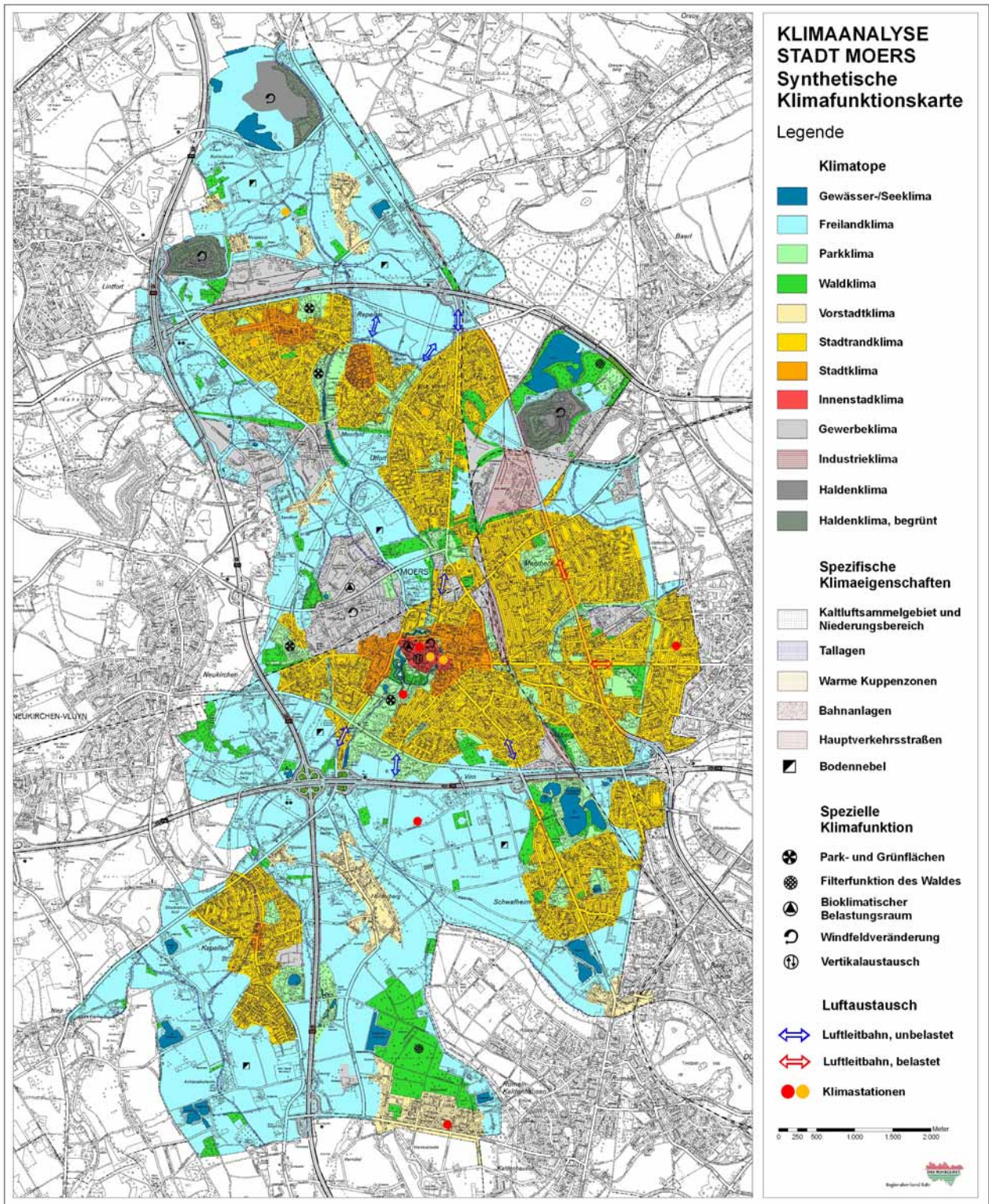


Abb. 2-10 Beispiel einer Synthetischen Klimafunktionskarte (Klimaanalyse Stadt Moers, RVR 2006b)

2.2 Datenbasis der Klimainformationen im Ruhrgebiet

2.2.1 Allgemein verfügbare Datenbasis

Für das Ruhrgebiet liegen zahlreiche klimatisch-lufthygienische Fachinformationen vor, die als Grundlage zur Bearbeitung unterschiedlicher umweltmeteorologischer Fragestellungen herangezogen werden können und nachfolgend beschrieben werden. Das Kontingent der verfügbaren Fachinformationen ist bezüglich der dargestellten Inhalte, der Maßstabsebenen, der Aktualität sowie der Verfügbarkeit sehr heterogen. Die Informationen können unterschiedliche Sachverhalte aus dem Bereich der Stadtklimatologie, der Luftreinhaltung oder der planerischen Anwendbarkeit (umweltmeteorologische Handlungsstrategien) einzeln oder zusammenfassend darstellen. Dabei erstreckt sich der räumliche Bezug der Informationen vom regionalen Maßstab (1:100.000 oder kleiner) mit allgemeinen, räumlich wenig differenzierbaren Aussagen, über kommunale, z. T. gesamtstädtische Betrachtungen mit flächennutzungsspezifischen Informationen im Maßstab 1:50.000 bis 1:5.000 bis hin zu detaillierten Informationen ausgewählter einzelner Standorte (Maßstab 1:5.000 oder größer). Auch bezüglich der Aktualität gibt es Unterschiede. Während viele Fachinformationen – insbesondere aus dem Bereich der Luftreinhaltung – häufig einen aktuellen Stand aufweisen, sind in manchen räumlichen Bereichen die vorhandenen Informationen bereits mehrere Jahre alt, insbesondere hinsichtlich stadtklimatischer Sachverhalte.

Während ein Teil der Daten frei zugänglich und verwertbar ist, insbesondere wenn es sich um allgemeine klimatisch-lufthygienische Informationen auf überkommunaler, regionaler Ebene handelt, entstammen Informationen gerade mit Bezug zur kommunalen Ebene häufig aus Gutachten und sind in der Regel der Öffentlichkeit nicht zugänglich (sog. „graue Literatur“). In wenigen Fällen werden kommunale Fachinformationen in wissenschaftlichen oder administrativen Fachpublikationen veröffentlicht.

Neben der Nutzung der vorhandenen Fachinformationen besteht die Möglichkeit, für eigenständige Untersuchungen auf das Datenkontingent aus permanenten betriebenen Messnetzen verschiedener Institutionen und Organisationen zuzugreifen.

Der nachfolgende Überblick über die vorhandenen stadtklimatisch-lufthygienischen Fachinformationen zum Ruhrgebiet ist nach Maßstabsebenen gegliedert. Zunächst werden in Kap. 2.2.1.1 Klimainformationen auf kleinmaßstäbiger, überregionaler Ebene beschrieben, die einen klimatisch-lufthygienischen Überblick über das gesamte Ruhrgebiet erlauben. Anschließend erfolgt in Kap. 2.2.1.2 eine Darstellung von umweltmeteorologischen Informationen, die in großem Maßstab vorliegen und damit konkrete Raumbezüge auf kommunaler Ebene zulassen. In Kap. 2.2.1.3 wird abschließend auf mögliche weitere Datenquellen eingegangen.

2.2.1.1 Kleinmaßstäbige Fachinformationen

Die kleinmaßstäbigen Fachinformationen stellen umweltmeteorologische Sachverhalte auf regionaler oder überregionaler Ebene in einem Maßstab von 1:100.000 oder kleiner dar. Bei einer maximalen räumlichen Auflösung von 1 km x 1 km ist eine Beuteilung von Fragestellungen auf FNP- oder Bebauungsplanebene nicht möglich. Allerdings können diese Informationen erste

Hinweise auf umweltmeteorologische Sachverhalte oder für das weitere methodische Vorgehen bei stadtklimatischen oder lufthygienischen Untersuchungen geben. Für Klimainformationen, die das gesamte Ruhrgebiet abdecken, stehen diverse Kartenwerke zur Verfügung. Hier sind insbesondere der Klimaatlas Nordrhein-Westfalen (MURL NRW 1989) sowie der Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland (DWD 1999 bis 2006) zu nennen. Während der Klimaatlas Nordrhein-Westfalen einen relativ großen Darstellungsmaßstab von 1:1 Mio. aufweist, aber auf veralteten klimatischen Daten aus dem Zeitraum zwischen 1931 und 1980 beruht, sind die Daten im Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland zwar aktueller (Datenbasis 1961 bis 2000), jedoch in kleinerem Maßstab von 1:2,5 Mio. abgebildet. Ferner unterscheiden sich beide Werke hinsichtlich der Inhalte.

Der Klimaatlas Nordrhein-Westfalen (MURL NRW 1989) zeigt hauptsächlich mehrfarbige, kartographische Darstellungen, die aus Stationsmessungen mittels topographischer Korrekturverfahren in die Fläche interpoliert wurden. Die Darstellungsschwerpunkte liegen bei der Lufttemperatur und dem Niederschlag. Für beide Messgrößen sind sowohl die monatlichen als auch die jährlichen Mitteltemperaturen bzw. Niederschlagssummen abgebildet (Abb. 2-11 und Abb. 2-12). Entsprechende Messwerttabellen sind für ausgewählte Stationen des Ruhrgebiets veröffentlicht. Für die Lufttemperatur sind dies die Stationen Essen und Dortmund, für den Niederschlag zusätzlich die Stationen Gelsenkirchen-Buer und Moers. In weiteren Karten sind die Sonnenscheindauer, die Anzahl von Nebel-, Schneebedeckungs-, Starkregen- und Schwachwindtagen sowie Tagen mit Wärmebelastung und Kältereizen dargestellt. Ferner enthält der Atlas Karten zur potenziellen Verdunstung, zu Nebelobergrenzen sowie zur Pflanzenphänologie (Frühlings-, Frühsommer-, Hochsommer- und Herbstzuzugskarten).

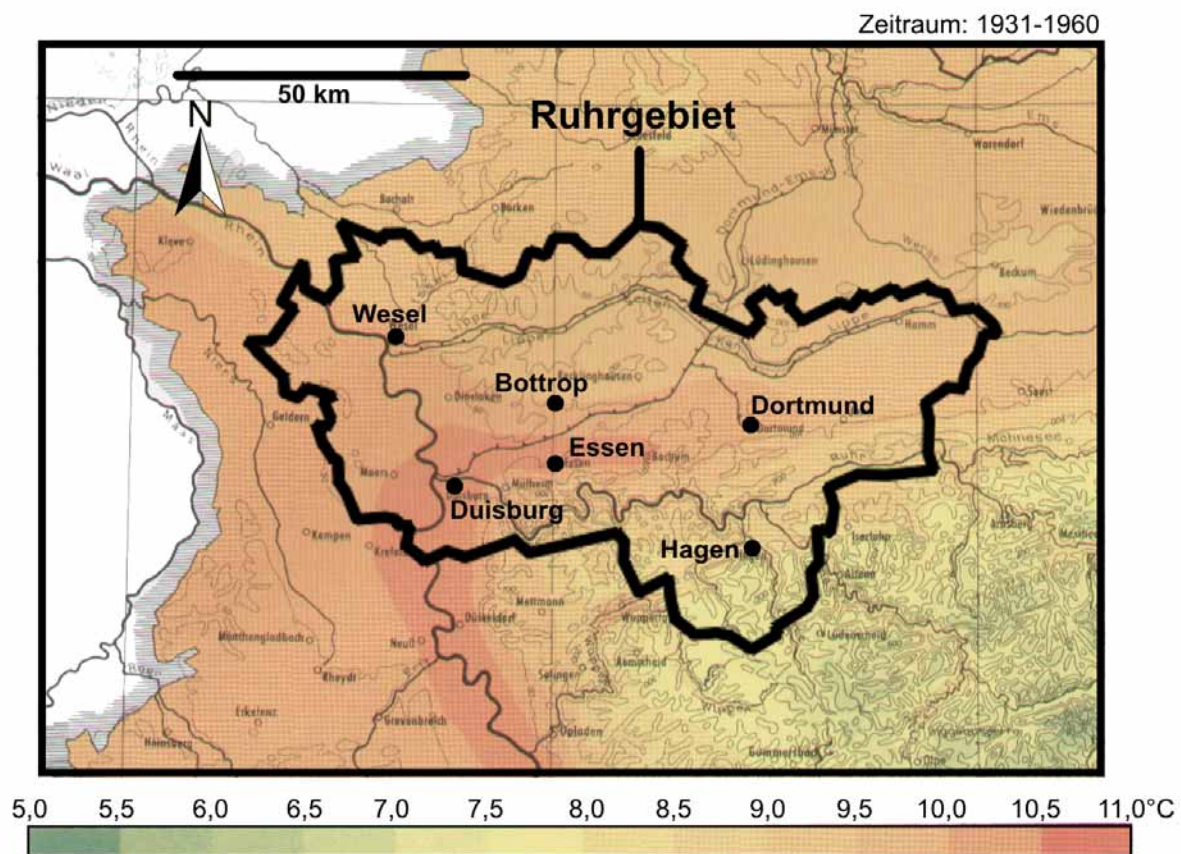


Abb. 2-11 Kartographische Darstellung des mittleren jährlichen Tagesmittels der Lufttemperatur im Klimaatlas Nordrhein-Westfalen (MURL NRW 1989, verändert)

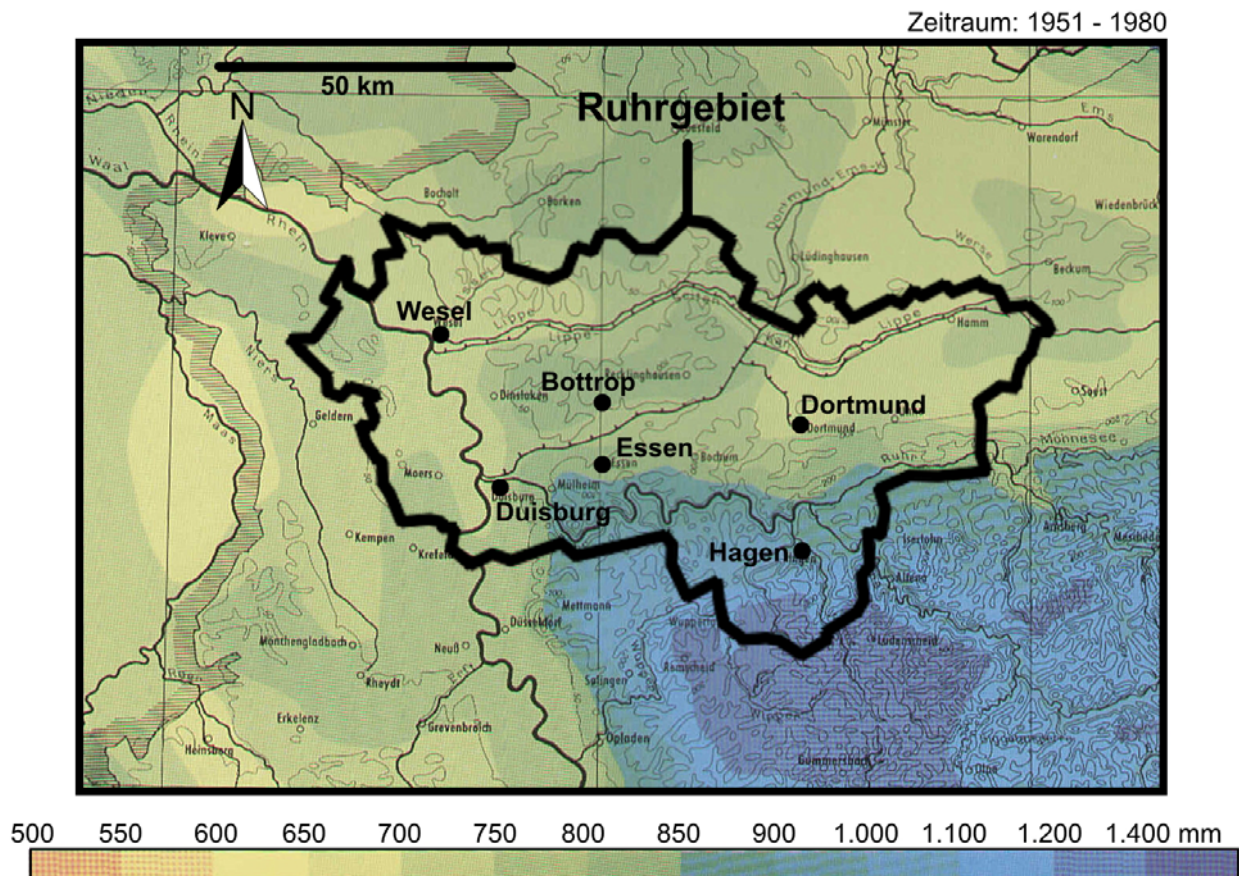


Abb. 2-12 Kartographische Darstellung der mittleren jährlichen Niederschlagshöhe im Klima-atlas Nordrhein-Westfalen (MURL NRW 1989, verändert)

Als weiteres kartographisches Werk ist der vierbändige Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland (DWD 1999, 2001, 2003, 2006) zu nennen. Er enthält wie der Klimaatlas Nordrhein-Westfalen mehrfarbige, kartographische Darstellungen zu einer Vielzahl klimatischer Themen, die aus Messungen mittels topographischer Korrekturverfahren in die Fläche interpoliert wurden. Neben der Papiaerausgabe werden die Karten auch digital ausgeliefert, allerdings nicht im GIS-Format.

Eine Übersicht der Themenkarten enthält Tabelle 2-2. Bis auf die Globalstrahlung beruhen alle Klimakarten des Atlases auf Daten der Messnetze des DWD aus den Jahren 1961-1990. Für die Globalstrahlung wurden Daten des Strahlungsmessnetzes des DWD und des europäischen Wettersatelliten METEOSAT aus dem Zeitraum 1981-2000 verwendet. Mit wenigen Ausnahmen wurden alle klimatologischen Größen als Mittelwerte für die einzelnen Monate, die meteorologischen Jahreszeiten, die Halbjahre Sommer und Winter sowie für das Jahr kartographisch dargestellt. Pro Klimatelement ergeben sich somit 19 Klimakarten.

Tab. 2-2 Übersicht über die klimatischen Themenkarten des Klimaatlasses der Bundesrepublik Deutschland (DWD 1999, 2001, 2003, 2006)

Messgröße, Thema	Ausgabe Band	Anzahl Themenkarten			
		Jahreswerte	Halbjahreswerte	Jahreszeitenwerte	Monatswerte
Lufttemperatur	1	1	2	4	12
Niederschlagshöhe	1	1	2	4	12
Sonnenscheindauer	1	1	2	4	12
Verdunstung	2	1	2	4	12
Mittleres tägliches Maximum der Lufttemperatur	2	1	2	4	12
Mittleres tägliches Minimum der Lufttemperatur	2	1	2	4	12
Kontinentalität	2	1			
Wolkenbedeckungsgrad	3	1	2	4	12
Globalstrahlung	3	1	2	4	12
Mittlere Anzahl von Tagen eines Jahres mit Über- bzw. Unterschreitung von Schwellenwerten	3	6 Themenkarten: Eistage, Frosttage, Sommertage, heiße Tage, Niederschlag ≥ 1 mm, Niederschlag ≥ 10 mm			
Ausgewählte pflanzenphänologische Phasen	3	4 Themenkarten: Schneeglöckchenblüte, Apfelblüte, Knospung und Laubverfärbung Hängebirke			
Klimatische Wasserbilanz	4	1	2	4	12
Mittlere tägliche Temperaturschwankung	4	1	2	4	12
Mittlere Windgeschwindigkeit	4	1	2	4	12
Variabilität der Windgeschwindigkeit im Jahresgang	4	1			
Mittlerer Dampfdruck	4	1			
Mittlere Zahl von Tagen mit einer Schneedecke	4	1			

Neben den vorgestellten Atlanten existieren weitere kleinmaßstäbige Karten mit klimatischen Spezialinformationen. Die Bioklimakarte Deutschland (Jendritzky et al. 2003, siehe Abb. 2-13) im Maßstab 1:2,5 Mio. gibt mit einer räumlichen Auflösung von 1 km x 1 km einen qualitativen Überblick über das mittlere Niveau der human-biometeorologischen thermischen Belastung, indem die Häufigkeiten der Wärmebelastung bzw. des Kältereizes ausgewiesen werden.

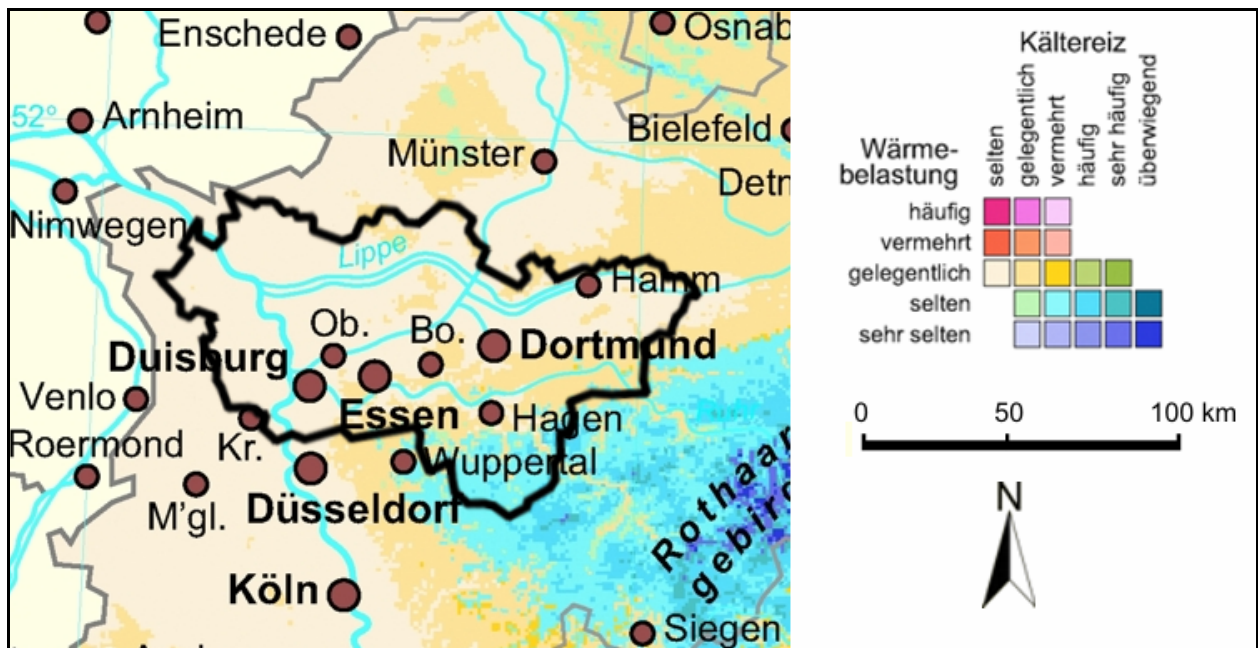


Abb. 2-13 Auszug aus der Bioklimakarte Deutschland (Jendritzky et al 2003, verändert)

Im Bereich der Lufthygiene gibt das Emissionskataster NRW (LANUV NRW 2009) einen regionalen Überblick über die Emissionssituation verschiedener Spurenstoffe im Ruhrgebiet. Das Emissionskataster ist im Internet über die Internetadresse des LANUV NRW (<http://www.lanuv.nrw.de>) zu finden und frei zugänglich und nutzbar. Es enthält sowohl eine Datenbank für genehmigungsbedürftige Anlagen gemäß BImSchG / 11. BImSchV und TA-Luft als auch ein GIS-System für die flächenhafte Darstellung von Emissionen. Somit sind neben den Emissionsmengen diverser Spurenstoffe der einzelnen Emittenten auch nach Verursachergruppen sortierte Emissionen von Spurenstoffen abruf- und kartographisch darstellbar. Die Emittentengruppen unterscheiden sich in Industrie, Verkehr, Kleinf Feuerungsanlagen und Landwirtschaft. Ferner werden gruppenübergreifende Gesamtemissionen gezeigt.

Die im Emissionskataster erfassten Spurenstoffe lassen sich in folgende Kategorien zusammenfassen:

- Treibhausgase: Distickstoffmonoxid (N_2O), Kohlendioxid, Methan
- Andere Gase: Ammoniak, Chlor und -verbindungen als HCl, Fluor und -verbindungen als HF, Kohlenmonoxid, NMVOC (Organische Gase und Dämpfe ohne Methan), Schwefeldioxid, Stickstoffoxide als Stickstoffdioxid (NO_2)
- Schwermetalle: Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Vanadium, Zink
- Chlorhaltige organische Stoffe: Dioxine/Furane al I-TE
- Andere organische Stoffe: Benzo(a)pyren (BaP), Benzol, Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
- Anorganische Stoffe: Dieselruß, Staub (Gesamtstaub), Staub (PM10)

Die Aktualität der Daten ist für die Verursachergruppen Industrie, Verkehr, Kleinf Feuerungsanlagen auf 2004 datiert, für die Landwirtschaft auf 2003. Damit ist aufgrund des Alters bei der Interpretation der Daten Vorsicht geboten. Neuere Daten sind nur im Rahmen der aktuellen Luft-

reinhaltplanung für die Spurenstoffe Stickoxide und Feinstaub erhältlich. (s. u., vgl. auch Kap. 1.1.4).

Sämtliche Informationen des Immissionskatasters sind in Tabellenform oder in kartographischer Form darstellbar. Bei der kartographischen Ausgabe kann zwischen den Darstellungsarten Raster (4 km x 4 km, Abb. 2-14, links) sowie zwischen den Gebietseinheiten Regierungsbezirke, Landkreise oder kreisfreie Städte und Gemeinden (Abb. 2-14, rechts) gewählt werden.

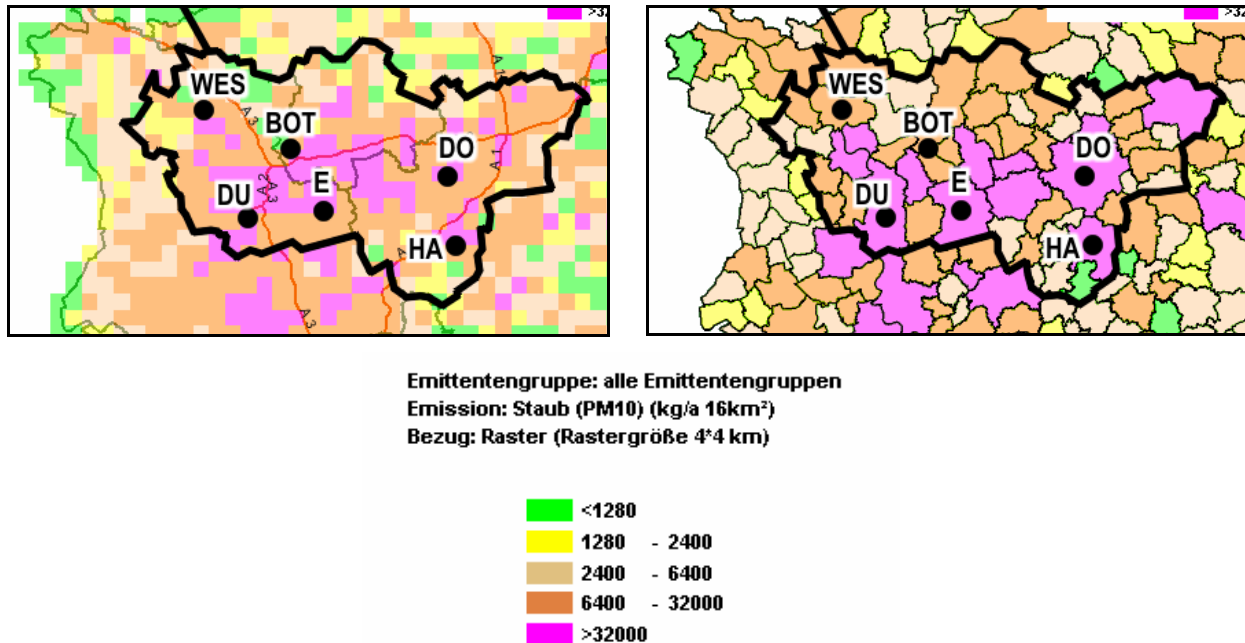


Abb. 2-14 Ausschnitt aus dem Emissionskataster NRW 2004 mit PM10-Emissionen links: für das 4 km x 4 km Raster, rechts: für Gemeinden (LANUV NRW 2009, verändert)

2.2.1.2 Großmaßstäbige Fachinformationen

Unter großmaßstäbigen Fachinformationen werden hier alle Daten zusammengefasst, die eine Beurteilung der klimatisch-lufthygienischen Situation auf kommunaler Planungsebene erlauben. Mit Maßstäben $\geq 1:50.000$ werden die Flächennutzungs- und die Bauleitplanung abgedeckt, so dass klimatisch-lufthygienische Aussagen mit konkretem Ortsbezug getroffen werden können. Bezüglich der Informationsdichte und räumlichen Auflösung sind die Klimaanalysen des Regionalverbands Ruhr (RVR) herauszustellen. Diese Gutachten sind teilweise als internetbasierte Datenbank auf dem Klimaserver Ruhrgebiet des RVR abrufbar und werden weiterentwickelt zum Klimaatlas Ruhrgebiet. Eine detaillierte Beschreibung dieser Daten- und Kartengrundlagen für das gesamte Ruhrgebiet erfolgt im Kapitel 2.2.2 „Klimaatlas Ruhrgebiet“.

Im Bereich der Lufthygiene liefern die Luftreinhalte- und Aktionspläne sowie die Pläne zu Umweltzonen detailreiche Informationen zur Immissionssituation auf kommunaler Ebene. Die vom LANUV NRW erstellten Kartenwerke behandeln vor dem Hintergrund der Grenzwerteinhaltung sowie der damit verbundenen potenziellen Grenzwertüberschreitung insbesondere die Spurenstoffe Stickoxide und Feinstaub (vgl. Kap. 1.1.4).

Für viele Kommunen des Ruhrgebiets wurden entsprechende Pläne bereits aufgestellt und vom LANUV NRW im Internet (<http://www.lanuv.nrw.de>) veröffentlicht. Derzeit sind im Ruhrgebiet folgende Pläne in Kraft (Stand: Dezember 2009):

Luftreinhaltepläne

- Ruhrgebiet West (Duisburg, Essen, Mülheim a. d. Ruhr, Oberhausen)
- Ruhrgebiet Nord (Bottrop, Castrop-Rauxel, Gelsenkirchen, Gladbeck, Herten, Recklinghausen)
- Ruhrgebiet Ost (Bochum, Dortmund, Herne)
- Hagen
- Castrop-Rauxel (Industrie)

Ampelkarte Feinstaub und Umweltzonen im Ruhrgebiet

Stand 31.03.2008

Legende:

PM₁₀ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] Datengrundlage 2006

- < 29
- ≥ 29 - < 30
- ≥ 30
- Umweltzonen im Ruhrgebiet
- Luftreinhalteplangebiet

0 1 2 km

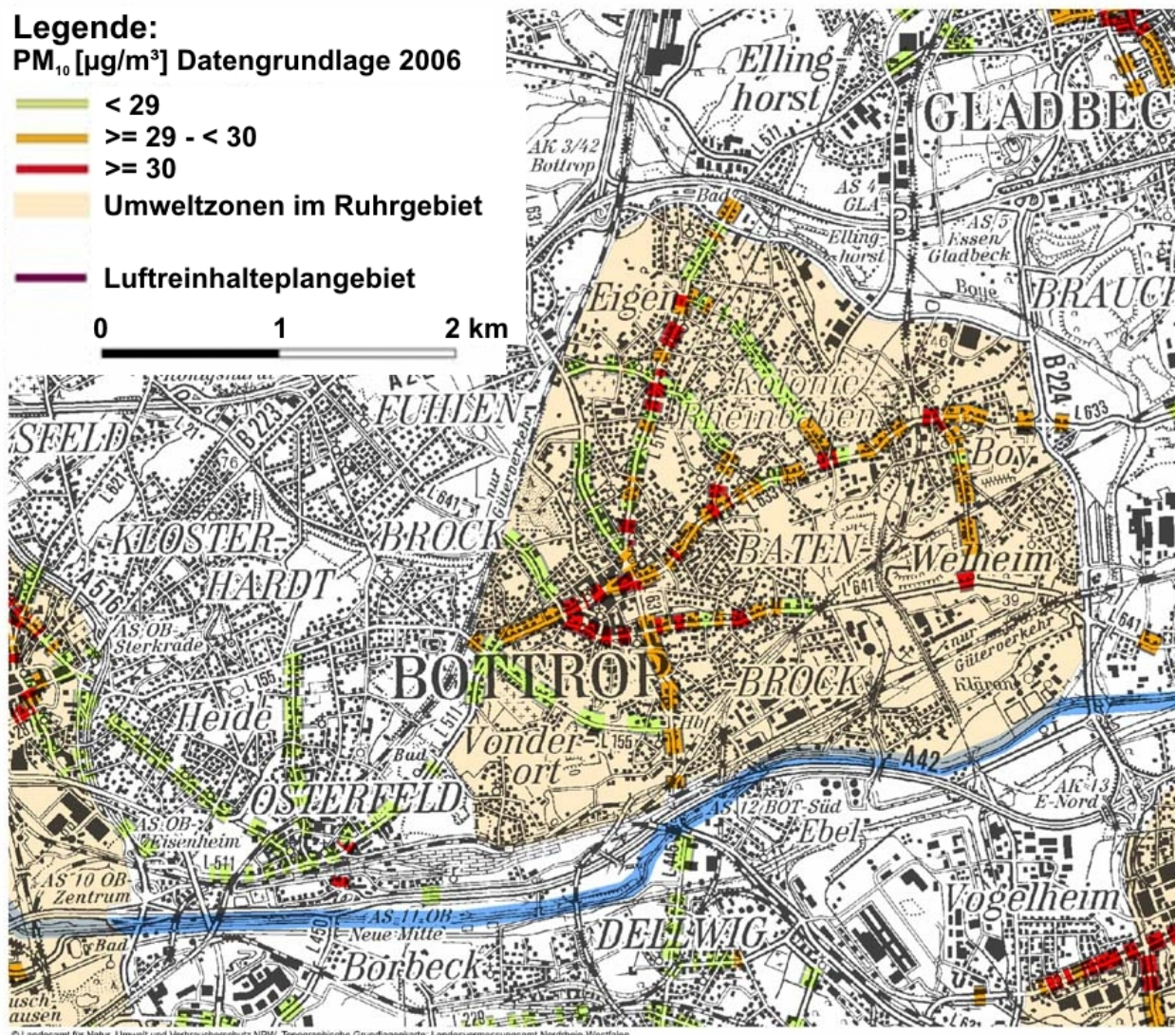


Abb. 2-15 Beispiel einer Ampelkarte für Feinstaub, dargestellt für die Stadt Bottrop (LANUV NRW 2008)

Neben der Beschreibung der Immissionsituation werden in den Luftreinhalteplänen auch die Ursachen eingehend analysiert. In diesem Zusammenhang sind die Ampelkarten besonders erwähnenswert (Abb. 2-15). Diese stellen eine flächendeckende rechnerische Abschätzung der Immissionskonzentrationen der Spurenstoffe NO_2 und PM_{10} entlang der Straßen im Ruhrgebiet mit Hilfe einer dreistufigen Bewertungsskala dar (vgl. Kap. 1.1.4).

In den Gebieten mit NO_2 - oder PM_{10} -Grenzwertüberschreitungen wurden sog. „Umweltzonen“ ausgewiesen mit dem angestrebten Ziel, auf Grundlage der 35. BImSchV (2006) durch Fernhalten von Fahrzeugen mit hohem PM_{10} -Ausstoß neben der lokalen Zusatzbelastung auch die städtische und regionale Hintergrundkonzentration senken zu können. Im Ruhrgebiet sind seit spätestens September 2008 entsprechend der Belastungsschwerpunkte in den o. g. Ampelkarten neun Umweltzonen ausgewiesen (siehe Kap. 1.1.4). Die Karten der einzelnen Umweltzonen sind beim MUNLV NRW im Internet erhältlich (<http://www.umwelt.nrw.de>). Abbildung 2.16 zeigt exemplarisch die Umweltzone der Stadt Bottrop.

Umweltzone: Bottrop

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Legende:

- Gebiet des Luftreinhalteplans
- Umweltzonen
- Prüfgebiet für Umweltzonen im Rahmen der Evaluation (dynamisches Konzept)
- Autobahnen, ausgenommen von Umweltzonenregelung
- Messstationen 2006/2007
- Hintergrund
- Industrie
- Verkehr

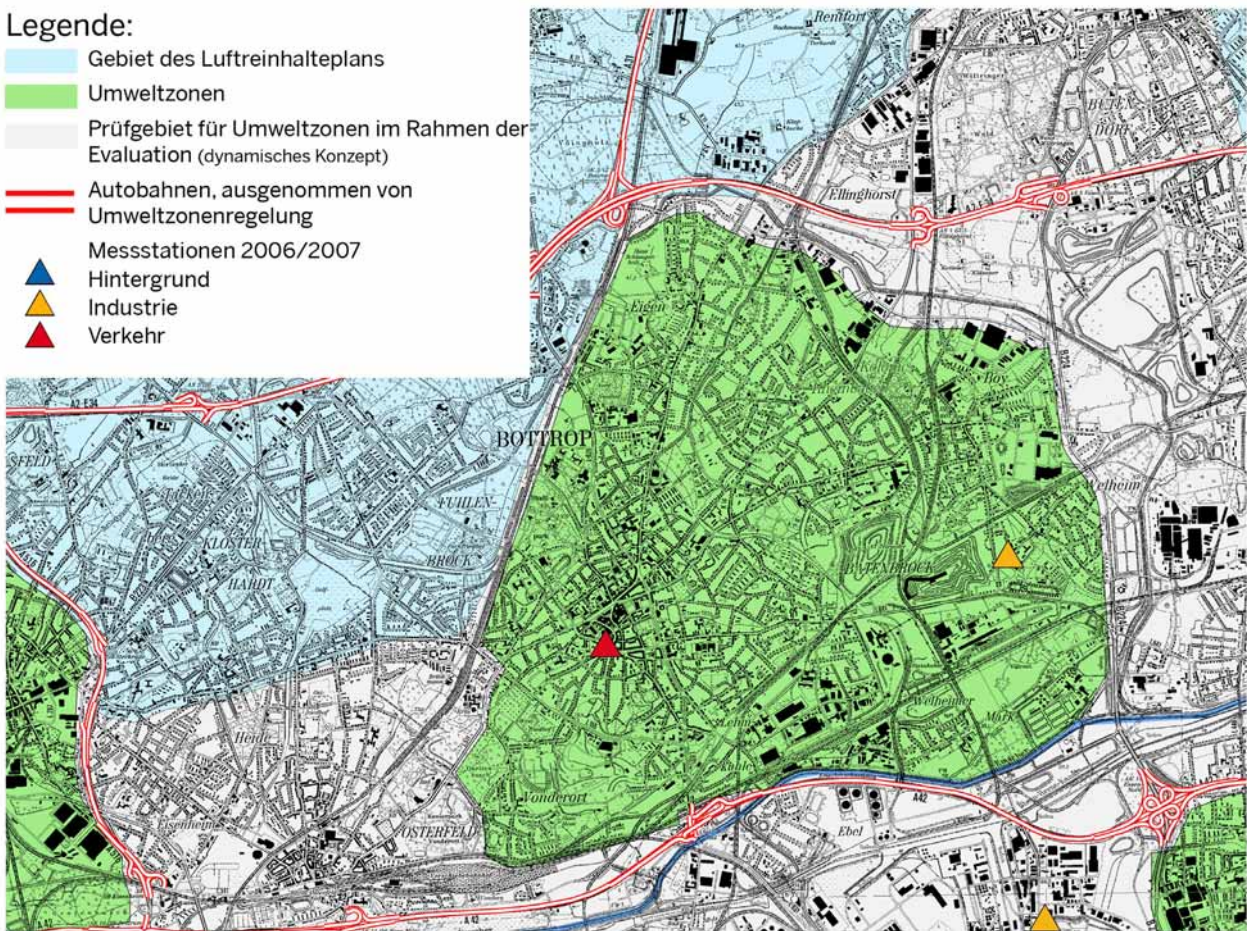


Abb. 2-16 Beispiel einer Umweltzonenkarte, dargestellt für die Stadt Bottrop (LANUV NRW 2008)

Neben dem bisher vorgestellten, allgemein zugänglichen klimatischen und lufthygienischen Datenmaterial existieren für viele Teilräume des Ruhrgebietes weitere fachspezifische Informationen, die im Rahmen spezieller Untersuchungen gewonnen wurden. Der Fokus dieser Arbeit

ten liegt auf ausgewählten Einzelgebieten (Kreisgebiete, Stadtgebiete oder Stadtteilgebiete sowie Sonderuntersuchungsflächen) oder speziellen umweltmeteorologischen Fragestellungen. Ein Großteil dieser im Auftrag von Behörden durchgeführten Arbeiten wurde nicht publiziert und ist daher der sog. „grauen Literatur“ zuzuordnen. Vor diesem Hintergrund ist darauf hinzuweisen, dass neben den nachfolgend genannten Untersuchungen weitere Arbeiten existieren können.

Eine Übersicht über die klimatisch-lufthygienischen Sonderuntersuchungen gibt Tabelle 2-3. Hierbei handelt es sich um 64 Untersuchungen aus 31 Kommunen oder Landkreisen des Ruhrgebietes, die bis in das Jahr 1977 zurückreichen. Da die Erläuterung der einzelnen Arbeiten aufgrund der vielfältigen und individuellen Fragestellungen hier nicht möglich ist, wird bezüglich der Inhalte lediglich auf die Themenschwerpunkte Klima oder Lufthygiene hingewiesen.

Tab. 2-3 Liste der stadtklimatisch-lufthygienischen Sonderuntersuchungen im Ruhrgebiet

Erläuterung: Jahr: Jahr der Untersuchung, K: Klima, L: Lufthygiene;
RVR: Regionalverband Ruhr, RUB: Geographisches Institut der Ruhr-Universität Bochum, UDE: Abt. Angew. Klimatologie und Landschaftsökologie im Fachbereich Biologie und Geographie der Universität Duisburg-Essen

Stadt/Kreis	Raumbezug	Themenschwerpunkt	Jahr	Ausführung	Veröffentlichung und Quelle
Bergkamen	Stadtgebiet	K	1985	RVR	Stadt Bergkamen, 1987
Bochum	Stadtgebiet	K, L		RVR, UDE	in Bearbeitung
Bochum	Stadtgebiet	K	1988	RVR, UDE	Stadt Bochum, 1991
Bönen	Gemeindegebiet	K	1992	RVR	Umweltbericht 9, Kreis Unna, Umweltamt, 1995
Bottrop	Stadtgebiet	K	2005	RVR, RUB	Stadt Bottrop, 2007
Bottrop	Stadtgebiet	K	1988	RVR, UDE	Planungshefte Ruhrgebiet, P023, KVR, 1989
Castrop-Rauxel	Habinghorst	L	2002	UDE	unveröffentlicht, StUA Herten
Castrop-Rauxel	Stadtgebiet	K		RVR	unveröffentlicht, KVR
Dorsten	Stadtgebiet	K	1991	RVR	Stadt Dorsten, 1993
Dortmund	Stadtgebiet	K	2004	RVR	unveröffentlicht, RVR
Dortmund	Stadtgebiet	K	1985	RVR	Planungshefte Ruhrgebiet, KVR, 1986
Duisburg	Stadtgebiet	K	2009	RVR	in Vorbereitung
Duisburg	Stadtgebiet	K	1996	RVR	unveröffentlicht, RVR
Duisburg	Landsch.-Park DU-Nord	K	1995	UDE	unveröffentlicht, LEG - Landesentwicklungsgesellschaft Nordrhein-Westfalen
Duisburg	Angerbogen	K, L	1994	UDE	unveröffentlicht, Stadt Duisburg
Duisburg	Stadtgebiet	K	1978	RVR	Planungshefte Ruhrgebiet, KVR, 1982
Essen	Einzelfläche	L	2009	UDE	unveröffentlicht, Stadtwerke Essen
Essen	Stadtgebiet	L	2004	UDE	unveröffentlicht, Stadt Essen
Essen	Stadtgebiet	K	2003	RVR	Beiträge zum Umweltschutz 29, Stadt Essen
Essen	Grugapark	K, L	1996, 1998	UDE	Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V. (FAT), Frankfurt/Main
Essen	Stadtgebiet	K	1983	RVR	Planungshefte Ruhrgebiet, KVR, 1985
Fröndenberg	Stadtgebiet	K	1989	RVR	Umweltbericht 9, Kreis Unna, Umweltamt, 1991
Gelsenkirchen	Scholven	K, L	2007	UDE	unveröffentlicht, Deutsche BP AG
Gelsenkirchen	Schalke-Nord	K	2005	UDE	unveröffentlicht, Stadt Gelsenkirchen
Gelsenkirchen	Graf, Bismarck / Schalcker Verein	K, L	2003	UDE	unveröffentlicht, Stadt Gelsenkirchen

Stadt/Kreis	Raumbezug	Themen- schwer- punkt	Jahr	Ausführung	Veröffentlichung und Quelle
Gelsenkirchen	Stadtgebiet	K, L	2000	UDE	unveröffentlicht, Stadt Gelsenkirchen
Gelsenkirchen	Stadtgebiet	K	1981	RVR	unveröffentlicht, KVR
Gladbeck	Stadtgebiet	K	1990	RVR	Umweltbericht, Stadt Gladbeck, 1992
Hagen	Stadtgebiet	K	1997	RVR	Stadt Hagen, Umweltamt
Hagen	Sudfeldstraße	K, L	1995	UDE	Stadt Hagen, Umweltamt
Hagen	Roderberg	K	1991	UDE	unveröffentlicht, KVR
Hagen	Stadtgebiet	K	1977	RVR	Weißer Reihe, KVR, 1980
Hamm	Stadtgebiet	K	1995	RVR	Weißer Reihe, Freiraumentwicklungsheft, KVR
Herne	Stadtgebiet	K	1996	RVR	unveröffentlicht, KVR
Herten	Stadtgebiet	K	1991	RUB, RVR	Stadt Herten, 1993
Holzwickede	Gemeindegebiet	K	1989	RVR	Umweltbericht 9, Kreis Unna, Umweltamt, 1991
Kamen	Stadtgebiet	K	1991	RVR	Umweltbericht 9, Kreis Unna, Umweltamt, 1993
Kamp-Lintfort	Stadtgebiet	K	1986	RVR	Weißer Reihe, KVR, 1986
Lünen	Stadtgebiet	K	1981	RVR, UDE	Weißer Reihe, KVR, 1981
Marl	Stadtgebiet	K	1983	RVR	Stadt Marl, Amt für Statistik und Stadtentwicklung, 1985
Moers	Stadtgebiet	K	2005	RVR	Stadt Moers, 2006
Moers	Stadtgebiet	K	1987	RVR	Weißer Reihe, KVR, 1988
Mülheim an der Ruhr	Stadtgebiet	K	2002	RVR, RUB	unveröffentlicht, KVR
Mülheim an der Ruhr	Teilraum Heißen	K	1999	RVR	Beitrag zur Stadtentwicklung, Stadt Mülheim an der Ruhr, 1999
Mülheim an der Ruhr	Teilraum Styrum / Dümpten	K	1997	RVR	Beitrag zur Stadtentwicklung, Stadt Mülheim an der Ruhr, 1997
Mülheim an der Ruhr	Teilraum Stadt- mitte	K	1995	RVR	Beitrag zur Stadtentwicklung, Stadt Mülheim an der Ruhr, 1996
Mülheim an der Ruhr	Rumbachtal	K	1993	UDE	unveröffentlicht, KVR
Mülheim an der Ruhr	Teilraum Broich / Speldorf	K	1989	RVR	Beitrag zur Stadtentwicklung, Stadt Mülheim an der Ruhr, 1990
Mülheim an der Ruhr	Teilraum Saarn	K	1988	RVR	Beitrag zur Stadtentwicklung, Stadt Mülheim an der Ruhr, 1988
Mülheim an der Ruhr	Stadtgebiet	K	1982	RVR	Weißer Reihe, KVR, 1983
Oberhausen	Stadtgebiet	K	2004	RVR, RUB	unveröffentlicht, KVR
Oberhausen	Stadtgebiet	K	1992	RVR	unveröffentlicht, KVR
Recklinghausen	Stadtgebiet	K	2000	RVR	unveröffentlicht, KVR
Recklinghausen	Fritzberg	K	1995	UDE	unveröffentlicht, Stadt Recklinghausen
Recklinghausen	Stadtgebiet	K	1983	RVR	Weißer Reihe, KVR
Schwelm	Stadtgebiet	K	1998	RVR, RUB	KVR, 1998
Schwerte	Stadtgebiet	K	1988	RVR	Stadt Schwerte, Amt für Stadtentwicklung, 1990
Selm	Stadtgebiet	K	1992	RVR	Umweltbericht 9, Kreis Unna, Umweltamt, 1993
Unna	Kreisgebiet	K	1995	RVR	unveröffentlicht, KVR
Unna	Kreisgebiet	L	1992	UDE	unveröffentlicht, KVR
Unna	Stadtgebiet	K	1991	RVR	Umweltbericht 9, Kreis Unna, Umweltamt, 1993
Waltrop	Stadtgebiet	K	2002	UDE	Unveröffentlicht, Stadt Waltrop
Werne	Stadtgebiet	K	1990	RVR	Umweltbericht 9, Kreis Unna, Umweltamt, 1991
Wesel / Voerde	Stadtgebiet	K	1984	RVR	Weißer Reihe, KVR, 1985
Wesel / Voerde / Büdericher Insel	Stadtgebiet	K	1984	RVR	Weißer Reihe, KVR, 1986
Witten	Stadtgebiet	K	2007	RVR	unveröffentlicht, RVR

Tab. 2-4 Liste sonstiger stadtklimatisch-lufthygienischer Veröffentlichungen im Ruhrgebiet

Sonstige Untersuchungen	Raumbezug	Thema	U-Jahr	Ausführung	Veröffentlichung und Quelle
Landschaftsökologische Modelluntersuchung Hexbachtal	Hexbachtal	K	1974	RVR	Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (SVR), 1977
Landschaftsökologische Modelluntersuchung Hexbachtal (Kartenteil)	Hexbachtal	K	1974	RVR	Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (SVR), 1977
Kartenkatalog regionaler Grünzug D - Grenzbereich der Städte Bochum, Gelsenkirchen, Herne, Herten	Grenzbereich der Städte Bochum, Gelsenkirchen, Herne, Herten	K	1975	RVR	Planungshefte Ruhrgebiet, P018, KVR, 1980
Klimatische Untersuchungen an Bergehalden im Ruhrgebiet	ausgewählte Bergehalden	K	1983	RVR	Arbeitshefte Ruhrgebiet, A030, KVR, 1986
Windfeld und Abgasausbreitung an Bergehalden	typische Bergehalden	K, L	1983	RVR	Arbeitshefte Ruhrgebiet, A026, KVR, 1986
Wuchsklimakarte des Ruhrgebietes und angrenzender Bereiche	Ruhrgebiet	K		RVR	Arbeitshefte Ruhrgebiet, A033, KVR, 1985
Thermalkarte Ruhrgebiet	Ruhrgebiet	K	1985	RVR	Arbeitshefte Ruhrgebiet, A035, KVR, 1985
Klima und Lufthygiene als Planungsfaktoren, Aufsätze zur 1. Fachtagung 19.2.1987, Gelsenkirchen	Ruhrgebiet	K, L	1987	RVR	Planungshefte Ruhrgebiet, P020, KVR, 1988
Synthetische Klimafunktionskarte Ruhrgebiet	Ruhrgebiet	K	1991	RVR	Arbeitshefte Ruhrgebiet, A040, KVR, 1992
Regionale Klimafunktionskarte Ruhrgebiet	Ruhrgebiet	K	2007	RVR	Städte Bochum, Mülheim, Oberhausen, Herne, Essen, Gelsenkirchen, 2007

2.2.1.3 Messnetze und Datenquellen

Die bisher vorgestellten Fachinformationen beinhalten konkrete Aussagen zu umweltmeteorologischen oder lufthygienischen Sachverhalten für das Ruhrgebiet. Sofern für bestimmte Orte oder Fragestellungen keine Fachinformationen vorliegen, besteht die Möglichkeit, entsprechende Untersuchungen auf Basis von Messungen durchzuführen. Hierbei kann für das Ruhrgebiet auf einen bereits bestehenden Datenpool aus Messnetzen verschiedener Anbieter zurückgegriffen werden. Die Messnetze der nachfolgend vorgestellten Datenquellen sind ihrer Aufgabe entsprechend auf die Erfassung regionaler klimatischer oder lufthygienischer Parameter ausgelegt, so dass die räumliche Dichte an Messstandorten relativ gering und damit abseits der ein-

zelen Messstandorte für großmaßstäbige Untersuchungen auf FNP- oder Bebauungsplanebene wenig geeignet ist. Die Messnetze werden von öffentlich-rechtlichen Institutionen oder kommerziellen Wetterdiensten betrieben. Für die Nutzung der Messnetzdaten können Nutzungsgebühren anfallen.

Die Messnetze lassen sich in meteorologische und lufthygienische Messnetze unterscheiden. Die größten meteorologischen Messnetze werden vom Deutschen Wetterdienst (DWD), Offenbach/M (Abb. 2-17 und Tabelle 2-5) sowie von der Meteomedia AG, Gais (CH) bzw. Meteomedia GmbH, Bochum (Abb. 2-18) betrieben.

Beide Anbieter liefern von ihren Klimastationen Daten in hoher zeitlicher Auflösung (Stundenwerte oder kleiner) zu den meteorologischen Standardgrößen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Windrichtung. An ausgewählten Stationen werden ferner Strahlungsgrößen, Bedeckungsgrad, Sichtweite und Bodentemperaturen erfasst. Der DWD verfügt neben den Standardmessstationen über ein ergänzendes Niederschlagsmessnetz mit einer höheren räumlichen Stationsdichte (Tabelle 2-5 und Abb. 2-17).

Darüber hinaus können durch den DWD-Radarverbund flächendeckende Niederschlagsdaten für die Region Ruhrgebiet erfasst werden. Das Doppler-Wetter-RADAR der DWD-Station Essen (R 2567263, H 5696444, 150 m ü. NN) erlaubt im Umkreis von 128 km die Erfassung des Niederschlages in einer hohen zeitlichen Auflösung von 5 Minuten.

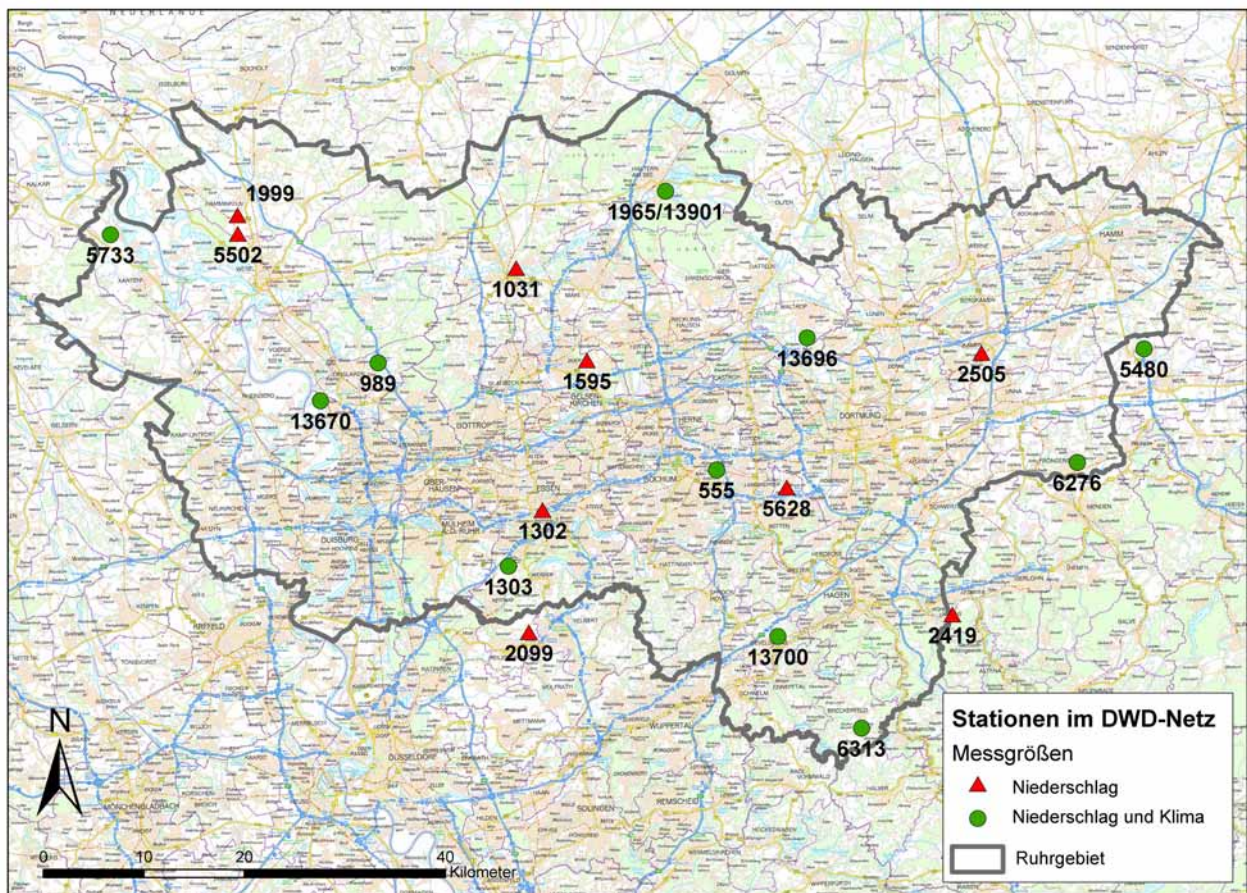


Abb. 2-17 Lage von Klima- und Niederschlagsmessstationen des DWD-Messnetzes, Stationsnummern siehe Tabelle 2-5

Tab. 2-5 Übersicht der klimatologischen Messstationen des Deutschen Wetterdienstes im Gebiet des Regionalverbandes Ruhr (DWD 2009b)

Standort	St.-Nr	Lagekoordinaten			Messgrößen*
		Rechts / m	Hoch / m	Höhe / m NN	
Bochum	555	2587977	5706032	101	N, K
Breckerfeld-Wengeberg	6313	2602387'	5680337	440	N, K
Dinslaken	989	2554288	5716687	53	N, K
Dorsten-Herwest	1031	2568024	5726124	33	N
Duisburg-Baerl	13670	2548548	5712920	25	N
Essen (Ruhrhaus)	1302	2570665	5702053	100	N
Essen-Bredeney	1303	2567263	5696444	150	N, K
Fröndenberg-Hohenheide	6276	3415494	5705973	240	N, K
Gelsenkirchen-Buer	1595	2575079	5716952	93	N
Gevelsberg-Oberbroeking	13700	2594072	5689450	205	N, K
	1965 /				
Haltern	13901	2582890	5733765	40	N, K
Hamminkeln-Muehlenrott	1999	2540309	5731390	23	N
Heiligenhaus-Abtsküche	2099	2569300	5689900	130	N
Iserlohn-Letmathe	2419	3402478	5691369	124	N
Kamen	2505	3406439	5717259	62	N
Waltrop-Abdinghof	13696	2596989	5719179	68	N
Werl	5480	3422610	5716987	85	N, K
Wesel-Flueren	5502	2540324	5729536	25	N
Witten-Stockum	5628	2594957	5704303	130	N
Xanten	5733	2527651	5729450	20	N, K

*N = Niederschlag, K = Klima (Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung)

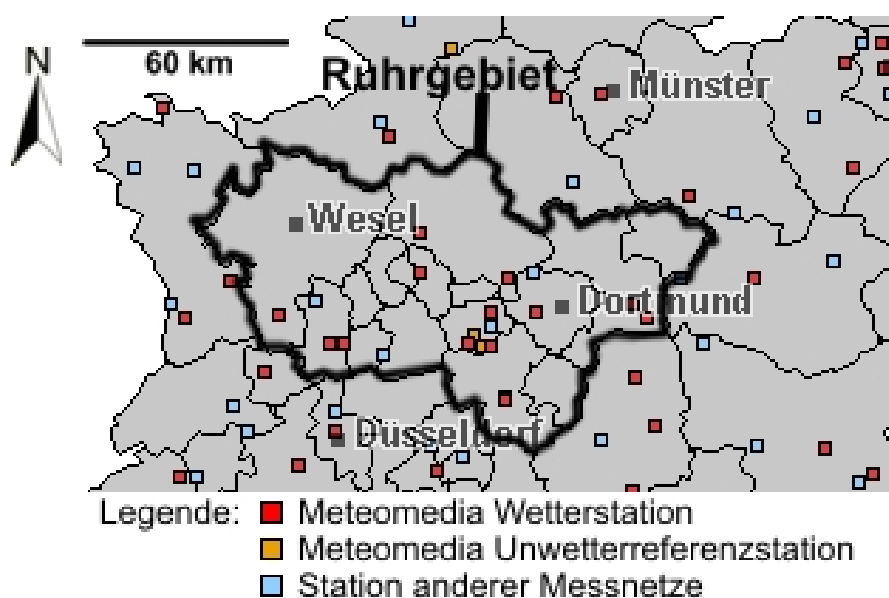


Abb. 2-18 Meteomedia-Messnetz (Meteomedia AG 2009, verändert)

Zur Untersuchung der regionalen Niederschlagsverhältnisse im Ruhrgebiet kann auf die speziellen Niederschlagsmessnetze der Wasserwirtschaftverbände Ruhrverband, Essen (Tab. 2-6) und Emschergenossenschaft/Lippeverband, Essen (Abb. 2-19 und Tab. 2-7) zurückgegriffen werden, die zusammen eine hohe räumliche Messstationsdichte aufweisen.

Tab. 2-6 Übersicht der klimatologischen Messstationen des Ruhrverbandes im Gebiet des Regionalverbandes Ruhr (Ruhrverband 2009a)

Standort	Lagekoordinaten			Messgrößen*
	Rechts / m	Hoch / m	Höhe / m NN	
Duisburg - Kläranlage	2550700	5701220	25	N
Ennepetalsperre	2598430	5679690	279	N, T
Essen - Ruhrhaus	2571040	5702020	100	N, T
Essen Burgaltendorf - Kläranlage	2579180	5699240	62	N
Essen-Kettwig - Kläranlage	2564290	5693440	41	N
Essen-Kupferdreh - Kläranlage	2575120	5696100	60	N
Essen-Steele - Kläranlage	2574200	5701340	61	N
Hagen - Kläranlage	2598810	5697000	91	N
Heiligenhaus - Abtsküche - Kläranlage	2569300	5689900	130	N
Hohenlimburg	3398844	5693572	111	N, T
Wetter - Kläranlage	2596445	5695180	85	N

*N = Niederschlag, T = Lufttemperatur

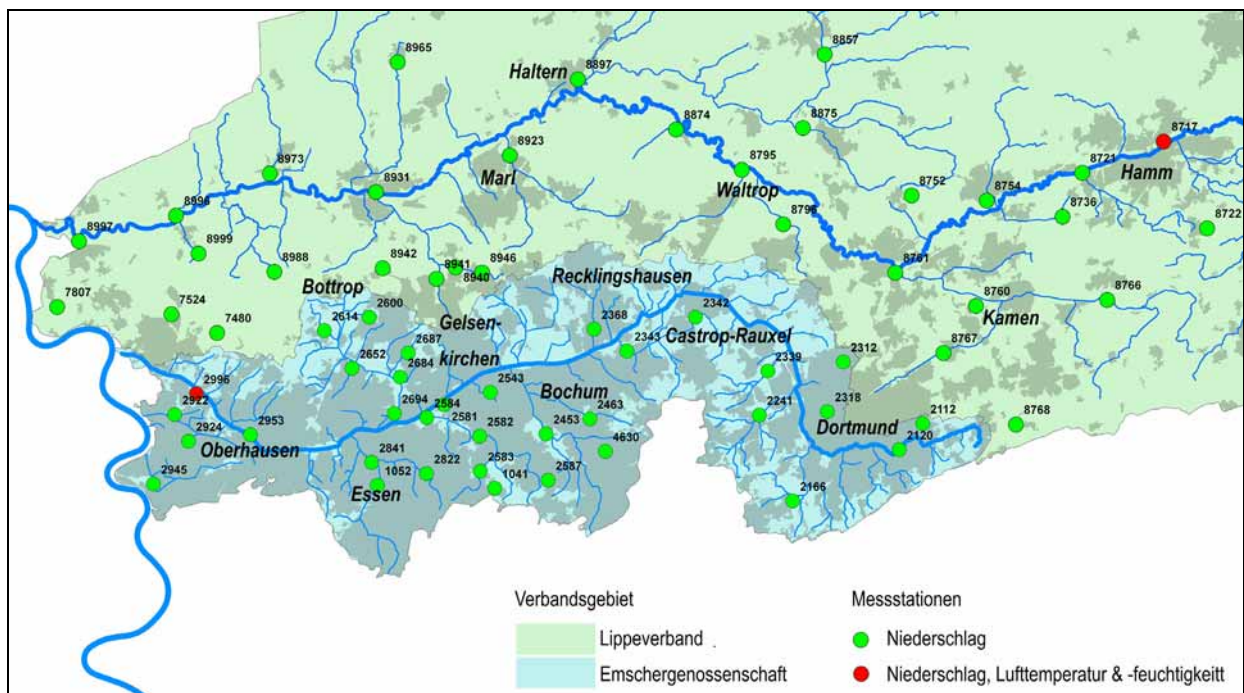


Abb. 2-19 Lage von Klimastationen der Emschergenossenschaft/Lippeverband, Stationsnummern siehe Tabelle 2-7 (EG/LV 2009, verändert)

Tab. 2-7 Übersicht der klimatologischen Messstationen von Emschergenossenschaft/Lippeverband im Gebiet des Regionalverbandes Ruhr (EG/LV 2009)

Standort	St.-Nr	Lagekoordinaten			Messgrößen*
		Rechts / m	Hoch / m	Höhe / m NN	
Bochum DMT	4630	2584483	5707037	77	N
Boenen	8766	2621885	5718301	58	N
Bottrop-Boye	2694	2568743	5709860	29	N
Bottrop-Boye-Oberlauf	2614	2563525	5716018	40	N
Bottrop-Eigen	2652	2565590	5713218	38	N
Castrop-Rauxel-Habinghorst	2342	2591192	5717012	56	N
Dinslaken-Emschermündung	2996	2553980	5711320	32	N, T, F
Dorsten-Harsewinkel	8931	2567373	5726314	29	N
Dortmund-Aplerbeck MPA	2112	2607011	5708877	108	N
Dortmund-Kruckel VEW	2166	2598436	5703347	100	N
Dortmund-Marten Bauh.	2241	2595952	5709744	71	N
Dortmund-Nettebach	2339	2596590	5713009	65	N
Duisburg-Huelsermanngraben	2922	2552371	5709772	15	N
Essen-Hesselbruch	2841	2567050	5706227	36	N
Essen-Schurenbach	2584	2571156	5709551	30	N
Essen-Stoppenberg	2822	2571141	5705391	40	N
Gelsenkirchen-Altstadt	2582	2575192	5708186	37	N
Gelsenkirchen-Bismarck	2543	2575900	5711430	36	N
Gelsenkirchen-Hessler	2581	2572458	5710506	32	N
Gladbeck-Hahnenbach	2684	2569182	5712560	31	N
Haltern	8897	2582420	5734700	41	N
Hamm-Mattenbecke	8717	2626093	5730074	57	N, T, F
Herne-Horsthausen	2343	2586045	5714454	55	N
Herringen	8721	2619805	5728071	62	N
Huenxe	8996	2552466	5724557	27	N
Kamen	8763	2613979	5718191	59	N
Kamen-Braunebach	8760	2612113	5717856	60	N
Kurl	8767	2609728	5712579	69	N
Lembeck	8965	2568952	5735980	53	N
Luenen/Sesekemuendung	8761	2606099	5720312	52	N
Marl-Ost	8923	2577350	5729050	42	N
Oberhausen-Buschhausen	2953	2558100	5708275	33	N
Recklinghausen-Reitwinkel	2368	2583627	5716121	48	N
Rhynern	8722	2629344	5723611	96	N
Schermbeck	8973	2559463	5727684	30	N
Selm	8875	2599200	5731080	50	N
Unna-Billmerich	8768	2615086	5709035	125	N
Waltrop	8796	2597790	5723981	53	N
Wattenscheid	2587	2580216	5704900	78	N
Werne	8754	2612916	5725634	57	N
Westerholt	8946	2575290	5720337	67	N

*N = Niederschlag, T = Lufttemperatur, F = Luftfeuchtigkeit

Neben diesen messnetzgestützten Datenquellen existieren in den Städten Bochum und Essen Klimamessstationen, die aufgrund vergleichender Messungen zwischen dicht bebauter Innenstadt und unversiegeltem Umland auf die Untersuchung des Stadtklimas dieser Städte spezialisiert sind. Die stadtklimatischen Untersuchungen in Bochum werden vom Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt. Die innerstädtische „Ludger-Mintrop-Stadtklimastation“ befindet sich unmittelbar nordöstlich des Stadtzentrums (Koordinaten: R 2584339, H 5706650, 106 m ü. NN) in einer Kleingartensiedlung (Schmechtingwiesental), die von mehrgeschossiger Wohnbebauung umgeben ist. Im südöstlichen Stadtgebiet von Bochum, außerhalb der bebauten Gebiete befindet sich auf dem oberen Nordhang des Ruhrtals die „Rudolf-Geiger-Klimastation“, die einen typischen Umlandstandort repräsentiert (R 2579962, H 5700333, 124 m ü. NN). Das Umfeld der Station ist mit Ausnahme des Nordwestsektors, in dem mehrgeschossige Gebäude liegen, durch extensiv genutzte Landwirtschaftsflächen geprägt.

In Essen werden die vergleichenden Stadt-Umlandmessungen durch die Abteilung Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie der Universität Duisburg-Essen durchgeführt. Die innerstädtisch gelegene „Albert-Kratzer-Klimastation“ befindet sich auf dem Essener Campus der Universität (R 2570000, H 5703870, 56 m ü. NN). Das Stationsumfeld ist durch angrenzende Hochhäuser und große versiegelte Verkehrsstellflächen gekennzeichnet. Das Windfeld weist einen Schneisencharakter auf. Es handelt sich um einen stark lokal beeinflussten Stadtstandort. Die Umlandstation befindet sich am südwestlichen Essener Stadtrand (R 2565988, H 5698773, 130 m ü. NN) im Ortsteil Haarzopf. Der reliefgeprägte Standort befindet sich in der nördlichen, oberen Hangzone des Rumbachtals und ist mit Ausnahme des Ostsektors, der durch aufgelockerte Wohnbebauung mit hohem Grünflächenanteil geprägt ist, von weitläufigen Landwirtschaftsflächen umgeben.

Sowohl an den Essener als auch den Bochumer Stationen werden verschiedene meteorologische Messgrößen erfasst. Hierzu zählen nach DWD-/WMO-Standard Lufttemperatur- und -feuchtigkeitsmessungen in 2 m ü. Gr, die Messung von Windgeschwindigkeit und -richtung sowie Niederschlagsmessungen. Darüber hinaus werden an den jeweiligen Stationen weitere Kenngrößen in verschiedenen zusätzlichen Messhöhen erfasst, u. a. Luftdruck, Strahlungshaushaltsgrößen und Bodentemperaturen. Die Messgrößen werden elektronisch mit hoher zeitlicher Auflösung im Minutenbereich erfasst. Es liegen bereits mehrjährige Messreihen vor. Langjährige Klimabetrachtungen sind mit der Bochumer Stadtklimastation möglich. Hier existieren Temperaturmessungen seit 1912, die Niederschlagsmessreihe der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation beginnt 1888. Detaillierte Informationen zu den Messstationen stehen im Internet für Bochum unter <http://www.geographie.ruhr-uni-bochum.de> und für Essen unter <http://www.uni-due.de/klimatologie> bereit.

Im Bereich der Luftreinhaltung stellt das Messnetz LUQS (Luftqualitäts-Überwachungssystem) des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Recklinghausen, die größte Datenquelle dar (Abb. 2-20). Das Ruhrgebiet wird mit 30 Messstationen abgedeckt, die ihrer Aufgabe entsprechend Hintergrund-, Verkehrs- oder Industriestandorte repräsentieren. Die Stationen sind bezüglich der Messgrößen nicht einheitlich, sondern aufgabenspezifisch konfiguriert. Das Kontingent an Messgrößen beinhaltet kontinuierliche Messungen in Halbstundendatenauflösung von Ozon, NO, NO₂, SO₂, PM10, PM2,5, Lufttemperatur- und -feuchtigkeit sowie Windrichtung oder Windgeschwindigkeit. Bei den diskonti-

nuerlichen Messverfahren können Kohlenwasserstoffe (NMVOC) wie Benzol, Toluol, Ethylbenzol oder Xylol, Ruß sowie ferner verschiedene Metalle oder PAK erfasst werden.

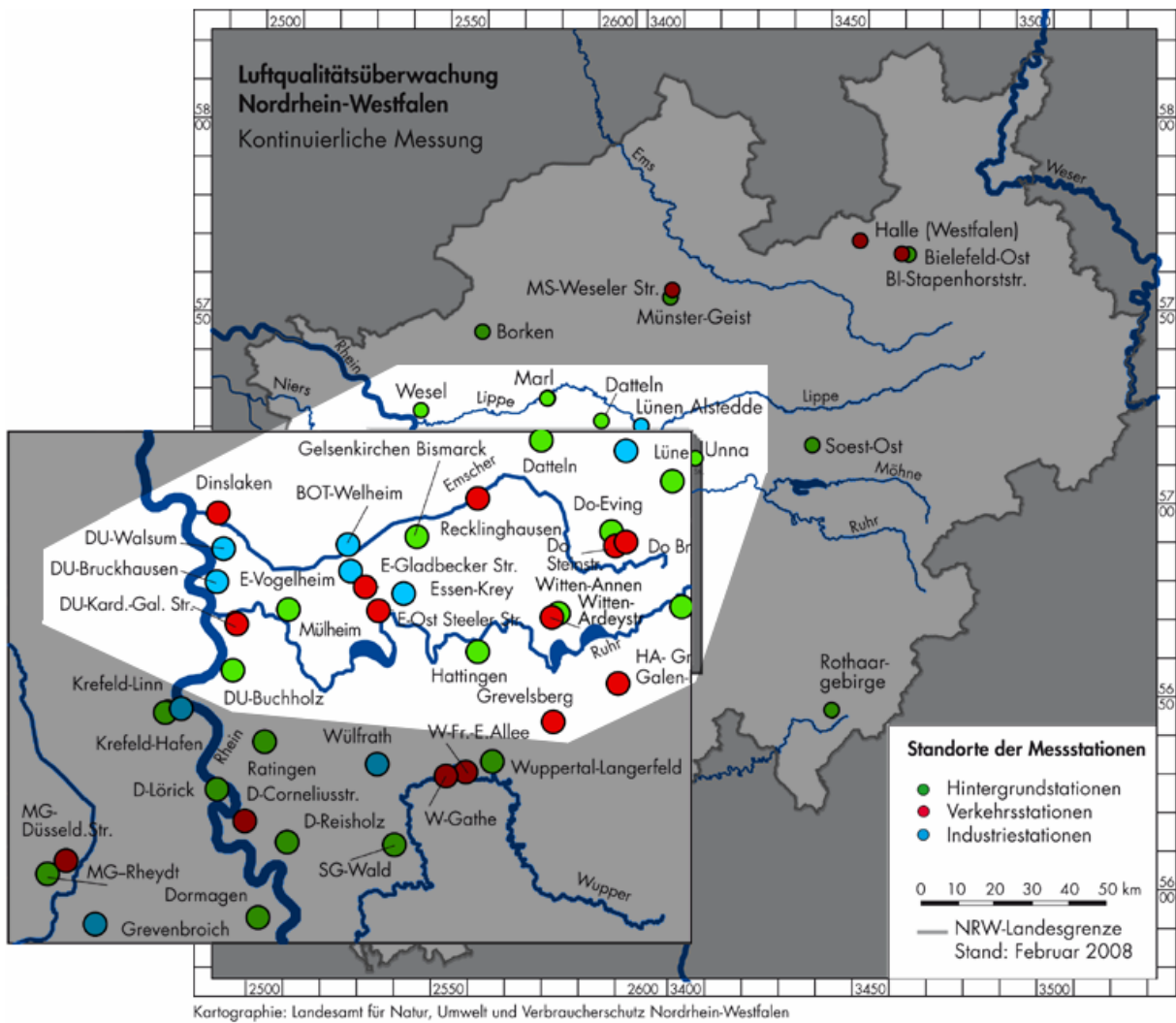


Abb. 2-20 Lage und Typisierung der LUQS-Stationen des LANUV NRW im Ruhrgebiet (weißes Gebiet) in 2009 (Quelle: LANUV NRW, verändert)

2.2.2 Klimaatlas Ruhrgebiet

2.2.2.1 Klimagutachten im Ruhrgebiet

Für alle größeren Städte und Kommunen des Ruhrgebietes liegen Klimaanalysen vor, die die Beschreibung und Bewertung der klimatischen Ist-Situation und die Ableitung von Planungsempfehlungen zur Erreichung optimaler human-biometeorologischer und immissionsklimatischer Verhältnisse enthalten. Abbildung 2-21 zeigt die Kommunen, für die bereits ein Klimagutachten erstellt wurde, differenziert nach der Aktualität des Gutachtens (Untersuchung vor 2001 in blau; ab 2001 in rot).

Zur Bewertung der klimatischen Situation werden umfangreiche Klimamessungen und Auswertungen durchgeführt (siehe Kapitel 2.1). In der Regel werden dabei die folgenden stadtklimatischen Untersuchungsziele verfolgt:

- 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 höher belastete Areale

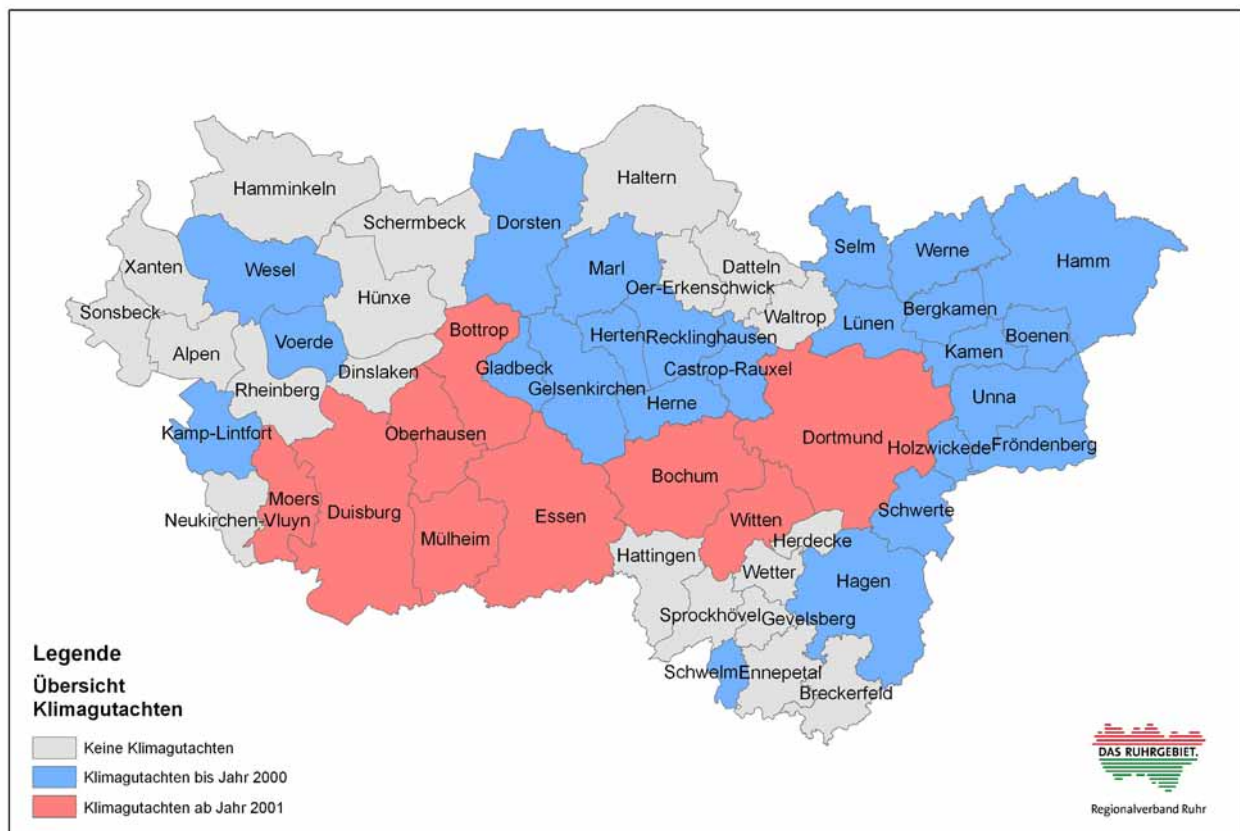


Abb. 2-21 Übersicht der Klimagutachten im Ruhrgebiet (Quelle: RVR)

Herkömmliche Klimakarten stellen in der Regel nur einen Teilaspekt dar, in dem sie sich auf die räumliche Darstellung einzelner Klimatelemente wie z. B. Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit

und Windrichtung beschränken. Zur Beurteilung der klimatischen Situation eines Raumes und zur Ableitung planungsrelevanter Aussagen ist es jedoch erforderlich, sich einen Gesamtüberblick über mehrere Klimatelemente zu verschaffen. Aus diesem Grund werden synthetische Klimafunktionskarten durch die Zusammenfassung komplexer Struktur-, Beziehungs- und Funktionsgeflechte erstellt (VDI 3787 Bl.1 1997). Damit bieten Synthetische Klimafunktionskarten einen flächenbezogenen Überblick über klimatische Sachverhalte eines Raumes und bilden die Basis für Planungshinweiskarten. Mit Hilfe einer Synthetischen Klimafunktionskarte ist es möglich, Belastungsräume und Entlastungspotentiale zu identifizieren und den Handlungs- und Planungsbedarf einer Stadt abzuleiten.

Abbildung 2-22 zeigt einen Ausschnitt aus einer Planungshinweiskarte für ein Stadtgebiet. Unter anderem werden in einer solchen Karte Vorschläge zur Sicherung von Ausgleichsräumen und Luftleitbahnen gegeben, indem für bebaute Gebiete keine weitere Verdichtung zugelassen oder Bebauungsgrenzen festgelegt werden können. Zur Verbesserung der klimatischen Verhältnisse in den Lasträumen gibt es Vorschläge zu Innenhofbegrünungen; Dach- und Fassadenbegrünung, Begrünung im Straßenraum, Öffnen von Bebauungsrändern und zur Grünvernetzung.

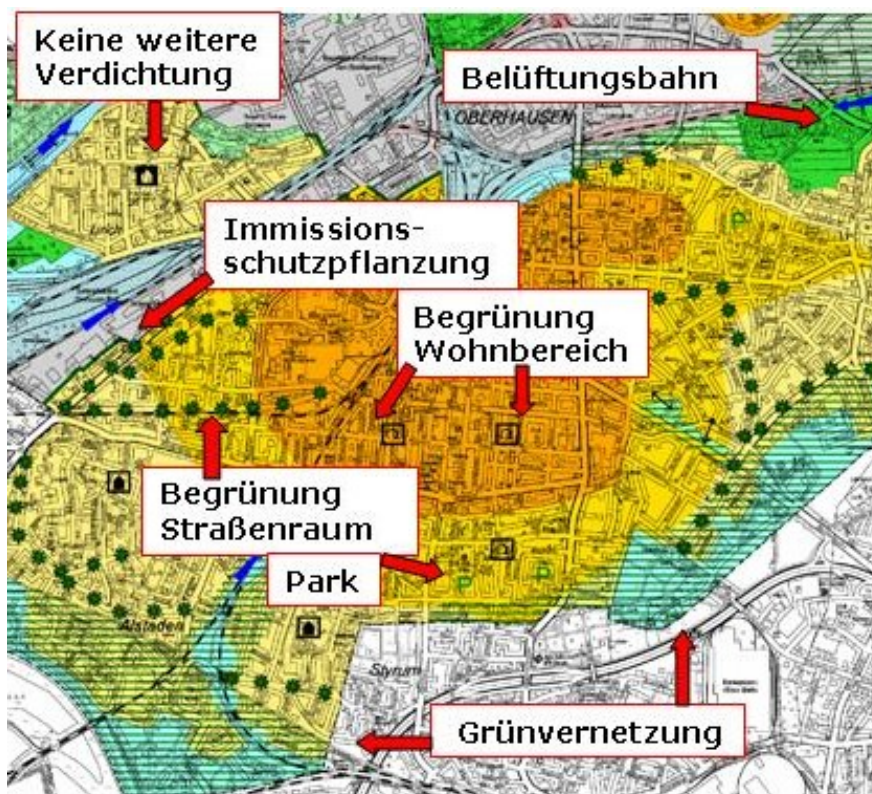


Abb. 2-22 Ausschnitt aus einer Planungshinweiskarte (Quelle: RVR)

Die vorhandenen Klimauntersuchungen im Ruhrgebiet, die bisher der Verbesserung des Stadtklimas unter den heutigen Klimabedingungen dienen, können als Grundlage für die Entwicklung von Anpassungsstrategien für die Stadtplanung an die Auswirkungen des Klimawandels in Städten herangezogen werden.

2.2.2.2 Die regionale Synthetische Klimafunktionskarte Ruhrgebiet

Zur Erstellung der regionalen Synthetischen Klimafunktionskarte wurden zunächst alle im Laufe der Jahre erstellten Klimaanalysen für die Ruhrgebietskommunen zusammengetragen (siehe Abb. 2-21). Da die Ausarbeitungen der einzelnen Klimagutachten deutlich variieren, war z.T. eine starke Generalisierung hinsichtlich der Detailschärfe erforderlich, um eine vergleichbare Information für das gesamte Ruhrgebiet zu erreichen. Die Generalisierung erfolgte auf den Maßstab 1:50.000. Details, wie der Verlauf von kleinräumigen Hangabwinden, sind in dieser Maßstabebene nicht relevant und wurden daher vernachlässigt.

Die klimatische Situation in den Ruhrgebietskommunen ohne Klimaanalysen wurde aus der Flächennutzungskartierung unter Heranziehung der Geländedaten abgeleitet. Die Flächennutzungsstrukturen sind neben dem Relief wichtige Klimafaktoren, die für die Zuordnung eines Gebietes zu einem Klimatop entscheidend sind. So ist in der Regel von vergleichbaren mikro-klimatischen Bedingungen auszugehen, wenn ähnliche oder gleiche Flächennutzungsstrukturen bei gleichen oder ähnlichen Reliefeigenschaften vorliegen. Auf Grund dieser Zusammenhänge wurden im ersten Schritt die über 200 Flächennutzungsarten je nach Klimatopzugehörigkeit klassifiziert, so dass eine kleinteilige Klimatopkarte resultierte. Unter Heranziehung von Luftbildern wurde diese im nächsten Schritt generalisiert.

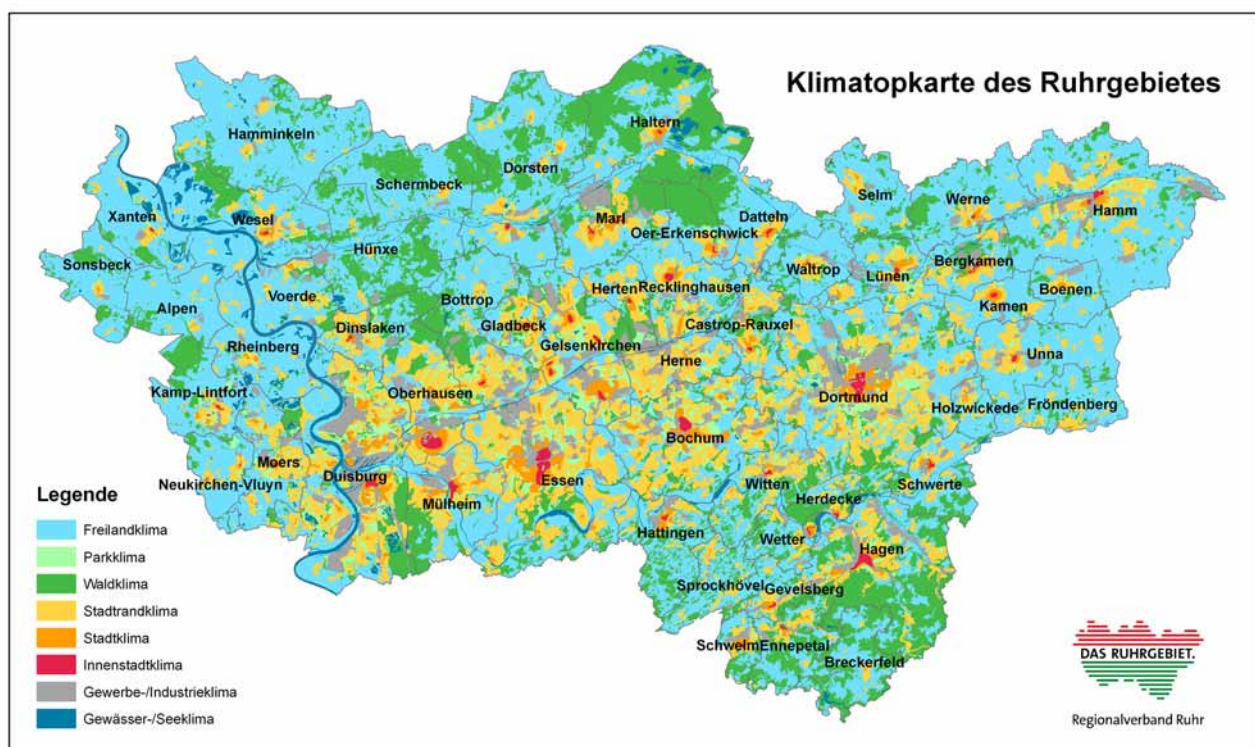


Abb. 2-23 Klimatopkarte des Ruhrgebietes (Quelle: RVR)

Auf diese Weise entstand zunächst eine Übersichtskarte der Klimatope (siehe Abb. 2-23). Unter „Klimatopen“ werden Flächen mit vergleichbaren mikro-klimatischen Verhältnissen verstanden. Hinsichtlich der Abgrenzung der Klimatope ist anzumerken, dass sich klimatische Prozesse nicht linienscharf an Bebauungs- und Nutzungsgrenzen anpassen, sondern fließende Übergänge zu benachbarten Flächen aufweisen. Daher dürfen die Abgrenzungen der Klimatope inner-

halb der Synthetischen Klimafunktionskarte nicht als flächenscharfe Grenzziehungen aufgefasst werden.

In den bebauten Gebieten konnten die vier Einheiten „Innenstadtklima“, „Stadtklima“, „Stadtrandklima“ und „Gewerbe-/Industrieklima“ kartiert werden. Die in den einzelnen Stadtklimaanalysen zum Teil dargestellten Flächen des Vorstadtklimas wurden in der regionalen Übersicht bedingt durch die Generalisierung dem „Stadtrandklima“ zugewiesen. Der Einfluss innerstädtischer Freiräume wird durch die Signatur des „Parkklimas“, der des Wassers durch die Signatur „Gewässerlima“ herausgestellt. Außerhalb der Siedlungsräume bestimmen „Freiland-“ und „Waldklimatope“ die klimatische Situation. Im Folgenden werden die einzelnen, in der regionalen synthetischen Klimafunktionskarte des Ruhrgebietes vorkommenden Klimatope näher erläutert.

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 nur durch Einzelbäume im Straßenraum sowie kleine Rasenflächen, z. T. mit Strauchvegetation als Straßenbegleitgrün, charakterisiert ist. In den Innenstadtklimaten kann daher ein erhöhtes Belastungspotential durch Hitzestress und Schwüle entstehen. Zusätzlich macht sich ein Wind-Diskomfort durch Böigkeit und Windturbulenzen im Bereich von Straßenschluchten und offenen Plätzen bemerkbar.

klimatische Gunstfaktoren	klimatische Ungunstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ Durch die geringe Abkühlung in den Abendstunden wird die Aufenthaltsdauer im Stadtzentrum verlängert, wodurch die Attraktivität der Innenstadt als kulturelles Zentrum erhöht wird. ☺ Die in den Nachtstunden anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung) ☺ Geringer Anteil stagnierender Luftaustausch-situationen ☺ Starke Senkung des Heizenergieverbrauchs 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ Erhöhtes Belastungspotential durch Hitzestress und Schwüle möglich ☹ Winddiskomfort im Bereich von Straßenschluchten und offenen Plätzen. Erhöhte Böigkeit, Windturbulenzen und Zugigkeit ☹ Ein- und Ausfallstraßen erweisen sich als belastete Luftleitbahnen; hohe Luft- und Lärmbelastung im Straßenraum

Stadtklima

Kennzeichnend für das Stadtklima ist eine überwiegend dichte, geschlossene Zeilen- und Blockbebauung mit meist hohen Baukörpern und engen Straßen. Die dichte städtische Bebauung verursacht ausgeprägte Wärmeinseln mit eingeschränkten Austauschbedingungen, die z. T. mit ungünstigen bioklimatischen Verhältnissen und hoher Luftbelastung gekoppelt sind.

klimatische Gunstfaktoren	klimatische Ungunstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ Windgeschwindigkeitsreduktionen, bedingt durch höhere Rauigkeiten, sind unter der Voraussetzung geringer bodennaher Schad- 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ Innerhalb enger Straßenzüge eingeschränkte Austauschverhältnisse sowie Wärmestau bei direkter Sonneneinstrahlung

<p>stoffemissionen wohnklimatisch und heizklimatisch günstig einzustufen</p> <p>☺ Kältestress und Winddiskomfort werden durch die Bebauungsstrukturen reduziert</p> <p>☺ Während Inversionswetterlagen trägt der Wärmeinseleffekt durch vertikalen Luftaustausch zu einer Aufrechterhaltung eines bodennahen Durchmischungsraumes bei; bodennahe Luftschadstoffe werden verdünnt</p>	<p>☹ Erhöhtes Schwülepotehtial 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>
--	--

Stadtrandklima

Stadtrandklimatope zeichnen sich durch eine überwiegend lockere Bauweise und einen relativ hohen Grünanteil aus. Charakteristisch für die dem Stadtrandklima zuzuordnenden Wohngebiete ist daher, dass die stadtklimatischen Effekte nur einen geringen und selten stark belastenden Ausprägungsgrad erreichen. Durch die relative Nähe zu regionalen und lokalen Ausgleichsräumen ist eine Frischluft- und Kaltluftzufuhr auch während gradientschwacher Wetterlagen meist gewährleistet.

klimatische Gunstfaktoren	klimatische Ungunstfaktoren
<p>☺ Die z. T. ausgeprägte Windabschwächung wirkt sich wohnklimatisch günstig aus und führt zu einer Einsparung an Heizenergie</p> <p>☺ Durch die Nähe zu regionalen und lokalen Ausgleichsräumen wird die Frischluft- und Kaltluftzufuhr während windschwacher Wetterlagen begünstigt</p> <p>☺ Optimales Wohn- und Schlafklima durch eine starke nächtliche Abkühlung im Sommer</p> <p>☺ Lokale und regionale Grünzonen sind häufig fußläufig zu erreichen</p> <p>☺ Hohe Variabilität der Mikrokimate durch das Nebeneinander unterschiedlich stark verdichteter Wohngebiete (Einfamilienhäuser, lockere Reihenhausbauung, offene Bebauungsstrukturen) und Park- und Grünflächen</p>	<p>☹ Natürliche Ungunstlagen, wie Mulden und Senken können lokal zur Erhöhung des bioklimatischen Belastungspotentials beitragen</p> <p>☹ Wärmebelastungen am Tage können durch fehlende Abschattungsstrukturen (hoher Rasenanteil im Wohnumfeld, geringer Baumbestand) erhöht sein</p> <p>☹ Eingeschränkte vertikale Austauschverhältnisse während windschwacher Strahlungswetterlagen können bedingt durch lokale bodennahe Emittenten das Immissionsrisiko erhöhen</p> <p>☹ Im Einflussbereich bodennaher Kaltluftströme und windexponierter Kuppenlagen erhöhter Heizenergiebedarf</p>

Gewerbe- und Industrieklima

In diesem Klimatoptyp 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.

klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ Die in den Nachtstunden anhaltende thermische Turbulenz vergrößert den bodennahen Durchmischungsraum (Schadstoffverdünnung) ☺ Relativ günstige bodennahe Austauschverhältnisse 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ Lufthygienischer Lastraum, lokale Schadstoffemissionen ☹ lang anhaltende nächtliche Wärmebelastungen

Parkklimate

Parkklimate sind gekennzeichnet durch aufgelockerte Vegetationsstrukturen mit Rasenflächen und reich strukturierten lockeren Baumbeständen. Aus diesem Grund treten vielfältig variierende Ein- und Ausstrahlungsbedingungen auf, die zu vielfältigen Klimaten auf kleinstem Raum führen. Parkklimate können sehr wirksam zum Abbau von bioklimatischen Belastungen beitragen. Dabei ist die Reichweite von Parkflächen von der Größe der Parkanlagen, deren Ausstattung sowie von der Anbindung an die Bebauung abhängig.

klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
<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 ☺ Filter für gas- und staubförmige Luftschadstoffe ☺ Wertvolle Regenerations- und Erholungsräume 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ Das günstige Bioklima begrenzt sich in der Regel auf die Fläche selbst und zeigt nur geringe Fernwirkung

Freilandklimate

Freilandklimate stellen sich über den überwiegend landwirtschaftlich genutzten Außenbereichen ein und zeichnen sich durch starke Jahres- und Tagesgänge von Temperatur und Feuchte sowie nahezu ungestörte Windströmungsbedingungen aus. Da zudem in diesen Bereichen meist wenige oder keine Emittenten angesiedelt sind, handelt es sich um bedeutsame Frischluftgebiete. Bei geeigneten Wetterlagen tragen Freilandflächen darüber hinaus zur Kaltluftbildung bei. In diesem Zusammenhang erweisen sich ausgedehnte Wiesen- und Ackerflächen sowie Freiflächen mit lockerem Gehölzbestand als sehr effektiv.

klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ Geringe Schwüle- und Wärmebelastung und hoher bioklimatischer Stellenwert als Erholungsraum ☺ Wertvolle Frischluft Räume ☺ Keine Emissionen ☺ Landwirtschaftlich genutzte Flächen mit hoher Kaltluftproduktion (starke Abkühlung in den Nachtstunden) und damit klimaökologische Ausgleichsräume für angrenzende Bauungsstrukturen 	<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

Waldklima

Typische Ausprägungen des Waldklimas sind stark gedämpfte Tages- und Jahresgänge der Temperatur und Feuchte. Tagsüber bedingen die Verschattung und Verdunstung relativ niedrige Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit im Stammraum, nachts treten dagegen vergleichsweise milde Temperaturen aufgrund der durch das Kronendach der Bäume verminderten Ausstrahlung auf. Waldflächen erweisen sich durch ihre sehr geringen thermischen und bioklimatischen Belastungen als wertvolle Regenerations- und Erholungsräume. Hervorzuheben ist weiterhin die Filterkapazität der Waldflächen gegenüber Luftschadstoffen. Durch Ad- und Absorption können Waldflächen gas- und partikelförmige Luftschadstoffe ausfiltern.

klimate Günstfaktoren	klimate Ungünstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ Mildes ausgeglichenes Stammraumklima aufgrund des gedämpften Tagesgang der Lufttemperaturen bei allgemein niedrigen Temperaturen ☺ Sehr geringe thermische und bioklimatische Belastung ☺ Luftruhe im Stammraum wirkt Kälte- und Winddiskomfort entgegen ☺ Keine Emissionen ☺ Frischluft- und Reinluftgebiete ☺ Filter für gas- und staubförmige Luftschadstoffe ☺ Wertvolle Regenerations- und Erholungsräume 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ Aufgrund der hohen Oberflächenrauigkeit keine Luftleitfunktion

Gewässer-/Seeklima

Wasserflächen können einen starken Einfluss auf das lokale Klima ausüben. Dabei bleibt der Einfluss meist auf das Gewässer und die unmittelbare Umgebung beschränkt (VDI 3787 Bl.1 1997). Gegenüber der Umgebung haben insbesondere große Wasserflächen einen ausglei-

chenden thermischen Einfluss durch schwach ausgeprägte Tages- und Jahrgänge. Die Lufttemperaturen sind im Bereich der Gewässer im Sommer tagsüber niedriger und nachts höher als im Umfeld. Darüber hinaus zeichnet sich das Gewässerklima durch eine hohe Luftfeuchtigkeit und Windoffenheit aus (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.), 2008).

Klimatische Gunstfaktoren	Klimatische Ungunstfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ☺ Die geringe Oberflächenrauigkeit begünstigt die Belüftungsfunktion ☺ Reduzierte Erwärmung am Tage mit gleichzeitig hoher Verdunstung ☺ Geringe thermische und bioklimatische Belastung tagsüber im Uferbereich ☺ Keine Emissionen ☺ Die Reliefsituation der Bachläufe begünstigt den Kaltlufttransport in die Bebauung 	<ul style="list-style-type: none"> ☹ Kaltluft erwärmt sich beim Überströmen von Wasserflächen ☹ Die bioklimatisch günstige Situation ist auf den Ufersaum beschränkt ☹ Aufgrund der hohen Wärmekapazität der Wasserkörper kühlen diese nachts nur gering ab

In der Synthetischen Klimafunktionskarte Ruhrgebiet (Ausschnitt siehe Abb. 2-24) sind neben den Klimatopen spezifische Klimaeigenschaften und spezielle Klimafunktionen dargestellt. Hierunter sind zusätzliche Modifikationen der Klimatopeigenschaften einzelner Flächen durch natürliche und anthropogene Klimafaktoren zu verstehen.

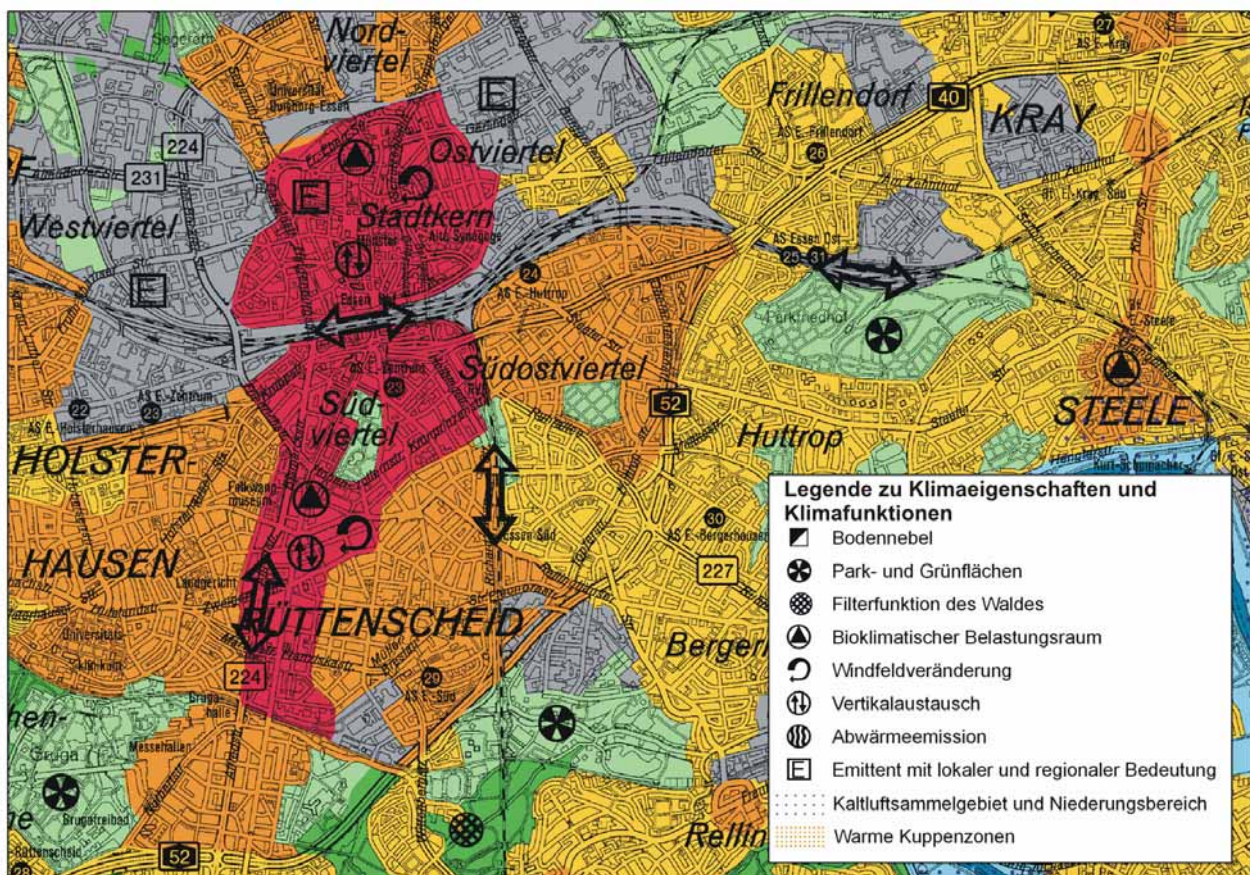


Abb. 2-24 Ausschnitt aus der Synthetischen Klimafunktionskarte Ruhrgebiet: Spezifische Klimaeigenschaften und spezielle Klimafunktionen (Quelle: RVR)

Spezifische Klimaeigenschaften

Die Ausprägungen der spezifischen Klimaeigenschaften sind eng an bestimmte Wetterlagen gekoppelt, wobei die windschwachen Strahlungswetterlagen im Vordergrund stehen. Im Einzelnen werden in der Synthetischen Klimafunktionskarte die folgenden Eigenschaften ausgewiesen:

- **Kaltluftammelgebiet und Niederungsbereich**
Diese Regionen zeichnen sich durch eine erhöhte Inversionshäufigkeit in Verbindung mit Nebelbildung während der Nacht aus.
- **Warme Kuppenzonen**
Die „warmen Kuppenzonen“ zeichnen sich dadurch aus, dass sie lange Zeit aus den nächtlichen Bodeninversionen herausragen, kalte Luft abfließen kann und somit die Kuppenzonen relativ warm bleiben. So erreichen sie z. T. eine den dichten Bebauungsstrukturen analoge Überwärmung durch eine natürliche Temperaturzunahme mit der Höhe während nächtlicher Inversionswetterlagen. Darüber hinaus ist den Kuppenzonen ein hoher Durchlüftungsgrad zuzusprechen.
- **Bahnanlagen**
Größere Bahntrassen weisen einen ausgeprägten Temperaturtagesgang (hohe Oberflächentemperaturen tagsüber, niedrige Temperaturen nachts) und zumeist einen guten Luftaustausch auf. Daher kann ihnen für die Belüftung der Innenstädte ein hoher Stellenwert beigemessen werden.
- **Hauptverkehrsstraßen**
Hauptverkehrsstraßen erweisen sich als lineare Emissionsbänder für Luftschadstoffe mit zusätzlich erhöhter Lärmemission. Aufgrund ihrer Breite und geringen Rauigkeit fällt ihnen häufig die Funktion einer belasteten Luftleitbahn zu.
- **Bodennebel**
Aufgrund des hohen Wasserangebotes und/oder bedingt durch die topographische Lage besteht eine erhöhte Nebelhäufigkeit in den Niederungsbereichen.

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. Diese Funktionen sind im Einzelnen:

- **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 angesehen werden.

- **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.
- **Bioklimatischer Belastungsraum**
Bioklimatische Belastungsräume zeichnen sich bedingt durch die hohe Versiegelung durch eine starke Erwärmung am Tag und eine ausgeprägte nächtliche Wärmeinsel aus. Dies kann in den Sommermonaten Hitze- und Schwülebelastungen hervorrufen, die eine starke bioklimatische Belastung für den Menschen darstellen. Zusätzlich wird bei wind-schwachen Wetterlagen eine Situationsverschlechterung durch lokal emittierte Schadstoffe hervorgerufen.
- **Windfeldveränderungen**
Das Windfeld in der Stadt wird durch Kanalisierung im Straßenraum oder durch Düsen- und Kanteneffekte stark modifiziert. Wechseln sich unterschiedliche Bauformen sowie stark unterschiedlicher Höhen der Gebäude ab in Verbindung mit einem Nebeneinander von bebauten und unbebauten Flächen tritt eine starke Turbulenz des Windfeldes auf. Dadurch erhöht sich die Zugigkeit und Böigkeit im Straßenraum, dies hat eine stark reduzierte Aufenthaltsqualität im Freien zur Folge.
- **Vertikalaustausch**
Durch den anthropogenen Wärmeinseleffekt werden die Luftmassen in den zentralen Stadtbereichen labilisiert. Daraus resultieren 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.
- **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 Standorte.

Luftaustausch

In einer dritten Informationsebene der Synthetischen Klimafunktionskarte sind die für die Belüftung bedeutsamen Bereiche anhand von Pfeilsignaturen hervorgehoben (Abb. 2-25). Einen hohen Stellenwert in der Stadtklimatologie nimmt der Luftaustausch zwischen den weniger belasteten Entlastungsräumen und den Lasträumen einer Stadt ein.

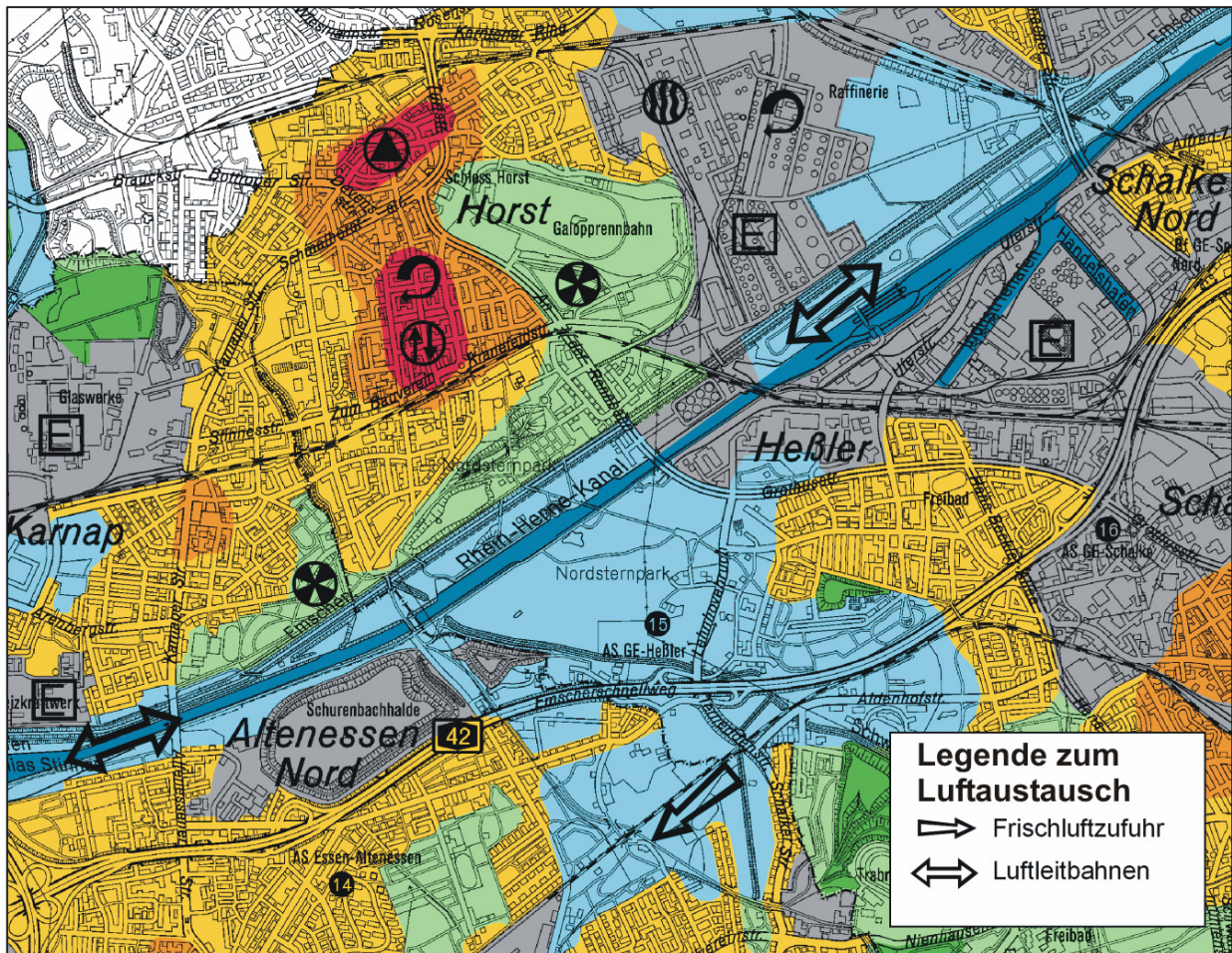


Abb. 2-25 Ausschnitt aus der Synthetischen Klimafunktionskarte Ruhrgebiet: Luftaustausch (Quelle: RVR)

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.
- **Frischluftzufuhr**
Über bestimmte größere und hindernisarme Freiflächen gelangen frischere und kühlere Luftmassen bis in die Siedlungsbereiche. Im Vergleich zu den Luftleitbahnen werden die Luftströmungen dabei nicht gebündelt, so dass die Frischluftzufuhr über diese Flächen nur bei bestimmten Windrichtungen von Bedeutung ist.

2.2.2.3 Der internetbasierte Klimaatlas Ruhrgebiet

Der künftige Klimaatlas Ruhrgebiet ist eine digitale Informationsplattform zum Klima im Ruhrgebiet und kann über den Internetauftritt des Regionalverbandes Ruhr aufgerufen werden. Informationsgrundlage bilden die synthetischen Klimafunktions- und Planungshinweiskarten der Ruhrgebietskommunen sowie die regionale Synthetische Klimafunktionskarte des Ruhrgebietes (siehe Kap. 2.2.2.2). In den Planungshinweiskarten werden die Inhalte der synthetischen Klimafunktionskarten hinsichtlich der Klimafunktion bewertet und mit Empfehlungen zur Flächengestaltung für die räumliche Planung versehen. Die Planungshinweiskarten geben Informationen zu klimatischen Gunst- und Ungunstgebieten (Ausgleichsräume und Lasträume), zur Klimatop- und Freiflächenvernetzung sowie Hinweise zu möglichen Maßnahmen zur Verbesserung des lokalen Klimas.

Diese Kartengrundlagen stehen im Klimaatlas als interaktive Karten in Kombination mit dem Stadtplanwerk zur Verfügung. In verschiedenen Maßstabsbereichen kann der Nutzer ausgehend von der Regionalen Übersichtskarte bis hinunter auf die Stadtbezirksebene zunehmend detaillierte Informationen zum Stadtklima durch „Klick“ in die Karte abrufen. Klimafunktions- und Planungshinweiskarten können dabei durch das Ein-/Ausblenden verschiedener Ebenen beliebig mit Luftbildern, dem digitalen Geländemodell oder dem Flächennutzungsplan kombiniert dargestellt werden, so dass der Klimaatlas zu einem wichtigen Analysewerkzeug der Stadtklimatologie wird.

Der Klimaatlas besticht durch seine Informationsfülle bei gleichzeitig einfacher Bedienbarkeit und Übersichtlichkeit. Neben den interaktiven Karten stehen dem Nutzer kurze prägnante Einführungen in das jeweilige Thema zur Verfügung, so dass auch Laien auf dem Gebiet der Stadtklimatologie einen guten Einstieg in das Thema finden. Damit stellt der Klimaatlas Ruhrgebiet eine Kombination aus Karten und Text zur Beurteilung des Stadtklimas im Ruhrgebiet auf regionaler bis lokaler Ebene dar. Abbildung 2-26 zeigt einen Screenshot aus dem Klimaatlas Ruhrgebiet mit einer Kombination aus Karten- und Textinformationen.

Für die Nutzer des Klimaatlasses Ruhrgebiet stehen verschiedene Funktionen zur Verfügung. Neben einer unscharfen Straßensuche zum leichten Auffinden von Gebieten gibt es eine komfortable Druckfunktion. Nach und nach wird der Klimaatlas inhaltlich erweitert und erhält zusätzliche Funktionen (z. B. das Messen von Strecken/Flächen).

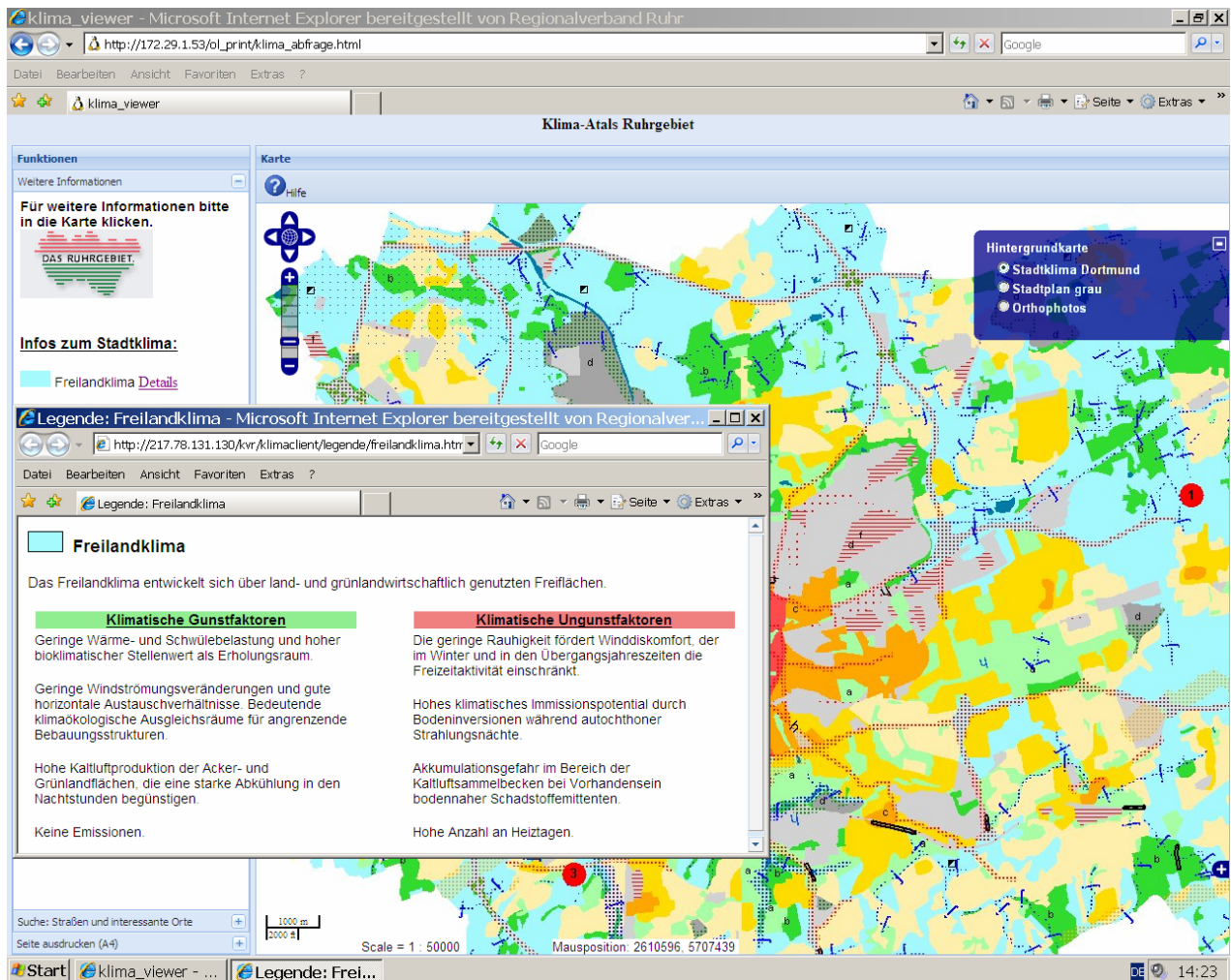


Abb. 2-26 Ausschnitt aus dem Klimaatlas Ruhrgebiet (Quelle: RVR)

2.2.3 Informationsquellen und Datenbasis für die Siedlungswasserwirtschaft

Die für den Bereich der Siedlungswasserwirtschaft geltenden Bemessungswerte für Anlagen der Siedlungsentwässerung sind wie alle Grundlagen und Regeln zur Bemessung baulicher Anlagen in diversen DIN-Normen festgelegt und von jedem öffentlichen oder privaten Bauherrn zu beachten. Die heute gültigen Bemessungsregeln und anzusetzenden Lastwerte basieren auf statistischen Berechnungen der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses bestimmter Größe, Höhe oder Intensität und der Abschätzung der Auswirkungen auf die Funktionsfähigkeit eines Bauteils oder eines Systems.

Die heute gültigen Regelwerke (Kap. 2.2.3.1) stellen die Leistungs- und Funktionsfähigkeit der Siedlungsentwässerung und der Trinkwasserversorgung für die in unseren Breitengraden bisher üblichen Klimaverhältnisse und Wetterereignisse sicher. Als Extremwetterereignisse können also solche Ereignisse betrachtet werden, die über die Bemessungswerte der Regelwerke hinausgehen bzw. deren Auswirkungen die Leistungsfähigkeit eines Systems übersteigt oder dessen Funktionsfähigkeit wesentlich beeinträchtigt. Insbesondere in dicht besiedelten Räumen

können sich erhebliche Gefährdungspotenziale für Bevölkerung und volkswirtschaftliche oder andere Schutzgüter ergeben aus dem ungünstigen Zusammenwirken eines extremen Wetterereignisses mit den örtlichen Randbedingungen des Gebiets, in dem das Ereignis stattfindet, wie der Topographie, der Siedlungsstruktur und der Leistungsfähigkeit der (Entwässerungs-) Infrastruktur.

2.2.3.1 Bemessung kommunaler Entwässerungssysteme

Die Normenreihe DIN EN 752 (DIN 2008) und das DWA-Arbeitsblatt A 118 (DWA 2006) enthalten die Grundsätze zur Bemessung kommunaler Entwässerungssysteme (Schwerkraftentwässerung). Diese zielen mit den Anforderungen an den Überflutungsschutz in erster Linie auf Neuplanungen und Sanierungen/ Systemverbesserungen. Für die Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme hat die frühere ATV-DVWK-Arbeitsgruppe ES-2.1 (heute: DWA-AG ES-2.5) einen Arbeitsbericht vorgelegt (ATV-DVWK 2004). Weitere in Deutschland geltende Regelungen im Bereich der Gebäude-, Grundstücks- und Siedlungsentwässerung sind in der Abbildung 2-27 dargestellt.

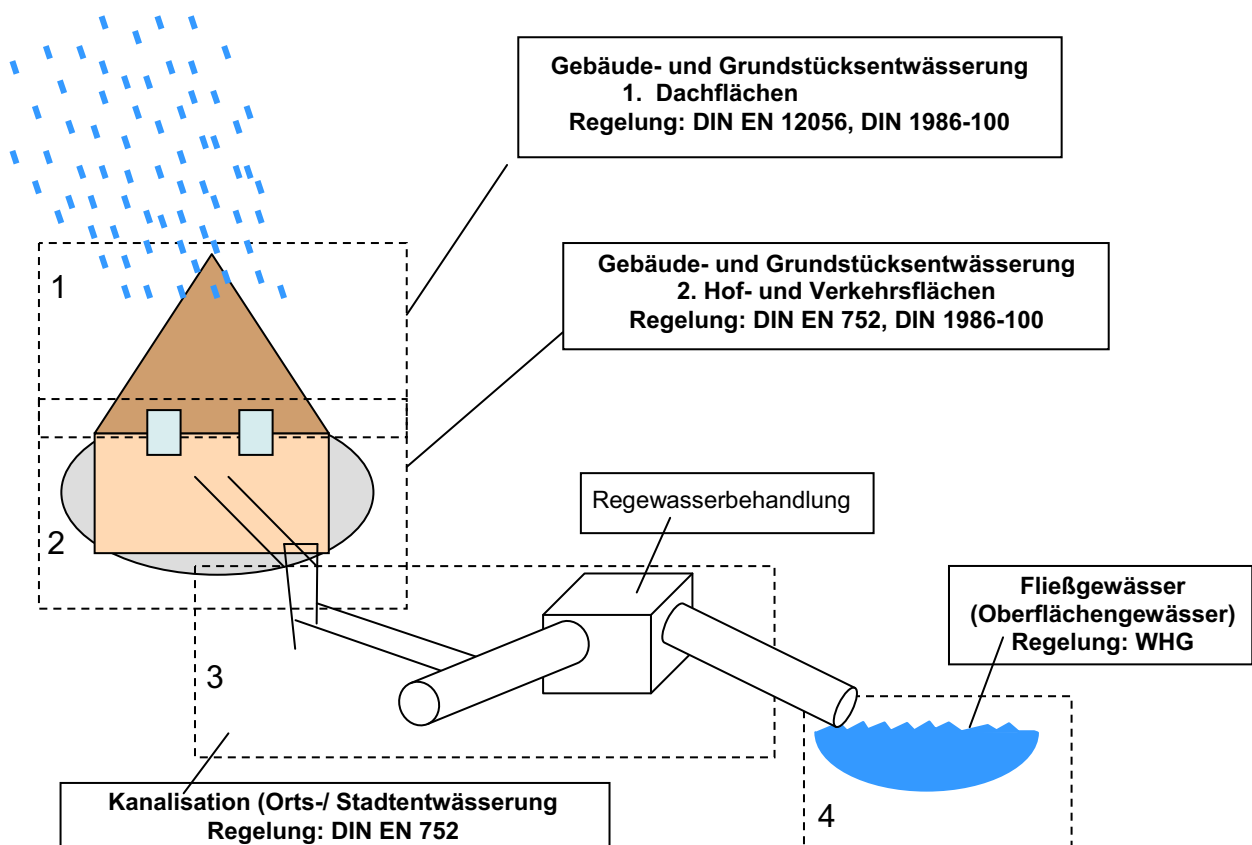


Abb. 2-27 Regelungen der Gebäude-, Grundstücks- und Siedlungsentwässerung (Eigene Darstellung nach URBAS 2008)

Die Bemessung von Sonderbauwerken der Siedlungsentwässerung wie Regenrückhaltebecken oder Regenwasserbehandlungsanlagen, Abwasserpumpwerke oder komplexe Zusammenführungsbauwerke, die hinsichtlich der Funktion des Gesamtsystems häufig entscheidende Einzelkomponenten der Siedlungsentwässerung darstellen, ist in einer Vielzahl von weiteren DIN-

Standards und DWA-Arbeitsblättern geregelt, die nicht alle hier aufgelistet werden können. Die Bemessung solcher Bauwerke erfordert über die Kenntnisse der Bemessungsstandards hinaus großes Expertenwissen und viel Erfahrung, um die meist hochspezifischen örtlichen Randbedingungen in der Planung berücksichtigen zu können. Da die Stadtplanung insbesondere im Fall der Neuanlage oder Erweiterung von Wohn- und Gewerbegebieten aber großen Einfluss darauf hat, ob und wo solche Sonderbauwerke erforderlich werden, ist zukünftig unbedingt eine gemeinsame und zeitgleiche, d. h. eine „integrierte“ Planung von städtebaulicher Entwicklung und wasserwirtschaftlicher Infrastruktur anzustreben.

In der deutschen Entwässerungspraxis ist es üblich, die hydraulische Leistungsfähigkeit der kommunalen Entwässerungssysteme über ein entsprechendes Niveau an Überstausicherheit nachzuweisen (DWA 2008). Eine Bemessung von Entwässerungsanlagen deutlich über diesem Niveau, führt zu erheblichen Steigerungen der Investitionskosten für den Entwässerungsbetreiber und die Anlieger, die sich über Anschlussgebühren und/ oder Umlagen an den Kosten beteiligen müssen. Darüber hinaus sind Fehlfunktionen (z. B. Ablagerungen, Geruchsbelästigung) in den Zeiten mit geringem oder mittlerem Niederschlagsanfall zu erwarten. Diese Fehlfunktionen können in Hitzeperioden oder in Perioden mit lang andauernder Trockenheit vermehrt auftreten und den Betriebsaufwand noch erhöhen. Der überstaufreie Betrieb wird durch das Kanalisationsnetz im Zusammenwirken mit Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung und Rückstausicherungen der Grundstücksentwässerung sichergestellt (DWA 2008).

Grundsätzlich ist zwischen Überstau- und Überflutungsschutz zu unterscheiden:

- **Überstau:** Belastungszustand der Kanalisation, bei dem der Wasserstand ein definiertes Bezugsniveau überschreitet.“ (DWA 2006).
- **Überflutung** (DIN EN 752-1): Zustand, bei dem Schmutzwasser und/ oder Regenwasser aus einem Entwässerungssystem entweichen oder nicht in dieses eintreten können und entweder auf der Oberfläche verbleiben oder in Gebäude eindringen.“ (DWA 2006)

Tabelle 2-8 enthält die maßgeblichen Wiederkehrzeiten zur Berechnung der Überstauhäufigkeit. Gemäß Tabelle 2-8 müssen bestehende Entwässerungsanlagen in Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebieten beispielsweise so dimensioniert sein, dass bei voller Funktionsfähigkeit ein Überstau im statistischen Mittel höchstens einmal in drei Jahren auftritt.

Tab. 2-8 Überstauhäufigkeiten „1-mal in n Jahren“ nach DWA-A 118 (DWA 2006) (geplante Anlagen) und ATV-DVWK 2004 (bestehende Anlagen)

Örtlichkeit	Geplante Anlagen (DWA 2006) [Überstau 1-mal in n Jahren]	Bestehende Anlagen (ATV-DVWK 2004) [Überstau 1-mal in n Jahren]
Ländliche Gebiete	Ländliche Gebiete 1 in 2	-
Wohngebiete	1 in 3	1 in 2
Stadtzentren, Industrie und Gewerbegebiete	seltener als 1 in 5	1 in 3
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	seltener als 1 in 10 bzw. bei Unterführungen 1 in 50	1 in 5

Im Allgemeinen gilt die Höhe der Straßenoberfläche am Anschlusspunkt als Rückstauenebene, d. h. das Bezugsniveau wird so festgelegt, dass die Kanalisation gerade nicht überläuft. Anlieger der Kanalisation, deren Hausanschluss oder Grundstücksentwässerung meist nur wenige Dezimeter über der Kanalisation liegen, haben sich deshalb eigenverantwortlich nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik gegen Rückstau über die Hausanschlüsse beispielsweise mit Rückstauklappen zu sichern. Diese Verpflichtung des Grundstückseigentümers, zum Schutz seines Eigentums selbst beizutragen, ist in den Entwässerungssatzungen der Kommunen festgeschrieben. Die meisten Kommunen des Ruhrgebiets haben Hinweise im Internet, Informationsbroschüren und Leitfäden veröffentlicht, um ihre Bürger sachgerecht zu informieren.

Eine Überflutung kann eintreten, wenn Starkregen mit Wiederkehrzeiten oberhalb der maßgebenden Überstausicherheit auftreten. Der Überflutungsschutz kann durch eine Prüfung der örtlichen Gegebenheiten bewertet und bei Bedarf (Risikobetrachtung) durch entsprechende Maßnahmen sichergestellt werden (DWA 2008). Bei den Überflutungshäufigkeiten gelten laut DWA-A 118 für Neuplanungen bzw. geplante Systemverbesserungen die in Tabelle 2-9 angegebenen Häufigkeiten.

Tab. 2-9 Überflutungshäufigkeiten „1-mal in n Jahren“ nach DWA-A 118 (DWA 2006) gemäß Empfehlung in DIN EN 752 (für Neuplanungen bzw. geplante Systemverbesserungen)

Örtlichkeit	Häufigkeit der Bemessungsregen (für die keine Überlastungen auftreten dürfen) [1-mal in n Jahren]	Überflutungshäufigkeit [1-mal in n Jahren]
Ländliche Gebiete	1 in 1	1 in 10
Wohngebiete	1 in 2	1 in 20
Stadtzentren, Industrie und Gewerbegebiete		
mit Überflutungsprüfung	1 in 2	1 in 30
ohne Überflutungsprüfung	1 in 5	-
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 10	1 in 50

Generell gilt es, die Überflutungssicherheit unter Einbeziehung der Ableitungs- und Speicherkapazitäten von Verkehrs- und Freiflächen bzw. wenn erforderlich, durch lokale Maßnahmen zum Objektschutz zu erreichen. Dies sicherzustellen, ist eine Gemeinschaftsaufgabe der beteiligten kommunalen Akteure, wie z. B. Stadtentwässerung, Tiefbauamt, Stadtplanungsamt, Straßenbaulastträger und Grünflächenamt (DWA 2008).

Während es im Bereich der Überflutungen aus größeren Gewässern in Folge von Hochwassern seit einigen Jahren weitgehend abgestimmte Verfahren der Gefahren- und Risikoanalyse und der Darstellung der Ergebnisse in Gefahren- und Risikokarten gibt, werden entsprechende

Untersuchungsmethoden und Darstellungsformen für die Gefährdung durch Überflutungen in Folge von Stark- oder Dauerniederschlägen im kommunalen Raum (Handabfluss, Ausuferung urbaner (Klein-)Gewässer und Entwässerungsgräben, Überlastung der städtischen Kanalisation) noch kaum eingesetzt (URBAS 2008). Das Hochwasserereignis vom 26.07.2008 in Dortmund hat den bestehenden Handlungsdruck über die Grenzen des Ruhrgebiets hinaus noch einmal deutlich gemacht und entsprechende Aktivitäten der Kommunen beschleunigt, Überflutungsrisiken in ihren Gebieten systematisch zu identifizieren und in die bestehenden Katastrophenvorsorgesysteme zu integrieren (Grünewald et al. 2009).

2.2.3.2 Weitere Informationsquellen und Daten aus dem Bereich der Wasserwirtschaft und der Siedlungsentwässerung

In der Wasserwirtschaft regeln in Deutschland im Wesentlichen vier Rechtssysteme die Erfordernisse und Optionen staatlichen bzw. kommunalen Handelns (URBAS 2008):

- das Wasserrecht (Wasserhaushaltsgesetz (WHG), Landeswassergesetze (LWG)),
- das Planungsrecht (Raumordnung, Flächennutzung, Bauleitplanung),
- das Baurecht (Zulässigkeit, Bemessung und Ausführung baulicher Anlagen gemäß DIN- und/ oder EN-Standards),
- das Ordnungs- und Polizeirecht (staatliche Katastrophenvorsorge, -schutz und -nachsorge).

Ergänzt werden diese rechtlichen Festlegungen durch Arbeits- und Merkblätter der wissenschaftlich-technischen Fachverbände in den Bereichen Wasser, Abwasser, Abfall und Gewässerschutz, DWA (www.dwa.de), BWK (www.bwkbund.de) und DVGW (www.dvgw.de), sowie durch Empfehlungen und Berichte z. B. der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, www.lawa.de), die durch Erlasse von Bundes- oder Landesbehörden Rechtskraft erlangen können. Die von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (<http://www.fgsv.de>) herausgegebenen *Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS)* bzw. *für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06)* sind die in Deutschland gültigen technischen Regelwerke für den Entwurf und den Bau von Straßen. Die technischen Standards des Deutschen Instituts für Normung (DIN) wie auch eine große Zahl der oben genannten Arbeits- oder Merkblätter bzw. Richtlinien der großen Fachverbände formulieren den für alle Planungen und Ausführungen verbindlichen „Stand der Technik“ und sind deshalb durch öffentliche wie private Planer in der jeweils aktuellen Form anzuwenden. Insbesondere der Umgang mit zu viel Niederschlagswasser aufgrund der sich ändernden Klimaverhältnisse wird zukünftig wahrscheinlich einen pragmatischen Umgang der Planer und Genehmigungsbehörden mit den z. T. nicht konsistenten Vorgaben und Zielsetzungen der verschiedenen technischen Standards erfordern, um kostenintensive Neu- und Umbauten möglichst vermeiden und stattdessen neuartige, kosteneffiziente Anpassungslösungen umsetzen zu können.

Über die Technischen Standards zur Planung, Bemessung und Umsetzung technischer Bauten und Anlagen hinaus erfordert die Erarbeitung standortgerechter, klimarobuster urbaner Infrastruktur- bzw. städtebaulicher Anpassungslösungen weitere Informationen über den natürlichen und den menschengemachten Bestand der umgebenden Topographie und Infrastruktur sowie über technische und andere Potenziale der betrachteten Gebiete. Im Bereich der Wasserwirt-

schaft und der Siedlungsentwässerung existieren bei den für die Siedlungsentwässerung zuständigen Institutionen der Städte und Gemeinden, aber auch bei den sondergesetzlichen Wasserverbänden in NRW (www.agw-nrw.de) entsprechende weiterführende Datengrundlagen, die für eine integrierte städtebauliche und wasserwirtschaftliche Planung ebenfalls zur Verfügung gestellt werden können.

Die Städte und Gemeinden des Ruhrgebiet liegen weitestgehend in den Verbandsgebieten von Emschergenossenschaft und Lippeverband (EG/LV, www.eglv.de) sowie des Ruhrverbands (www.ruhrverband.de). Die Wasserverbände in NRW erbringen z. T. seit über 100 Jahren in ihren jeweiligen Flussgebieten regionsübergreifende Dienstleistungen und Anpassungsmaßnahmen für und in enger Zusammenarbeit mit ihren kommunalen und industriellen Mitgliedern. Wichtige Hinweise für die Planung und Umsetzung umweltgerechter und klimarobuster Siedlungs- und Infrastrukturen können beispielsweise flächendeckende Darstellungen der Grundwasserflurabstände im Ruhrgebiet sein (Abb. 2-28).



Abb. 2-28 Beispiel für typische Flurabstände im Emschergebiet (Quelle: EG/LV)

Die Konzeption und Planung effektiver Einrichtungen zum Rückhalt und zur Versickerung von Niederschlagswasser erfordert detaillierte, flächendeckende Informationen über die relevanten Randbedingungen wie Untergrundbeschaffenheit, Grundwasserstände, Vorhandensein von potenziellen oder tatsächlichen Bodenverunreinigungen (Altlasten) usw.. Im Zuge der Umsetzung der Zukunftsvereinbarung Regenwasser haben Emschergenossenschaft und Lippeverband weite Teile der dicht besiedelten Bereiche Ihrer Verbandsgebiete hinsichtlich der genannten Randbedingungen untersucht, aggregiert und in einem Plan „Abkopplungspotenzial“ dargestellt. Abbildung 2-29 zeigt einen Ausschnitt aus diesem Planwerk, das bei der EG/LV angefordert werden kann.

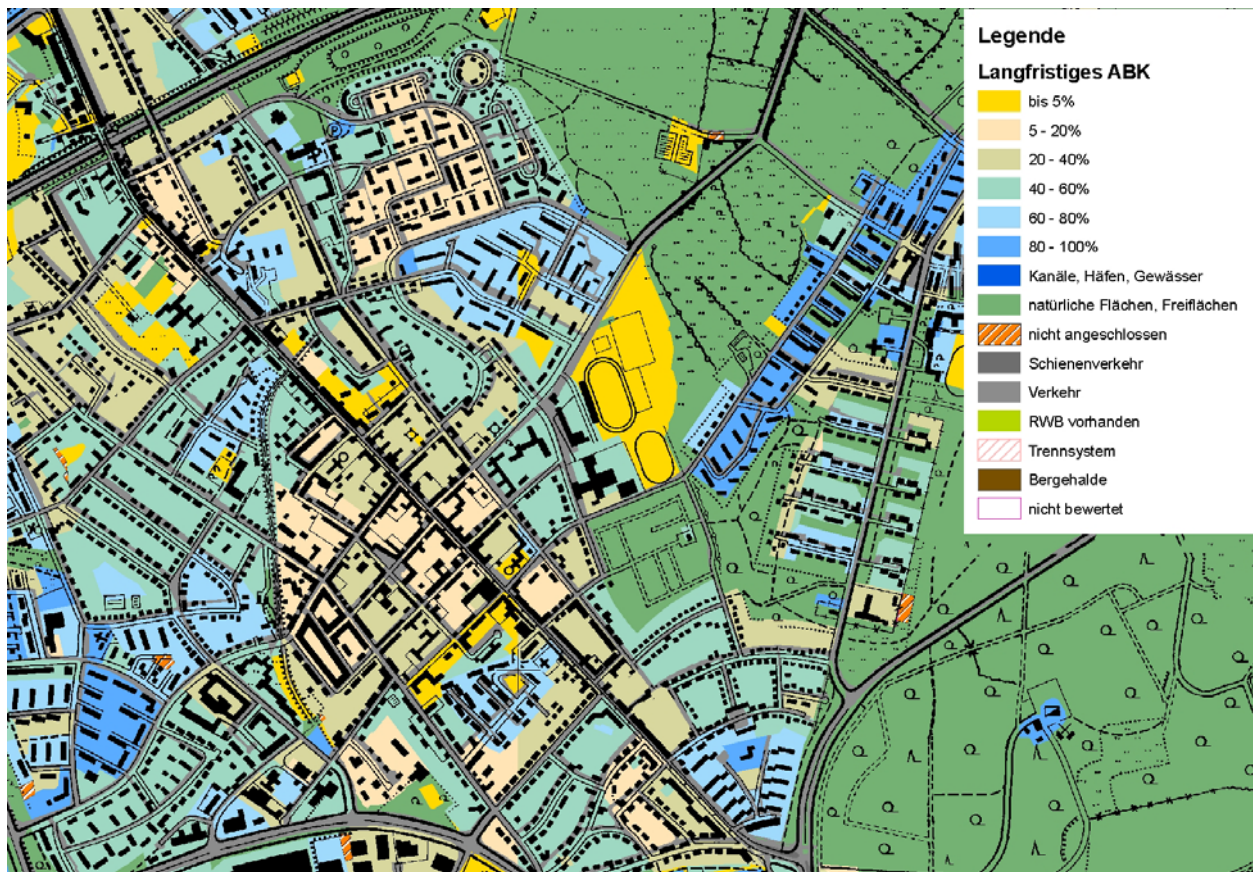


Abb. 2-29 Beispiel für langfristiges Abkopplungspotenzial im Emschergebiet (Quelle: EG/LV)

Ansprechpartner in den Städten und Gemeinden zum Thema Siedlungsentwässerung sind meist die Tiefbauämter oder die Stadtentwässerungsabteilungen in den kommunalen Verwaltungen oder ausgegliederten Entwässerungs- bzw. Wirtschaftsbetriebe der Kommunen (siehe Tabelle 2-10). Die Aufgaben der Unteren Wasserbehörde als Genehmigungs- und Vollzugsbehörde in der Wasserwirtschaft sind heute meist getrennt vom Management der kommunalen Wasserinfrastruktur und Fließgewässer organisiert, das z. B. für die Aufgaben Planung, Betrieb und Finanzierung zuständig ist.

Tab. 2-10. Verantwortliche Stellen der Kommunen für die Siedlungsentwässerung

Kommune	Verantwortliche Stellen für die Siedlungsentwässerung	Kontakt/ Link auf Homepage
Duisburg	Wirtschaftsbetriebe Duisburg (AöR)	http://www.wirtschaftsbetriebe-duisburg.de/produkte/wasser/Stadtentwaesserung.php
	Stadt Duisburg - Amt für Wasser und Kreislaufwirtschaft (Amt 33)	http://www.duisburg.de/vv/33/index.php
Essen	Untere Wasserbehörde, Umweltamt „Umweltvorsorge, Umweltplanung“	http://www.use24.essen.de/Webportal/agency/default.aspx?OrganizationUnitId=468&ShowEmployees=true
	Stadtwerke Essen AG	http://www.stadtwerke-essen.de/abwasser/

Kommune	Verantwortliche Stellen für die Siedlungsentwässerung	Kontakt/ Link auf Homepage
Bochum	Untere Wasserbehörde Bochum	http://www.bochum.de/C125708500379A31/vwContentByKey/W27P6ER6986BOLDDE
	Tiefbauamt Bochum	http://www.bochum.de/C125708500379A31/vwContentByKey/W2726935348BOLDDE
Dortmund	Tiefbauamt Dortmund	http://tiefbauamt.dortmund.de/project/assets/template5.jsp?acode=grossprojekte.tiefbaustrassenverkehr.stadtentwässerung&aid=0&aorder=phoneprivate_country&smi=8.0&tid=47131;
Hagen	Stadtentwässerung Hagen (AöR)	http://www.sehagen.de
Kreis Wesel	Dezernat 60 Kreis Wesel	http://www.kreis-wesel.de/C125748F003698E3/html/2FA20432F22826A1C12574A200252ACA?opendocument&nid=22626_33754
Hamm	Lippeverband - Stadtentwässerung Hamm	http://www7.citeq.de/20/probuenger/public/aemter_detail.cfm?hierarchie_ID=220&hierarchien_datenweitergabe=
Mülheim an der Ruhr	Untere Wasserbehörde Mülheim an der Ruhr	http://www.muelheim-ruhr.de/cms/wasser_abwasser1.html
	Mülheimer Energiedienstleistungs GmbH	http://www.muelheim-ruhr.de/cms/abwasser1.html
Oberhausen	Wirtschaftsbetriebe Oberhausen GmbH	http://www.wbo-online.de/
	Tiefbauamt Oberhausen (Fachbereich 5-6-40 / Schnittstelle WBO GmbH)	http://www.oberhausen.de/B6184A99AEE040C998B0443E95396D1C.php
Bottrop	Tiefbauamt Bottrop (66/3 Stadtentwässerung)	http://www.bottrop.de/vv/oe/dezernat4/66/113010100000058949.php
Gelsenkirchen	Referat Umwelt - Untere Wasserbehörde Gelsenkirchen	http://stadt.gelsenkirchen.de/Applikationen/Dienstleistungskatalog/default.aspx?kid=6
	Umweltportal Gelsenkirchen (Infos Bereich Wasser)	http://umweltportal.gelsenkirchen.de/Wasser/Wasser_Uebersicht.asp
	Abwassergesellschaft Gelsenkirchen mbH Gelsenkanal	http://gelsenkanal.de/web/main/entw.html
Herne	Stadtentwässerung Herne GmbH & Co. KG	http://www.se-herne.de/
Kreis Unna	Kreis Unna, Dezernat II, Fachbereich Natur und Umwelt	http://www.kreis-unna.de/startseite/politik-amp-verwaltung/verwaltung/natur-und-umwelt/wasser-und-boden.html
Kreis Recklinghausen	Tiefbauamt Recklinghausen (Fachbereich 62)	http://www.recklinghausen.de/PolitikVerwaltung/Verwaltung/Fachbereiche/Fachbereich_62.asp
Ennepe-Ruhr-Kreis	Kreishaus, Fachbereich VI Bau, Umwelt, Vermessung u. Kataster	http://www.enkreis.de/Ansprechpartner-in.192+M54f7fd1f90e.0.html

2.2.3.3 Datenquellen zu extremen Wetterereignissen mit Auswirkungen auf die Siedlungswasserwirtschaft

Als Extremwetterereignisse mit Relevanz für die Siedlungswasserwirtschaft können Wetterphänomene gelten wie Starkregen, extreme Hagelfälle, eine längere Episode von „*Heißen Tagen*“ (Hitze), lang andauernde Trockenperioden sowie Stürme und Gewitter, die nach Menge und/oder Intensität über die zur Bemessung von Anlagen, Gebäuden und anderer Infrastruktur anzusetzenden Werte für Standfestigkeit und Funktionsfähigkeit hinausgehen (siehe Abbildung 2-30). Kaum Einfluss haben dagegen selbst extreme Schneefälle, Eisregen oder anhaltende Kälte, die über in unseren Breitengraden bekannte Tiefstwerte nicht hinausgeht. Stürme, Gewitter und andere extreme Starkwindereignisse haben meist keine direkten Auswirkungen auf die Leitungsnetze der Siedlungswasserwirtschaft, können aber, wie bei anderen Industrieanlagen auch, den Betrieb von Pumpwerken, Kläranlagen und Trinkwasseraufbereitungsanlagen stark beeinträchtigen oder unterbrechen, wenn die Energieversorgung und Kommunikationsverbindungen unterbrochen oder die bauliche Infrastruktur oder wichtige Anlagenteile stark beschädigt werden.

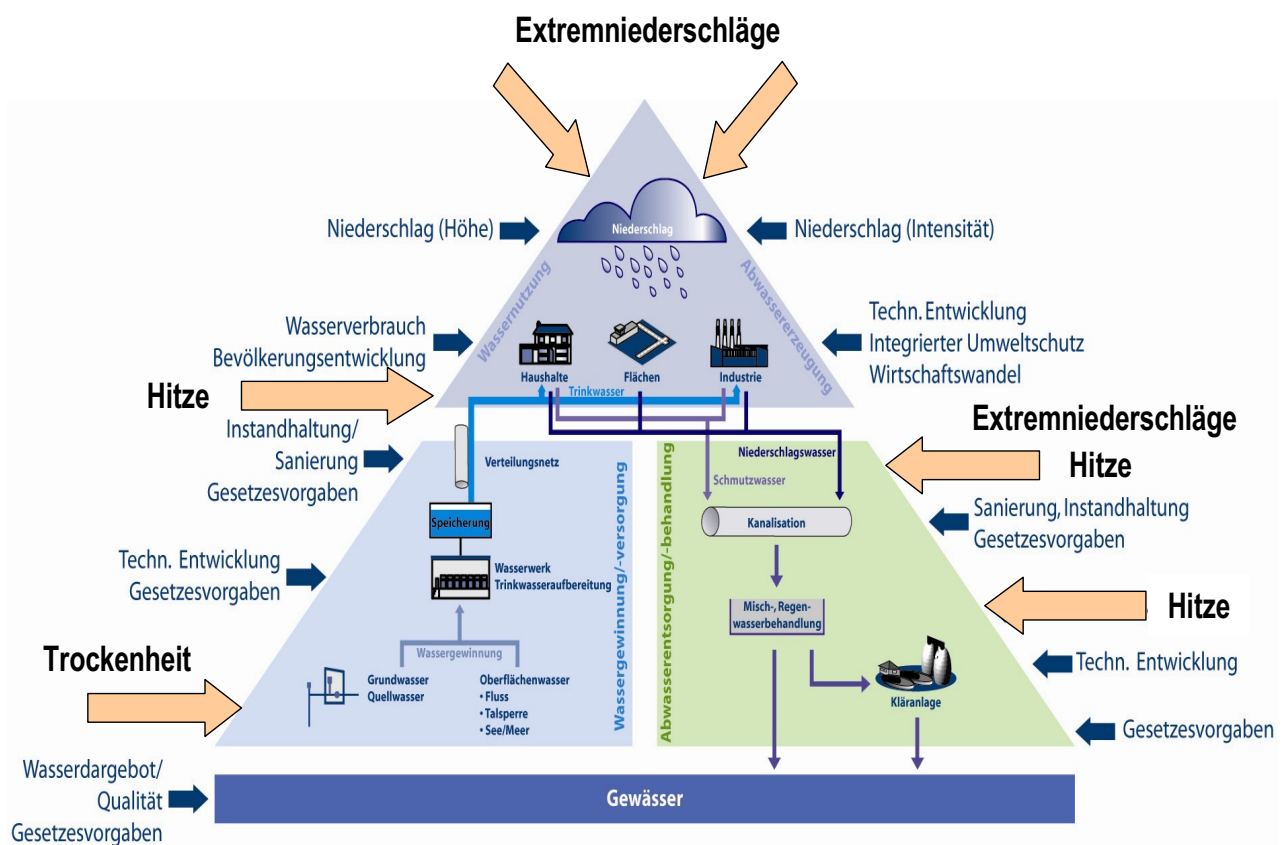


Abb. 2-30 Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf die siedlungswasserwirtschaftliche Infrastruktur in Deutschland (Eigene Darstellung FiW)

Bei der Nutzung von Niederschlagsdaten ist zu beachten, dass an Niederschlagsstationen nur die dort punktuell aufgetretenen Niederschlagsmengen gemessen werden. Da Starkniederschläge meist sehr lokal auftreten, werden weder die überregneten Flächen noch die gefallenen Mengen genau erfasst, da sie häufig an Orten fallen, wo es keine Niederschlagsstation gibt. Für

die Erstellung von Gefahren- und Risikoanalysen auf kommunaler Ebene bzw. für das Einzugsgebiet eines Siedlungsentwässerungssystems bzw. einer Anlage der Siedlungsentwässerung müssen deshalb auch andere Informationsquellen wie z. B. der KOSTRA-Atlas („Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen“; DWD 1997, DWD 2005) oder historische Regenreihen herangezogen werden. Der KOSTRA-Atlas und seine Inhalte werden am Ende dieses Kapitels kurz erläutert.

Insbesondere für eine schnelle örtliche Reaktion auf Unwetter (Starkregen, Hagel, Gewitter) existieren derzeit noch keine sicheren und effektiven Vorhersagesysteme. Es gibt aber vielfältige Bemühungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur Einbeziehung von Radarinformationen (z. B. „KONvektionsentwicklung in RADarprodukten – KONRAD“ und „Feuerwehr-Wetter-Informationen-Systems FEWIS“) in die Vorhersage solcher Ereignisse (Grünwald et al. 2009). Durch koordinierte und damit räumlich und zeitlich höher aufgelöste Messungen an Stationen verschiedener Betreiber in Verbindung mit Niederschlagsradarbeobachtungen in „Echtzeit“ könnten zukünftig effektive regionale Vorhersagesysteme für Ballungsgebiete, Industrieanlagen und andere Gebiete mit hoher Schutzwürdigkeit aufgebaut werden. Im Abschnitt D „Meteorologie“ des BMBF-Verbundprojekts URBAS wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, wie die oben genannten Beobachtungs- und Warnsysteme bereits heute in einigen Kommunen eingesetzt werden und wie diese Systeme u.a. durch statistische Auswertungen ergänzt bzw. korrigiert und insgesamt verbessert werden können (URBAS 2008).

Die möglichen Auswirkungen von Extremwettern, insbesondere Extremniederschlägen, auf das Abflussverhalten eines Fließgewässers, d. h. den gewässerbezogenen Hochwasserschutz, oder auf die chemische bzw. ökologische Qualität von urbanen Fließgewässern sollen hier nicht betrachtet werden, da für diese in Nordrhein-Westfalen bereits flächendeckend Hochwasseraktionspläne (HWAP) bzw. Bewirtschaftungspläne nach den Vorgaben der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) erarbeitet wurden. So wurde z. B. 2002 mit einem Erlass des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW festgelegt, einen HWAP für die Emscher zu erarbeiten. Diese Unterlagen und eine vollständige Beschreibung der Vorgehensweise sind unter „http://www.eglv.de/we_hochwasser/1.php“ öffentlich zugänglich. Weitere Informationen zu HWAP, zur Erstellung von Hochwassergefahrenkarten oder zur Abfrage von Pegelständen der größeren Gewässer in NRW (<http://www.lanuv.nrw.de/wasser/aktuellhochwa.htm>) können bei Bedarf online über die Websites der fünf Bezirksregierungen in NRW und des Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV NRW) abgerufen werden.

Außergewöhnliche Wetterereignisse erfordern einheitliche Definitionen und Abgrenzungen, um sowohl staatlichen Funktionsträgern und Nichtfachleuten, als auch den Bürgern die Einordnung von Wettervorhersagen zu ermöglichen. In Ergänzung der normalen täglichen Wetterberichte veröffentlicht der DWD deshalb auf seiner Homepage („Warnkarte“) rund um die Uhr regionalisierte Wetter- und Unwetterwarnungen, die von staatlichen Stellen (insbesondere auf kommunaler Ebene), aber auch von Unternehmen und Bürgern beachtet werden sollten, um neben mittel- und langfristig wirksamen Vorsorgemaßnahmen auch kurzfristig geeignete Schutzmaßnahmen für öffentliche und private Güter zu ergreifen und damit ihren Anteil zur Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen zu leisten.

Für den Begriff der Hitzewelle liegt keine allgemein gültige Definition vor, da der Begriff u.a. vom jeweils üblichen Wetter einer (Welt-)Region abhängig ist. Der DWD definiert nur den Begriff des „Heißen Tages“ (ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur ≥ 30 °C beträgt). Tage mit Lufttemperaturen über 25 °C bezeichnet man in Deutschland als „Sommertage“. Eine Hitzewelle wird von einigen Quellen als eine Periode von mindestens drei Tagen mit - für die Region - extrem hohen Lufttemperaturen definiert, von anderen Quellen als eine Periode von mindestens fünf Tagen (u. a. Germanwatch 2007).

Die folgenden Tabellen 2-11 und 2-12 geben eine Übersicht über die Kriterien und Bezeichnungen, die der DWD seinen Wetter- bzw. Unwetterwarnungen zugrunde legt. Es erscheint zur besseren Kommunikation kommunaler Vertreter mit der Öffentlichkeit bedenkenswert, diese Kriterien auch für eine einfach verständliche Einstufung tatsächlich stattgefundenener außergewöhnlicher Wetterereignisse anhand der vorliegenden Messwerte heranzuziehen. Eine fachlich vertiefte Einordnung von Extremwetterereignissen sollte dagegen nur durch Experten und im Rückgriff auf extremwertstatistische Analysen durchgeführt werden.

Tab. 2-11 Kriterien für Wetterwarnungen des Deutschen Wetterdienstes unterhalb der Unwetterwarn-
grenze (DWD 2009c)

Kriterien für Wetterwarnungen des DWD unterhalb der Unwetterwarn- grenze		
Meteorologische Erscheinung	Schwellenwert	Bezeichnung
Windböen in ca. 10 m Höhe über offenem, freien Gelände Böenwarnung in exponierten Gipfel- lagen nach Einzelfallentscheidung	≥ 50 km/h, 14 m/s, 28 kn, 7 Bft	Windböen
	65 bis 85 km/h, 18 bis 24 m/s, 34 bis 47 kn, 8 Bft bis 9 Bft	Sturmböen
	90 bis 100 km/h, 25 bis 28 m/s, 48 bis 55 kn, 10 Bft	Schwere Sturmböen
Gewitter	elektrische Entladung, auch in Verbindung mit Windböen	Gewitter
starkes Gewitter	in Verbindung mit Sturmböen, schweren Sturmböen, Starkregen oder Hagel	
Starkregen	10 - 25 l/m ² in 1 Stunde 20 - 35 l/m ² in 6 Stunden	Starkregen
Dauerregen	25 - 40 l/m ² in 12 Stunden 30 - 50 l/m ² in 24 Stunden 40 - 60 l/m ² in 48 Stunden	Dauerregen
leichter Schneefall in Lagen über 800 m: Einzelfallent- scheidung	bis 5 cm in 6 Stunden bis 10 cm in 12 Stunden	Schneefall
Schneefall in Lagen über 800 m: Einzelfallent- scheidung	5 bis 10 cm in 6 Stunden 10 bis 15 cm in 12 Stunden über 800 m: bis 30 cm in 12 Std.	
Schneeverwehung in Lagen über 800 m: Einzelfallent- scheidung	Neuschnee oder lockere Schneedecke 5-10 cm und wiederholt Böen 6 oder 7 Bft	Schneeverwehung
Glätte	durch überfrierende Nässe nach starker Taubildung, durch sehr starke Reifablagerungen oder bei vorhandener frischer Schneedecke	Glätte
örtlich Glatteis	kurzzeitig oder kleinräumig durch gefrierenden Regen oder Sprühregen, auch bei Auftreten von überfrierender Nässe mit erheblichen Verkehrsbehinderungen	
Nebel	überörtlich Sichtweite unter 150 m	Nebel
Frost	verbreitet oder anhaltend Luft- temperatur unter dem Gefrierpunkt in der Zeit vom 01.04. bis 31.10. jeden Jahres, in Lagen bis 800 m	Frost
	überörtlich oder anhaltend Lufttemperatur ≤ - 10 Grad in Lagen bis 800 m	Strenger Frost

Tab. 2-12 Kriterien für Unwetterwarnungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD 2009d)

Warnkriterien für Unwetterwarnungen des DWD			
Meteorologische Erscheinung	Schwellenwert	Bezeichnung	extremes Unwetter mit Zusatztext
Windböen in ca. 10 m Höhe über offenem, freiem Gelände; Böen- und Unwetterwarnung in exponierten Gipfellagen nach Einzelfallentscheidung	105 bis 115 km/h, 29 bis 32 m/s, 56 bis 63 kn, 11 Bft	Orkanartige Böen	
	ab 120 km/h, ab 33 m/s, ab 64 kn, 12 Bft	Orkanböen	überörtlich mehr als 140 km/h
Sehr starkes konvektives Ereignis. Gewitter mit Hagelschlag, heftigem Starkregen oder orkan(artigen) Böen	Es genügt, wenn eine der begleitenden Wettererscheinungen ihr Unwetterkriterium erfüllt, bei Hagel mit einem Durchmesser der Hagelkörner größer als 1,5 cm	Schweres Gewitter	
Starkregen	> 25 l/m ² in 1 Stunde > 35 l/m ² in 6 Stunden	Heftiger Starkregen	
Dauerregen	> 40 l/m ² in 12 Stunden > 50 l/m ² in 24 Stunden > 60 l/m ² in 48 Stunden	Ergiebiger Dauerregen	verbreitet > 70 l/m ² in 12 Std. > 80 l/m ² in 24 Std. > 90 l/m ² in 48 Std.
Schneefall	> 10 cm in 6 Stunden > 15 cm in 12 Stunden in Lagen über 800 m: > 30 cm in 12 Std.	Starker Schneefall	verbreitet > 25 cm in 12 Std. in Lagen über 800 m: verbreitet > 50 cm in 12 Std.
Schneeüberwehung in Lagen über 800 m: Einzelfallentscheidung	Neuschnee oder lockere Schneedecke > 10 cm und wiederholt Böen ab 8 Bft	Starke Schneeüberwehung	
Glatteis	verbreitet Glatteisbildung am Boden oder an Gegenständen in Einzelfallentscheidung auch bei verbreitetem Auftreten von überfrierender Nässe mit erheblichen Verkehrsbehinderungen	Glatteis	
Tauwetter	mit Dauerregen bei einer vorhandenen Schneedecke (> 15 cm)	Starkes Tauwetter	

Für die extremwertstatistische Einordnung eines außergewöhnlichen Niederschlagsereignisses reicht ein einfacher Vergleich mit den Rekordniederschlägen in Deutschland nicht aus. Grundlage für eine solche Einordnung ist eine planmäßige detaillierte Auswertung von Nieder-

schlagsmessungen über eine möglichst lange Zeitperiode (Grünwald et al. 2009). Der Deutsche Wetterdienst führte zusammen mit dem Deutschen Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK) solch eine Analyse durch und erstellte erstmals 1997 das Kartenwerk „Starkniederschlagshöhen für Deutschland“, den sogenannten KOSTRA-Atlas („Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen“; DWD 1997, DWD 2005).

Die im KOSTRA-Atlas enthaltenen Starkniederschlagshöhen basieren auf einer einheitlichen Auswertung von „punktuell ermittelten Starkniederschlagshöhen verschiedener Dauerstufen und Wiederkehrzeiten (Jährlichkeiten) sowie deren Übertragung auf Standorte, für die keine langfristigen Niederschlagsregistrierungen vorliegen“ (DWD 1997). Die Starkniederschlagshöhen sind für Dauerstufen von 15 min, 60 min, 12 h, 24 h, 48 h und 72 h für Wiederkehrzeiten von 1 Jahr, 10 Jahren und maximal 100 Jahren in Rasterfeldkarten dargestellt. Dabei wird für Dauerstufen ab 12 Stunden noch in Sommer-(Mai-September-) und Jahresniederschläge unterschieden. Die Auflösung der KOSTRA-Daten beträgt etwa 8,5 km x 8,5 km.

Für Planungszwecke bzw. für die Erstellung von Gefahren- und Risikoanalysen sollten für die Niederschlagshöhen bzw. -spenden aus KOSTRA-DWD 2000 (DWD 2005) in Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit folgende Toleranzbeträge berücksichtigt werden:

bei $0,5 \text{ a} \leq T \leq 5 \text{ a}$ $\pm 10 \%$

bei $5 \text{ a} < T \leq 50 \text{ a}$ $\pm 15 \%$

bei $50 \text{ a} < T \leq 100 \text{ a}$ $\pm 20 \%$.

Eine weitere Einordnung extremer Niederschläge ist durch einen Vergleich mit den PEN-Werten („Praxisrelevante Extremwerte des Niederschlags“) möglich (Grünwald et al. 2009). Mit diesen Werten können für die hydrologische Praxis Niederschlagshöhen mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 1.000 und 10.000 Jahren zur Verfügung gestellt werden. Sie sind in Rasterfeldkarten analog dem KOSTRA-Atlas für Dauerstufen von 6 h, 12 h, 24 h, 48 h und 72 h dargestellt (Verworn & Kummer 2003). Die Methodik der Ermittlung der PEN-Niederschlagshöhen erlaubt es allerdings nicht, die gemessenen Niederschlagshöhen extremwertstatistisch einzuordnen.

Extreme Niederschläge können auch mit den MGN-Werten („Maximierter Gebietsniederschlag“) verglichen werden. „MGN-Werte sind durch Maximierung meteorologischer Größen gebildet, sie stellen also eine Annäherung an das mögliche physikalisch/ klimatologische Maximum dar. Diesem kann keine vernünftige Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet werden. Die MGN-Werte werden nach menschlichem Ermessen nicht erreicht.“ (DVWK 1997 nach Grünwald et al. 2009). Die MGN-Werte liegen für Gebietsgrößen von 25 km², 100 km², 500 km² und 1000 km² vor. Außerdem erfolgt eine jahreszeitliche Unterteilung, wobei die Monate Juni-August dem Sommer zugeordnet sind.

