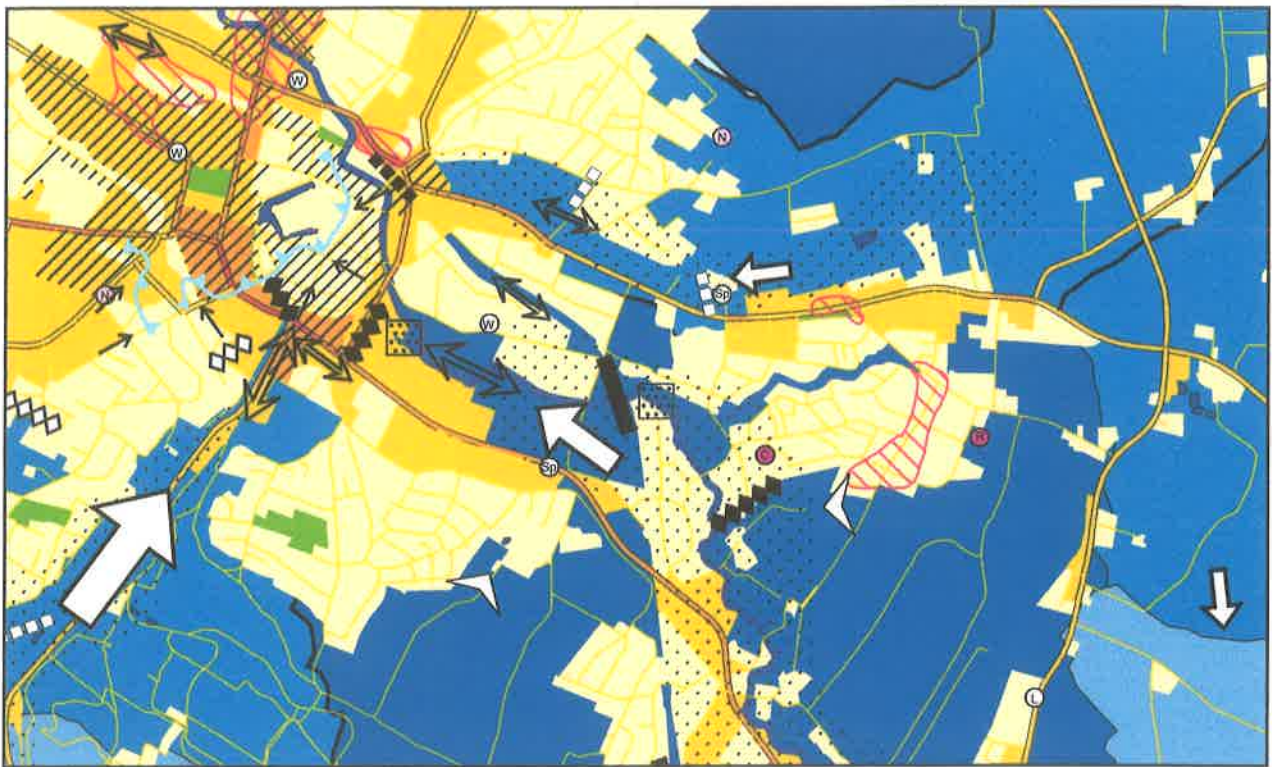


Klimaanalyse Detmold

Klima- und immissionsökologische Funktionen und Planungsempfehlungen

Abschlußbericht



Auftraggeber:
FB Stadtentwicklung der Stadt Detmold

Hannover, März 1999

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Kartenverzeichnis	VII
1 Zielsetzung und Auftrag	1
2 Konzeption der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen und ihre planungsrelevante Umsetzung	3
3 Methodik	7
3.1 Strukturdaten und Hilfsgrößen	8
3.1.1 Klima- und immissionsökologisch relevante Flächeneinheiten	8
3.1.2 Randbebauung und Straßenstrukturen des Hauptstraßennetzes	10
3.1.3 Austauschhindernisse	10
3.1.4 Verkehrsdaten	11
3.1.5 Digitales Höhenmodell	12
3.2 Lufthygienische Situation	13
3.2.1 Flächendeckendes NO ₂ -Immissionsfeld	13
3.2.2 Durchlüftungssituation und Ventilationsbahnen	17
3.2.3 Genehmigungsbedürftige Emittenten	19
3.3 Klimatische Situation und Prozeßgeschehen: Ableitung klimaökologischer Kenngrößen aus den Temperatur-, Feuchte- und Winddaten	21
3.3.1 Betreibung eines stationäres Meßnetzes	22
3.3.2 Durchführung der Meßfahrten	23
3.3.3 Überwärmungsintensität und Abschätzung der humanbioklimatischen Situation in Siedlungsflächen	28

3.3.4	Kaltluftansammlung im Siedlungsbereich	29
3.3.5	Kaltluftproduktion der vegetationsbestimmten Freiflächen	29
3.3.6	Ermittlung von Leitbahnen für den Luftaustausch und die Reichweite von Kaltluftströmungen in die Bebauung	32
3.3.7	Tracerversuche	33
3.3.8	Massenstrom der orographisch bedingten Kaltluftströmungen	34
4	Lufthygienische und klimatische Rahmenbedingungen	36
4.1	Lufthygienische Situation	36
4.2	Luftaustauschverhältnisse	37
5	Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen	42
5.1	Informationsebene Lufthygiene	44
5.1.1	Luftbelastung in Siedlungsstrukturen und Straßenräumen	44
5.1.2	Wichtige Einzelemittenten	47
5.2	Informationsebene Durchlüftung	49
5.2.1	Durchlüftung der Siedlungsbereiche	49
5.2.2	Ventilationsbahnen	49
5.3	Informationsebene "Lokale Luftaustauschprozesse"	51
5.3.1	Einzugsgebiete für autochthone Luftaustauschprozesse	51
5.3.2	Kaltluftproduktion der vegetationsbestimmten Freiflächen	52
5.3.3	Tal- und Hangabwinde	54
5.3.4	Leitbahnen für Kalt-/Frischlufströmungen	58
5.3.5	Austauschhindernisse	58
5.3.6	Wirkungsbereich der Kaltluft in der Bebauung	60
5.4	Informationsebene "Besondere Merkmale des Lokalklimas"	62
5.4.1	Überwärmungsbereiche	62
5.4.2	Kaltluftsammelbereiche	63

6	Klima- und immissionsökologische Planungsempfehlungen	64
6.1	Lufthygienisch und/oder humanbioklimatisch belastete Siedlungsbereiche mit Bedarf nach Ausgleichsströmungen und/oder immissionsmindernden Maßnahmen	66
6.1.1	Lufthygienisch sensible Bereiche	66
6.1.1.1	Verkehrsbedingte Immissionsbelastung in Siedlungs- und Straßenräumen	66
6.1.1.2	Gefährdungspotential von Einzelemittenten	69
6.1.1.3	Handlungsempfehlungen	70
6.1.2	Humanbioklimatisch sensible Bereiche	71
6.2	Freizuhaltende Frisch-/ Kaltluftliefergebiete	72
6.3	Freizuhaltende Frisch-/Kaltluftleitbahnen	74
6.4	Bereiche mit zu verbessernder Durchlässigkeit für lokale Ausgleichsströmungen	75
6.5	Abschätzung potentieller Auswirkungen von Planungsmaßnahmen	76
7	Ausblick	79
8	Literatur	81

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Handlungsfelder zur Integration der Umweltgüter Klima und Luft in die kommunale Umweltplanung. Zusätzlich werden Wechselwirkungen mit anderen Umweltmedien aufgezeigt	1
Abb. 2	Dreiphasiger Arbeitsablauf zur Analyse der klima- und immissionsökologischen Funktionen und der daraus abzuleitenden Planungsempfehlungen für die Schutzgüter Klima und Luft in der Stadt Detmold	6
Abb. 3	Datengrundlagen und Methodik zur Erarbeitung der digitalen Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen für die Stadt Detmold	7
Abb. 4	Kartier- und Bewertungsschema für Austauschbarrieren	11
Abb. 5	Beispielhafte Darstellung erforderlicher Modelleingangsdaten aus dem Datenbestand	15
Abb. 6	Verfahren zur Bestimmung der NO ₂ -Belastung in einem Baublock	16
Abb. 7	Schätzrahmen zur Beurteilung von Ventilationsbahnen für austauschstärkere Wetterlagen	19
Abb. 8	Meßstation 4: Standort im „unteren Werretal“ im Bereich Orbker Straße	23
Abb. 9	Gang der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung an der Station Bad Salzuflen während der Meßkampagne 10./11.08.1998 zum Temperatur- und Feuchtefeld	24
Abb. 10	Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Feuchte im Detmolder Stadtgebiet während der Meßkampagne 10./11.08.1998 zum Temperatur- und Feuchtefeld.	25
Abb. 11	Verfahrensschema zur Ermittlung der Kaltluftproduktion von (Teil-) Einzugsgebieten und dem Massenstrom im Ausgleichs- und Ergänzungsraum	31
Abb. 12	Beispiel für die Bestimmung der Leitbahnbreite aus dem Temperaturgang	32
Abb. 13	Beispiel für die Bestimmung der Kaltluftreichweite in die Bebauung hinein aus dem horizontalen Temperaturverlauf am Übergang Freifläche / Siedlung	33
Abb. 14	Mittlerer Jahresgang der Windgeschwindigkeit in Bad Salzuflen und Detmold (Zeitraum: 1981 bzw. 1985 - 1992) im Vergleich zur Station 4 (Orbker Straße) (März bis September 1998).	38
Abb. 15	Mittlere Häufigkeit der Windgeschwindigkeiten nach den Windrichtungen für austauschschwache (Windgeschwindigkeit ≤ 2 m/s) sowie austauschstärkere Wetterlagen (Windgeschwindigkeit > 5 m/s) in Bad Salzuflen und Detmold..	39
Abb. 16	Häufigkeit des Auftretens von austauschschwachen Wetterlagen (Windgeschwindigkeit ≤ 2 m/s) im Tagesgang (Zeitraum: 1985 - 1992)	40
Abb. 17	Bausteine der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen von Detmold	42

Abb. 18	Ausschnitt aus der digitalen Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen der Stadt Detmold	43
Abb. 19	Prozentuale Häufigkeit des Auftretens von lufthygienischen Belastungsstufen im Hauptstraßennetz von Detmold	46
Abb. 20	Prozentuale Häufigkeit des Auftretens von lufthygienischen Belastungsstufen in den Siedlungsflächen von Detmold	46
Abb. 21	Windfeld im stationären Meßnetz während der 3. Meßkampagne (10./11.08.1998)	56
Abb. 22	Ausschnitt aus der digitalen Karte der klima- und immissionsökologischen Planungsempfehlungen für die Stadt Detmold	65

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Kartierschlüssel zur Erfassung der klima- und immissionsökologisch relevanten Oberflächenstrukturen Detmolds.	9
Tab. 2	Ein- und Ausgabeparameter für ISIS-KFZ 1.3 und MLuS-92	15
Tab. 3	Potentielle mittlere Durchlüftungsverhältnisse in verschiedenen Oberflächenstrukturen.	18
Tab. 4	Einstufung des immissionsökologischen Gefährdungspotentials von Betrieben anhand des Abstanderlasses NRW	21
Tab. 5	Standorte und Ausstattung des stationäres Meßnetz.	22
Tab. 6	Kennwerte zu den meteorologischen Rahmenbedingungen an den Meßterminen	25
Tab. 7	Einstufung der Überwärmungsintensität aus Meßfahrten	28
Tab. 8	Mittelwert der Kaltluftproduktion einzelner Freiflächentypen in Detmold	31
Tab. 9	Massenstrom der orographisch bedingten Kaltluftströmungen	35
Tab. 10	Vergleich der Jahresmittelwerte für die Immissionskenngrößen IW1 und IW2 ausgewählter Luftschadstoffe in nordwestdeutschen Städten mit 20 000 - 250 000 Einwohnern	36
Tab. 11	Klassifizierung der lufthygienischen Belastung in den Baublöcken, vegetationsbestimmten Flächen und Straßenräumen Detmolds.	45
Tab. 12	Klassifizierung und Einstufung des immissionsökologischen Gefährdungspotentials der genehmigungsbedürftigen Anlagen.	48
Tab. 13	Bewertung des klima- und immissionsökologischen Wirkungspotentials der Ventilationsbahnen in Detmold.	50
Tab. 14	Klassifizierung der Kaltluftproduktion der Teileinzugsgebiete in den Ausgleichs- und Ergänzungsräumen Detmolds	53
Tab. 15	Flächenanteile der kaltluftproduzierenden Ausgleichs- und Ergänzungsräume an der Gesamtfläche der Stadt Detmold (ca. 129,4 km ²).	53
Tab. 16	Massenstrom der Kaltluftströmungen in den Haupt- und Teileinzugsgebieten Detmolds	55
Tab. 17	Horizontale Ausdehnung der wichtigen Kalt-/Frischlufteleitbahnen im Detmolder Stadtgebiet	59
Tab. 18	Verkehrsbauten und linienhafte Gehölze mit einer potentiellen Hinderniswirkung für bodennahe Luftaustauschprozesse	59
Tab. 19	Siedlungsränder mit einer potentiellen Hinderniswirkung für bodennahe Luftaustauschprozesse	60
Tab. 20	Nachgewiesene Kaltluftreichweiten und -eintrittsbereiche von Kaltluftströmungen verschiedener Leitbahnen in die Bebauung	61
Tab. 21	Beurteilung der wichtigen Frisch-/Kaltluftliefergebiete	72

Kartenverzeichnis

Karte 1	Stationäres Meßnetz, schleifenförmige Tracerversuchsstandorte in Detmold	Meßrouten und	27
Karte 2	Klima- und immissionsökologische Funktionen		Beilage
Karte 3	Klima- und immissionsökologische Planungsempfehlungen		Beilage

1 Zielsetzung und Auftrag

Im Auftrag des FB Stadtentwicklung der Stadt Detmold ist von GEO-NET Umweltplanung und GIS-Consulting GbR in der Zeit von Januar 1998 bis März 1999 die klimatisch-lufthygienische Situation im Stadtgebiet von Detmold analysiert worden. In den Untersuchungsumfang integriert war die Betreuung eines stationären Meßnetzes in der Zeit von Januar bis September 1998.

Ziel der Arbeiten war die Schaffung einer anwendungsorientierten Grundlage für die Einbindung der Umweltgüter „Klima und Luft“ in die kommunale Planungspraxis. Voraussetzung hierfür ist die genaue Kenntnis der relevanten klimatisch-lufthygienischen Zustände und Prozesse im Stadtgebiet. Dazu ist als wichtigstes Produkt dieses Gutachtens die **Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen in der Stadt Detmold** entwickelt worden.

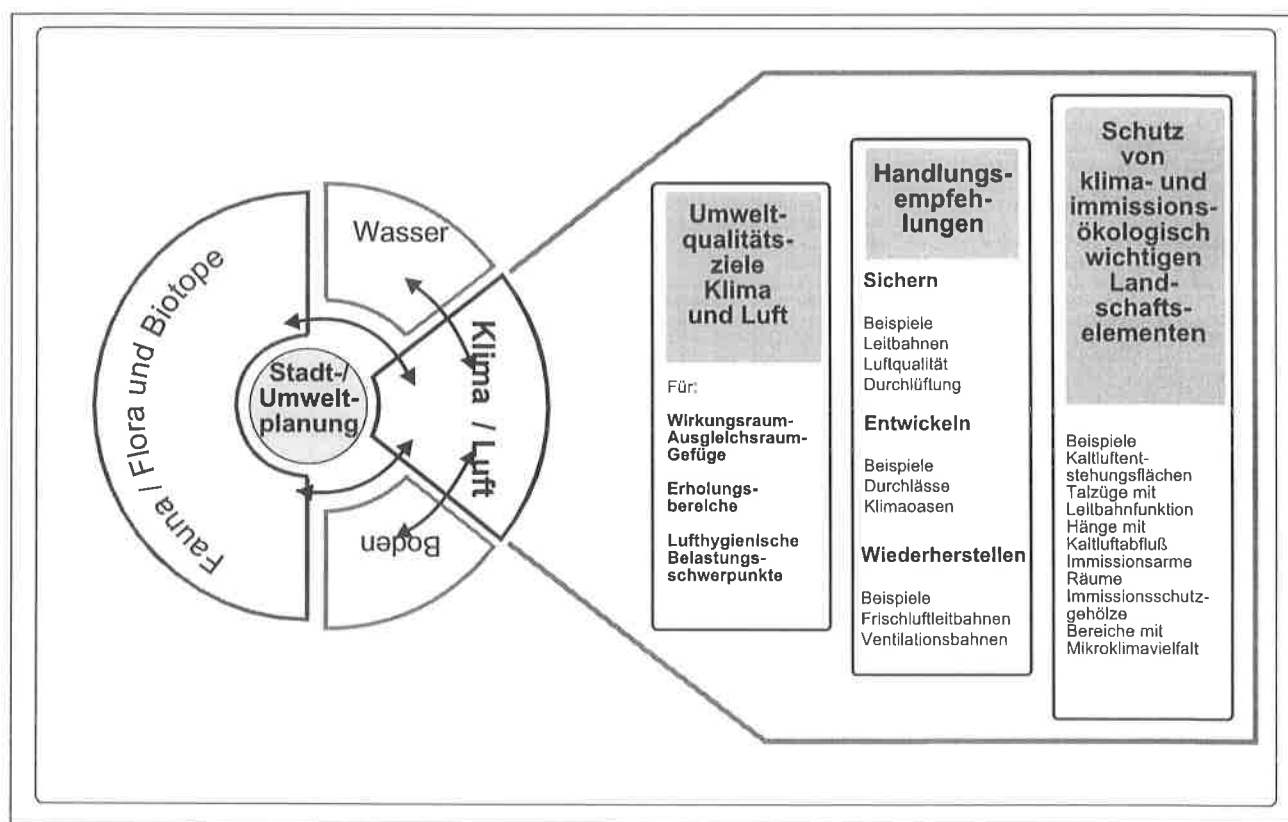


Abb. 1 Handlungsfelder zur Integration der Umweltgüter Klima und Luft in die kommunale Umweltplanung. Zusätzlich werden Wechselwirkungen mit anderen Umweltmedien aufgezeigt.

Aus dieser Karte lassen sich Handlungsprioritäten ableiten, die zu einer problemorientierten Berücksichtigung der Schutzgüter Klima und Luft in der kommunalen Planung führen. Sie ist damit

die Grundlage für die **Karte der klima- und immissionsökologischen Planungsempfehlungen in der Stadt Detmold**.

Mit diesem Planwerk steht der kommunalen Umweltplanung eine fundierte Entscheidungsgrundlage zur Verfügung, die einen gezielten Einsatz des in Abb. 1 aufgeführten Maßnahmenbündels zur Sicherung, Entwicklung und Wiederherstellung einer positiven klimatisch-lufthygienischen Gesamtsituation erlaubt. Mit Hilfe dieser Eingriffsmöglichkeiten und von Umweltqualitätszielen, die aus der konkreten klima- und immissionsökologischen Situation in Detmold abgeleitet sind, kann ein Gesamtkonzept zum Schutz und Erhalt der wichtigen klima- und immissionsökologischen Landschaftselemente im Stadtgebiet von Detmold erarbeitet werden.

2 Konzeption der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen und ihre planungsrelevante Umsetzung

Die wichtigste Ergebniskarte zur klimatisch-lufthygienischen Ist-Situation im Stadtgebiet von Detmold ist die Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen (kurz: „Klimafunktionskarte“). Sie stellt Belastungszustände von Klima und Luft, Ausgleichsleistungen der Landschaft sowie räumliche Beziehungen zwischen Ausgleichs- und Wirkungsräumen über wichtige, der Verbesserung von Klima und Luft dienende Strömungen und sie beeinflussende Strukturelemente der Landschaft zusammenfassend dar. Die „Klimafunktionskarte“ bildet den planungsrelevanten Ist-Zustand der Klimasituation und der allgemeinen Luftbelastung ab.

Ausgleichsraum-Wirkungsraum-Gefüge

Grundprinzip der Karte ist die Differenzierung des Stadtgebietes in ein durch Austauschprozesse verbundenes Ausgleichsraum-Wirkungsraum-Gefüge mit zusätzlichen Ergänzungsräumen (R. ZIMMERMANN 1984, 1988). Die Austauschprozesse stellen sich während ansonsten austauscharmer Wetterlagen mit weitgehend ungehinderten Ein- und Ausstrahlungsverhältnissen ein.

Ein klima- und immissionsökologischer Wirkungsraum ist dabei ein bebauter Raum mit einem lufthygienischen und/oder humanbioklimatischen Belastungspotential, dem über Luftaustauschprozesse grüneprägte Freiflächen als Ausgleichsräume zugeordnet sind.

Ein klima- und immissionsökologischer Ausgleichsraum ist eine Frisch-/Kaltluft produzierende vegetationsbestimmte Freifläche, die über (lokale, eigenbürtige) Luftaustauschprozesse die lufthygienische und/oder humanbioklimatische Belastung in einem zugeordneten Wirkungsraum vermindert oder abbaut.

Klima- und immissionsökologische Ergänzungsräume weisen das gleiche Ausgleichspotential wie die Ausgleichsräume auf. Ihnen fehlt aber die Anbindung an einen vorhandenen Wirkungsraum.

Autochthone, landschaftsgesteuerte Luftaustauschprozesse

Die klima- und immissionsökologische Ausgleichsleistung wird von eigenbürtigen, landschaftsgesteuerten Luftaustauschprozessen erbracht, die die kühlere und saubere Frischluft,

aber auch die kühle und lufthygienisch vorbelastete Kaltluft aus den Ausgleichsräumen in die belasteten Wirkungsräume verfrachten.

Sie treten während austauscharmer Strahlungswetterlagen auf. Es handelt sich vor allem um orographisch bedingte Kaltluftströmungen (Hangabwind, Talabwind). Durch die naturräumlichen Gegebenheiten im Detmolder Stadtgebiet dominieren diese Kaltluftabflüsse das lokale, autochthone Prozeßgeschehen nahezu ausschließlich. Thermisch Komponenten hervorgerufen durch deutliche Temperaturunterschiede (Mindesttemperaturgradient Freifläche / bebauter Bereich 2 K) zwischen Bebauungen und vegetationsbestimmten Freiflächen (Strukturwind, Flurwind) können strömungsunterstützend wirken und räumlich eng umgrenzt eine Rolle spielen.

Überregional gesteuerter Luftaustausch

Während der häufigen, vornehmlich durch südwestliche Windrichtungen geprägten, austauschreichen Wetterlagen treten lufthygienische und/oder humanbioklimatische Belastungen nicht oder nur abgeschwächt in Erscheinung. Ausschlaggebend ist die dann relativ gute Durchlüftung des städtischen Baukörpers.

Über rauhigkeitsarme Leitlinien (= Ventilationsbahnen) kann der Wind bodennah in den Wirkungsraum vordringen und über die Durchmischung oder Verfrachtung der lokal belasteten Stadtluft eine Verbesserung der lufthygienischen Situation bewirken.

Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen

Im Unterschied zu herkömmlichen Klimafunktionskarten (u. a. KVR (Hrsg.) 1992, NVS (Hrsg.) 1992) und VDI-Richtlinie VDI 3787 Blatt 1 (1997) zeigt die Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen, die für die Steuerung der lokalen Klima- und Luftsituation entscheidenden räumlichen Zusammenhänge. So kann verdeutlicht werden, von welchen grüneprägten Nachbarräumen die Klima- und Luftsituation einzelner Stadtteile abhängt und welche Flächen im Siedlungsbereich von Landschaftsveränderungen in den Ausgleichsräumen des Detmolder Umlandes klimatisch und lufthygienisch betroffen sein können.

Damit lassen sich die vegetationsgeprägten Freiflächen im Detmolder Umland, die zur Aufrechterhaltung klimaökologischer Ausgleichsleistungen freigehalten werden sollten, direkt ableiten. Über die klassifizierte Darstellung des Ausgleichspotentials der „Grünflächen“ einerseits und der Belastungssituation in den Siedlungsräumen andererseits, können auch planerische

Prioritäten gesetzt werden. Da die Funktionen zudem grundsätzlich wirkungsraumorientiert dargestellt sind, ist der Nutzen von aus der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen abgeleiteten (landschafts-) planerischen Maßnahmen nachvollziehbar.

Karte der klima- und immissionsökologischen Planungsempfehlungen

Die Karte der Planungsempfehlungen zu den Schutzgütern Klima und Luft basiert auf der Analyse des klimatisch-lufthygienischen Ist-Zustandes und damit auf der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen in der Stadt Detmold. In dieser Planungskarte werden die wichtigen (Raum-) Elemente für die Schutzgüter Klima und Luft, wie nach der Immissionsempfindlichkeit geordnete Belastungsräume im Stadtgebiet, wirksame Leitbahnen für Luftaustauschprozesse und Einzugsgebiete mit einer hohen Kaltluftproduktion dargestellt.

Kennzeichnend für die Elemente und damit für diese Karte ist, daß sie sich über stadt- und landschaftsplanerische Maßnahmen positiv beeinflussen lassen (Maßnahmen zum Schutz, zur Sicherung und Entwicklung der Schutzgüter Klima und Luft). Die in den Elementen gefaßten Funktionen und Prozesse werden im Stadtgebiet von Detmold (relativ) genau verortet und abgegrenzt. Diese Karte kann damit als Fachplan in andere umweltbezogene Planwerke (wie z. B. den Landschaftsplan) übernommen werden oder als Fachbeitrag z. B. zum Flächennutzungsplan dort direkt Berücksichtigung finden.

Ablauf der Untersuchung

Die Erarbeitung der Inhalte erfolgte mit einem GIS-basierten Methodenpaket. Den Ablauf der Gesamtuntersuchung gibt Abb. 2 wieder. Grundgedanken waren,

- alle vorhandenen, möglichst digitalen Datenquellen zum Bereich Klima/Luft zu erschließen,
- zielorientiert nur relativ wenig neue Grundlagendaten zu erheben,
- die (digitale) Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen als ein offenes System inhaltlich verknüpfter Einzelinformationsebenen aufzubauen, das jederzeit aktualisiert und in ein digitales Fachinformationssystem (FIS) Klima/Luft umgesetzt werden kann und
- daraus die klima- und immissionsökologischen Planungsempfehlungen abzuleiten und im Stadtgebiet zu verorten.

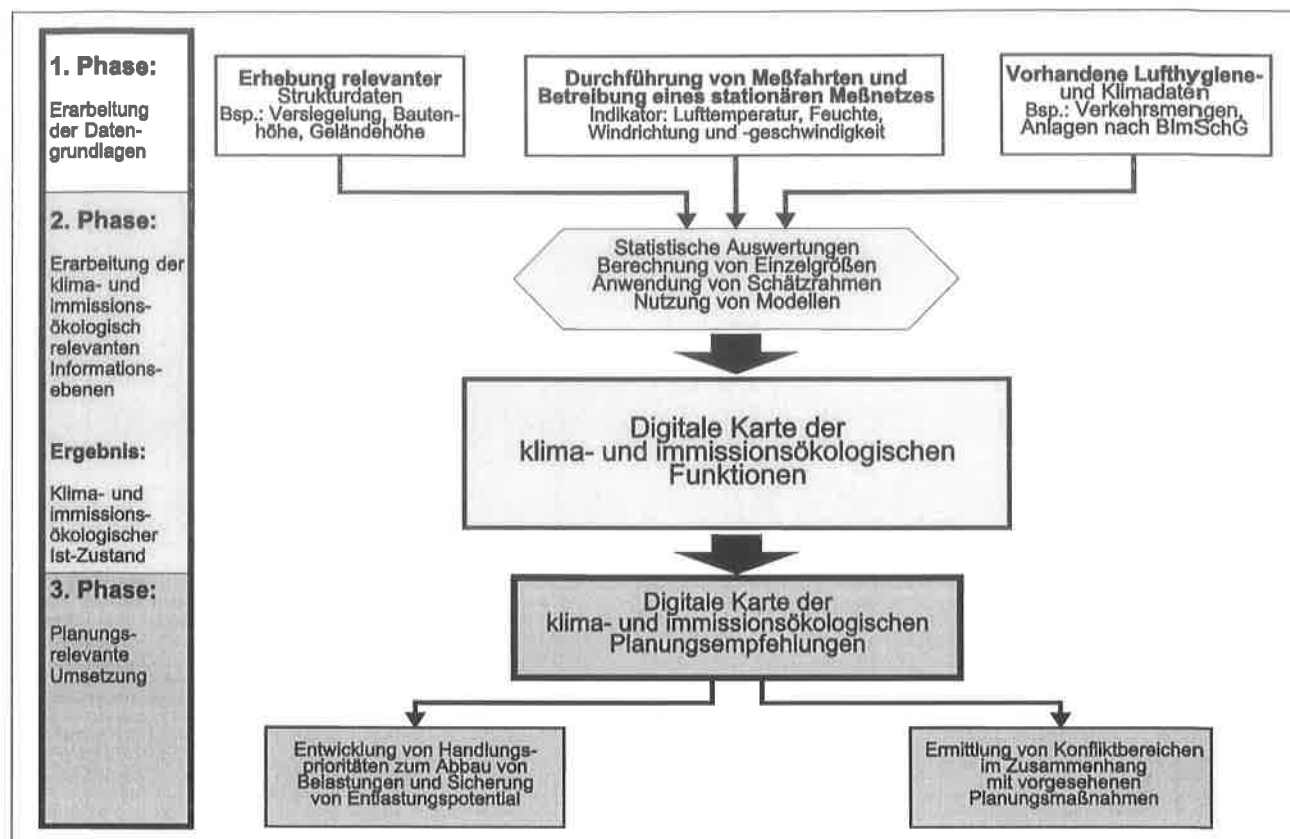


Abb. 2 Dreiphasiger Arbeitsablauf zur Analyse der klima- und immissionsökologischen Funktionen und der daraus abzuleitenden Planungsempfehlungen für die Schutzgüter Klima und Luft in der Stadt Detmold

3 Methodik

Für die digitale Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen in der Stadt Detmold sind relevante Strukturdaten, Hilfsgrößen (wie Verkehrsmengen), Meßwerte zum Temperatur-, Feuchte- und Windfeld der Stadt sowie vorhandene Klima- und Lufthygienedaten mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) zu Einzelinformationsebenen verarbeitet worden (s. Abb. 3). Diese werden über empirisch-statistische Verfahren und GIS-gestützte Verknüpfungen zu der komplexen Informationsebene der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen aggregiert.

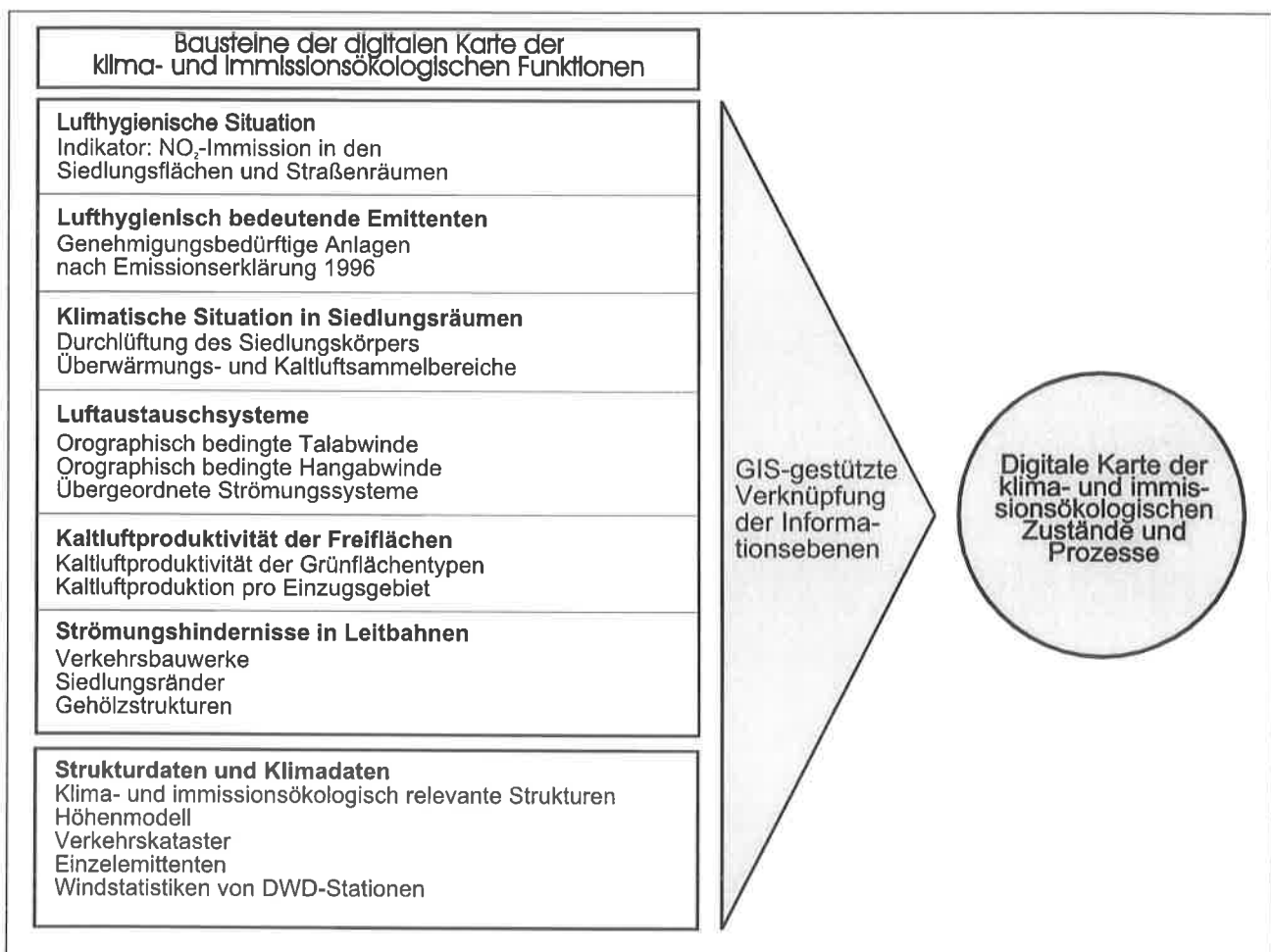


Abb. 3 Datengrundlagen und Methodik zur Erarbeitung der digitalen Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen für die Stadt Detmold

Generelle Hinweise zu den dabei verwendeten Methoden können Th. MOSIMANN, Th. FREY und P. TRUTE (1992, 1996), Th. HERGERT et al. (1993), UVF (1993) und (1994), G. GROSS et al.

(1996) und NLÖ (1999) entnommen werden. Im folgenden werden die wichtigsten methodischen Bausteine für die Klimafunktionskarte der Stadt Detmold kurz erläutert.

3.1 Strukturdaten und Hilfsgrößen

3.1.1 Klima- und immissionsökologisch relevante Flächeneinheiten

Klima- und immissionsökologisch relevante Flächeneinheiten lassen sich für bebaute Flächen zumeist in vereinfachter Form, für „Grünflächen“ detaillierter, aus den ATKIS-Daten (LVA NRW 1998a) ableiten. Da der Bearbeitungsstand der ATKIS-Daten mehrere Jahre zurückliegt (Stand: 1995) und die Aufschlüsselung der Wohnbau- und Mischbauflächen nicht den Anforderungen der zu bearbeiteten klimatisch-lufthygienischen Fragestellungen entspricht, wurden mit Hilfe des Flurkartenatlas (Maßstab 1 : 5 000) (LVA NRW 1990) und über Geländekartierungen die fehlenden Informationen nacherhoben. Die ATKIS-Daten sind anschließend im GIS um diese Änderungen ergänzt worden.

Mit Hilfe eines Kartierschlüssels wurden auf dieser Grundlage 27 klima- und immissionsökologisch relevante Flächeneinheiten abgeleitet und zu den nutzungsbezogenen Gruppen in Tab. 1 aggregiert (Th. MOSIMANN et al. 1992 und 1996, NLÖ 1999). Den Flächeneinheiten können Angaben zum mittleren Versiegelungsgrad und zur mittleren Strukturhöhe zugeordnet werden (u. a. P. STOCK und W. BECKRÖGE 1985, Th. MOSIMANN et al. 1995, STADT MAINZ (Hrsg.) 1995). Dabei ist zu beachten, daß die Versiegelungs- und/oder Höhentreue der einzelnen Struktureinheiten unterschiedlich ist. Insbesondere bei den Mischbauflächen und den Industrie-/Gewerbeflächen können größere Schwankungen auftreten. Dagegen weisen Wohnbauflächen in der Regel eher kleine Wertespannen auf (U. HAMMERSCHMIDT 1991).

Die Struktureinheiten stellen eine wichtige Grundlage für die Analyse der klima- und immissionsökologischen Zusammenhänge dar. Die zugeordneten Versiegelungsgrade und Höhen stellen zusätzliche Eingangsinformationen für Verkehrsscreeningverfahren (Kap. 3.1.2) dar. Sie dienen gleichzeitig als Basisraumeinheiten zur Darstellung der klimatischen und/oder lufthygienischen Zustände.

Nummer	Klima-/Immissionsökologisch relevante Flächeneinheit	Versiegelung (%)	Strukturhöhe (m)
	Wohnbaufläche		
211101	Block-/Blockrandbebauung	80 - 95	12,5 - 15,0
211102	Zeilen- / Hochhausbebauung	55 - 85	> 20
211103	Einzel- / Reihenhausbebauung	35 - 55	7,5 - 10,0
211104	Einzelanwesen		2,5 - 7,5
	Mischbaufläche		
211300	Zentrum / Stadtteilzentrum	80 - 95	12,5 - 20,0
210100	Dorfkerne	45 - 55	7,5 - 10,0
	Gewerbliche Baufläche		
211200	Industrie-/Gewerbefläche, Kläranlage, Mülldeponie, Bergbaubetrieb, Umspannwerk, Wasserwerk, Bahnhofsanlage	35 - 85	12,5 - 20,0
	Militärisch genutzte Fläche		
211401	Militärisch genutzte Fläche: bebaut, versiegelt	55 - 85	12,5 - 15,0
211402	Militärisch genutzte Fläche: unbebaut, unversiegelt	0	0 - 5,0
	Gemeinbedarfsfläche		
211403	Gemeinbedarfsfläche	55 - 85	12,5 - 15,0
	Aufschüttungs- und Abgrabungsfläche		
230200	Aufschüttungsflächen	0 - 10	0 - 5,0
230100	Abgrabungsfläche	0 - 10	0 - 5,0
	Verkehrsfläche		
310100	Straßenverkehrsfläche, Platz – Rastplatz, Brücke	90 - 100	0
310200	Weg	0	0
320100	Schienenverkehrsfläche, Bahnstrecke	10 - 30	0
	Grünfläche		
222700	Grün-/Parkanlage/Spiel-/Sport-/Freizeitanlage	5 - 10	0 - 15
221300	Friedhof	10 - 20	0 - 15
410300	Gartenanlage, Garten- / Obstbaufläche, Sonderkultur	10 - 20	0 - 10
	Landwirtschaftliche Fläche		
410100	Ackerland	0 - 5	0 - 5,0
410200	Wiese / Weide	0 - 5	0 - 2,5
	Wald		
410700	Wald	0 - 5	15,0 - 20,0
410800	Gehölze	0 - 5	15,0 - 20,0
	Sonderstandorte		
411100	Feuchtgebiet-Nasser Boden, Moor, Sumpf	0 - 5	0 - 2,5
410400	Trockenstandort Heide	0 - 5	0 - 2,5
412000	Vegetationslose Fläche – Baustelle, Brachland		
	Gewässer		
510100	Fluß-Bach, Graben	0	0
511200	Binnensee, Stausee, Teich, Absetzbecken	0	0

Tab. 1 Kartierschlüssel zur Erfassung der klima- und immissionsökologisch relevanten Oberflächenstrukturen Detmolds. Die angegebenen Versiegelungs- und Höhenwerte basieren auf Kartierungen in Hannover und Braunschweig sowie auf Literaturangaben (P. STOCK und W. BECKRÖGE 1985, Th. MOSIMANN et al. 1995, STADT MAINZ 1995)

3.1.2 Randbebauung und Straßenstrukturen des Hauptstraßennetzes

Die Angaben zur Randbebauung und Straßengeometrie des Hauptstraßennetzes im Siedlungsbereich der Stadt Detmold wurden über eine Videobefahrung im Zusammenhang mit der Auswertung der ATKIS-Daten und des Flurkartenatlases (Maßstab 1 : 5 000) (LVA NRW 1990, 1998a) ermittelt. Die Auswertungsergebnisse sind anschließend gekoppelt an die Straßenabschnitte in das GIS überführt worden.

Diese Strukturangaben zum Straßennetz stellen notwendige Eingangsdaten für das eingesetzte Modell zur Berechnung der Immissionskonzentrationen im Straßenraum dar. Als Grundlage für die Geländeerhebung fungierte dementsprechend der Erfassungsschlüssel des Modells ISIS-KFZ 1.3 (W. BECKRÖGE & M. BRUSE 1998) (s. Kap. 3.2.1). Es wurden insgesamt 1265 Straßenteilabschnitte auf Basis der ATKIS-Daten gebildet.

3.1.3 Austauschhindernisse

Austauschbarrieren behindern bodennahe Luftaustauschprozesse. Sie verringern die klima- und immissionsökologische Ausgleichsleistung von Kalt- / Frischluftströmungen, weil zumindest die Eindringtiefe in die Wirkungsräume abnimmt. Im Extremfall können sie Austauschsysteme sogar unterbrechen.

Potentielle Austauschhindernisse sind **Verkehrsbauten, Siedlungsränder und linienhafte Gehölzstrukturen**. Die kartierten Strukturen erfüllen nachstehende Kriterien (vgl. B. PETERS 1994):

- Lage im Wirkungsraum-Ausgleichsraum-Gefüge.
- Hindernisverlauf quer zur Abflußrichtung in der Tiefenlinie der orographisch bedingten Luftaustauschsysteme.

Die Ermittlung der austauschhemmenden Strukturen erfolgte in den Leitbahnbereichen der Kaltlufteinzugsgebiete mit einem Kartierschlüssel (s Abb. 4) auf der Grundlage des Flurkartenatlases (Maßstab 1 : 5 000) (LVA NRW 1990). Bei Geländebegehungen fand eine stichprobenartige Überprüfung statt.

Aufgenommen wurden alle Barrieren (Bahn-, Straßendämme, Siedlungsränder und großflächige Einzelgebäude sowie größere linienhafte Gehölzstrukturen) im Ausgleichsraum-Wirkungsraum-

Gefüge mit einem deutlichen Einflußpotential auf die vorhandenen Strömungssysteme. Die Hinderniswirkung von Siedlungsrändern hängt von der an die Freifläche angrenzenden Bebauungsstruktur ab. Auch weitgehend geschlossene Siedlungsränder können das Eindringen von Kaltluft in die Siedlung nicht völlig unterbinden (z. B. Gemeinbedarfsfläche „Bezirksregierung“ im Bereich der östlichen Werreau), sondern nur das Eindringen der Kaltluft behindern und verzögern. Insgesamt sind 18 Hindernisse in der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen ausgewiesen.

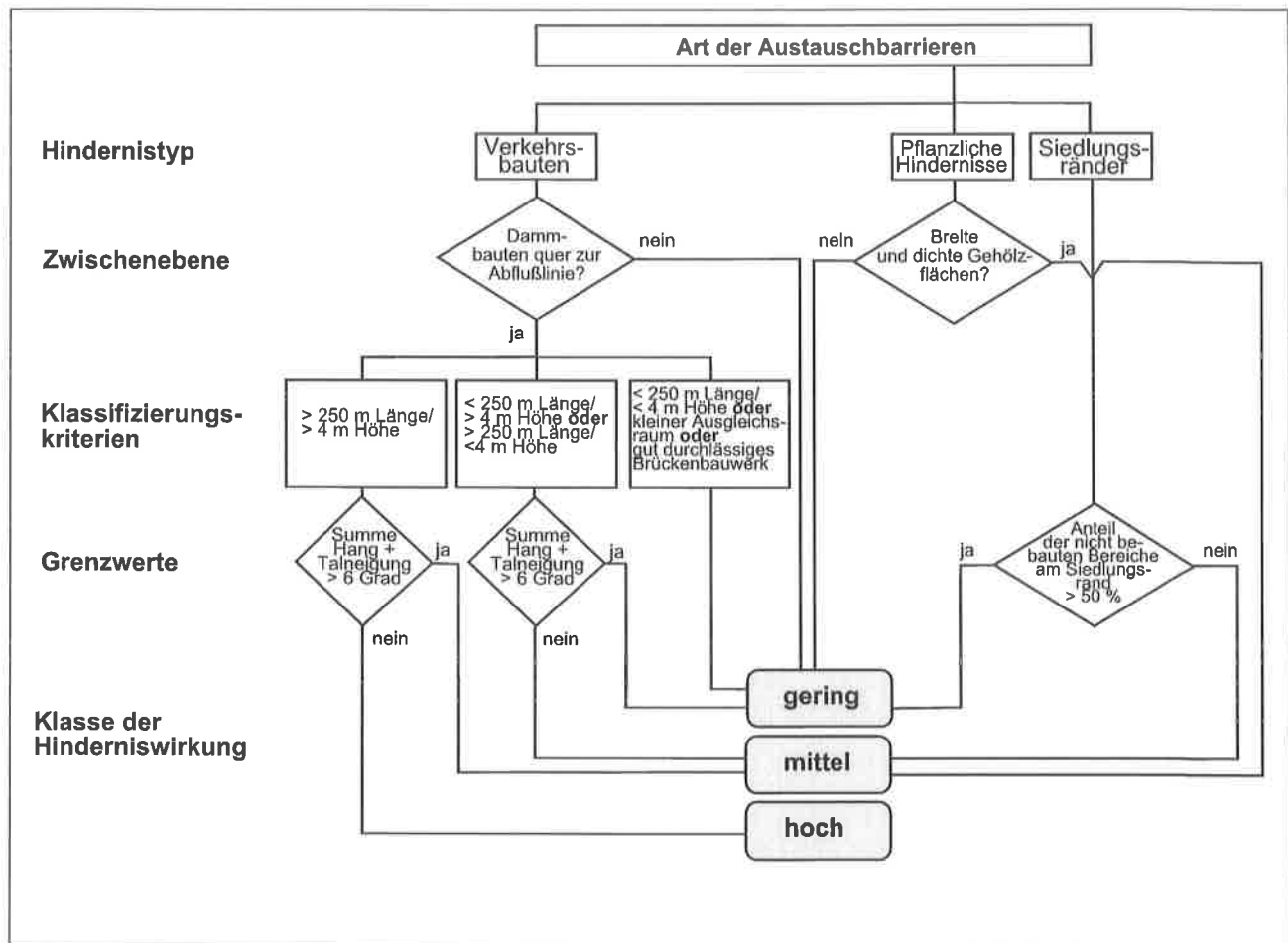


Abb. 4 Kartier- und Bewertungsschema für Austauschbarrieren (B. PETERS 1994, NLO 1999)

3.1.4 Verkehrsdaten

In Detmold ist der KFZ-Verkehr eine der wichtigen Emissionsquellen (s. Kap. 3.2). Seine räumliche Verteilung determiniert das Immissionsfeld in Detmold maßgeblich. Belastungsschwerpunkte treten entlang von vielbefahrenen Straßen und Verkehrsknotenpunkten auf.

Um die Immissionsbelastungen durch die Quellgruppe KFZ-Verkehr zu erfassen, wurden für das Stadtgebiet von Detmold alle Straßen mit einem DTV-Wert > 2500 (= Hauptstraßennetz) registriert und mit Angaben zur Verkehrsstruktur versehen. Für die Straßenabschnitte wurden die Parameter Verkehrsmenge (DTV), Anteil Schwerverkehr und leichte Nutzfahrzeuge, Fahrmuster, Verkehrsgang, Verkehrskapazität, mittlere Fahrgeschwindigkeit und Streckenlänge erhoben. Als Grundlagen dienten die Verkehrsdaten der Straßenverkehrszählungen 1995 (LANDSCHAFTSVERBAND WESTFALEN-LIPPE 1998; KREIS LIPPE 1998) und der im Rahmen der Empfehlungen zur Verkehrsentwicklung Detmold entworfenen Verkehrsprognose 2000, Szenario 4 – stadtverträglicher Verkehr (HHS 1990). Nach Vorgabe des Bereiches Verkehrsplanung der Stadt Detmold wurden die letztgenannten Werte mit einem Zuschlag von 15% versehen. Die übrigen Verkehrsstrukturdaten wurden anhand des Straßentypus und unter zur Hilfenahme vorhandener Ortskenntnisse abschätzend festgelegt.

Für das Stadtgebiet von Detmold ergeben sich insgesamt 210 relevante Straßen(-abschnitte). Die Verkehrsdaten dieser Abschnitte dienen als Eingangsdaten zur Abschätzung der verkehrsbedingten NO₂-Immissionen im Straßenraum (s. Kap. 3.2.1). Die Verkehrsdaten wurden für die Anwendung der Screeningmodelle ISIS-KFZ 1.3 (W. BECKRÖGE & M. BRUSE 1998) oder MLuS-92 (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- und VERKEHRSWESSEN 1996) aufbereitet.

3.1.5 Digitales Höhenmodell

Aus den Höhenwerten des DGM 5 (LVA NRW 1998b) ist GIS-gestützt ein digitales Reliefmodell erstellt worden. Hieraus werden die **Einzugsgebiete** für die Kaltluftströmungen abgeleitet. Sie gliedern den Ausgleichs- und Ergänzungsraum sowie die Freiflächen im weiteren Umland. Auf der Basis dieser Raumeinheit werden klimaökologische Kenngrößen bilanziert und in der „Klimafunktionskarte“ dargestellt.

Aus den Höhendaten wurden unter Anwendung von Methoden der digitalen Reliefanalyse folgende klimaökologisch relevanten Reliefelemente abgeleitet:

- Einzugsgebiete (und ihre Größe),
- Tiefenlinien mit Gefälleneigung und -richtung sowie
- Hangneigung und Exposition.

Hieraus lassen sich wichtige Informationsebenen für die Ausgliederung und Bewertung der klima- und immissionsökologischen Flächeneinheiten im Ausgleichsraum ableiten:

- Über die Größe der Einzugsgebiete kann eine Bilanzierung der Kaltluftproduktion und somit die Beurteilung der Ausgleichsleistung der „Grünflächen“ vorgenommen werden (Kap. 3.3.5).
- Aus den Tiefenlinien lassen sich die Kalt-/Frischluftheitbahnen ableiten und mit Hilfe der aus der Einzugsgebietsgröße und Talneigung berechneten Massenströme differenziert bewerten (s. Kap. 3.3.8).

3.2 Lufthygienische Situation

Die wichtigen Emissionsquellen in Detmold sind der Straßenverkehr und die Industrie- und Gewerbebetriebe. Der Quellgruppe Hausbrand spielt eher eine untergeordnete Rolle in Detmold. In der Regel werden in den Haushalten emissionsarme Feuerungsanlagen auf Basis von Öl und Gas für die Bereitung von Warmwasser und die Heizung genutzt. Stadtteile mit vorrangiger Ofenfeuerung, die zu einer stärkeren Emissionsbelastung führen würden, sind im Stadtgebiet nicht vorhanden. Diese Quellgruppe führt daher nicht zu einer räumlichen Differenzierung des Lufthygienefeldes und kann deshalb aus der Analyse herausgehalten werden.

3.2.1 Flächendeckendes NO₂-Immissionsfeld

Für die Beurteilung der lufthygienischen Situation in Detmold, die vor allem durch die Verkehrsemissionen bestimmt wird, wurden die NO₂-Immissionen herangezogen. Als ein Leitparameter für diese Quellgruppe können die NO₂-Immissionen zu etwa 68 % auf den KFZ-Verkehr zurückgeführt werden (W. KÜHLING und H.-J. PETERS 1995).

NO₂-Belastung in Straßenräumen

Für die Abschätzung der Immissionsbelastungen in den Straßenräumen werden im Rahmen dieser Untersuchung **Grob screeningverfahren** eingesetzt. Es handelt sich um Modelle, die basierend auf den Anforderungen der 23. BImSchV (1996) statistische Konzentrationsgrößen für bestimmte luftverunreinigende Stoffe, u. a. auch NO₂, als Zusatzbelastung zu der Hintergrundbelastung der

jeweiligen Region abschätzend ermitteln. Generell wird bei den Immissionsberechnungen im Sinne eines konservativen Ansatzes eine Überschätzung der Schadstoffkonzentration vorgenommen.

Gleichzeitig sind in der 23. BImSchV für die jeweiligen Stoffe die Schadstoffkonzentrationswerte als Richtwerte festgelegt, bei deren Überschreitung Maßnahmen zur Verminderung und Vermeidung schädlicher Umwelteinwirkungen nach §40 (2,1) BImSchG (1990) zu prüfen sind. Für den 98-Perzentilwert (98%-Wert aller Halbstundenmittelwerte eines Jahres) der NO₂-Immission beträgt dieser Immissionskonzentrationswert 160 µg/m³.

Insgesamt erlauben diese Verfahren die Bestimmung derjenigen Straßenabschnitte einer Kommune mit der voraussichtlich höchsten Schadstoffkonzentration und lassen somit bei einem relativ geringem Aufwand eine Ersteinschätzungen der Immissionssituation zu.

In der Analyse kommen zwei sich räumlich ergänzende Grobscreeningmodelle zum Einsatz. Für die innerstädtischen bzw. durch dichtere Randbebauung gekennzeichneten Siedlungsbereiche wird das im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG) entwickelte Verkehrsscreening-Modell ISIS-KFZ 1.3 (W. BECKRÖGE & M. BRUSE 1998) eingesetzt. Für die Bereiche ohne oder mit nur lockerer Randbebauung wird die MluS-92 (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- und VERKEHRSWESSEN 1996) eingesetzt. Weitere Informationen zum Aufbau und zur Gültigkeit dieser Modelle kann der VDI-RICHTLINIE (????) entnommen werden.

Bei beiden Modelle wird davon ausgegangen, daß die Immissionen im Straßenraum im wesentlichen durch die Faktoren Emissionsmenge, Straßengeometrie, Randbebauung und Windfeld bestimmt werden, wodurch sich auch die erforderlichen Modelleingangsdaten ergeben (Tab. 2) (s. a. Kap. 3.1.2 und 3.1.4). Die Grundgeometrien zur Anbindung der für das Grobscreening benötigten Fachdaten werden direkt aus den im GIS vorgehaltenen digitalen Datenbeständen übernommen (Abb. 5). Mit den Verkehrsscreeningmodellen wurden die NO₂-Immissionskonzentrationen von allen Straßenabschnitten des Hauptstraßennetzes berechnet.

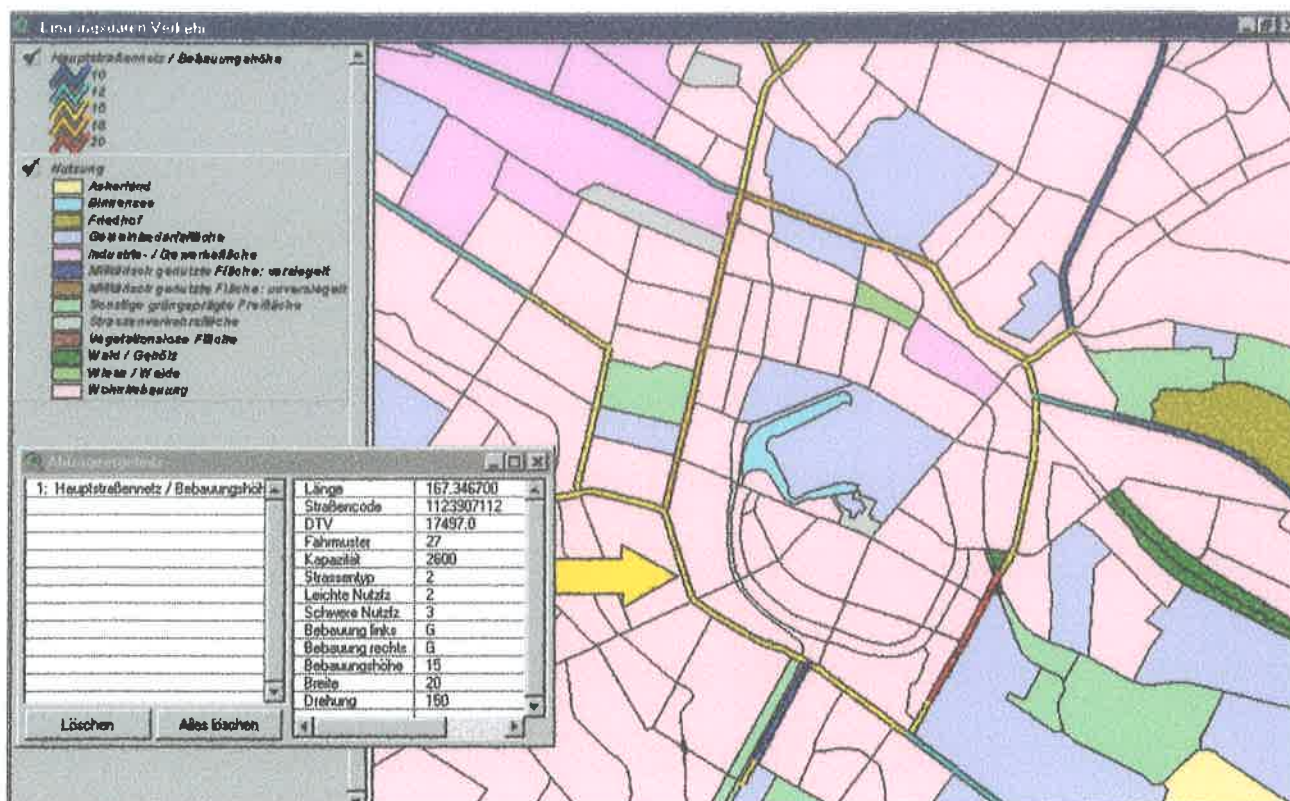


Abb. 5 Beispielhafte Darstellung erforderlicher Modelleingangsdaten aus dem Datenbestand

Eingabeparameter	Ausgabeparameter
• Straßenbezogene Daten: - Verkehrsdaten: DTV-Wert³, Fahrmuster¹, Kapazität¹, Straßentyp (Tagesgang)¹, Verkehrsanteile³, Fahrgeschwindigkeit² - Straßendaten: Straßenbreite¹, Straßenausrichtung¹ • Strukturbezogene Daten: - Struktur¹ (geschlossen, durchbrochen, offen) der Bebauung links und rechts, Höhe der Bebauung¹ • Meteorologische Daten: - Windrichtungs- u. Windgeschwindigkeitsverteilung¹, Jahresmittelwert Windgeschwindigkeit², Anteil der schwachwindigen Situationen² • Lufthygienische Daten: - Daten zur lufthygienischen Vorbelastung³	• Straßenbezogene Daten: - Meteorologische Daten: Windgeschwindigkeit¹, Anströmungssektor¹ - Verkehrsdaten: Fahrmuster¹, Verkehrsstärke¹ - Emissionsdaten: Emissionsfaktoren¹, Emissionen¹ - Immissionsdaten: Immissionswerte (Jahresmittel, 98-Perzentilwert) für linken und rechten Gehweg¹, Immissionswerte (Jahresmittel, 98-Perzentilwert)² - Allgemeine Daten: Datumsangaben, Uhrzeit³

Tab. 2 Ein- und Ausgabeparameter für ISIS-KFZ 1.3 (W. BECKRÖGE & M. BRUSE 1998) und MLuS-92 (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- und VERKEHRSWESEN 1996)

Erläuterungen: ¹= nur ISIS-KFZ; ²= nur MLuS-92; ³= für ISIS-KFZ und MLuS-92

NO₂-Belastung in Siedlungsräumen und Freiflächen

Die NO₂-Belastung in den Siedlungsräumen und Freiflächen wird über ein auf den Immissionsbelastungen der Straßen aufbauendes statistisches Schätzverfahren bestimmt. Hintergrund dieses Vorgehens ist die Tatsache, dass das Immissionsfeld vorrangig über den KFZ-Verkehr bestimmt wird und dementsprechend die Immissionsbelastungen in den Baublöcken hauptsächlich aus den Immissionskonzentrationen der angrenzenden Straßen resultieren. Die Einflüsse von Hausbrand- und/oder Industrie- / Gewerbeemissionen werden durch die Grundbelastung berücksichtigt.

Das Schätzverfahren bestimmt die Immissionsbelastung der Baublöcke und Freiflächen aus den Immissionswerten der angrenzenden Straßenabschnitte. Die NO₂-Immissionskonzentrationen aller an den Baublock angrenzenden Straßenabschnitte werden über die Straßenlänge gewichtet gemittelt. Hieraus ergibt sich anschließend die mittlere Belastung des Baublocks (s. Abb. 6).

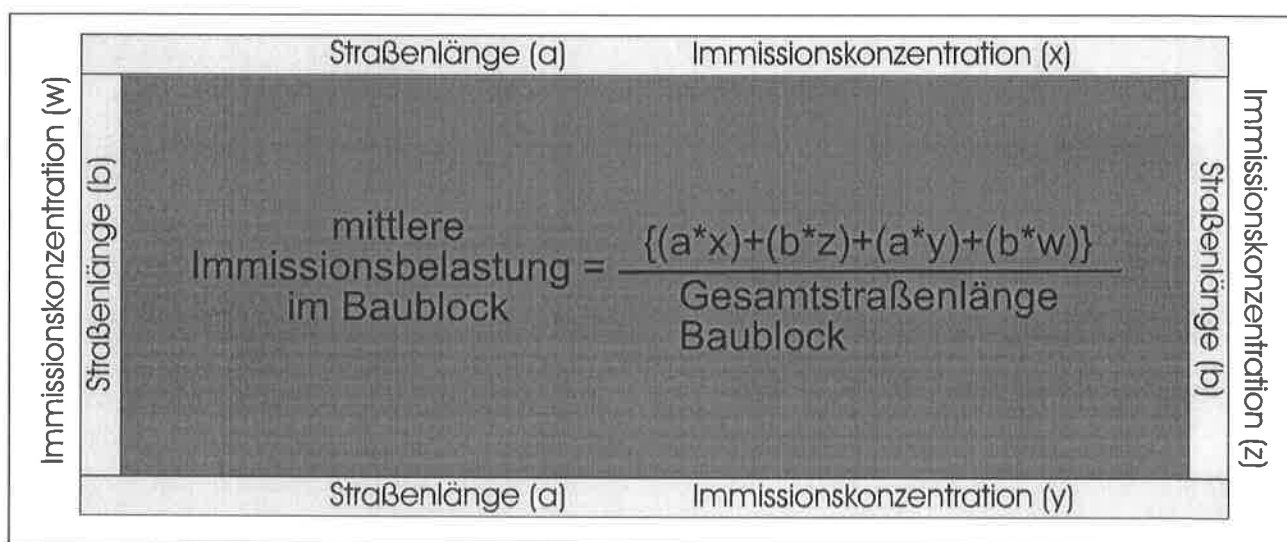


Abb. 6 Verfahren zur Bestimmung der NO₂-Belastung in einem Baublock

Für dieses Verfahren müssen somit alle Straßenabschnitte mit Immissionswerten belegt sein. Um Immissionswerte für die Straßen zu erhalten, die nicht zum Hauptstraßennetz zu zählen sind, wurde eine „Einheitsnebenstraße“ für Detmold festgelegt und mit ISIS-KFZ 1.3 durchgerechnet. Ausgangsbedingungen für diese Straße sind ein DTV-Wert von 1000 KFZ, ein LKW-Anteil von 2 %, eine durchbrochene, mittelhohe Randbebauung von 12 m, eine mittlere Straßenbreite von 12 m sowie eine Nord-/ Südausrichtung. Insgesamt wurde für alle Siedlungs- und Freiflächen in Detmold die NO₂-Belastung flächendeckend ermittelt.

3.2.2 Durchlüftungssituation und Ventilationsbahnen

Die **Durchlüftungsverhältnisse im Wirkungsraum**, d. h. das durch das Relief- und vor allem durch die Oberflächenstrukturen veränderte Windfeld, beeinflussen die klimatisch-lufthygienischen Verhältnisse maßgeblich. Neben der Intensität des Luftaustausches wird eine Einschätzung der Ausbreitungsbedingungen von Luftschadstoffen möglich.

Im Stadtgebiet von Detmold gibt generell die Tallage die Ausgangsbedingungen für die Durchlüftung vor. Das bedeutet, bei Quer- und Schräganströmung wird die Windgeschwindigkeit in der Grundströmung verringert, bei Längsanströmung dagegen infolge von Düseneffekten erhöht. Dagegen repräsentieren die Kuppenlagen die unbeeinflusste Situation. Die Windstatistik der DWD-Stationen in Kap. 4.2 veranschaulicht diesen Sachverhalt deutlich. Die Station Bad Salzuflen weist durch die Tallage im Lee des Teutoburger Waldes bei vorrangig südwestlichen Windrichtungen nur eine relativ geringe mittlere Windgeschwindigkeit auf. Die Durchlüftungssituation ist somit generell dort eingeschränkt.

Neben den Reliefbedingungen modifizieren aber auch die Bebauungen als Rauigkeitselemente die Windgeschwindigkeit infolge erhöhter Oberflächenreibung. In Abhängigkeit von der Geometrie der Baukörper, insbesondere von der mittleren Gebäudehöhe, bildet sich eine bodennahe Luftschicht aus, in der die durchschnittliche Windgeschwindigkeit unterschiedlich stark herabgesetzt wird (T. R. OKE 1987, M. W. ROTACH 1991). Es kann zur Entwicklung windberuhigter Zonen bzw. vom Strömungsfeld abgekoppelter Bereiche kommen (z. B. in Straßenschluchten), in denen sich Luftschadstoffe anreichern. In diesen Siedlungsarealen können lufthygienische Belastungen auftreten, die sich negativ auf die Wohnumfeldqualität auswirken. Gleichzeitig können durch Kanalisierungseffekte deutliche Windgeschwindigkeitserhöhungen eintreten (W. BECKRÖGE 1990).

Im bebauten Gebiet interessiert zur Charakterisierung des Wirkungsraumes deshalb besonders eine differenziertere Betrachtung der Windgeschwindigkeitsreduktion in den verschiedenen Struktureinheiten. Das relative Ausmaß der Herabsetzung der potentiellen mittleren Durchlüftung für die verschiedenen Flächeneinheiten kann mit Hilfe von Tab. 3 in 6 Stufen bestimmt werden. Diese Zuordnung der Durchlüftungsintensitäten hat den Charakter einer Ersteinschätzung. Grundlage sind Berechnungsergebnisse aus Untersuchungen in Hannover (Th. MOSIMANN et al. 1995) und Essen (P. STOCK und W. BECKRÖGE 1985). Im Falle der in der Überbauung stark variierenden Industrie- / Gewerbeflächen erfolgte die Einstufung über die Parameter Versiegelungsintensität, Strukturhöhe und Bebauungsdichte anhand der typischen Bebauungsausprägung dieser Flächen in Detmold.

Klima- und immissionsökologisch relevante Oberflächenstrukturen	Einstufung der potentiellen bodennahen Durchlüftung
Gewässer, Grün- und Parkanlagen, Spiel- und Sportanlagen, Wiesen / Weiden, Ackerflächen, Verkehrsflächen, militärisch genutzte, unbebaute Flächen, Aufschüttungsflächen und sonstige vegetationsbestandene und -lose Flächen	sehr hoch
Einzel- / Reihenhausbauung, Einzelanwesen, Friedhöfe, Garten- und Obstbauflächen, Gehölze, Abgrabungsflächen	hoch
Zeilen-, Hochhausbauung, Gemeinbedarfsflächen, Dorfkerne, Industrie- und Gewerbeflächen, militärisch genutzte, bebaute Flächen	mittel
Block-, Blockrandbauung, Wälder	gering
Zentrum / Stadtteilzentrum	sehr gering

Tab. 3 Potentielle mittlere Durchlüftungsverhältnisse in verschiedenen Oberflächenstrukturen
 = In der Karte der klima-und immissionsökologischen Funktionen dargestellt (außer Wälder)

Eine große Bedeutung für die Durchlüftungssituation bei austauschstärkeren Wetterlagen haben **Ventilationsbahnen**. Die Funktion dieser Bahnen besteht in der Durchmischung der bodennahen Luftschicht. Immissionskonzentrationen können somit infolge der Verdünnungseffekte abnehmen und Luftschadstoffe können abtransportiert werden.

Die möglichst gradlinig verlaufene Belüftungsbahnen im Siedlungsbereich lassen sich hinsichtlich ihrer Breite und Länge sowie ihrer Ausrichtung zur den Hauptwindrichtungen und dem Vorhandensein von Hindernissen unterscheiden. Die Ausweisung dieser Leitbahnen ist an Mindestanforderungen gekoppelt (s. Abb. 7). Nach Untersuchungen von T. R. OKE (1987) und den Ergebnissen von Ausbreitungsrechnungen im Rahmen der Klimaanalyse Düsseldorf (LANDESHAUPTSTADT DÜSSELDORF 1995) sollte das Verhältnis der Randbebauungshöhe zur Ventilationsbahnbreite <1 oder möglichst sogar $<0,5$ betragen, damit eine ausreichende Belüftung erfolgen kann. Die Breite sollte demnach mindestens das 1,5-fache der Höhe der angrenzenden Randbebauung betragen. Als Mindestbreite wird ein Wert von 30 m festgelegt, der den Bebauungsverhältnissen einer typischen Straßenschlucht Rechnung trägt. Des weiteren sollte die Leitbahn auf jeden Fall länger als 500 m sein (H. MAYER & A. MATZARAKIS 1992), um ein ausreichendes Eingreifen der Grundströmung in die bodennahe Luftschicht zu ermöglichen.

Außerdem spielt es bei der Beurteilung der Leitbahnen eine Rolle, ob Hindernisse wie Gebäude oder Gehölze in der Leitbahn vorhanden sind und wie die Leitbahn zu den Hauptwindrichtungs-

sektoren ausgerichtet ist. Treten Hindernisse auf, wird die Wirksamkeit der Luftströmung in der Leitbahn gestört. Entspricht der Verlauf der Leitbahn den Hauptwindrichtungen, besitzen die Leitbahnen auf Grund der höheren Durchströmungshäufigkeit eine größere Bedeutung. Nach der Windstatistik DWD-Station Detmold (DWD 1998) (s. Kap. 4.2) kommen ca. 39% der Winde aus dem Richtungssektoren West bis Süd/Südwest und ca. 25% aus Süd/Südost bis Ost. Die Bewertung erfolgt anhand der Parameter nach dem Schätzrahmen in Abb. 7.

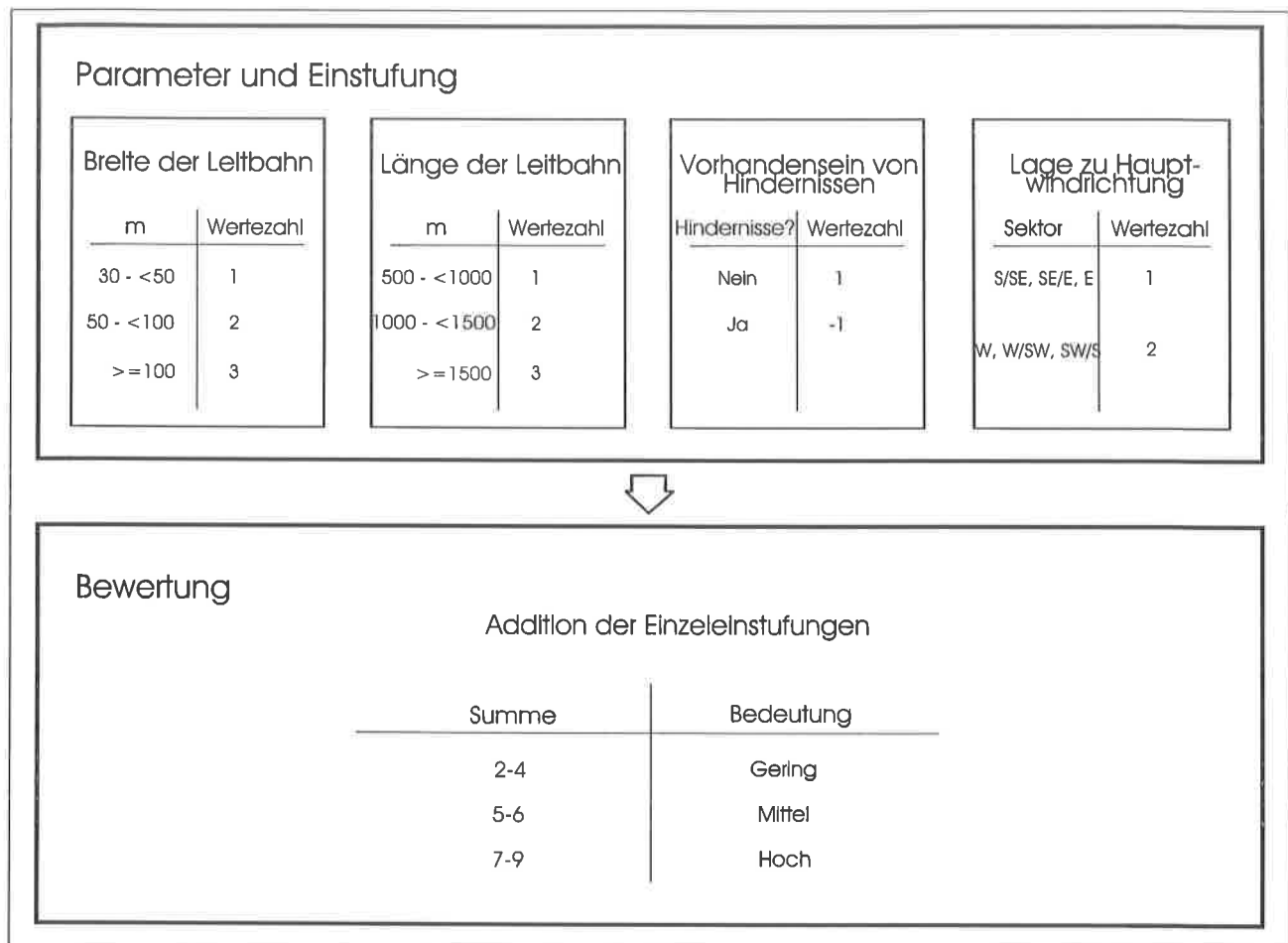


Abb. 7 Schätzrahmen zur Beurteilung von Ventilationsbahnen für austauschstärkere Wetterlagen

3.2.3 Genehmigungsbedürftige Emittenten

Für die Beurteilung der lufthygienischen Situation ist im Verbund mit den Verkehrsimmissionen die räumliche Verteilung der bedeutenden Emittenten der Quellgruppen Industrie / Gewerbe und Landwirtschaft wichtig. Zur Charakterisierung der wichtigsten Punktemissionsquellen wurden vom Staatlichen Umweltamt Minden die genehmigungsbedürftigen Anlagen nach den Emissionserklärungszeitraum 1996 übernommen (STUA MINDEN 1998). Die Informationen zu den

Betrieben umfassen die Parameter Name, Lage (Rechts- und Hochwert), Anschrift und Bezeichnung nach 4. BimSchV (BImSchG 1990).

Insgesamt fallen im Stadtgebiet von Detmold nur 31 Betriebe bzw. öffentliche Institutionen mit zusammen 42 Einzelanlagen unter die Erklärungspflicht. Sie lassen sich vor allem den Anlagenobergruppen

- W - Wärmeerzeugung und Energie (11 Anlagen);
- L - Lagerung von Stoffen, Be- und Entladung (6 Anlagen),
- N - Erzeugung von Nahrungs-, Futter- und Genußmitteln (6 Anlagen),
- C - Erstellung chemische Erzeugnisse (5 Anlagen) und
- St - Steine, Erde und Baustoffe (4 Anlagen)

zuordnen. Des weiteren bestehen in Detmold 2 Abfallbeseitigungsanlagen (A), je eine Anlage zur Spanplattenherstellung (S) und zur Klebstoffherstellung (K) sowie eine Druckerei mit Rotationsdruckmaschine (R). Außerdem eine Motorsportanlage (Sp) und 4 Schießstände (Sp). In der „Klimafunktionskarte“ wurden die Betriebe und ihre relevanten Anlagen anhand der Hoch- und Rechtswerte GIS-gestützt verortet.

Die immissionsökologische Bedeutung der Industrie- und Gewerbebetriebe wird auf Grundlage des Abstandserlasses aus Nordrhein-Westfalen (MURL 1990) klassifiziert. Der Abstandserlaß dient zur Minimierung von Immissionskonflikten zwischen den Nutzungen Wohnen und Erholen auf der einen und gewerblicher und industrieller Nutzung auf der anderen Seite. Im Rahmen des vorsorgenden Umweltschutzes bestimmt er für einzelne Betriebsarten Mindestabstände zu Wohn- und Erholungsgebieten. Bei der Bewertung muß die Einschränkung in Kauf genommen werden, dass die Abstände für Luft und Lärm gelten. Unter Umständen könnte somit die immissionsökologische Bedeutung eines Emittenten, wie z. B: bei Schießständen, vorrangig auf den Lärm bezogen sein.

Die ermittelten Betriebe werden über ihre Branchenkennzahl und/oder Betriebsbezeichnung mit den aufgeführten Betriebsarten im Abstandserlaß verglichen und in die 7 Abstandsklassen eingeordnet. Die Einstufung der Betriebe erfolgt über die Kenngröße „immissionsökologisches Gefährdungspotential“ anhand der Abstandsklassen (Tab. 4). Die Gefährdung wird als potentiell eingestuft, weil für die Emittenten keine Angaben zur Menge und Austrittshöhe der Emissionen vorliegen sowie auch keine Informationen zu den Immissionsschutzbedingungen im Umfeld der Emittenten bestehen.

Abstandsklasse	Mindestabstand (m)	Immissionsökologisches "Gefährdungspotential"	Beispiel für die Betriebsart
I	1500	Hoch	Polymerisationsanlage
II	1000		Betonfertigteilewerk
III	700		Automobilfabriken
IV	500	Mäßig	Schlachthanlagen
V	300		Schweinemast
VI	200	Gering	Brauerei
VII	100		Schreinereien

Tab. 4 Einstufung des immissionsökologischen Gefährdungspotentials von Betrieben anhand des Abstanderlasses NRW (MURL 1990)

3.3 Klimatische Situation und Prozeßgeschehen: Ableitung klimaökologischer Kenngrößen aus den Temperatur-, Feuchte- und Winddaten

Die Meßstationen, aber vor allem die Meßfahrten und Tracerversuche erfüllen eine wichtige Funktion bei der Ermittlung des klimaökologischen Prozeßgeschehens (s Karte 1). Sie ermöglichen eine qualitative und quantitative Einschätzung der Wirksamkeit der Ausgleichsprozesse und Ausgleichsräume. Im einzelnen dienen die stationär und mobil erhobenen Meßdaten

- zur Ermittlung der Temperatur-, Feuchte- und Windfelder,
- der Abschätzung der Durchlüftungsverhältnisse,
- der Ermittlung von Überwärmungs- und Kaltluftsammelbereichen im Siedlungsraum,
- dem Nachweis von Austauschströmungen und der zugehörigen Leitbahnen,
- der Abschätzung der Breite der Kaltluftleitbahnen,
- der Ermittlung der Reichweite von Ausgleichsströmungen in die Bebauung hinein und
- der Abschätzung der Kaltluftproduktivität der Freiflächen.

3.3.1 **Betriebung eines stationären Meßnetzes**

Zur kontinuierlichen Erfassung der mittleren Klimabedingungen im Bereich der Stadt Detmold wurde im Zeitraum vom 27.01.1998 bis 28.09.1998 ein 4 Meßstationen umfassendes Meßnetz betrieben. Durch Probleme bei der Genehmigung und der Sicherung der Stationsstandorte 3 und 4, konnten diese Anlagen erst ca. 1 Monat später (26.02.1998) in Betrieb gehen. Die Auswertung der Meßdaten erfolgte für den Halbjahreszeitraum vom 11.03.1998 bis 10.09.1998. Dieser Zeitraum wurde nach der Datenlage bestimmt (wenig Meßausfälle) und repräsentiert das Sommerhalbjahr 1998.

Die Stationsstandorte wurden nach den Kriterien ausgewählt (Karte 1):

- Bestimmung der klimatischen Verhältnisse in der Kernstadt,
- Aussagen über die Leitbahn Werretal ober- und unterhalb des engeren Stadtgebietes und
- Aussagen über die Kaltluftabflüsse aus den Tälern des Teutoburger Waldes.

In Tab. 5 sind die Standorte mit deren Meßausstattung aufgeführt. Die Datenermittlung erfolgte im 5-Minuten-Takt. Als Meßgeräte kamen Geräte der Firma Thies zum Einsatz. In Abb. 8 ist die die freilandähnliche Situation repräsentierende Station 4 dargestellt.

Nr.	Meßstation Bezeichnung	Standortbeschreibung	Ausstattungsumfang
1	Lippische Landes- Brandversicherungsanstalt	Rasenfläche in der Grünanlage im Auenbereich der Werre südöstlich der Kernstadt	10 m-Mast: WR u. WG 10 m; WG, TT und RF 2 m, Bodentemperatur
2	Haus der Evangelischen Erwachsenbildung	Rasenfläche im Hausgarten in der Altstadt	2 m-Mast: WG, TT und RF 2 m, Bodentemperatur
3	Kindergarten /-heim Sophienhöhe	Rasenfläche in der Grünanlage oberhalb des Auenbereiches des Knochenbaches bzw. im unteren Hangbereich der Grotenburg	10 m-Mast: WR u. WG 10 m; WG, TT und RF 2 m, Bodentemperatur
4	Orbker Straße / See	Grünfläche im Auenbereich der Werre nordwestlich der Kernstadt zwischen See und Gewerbebetrieb	10 m-Mast: WR u. WG 10 m; WG, TT und RF 2 m, Bodentemperatur

Tab. 5 **Standorte und Ausstattung des stationäres Meßnetz**

Erläuterungen: WR = Windrichtung; WG = Windgeschwindigkeit; TT = Lufttemperatur; RF = Relative Luftfeuchtigkeit

Das Stationsnetz sollte insbesondere Aussagen zu den lokalen Luftaustauschverhältnissen erbringen. Es diene weiterhin dazu, die Ergebnisse der Klimauntersuchungen in Zusammenhang mit langjährigen Meßreihen zu stellen. Außerdem fungierte die Meßstation 4 als Referenzstation für die Klimameßfahrten.



Abb. 8 Meßstation 1: Standort im „Oberes Werretal“ im Bereich Lippische Landes-Brandversicherungsanstalt

3.3.2 Durchführung der Meßfahrten

Zur Erfassung des nächtlichen Temperatur- und Feuchtefeldes während austauscharmer Strahlungswetterlagen sind am 24./25.03.1998, 22./23.07.1998 und am 10./11.08.1998 jeweils in der Zeit von ca. 21:30 bis 02:30 Uhr Meßfahrten im Stadtgebiet durchgeführt worden. Letztgenannter Meßtermin ist als Grundlage für Ausweisung und Wirkungsbeurteilung der klimaökologischen Funktionen herangezogen worden, da er gute meteorologische Rahmenbedingungen und somit eine hohe räumliche Differenzierung des Temperatur- und Feuchtefeldes aufweist. Die Ergebnisse sind anhand der ersten Meßfahrten überprüft worden.

Meteorologische Einordnung der Meßtermine

Austauscharme Strahlungswetterlagen (autochthone Wetterlagen) begünstigen die Ausbildung stadtklimatischer Phänomene, insbesondere der kleinräumigen Differenzierung des Lufttemperatur- und Feuchtefeldes. Verantwortlich hierfür sind geringe Windgeschwindigkeiten ($< 2 \text{ m/s}$ in den Abend- und Nachtstunden), fehlende bzw. geringe Bewölkung (nächtliche Bedeckung $< 3/8$) und somit weitgehend ungehinderte Ein- bzw. Ausstrahlungsbedingungen (H. SCHIRMER 1988).

In Abb. 9 ist der Gang der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung während der Meßperiode 10./11.08.1998 an der DWD-Station Bad Salzuflen wiedergegeben. Abb. 10 zeigt den Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Feuchte an der Meßstation 4. Die Station Orbker Straße wurde als weitere Referenzstation für die Charakterisierung des Witterungsverlaufs gewählt, weil sie auch freilandähnliche Verhältnisse ohne einen deutlichen Einfluß von lokalen Luftaustauschprozessen darstellt (s. Kap. 4.2). Tab. 6 gibt einen Überblick über die meteorologischen Rahmenbedingungen während der drei Meßtermine.

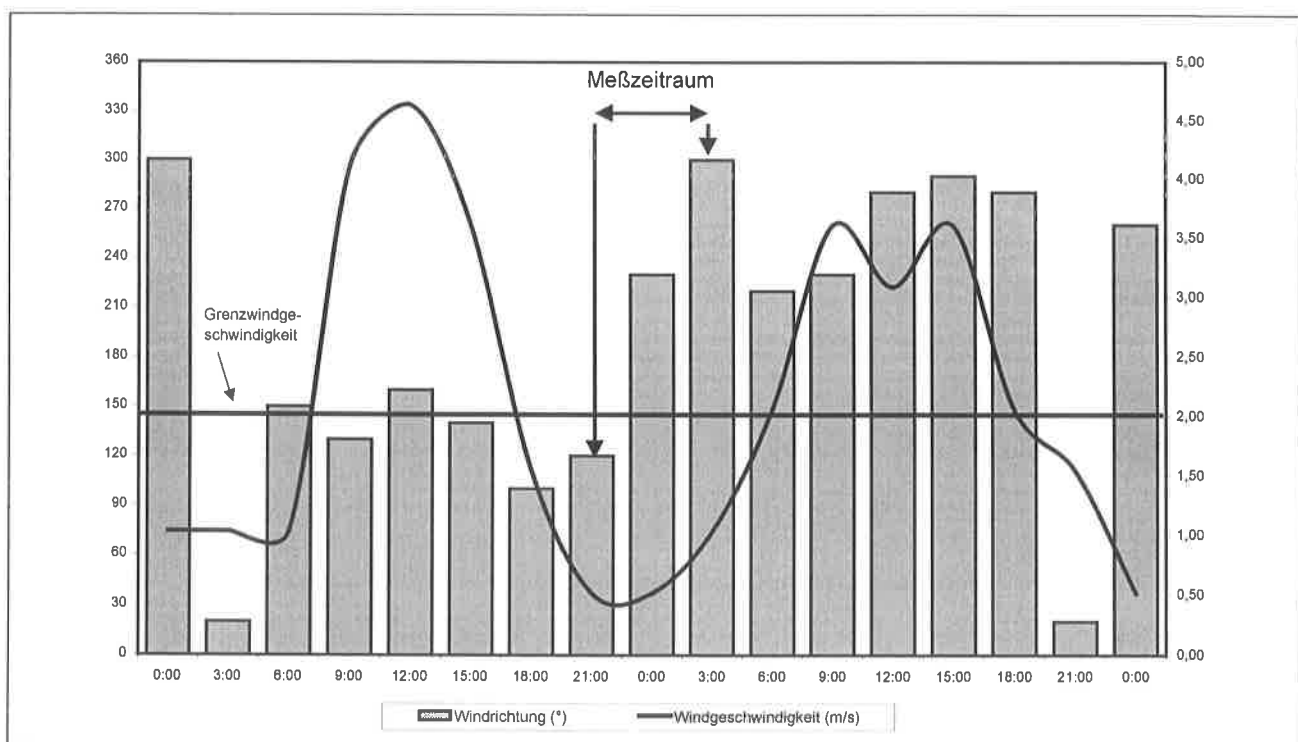


Abb. 9 Gang der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung an der Station Bad Salzuflen während der Meßkampagne 10./11.08.1998 zum Temperatur- und Feuchtefeld. Daten: EUROPÄISCHE WETTERBERICHT 1998

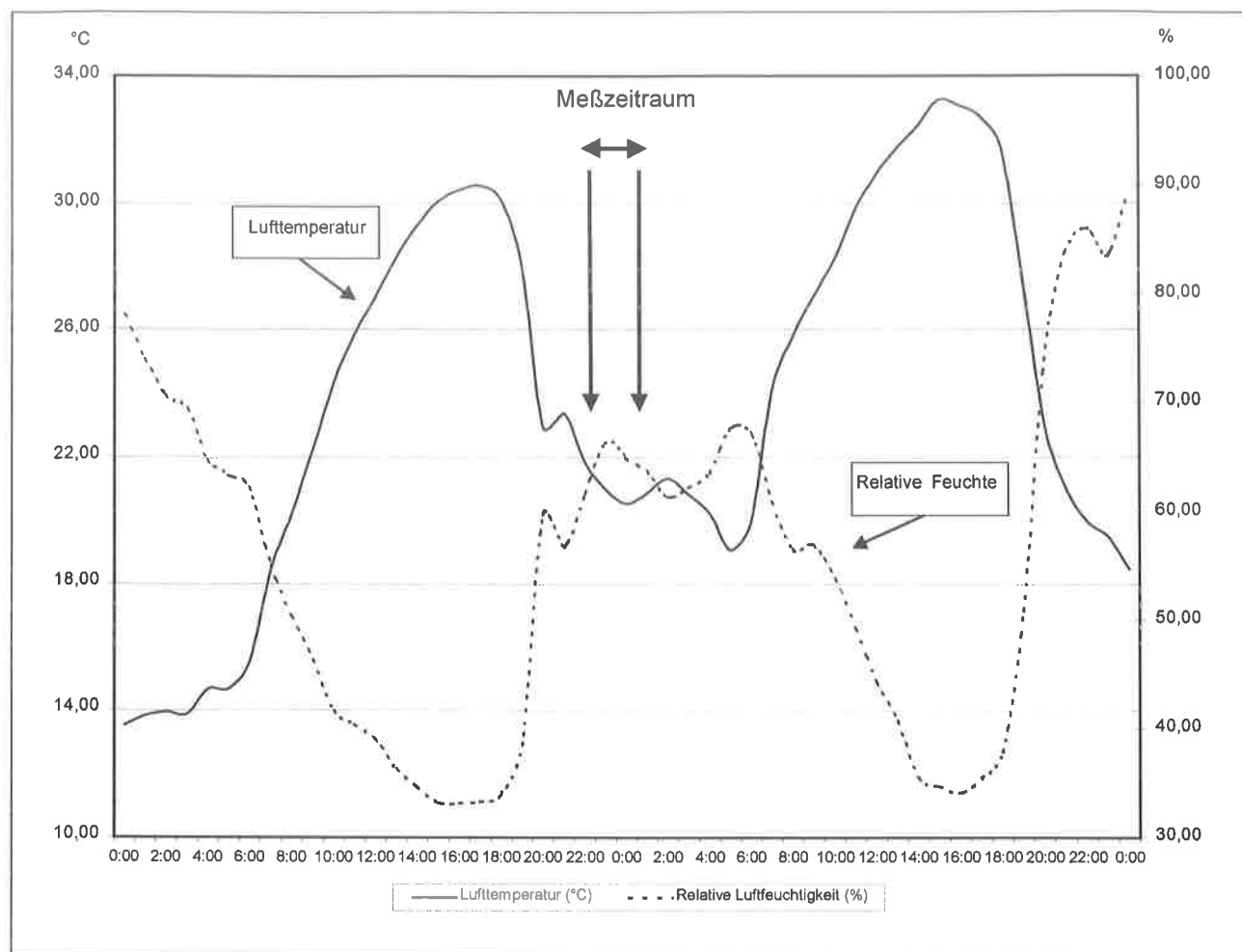


Abb. 10 Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Feuchte im Detmolder Stadtgebiet während der Meßkampagne 10./11.08.1998 zum Temperatur- und Feuchtefeld. Daten: Meßstation 4 (= Orbker Straße)

Meteorologische Kenngröße	Meßtermine		
	24./25.03.1998	22./23.07.1998	10./11.08.1998
Mittlere Windgeschwindigkeit in der Meßperiode (18:00 – 03:00 Uhr)	3,97 m/s	0,35 m/s	1,23 m/s
Häufigste Windrichtung in der Meßperiode (18:00 – 03:00 Uhr)	E/SE	SSW	E/SE
Tagesamplitude der Lufttemperatur	9,1 K	11,6 K	10,9 K
Tagesamplitude der relativen Feuchte	35 %	51 %	38 %
Maximaler Temperaturunterschied während der Meßfahrt	7,0 K	6,5 K	9,7 K

Tab. 6 Kennwerte zu den meteorologischen Rahmenbedingungen an den Meßterminen. Die Auswertungen beruhen auf den Daten der Meßstation 4 und der Meßfahrten.

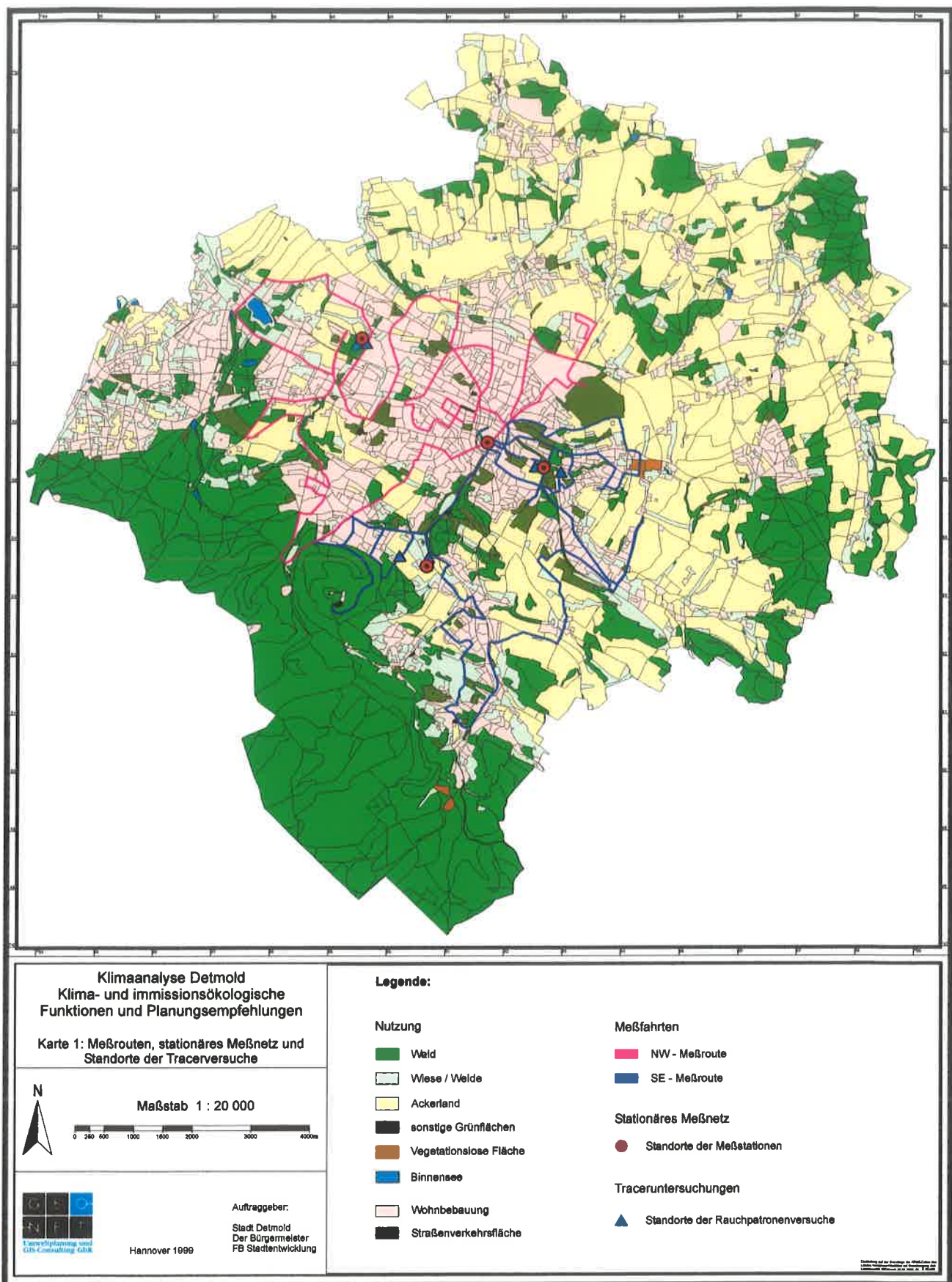
Der dritte Meßzyklus ist wegen der geringen mittleren Windgeschwindigkeiten in den Nachtstunden und dem höchsten horizontalen Lufttemperaturgradienten als Grundlage für die Ausweisung und Wirkungsbeurteilung der klimaökologischen Funktionen herangezogen worden. Die Klimadaten der Referenzstationen zu diesem Zeitpunkt bestätigen die guten meteorologischen Rahmenbedingungen während dieser Meßkampagne (s. a. Abb. 21 in Kap. 5.3.3).

Konzeption der Meßrouten

Es wurden **zwei schleifenförmige Meßrouten** (Länge: Nordwestroute etwa 40 km, Südostroute etwa 43 km) im Untersuchungsgebiet konzipiert (s. Karte 1). Sie sind mit zwei Meßfahrzeugen gleichzeitig zu den drei Meßterminen abgefahren worden, um ein zeitgleiches Temperatur- und Feuchtefeld an den jeweiligen Meßterminen zu erhalten. Die Temperatur und Feuchte wurde kontinuierlich während der Fahrt mit schnell ansprechenden Sensoren aufgezeichnet. Die verwendete Meßtechnik und Aufarbeitung der Meßfahrten erlaubt in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit (in der Regel: 25 km/h) eine räumliche Auflösung der Meßwerte von 10 - 15 m (zur Meßtechnik: s. Th. HERGERT et al. 1993).

Der Verlauf der Meßstrecken erfaßt alle relevanten Oberflächenstrukturen und Übergänge zwischen denselben. Zusätzlich wurden potentielle Kaltluftleitbahnen (Querschnitte und Verläufe) und potentielle Eindringbereiche von Kalt-/Frischlufte in die Bebauung in die Routen integriert.

Pro Meßfahrt wurden auf diese Weise etwa 6500 Datensätze zum Temperatur- und Feuchtefeld von Detmold erfaßt und u. a. hinsichtlich der Parameter Überwärmungsintensität, Kaltluftproduktivität und Luftaustauschprozesse ausgewertet. Zusätzlich wurden einzelne Transekte (z. B. Quer- und Längsschnitte in den Leitbahnen) herausgelöst, graphisch aufgearbeitet und ausgewertet.



Karte 1 Stationäres Meßnetz, schleifenförmige Meßrouten und Tracerversuchsstandorte in Detmold. Die Nordwestroute ist etwa 40 km, die Südostroute etwa 43 km lang.

3.3.3 Überwärmungsintensität und Abschätzung der humanbioklimatischen Situation in Siedlungsflächen

Die Ermittlung der Überwärmung von Siedlungsbereichen und der damit verbundenen Bildung von meist mehrkernigen Wärmeinseln während austauschschwacher Strahlungswetterlagen liefert Aussagen zu Bereichen mit humanbioklimatischen Belastungen und zur räumlichen Wirksamkeit von Kalt- / Frischluftströmungen. Eine hohe **Überwärmung von Siedlungsbereichen** kann nur als **Hinweis für mögliche humanbioklimatische Belastungen** gelten, da die Einstrahlungsbedingungen und Feuchteverhältnisse nicht berücksichtigt werden.

Aus dem durch Meßfahrten ermittelten Lufttemperaturfeld können die überwärmten Flächen in Wirkungsräumen auf der Grundlage der Einteilung der Intensitätsstufen in Tab. 7 direkt bestimmt werden. Die Beurteilung erfolgt über den Indikator „mittlere Temperaturabweichung vom Gebietsmittel der Meßfahrt“ (zur Methodik: Th. MOSIMANN et al. 1995, NLÖ 1999).

Positive Temperaturabweichung vom Mittel der Meßfahrten (%)	Einstufung der Überwärmungsintensität
>30	sehr hoch
>20 – 30	hoch
>10 – 20	mittel
≤10	gering

Tab. 7 Einstufung der Überwärmungsintensität aus Meßfahrten. Aus: Th. MOSIMANN et al. 1995, NLÖ 1999

Die **humanbioklimatischen Verhältnisse** in Wirkungsräumen können durch das Auftreten von Wärmebelastung in Form von Hitzestress und Schwüle (hohe Temperaturen, geringe Luftbewegung und/oder hohe Feuchte) sowie die Kältebelastungen wie Kältereize und Naßkälte (niedrige Temperaturen, starke Bewölkung und/oder hohe Windgeschwindigkeit und hohe Feuchte) charakterisiert werden. Diese Wettersituationen beeinflussen je nach Intensität und Häufigkeit des Auftretens das Wohlbefinden des Menschen erheblich (P. HÖPPE 1985). Schwache, ältere, kranke Menschen sowie Kleinkinder reagieren besonders empfindlich auf die humanbioklimatischen Umgebungsbedingungen.

Die Bewertung der humanbioklimatischen Verhältnisse wird im Rahmen von Übersichtsaussagen durch einfache Komplexgrößen wie das **Schwülemaß „Äquivalenttemperatur“** vorgenommen. Die Kenngröße wird aus den Lufttemperatur- und der Luftfeuchtwerten der Meßfahrten abgeleitet (zu Methodik: s. u. a. H. H. DANZEISEN 1983), sinnvoll. Im Gegensatz zu kombinierten

Strahlungs- und Wärmebilanzmodellen werden bei diesem Ansatz allerdings wichtige Einflußfaktoren wie Strahlung und Windgeschwindigkeit nicht berücksichtigt. Die mangelnde thermophysikalische Relevanz (eine Über- oder Unterschreitung der Schwellenwerte führt nicht unbedingt bei der Mehrzahl der Personen zu Belastungen) muß beim Schwülemaß Äquivalenttemperatur in Kauf genommen werden.

Gemäß früherer Arbeiten des DWD kann als Schwelle für empfundene Schwülebelastung eine Äquivalenttemperatur $\geq 49\text{ °C}$ angenommen werden. Kältebelastung tritt bei $\leq 27\text{ °C}$ auf (s. a. NVS (Hrsg.) 1992).

3.3.4 Kaltluftansammlung im Siedlungsbereich

In Mulden, Senken, Talbereichen und Becken sammelt sich während windschwacher Strahlungswetterlagen kühlere Luft an. Nach der Größe der Sammelgebiete werden dabei Kaltluftsammelbereiche in kleineren Geländesenken, Mulden und einzelnen Tälern („Kaltluftsee“) von Kaltluftsammelgebieten (Talsysteme und Beckenlandschaften) unterschieden (NVS (Hrsg.) 1992, NLO 1999). In diesen Flächen können Kältebelastungen wie Naßkälte, häufigere Nebelbildung und Immissionssenken auftreten.

Bereiche mit Kaltluftakkumulation lassen sich methodisch einfach und eindeutig über Meßfahrten unter Berücksichtigung der verschiedenen Reliefformtypen und Austauschhindernisse lokalisieren und nach folgenden Bedingungen ermittelt werden:

- Temperaturabweichung vom Gebietsmittel der Meßfahrt: $\geq -2\text{ K}$.
- Negative Temperaturabweichung fällt mit Hohlform und/oder Austauschbarriere zusammen.

3.3.5 Kaltluftproduktion der vegetationsbestimmten Freiflächen

Aus den Meßfahrten ließ sich die Kaltluftproduktion pro Flächen- und Zeiteinheit in den (Teil-) Einzugsgebieten mit Hilfe der in Abb. 11 skizzierten Methode abschätzen. Das Verfahren bestimmt die Kaltluftproduktion der Grünstrukturen im Untersuchungsgebiet über deren strukturelles Abkühlungsverhalten.

Die Beurteilung der relativen Kaltluftproduktivität der einzelnen Freiflächeneinheiten erfolgt mit Hilfe des Indikators „mittlere Temperaturabweichung vom Gebietsmittel der Meßfahrt“. In die Analyse

gehen nur Meßwerte aus Arealen ein, die keine Kaltluftsammlungsbereiche oder Kuppenlagen bzw. „warme Oberhangzonen“ darstellen (Hangneigung $\leq 2^\circ$). Außerdem beschränken sich die Auswertungen auf die Flächen im wenig reliefiertem Berg- und Hügelland (Höhe über NN zwischen 202 m und 114 m) unterhalb des Teutoburger Waldes. Desweiteren wurden die an Bebauungsstrukturen angrenzenden Flächen nicht berücksichtigt. Es wird somit die mittlere Abkühlungsintensität der nur wenig in advektiven Austauschprozessen eingebundenen Freiflächen berechnet. Dabei stellt der berechnete Wert eine mittlere Kaltluftproduktionsrate dar. Im Kuppenbereich werden die Werte deutlich niedriger, in Tälern, Mulden und Senken erheblich höher ausfallen können.

Über einen Eckwert von $12,0 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ für einen Ackerstandort (nach E. KING 1973) werden die Produktionsraten, gewichtet über die mittlere negative Temperaturabweichung, für die einzelnen Freiflächentypen bestimmt. Dieser Eckwert ist in Niedersachsen nicht nur für schwach, sondern auch für stärker reliefiertes Gelände bestätigt (J. FRANKE 1985; Th. HERGERT 1991). Tab. 8 stellt die berechneten mittleren Kaltluftproduktionsraten für verschiedene Freiflächentypen im Stadtgebiet von Detmold zusammen. Die höchste Kaltluftproduktion zeigen die Wald- und Wiesenstandorte, gefolgt von Ackerflächen. Dagegen können nur größere Grünflächen in oder im Nahbereich der Siedlungsflächen Kaltluft in größerem Umfang produzieren. Bei kleinen Grünflächen in der Bebauung wird die Kaltluftproduktion durch die Überwärmung der benachbarten Baukörper kompensiert (vgl. DER OBERSTADTDIREKTOR DER STADT MÜNSTER (Hrsg.) 1992). Für die verschiedenen Kaltlufteinzugsgebiete wird auf der Grundlage der Flächengröße und der spezifischen Kaltluftproduktion der Freiflächentypen die Kaltluftproduktionsrate GIS-gestützt berechnet.

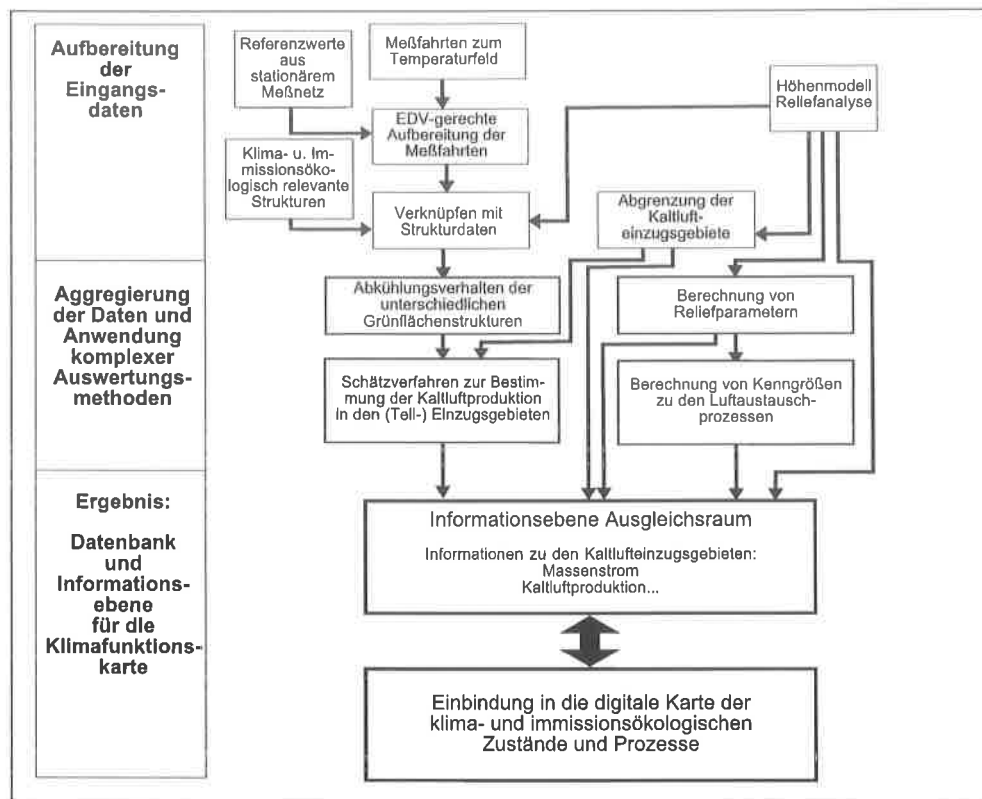


Abb. 11 Verfahrensschema zur Ermittlung der Kaltluftproduktion von (Teil-) Einzugsgebieten und dem Massenstrom im Ausgleichs- und Ergänzungsraum. Hinweise zur Berücksichtigung des Reliefs sind auch Kap. 3.1.5 zu entnehmen.

Freiflächentyp	Mittlere Lufttemperaturabweichung vom Gebietsmittel (K)	Berechnete Kaltluftproduktionsrate (m ³ /(m ² h))
Wald / Gehölze	-0,92	19
Wiese / Weide	-0,82	17
Ackerfläche,	-0,58	12
Garten-, Obstbauflächen, Friedhöfe, Park-, Sport- und Freizeitanlagen	-0,50	10

Tab. 8 Mittelwert der Kaltluftproduktion einzelner Freiflächentypen in Detmold. Die Werte sind vergleichbar mit den für Braunschweig (Th. MOSIMANN et al. 1992) und Hannover (Th. HERGERT et al. 1993) ermittelten Orientierungswerten.

3.3.6 Ermittlung von Leitbahnen für den Luftaustausch und die Reichweite von Kaltluftströmungen in die Bebauung

Die Kalt-/Frischluftleitbahnen bilden sich im Temperatur- und Feuchtefeld eindeutig ab. Die **Leitbahnbreite** wird über die Temperaturdepression (und das Feuchtemaximum) an Leitbahnquerschnitten ermittelt (s. Abb. 12). Aus den Temperatur- und Feuchtetransekten entlang der Tiefenlinien lassen sich die konkreten Leitbahnverläufe bestimmen.

Die flächenhafte Ausweisung der Leitbahnen ergibt sich aus der Überlagerung der aus dem Temperaturfeld ermittelten Leitbahnverläufe mit dem durch die digitale Reliefanalyse gewonnenen Tiefenliniennetz und der Geländehöhe (s. Kap. 3.1.5). In die Extrapolation der Ergebnisse der Meßfahrten wird zusätzlich die Oberflächenstruktur eingebunden. Zur Bestimmung der Breite der Leitbahnen in Detmold wurden 21 Transsekte ausgewertet, die die Leitbahnen ausgehend von der Tiefenlinie bis in den oberen Hangbereich durchqueren.

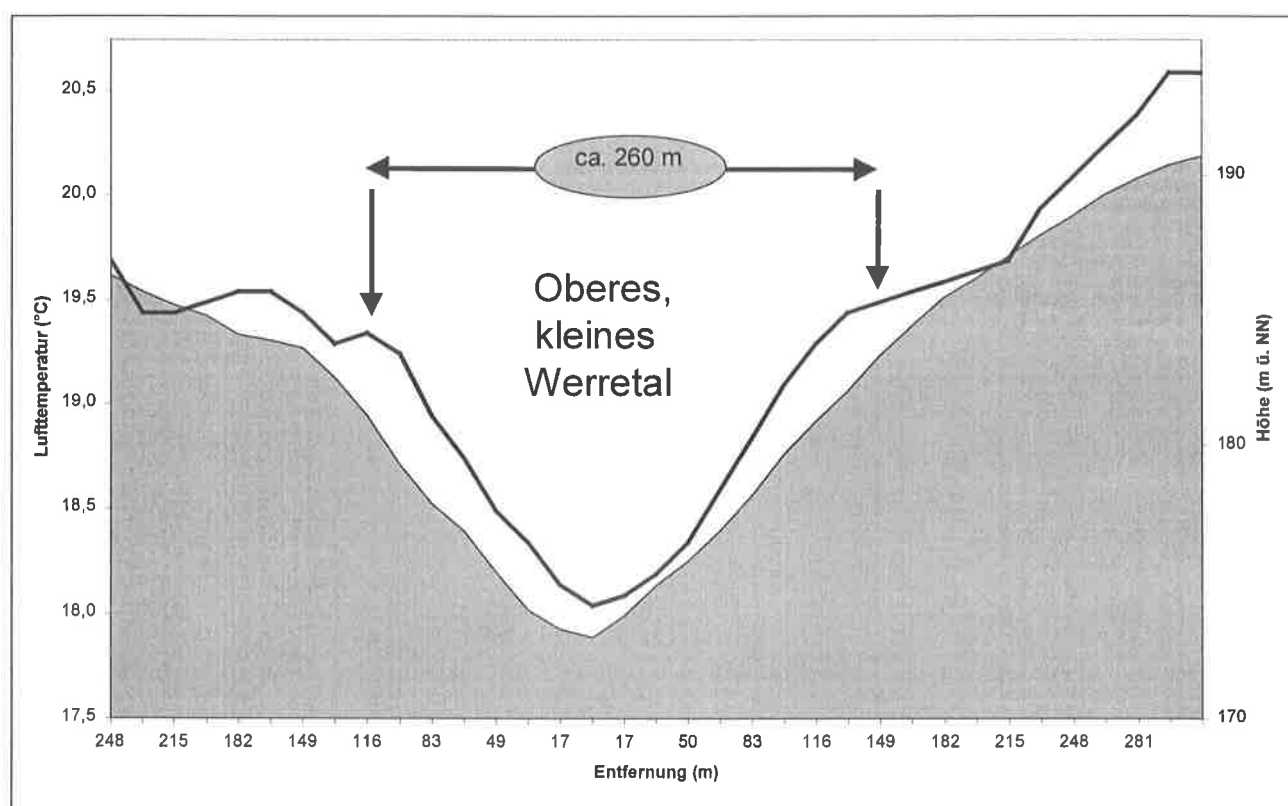


Abb. 12 Beispiel für die Bestimmung der Leitbahnbreite aus dem Temperaturgang

Auch die Bestimmung des **Wirkungsbereiches der Kaltluft in die Bebauung** hinein erfolgt auf der Grundlage des Temperatur- und Feuchtefeldes. Die bodennahe Reichweite der Kaltluft ist dadurch nachweisbar, dass das Temperaturniveau unter (bzw. die Feuchte über) den für die Bebauungsstruktur im Einflußbereich der Kaltluftströmung typischen Werten liegt (s. Abb. 13). Das

bedeutet, daß beim Abflachen des horizontalen Gradienten auf strukturtypisches Niveau das Kühlvermögen der Kaltluft in der Bebauung aufgebraucht und somit die Reichweitengrenze der Kaltluft erreicht ist. Zur Erfassung der Kalt-/Frischluftrreichweite im Wirkungsraum sind in Detmold 6 Transsekte, die aus verschiedenen Freiflächentypen hinein in unterschiedliche Bebauungsstrukturen führen, untersucht worden. Neben der Kaltluftreichweite sind auch die Eintrittsbereiche der Kalt-/Frischluftr in die Bebauung ermittelt worden.

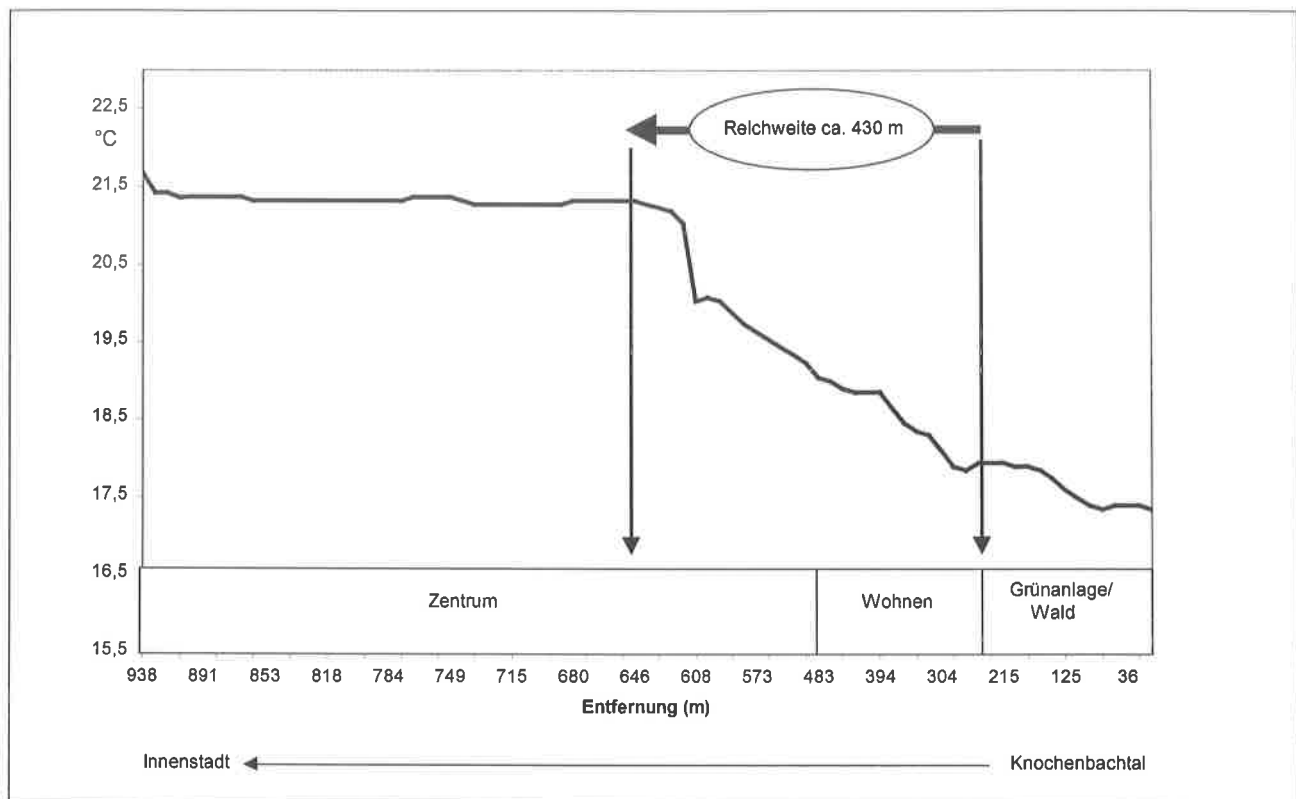


Abb. 13 Beispiel für die Bestimmung der Kaltluftreichweite in die Bebauung hinein aus dem horizontalen Temperaturverlauf am Übergang Freifläche / Siedlung

3.3.7 Tracerversuche

Zur Visualisierung von Kaltluftströmungen sind zu den Meßfahrtterminen (s. Kap. 3.3.2) in den späten Abendstunden (in der Zeit kurz vor Sonnenuntergang bis ca. 1 Stunde danach) Rauchpartronenversuche in den wichtigen Leitbahnen in der Nähe der Meßstationen durchgeführt worden (s. Karte 1). In den Leitbahnen „oberes Werretal“ und „Knochenbachtal“ stand der Nachweis und die Ausprägung der Talabwinde vor dem Erreichen des Stadtkerns im Vordergrund der Untersuchung. Dagegen sollte durch die Tracerversuche in der potentiellen Leitbahn „unteres Werretal“ überprüft werden, ob auch entgegengesetzt zum Gefälle, thermisch bedingte

Kaltluftströmungen (Flur- und Strukturwinde) auftreten. Es konnten aber keine thermischen Ausgleichsströmungen in diesem Bereich festgestellt werden.

Notwendig sind diese Versuche deshalb, weil die Kaltluftströmungen im Nahbereich von Detmold infolge der Rauigkeitszunahme und Hinderniswirkung zumeist an Geschwindigkeit verlieren, so dass sie durch die Klimameßstationen z. T. nur unzureichend erfaßt werden. Das Verdriften von Indikatorrauch zeigt dagegen die Kaltluftströmung in ihrer dreidimensionalen Ausdehnung auf. Neben Strömungsgeschwindigkeit, läßt sich die Kaltluflhöhe und der Abströmverlauf (Überströmen von Hindernissen, Eintrittsbereiche und Reichweite) durch Rauchversuche bestimmen.

3.3.8 Massenstrom der orographisch bedingten Kaltluftströmungen

Der Kaltluftabfluß aus den Einzugsgebieten wurde nach dem empirischen Ansatz von E. KING (1973) für die jeweils 80 Einzugsgebiete bestimmt. Dabei werden die berechneten Kaltluftmassenströme den jeweiligen Leitbahnen zugeordnet (s. Abb. 11 in Kap. 3.3.5). Der Ansatz besitzt Gültigkeit für

- nach dem Wasserscheidenprinzip abgrenzbare Kaltlufteinzugsgebiete mit einer Tiefenlinie (Talsohle eines Bachlaufs o. ä.) (s. a. Kap. 3.1.5),
- Leitbahnbereiche oder Einzugsgebiete mit vorwiegender Prägung durch kaltluftproduzierende Freiflächen (vorrangig landwirtschaftlich genutzte Grünland- und Ackerflächen) und
- Einzugsgebiete mit Tiefenlinien, die eine Talsohlenneigung von mehr als 1° (zumindest in Teilbereichen) aufweisen.

Abflußbehindernde Rauigkeitselemente in den Tiefenlinien sind als Austauschbarrieren gekennzeichnet (vgl. Kap. 3.1.3).

Die **Berechnung des Kaltluftabflusses A** in den Leitbahnen erfolgt mit Hilfe nachstehender Formel:

$$A = (400 * \sin \alpha * \sin \beta * \sqrt{E})^{0,72} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

mit: A: Abflußmenge der Kaltluft über der Talsohle (m³/s)
 α : mittlerer Hangneigungswinkel (°)
 β : mittlerer Talsohlenneigungswinkel (°)
E: Einzugsgebietsgröße (m²)

Neben der Bestimmung der Abflußmengen der Talabwinde in den Einzugsgebieten, sind auch für einzelne Hangpartien (insgesamt 5 Hangbereiche) die Massenströme der Hangabwinde ermittelt

worden. Voraussetzung hierfür ist, dass die Hangabwinde Bezug zum Wirkungsraum aufweisen und im Temperaturfeld während der Meßkampagnen deutlich nachzuweisen sind.

Die Berechnungsergebnisse stellen einen Anhaltswert für den maximalen Kaltluftabfluß in einer Leitbahn dar. Sie bilden sich in dieser Form nur unter optimalen meteorologischen Rahmenbedingungen aus. Bei der Berechnung von Kaltluftmassenströmen in Leitbahnsystemen mit mehreren Teileinzugsgebieten (z. B. Leitbahnen Wiembecketal, Berlebecketal und Silberbachtal fließen im Knochenbachtal zusammen) sind die Abflüsse für die einzelnen Teileinzugsgebiete dieses Raumes ermittelt und für das gesamte Hauptabflußtal oder auch für ein Seitentalsystem (= Vorfluter) addiert worden.

Die Einstufung der Wirksamkeit der Kaltluftmassenströme (Talabwinde und Hangabwinde) muß sich am konkreten Wertespektrum im Plangebiet orientieren. Dies ermöglicht eine Relativeinstufung der regionalen Wirksamkeit der Kaltluftabflußsysteme. Orientierungshilfe bieten aber auch Untersuchungen aus vergleichbaren Landschaftsräumen (UVF 1994, NLO 1999). Tab. 9 zeigt die entwickelte Bewertungsmatrix zur Einschätzung der Wirksamkeit von Kaltluftabflüssen in der „Klimafunktionskarte“ Detmold.

Kaltluftabfluß ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Einstufung der Wirksamkeit der Ausgleichsströmung
0 – 50	nicht wirksam
> 50 – 100	gering wirksam
> 100 – 500	wirksam
> 500 – 2000	hoch wirksam
> 2000	sehr hoch wirksam

Tab. 9 Massenstrom der orographisch bedingten Kaltluftströmungen

4 Lufthygienische und klimatische Rahmenbedingungen

4.1 Lufthygienische Situation

Die Belastung mit Luftschadstoffen erreicht in Detmold ein ähnliches Niveau, wie in vergleichbaren Städten in Norddeutschland (Tab. 10). In Detmold werden etwa 29 % - 33 % des jeweiligen Immissionsrichtwertes der TA-Luft (1986) für den betreffenden Schadstoff erreicht, d. h. die Schadstoffwerte liegen eher am unteren Ende des für deutsche Städte typischen Spektrums (vgl. W. KÜHLING & H.-J. PETERS 1995). Die Indikatoren SO₂, Staub und NO₂ deuten eine differenzierte Luftbelastungssituation an.

Die verkehrsinduzierten Immissionsbelastungen (Indikator NO₂) sind auf einem eher niedrigen Niveau angesiedelt. Ursache ist das verhältnismäßig geringe Verkehrsaufkommen in Detmold mit wenigen Straßenabschnitte mit hohen DTV-Werten (es existieren 11 Straßenabschnitte mit mehr als 15 000 KFZ/Tag) (LANDSCHAFTSVERBAND WESTFALEN-LIPPE 1998).

Dagegen scheinen der insgesamt herabgesetzte Luftaustausch (s. Kap. 4.2) und die relativ hohe Zahl von Einzelemittenten der Quellgruppe Industrie/Gewerbe (s. Kap. 3.2.3 und 5.1.2: In Detmold sind im Erhebungszeitraum 1996 insgesamt 42 genehmigungsbedürftige Anlagen registriert, wovon 7 besonders lufthygienisch relevant sind) eine gewisse Erhöhung der Luftbelastung mit sich zu bringen (Indikatoren: SO₂ und Staub).

Stadt	Luftschadstoff (mg/m ³) – Jahresmittelwert 1997 -					
	SO ₂		Staub		NO ₂	
	IW1	IW2	IW1	IW2	IW1	IW2
Bielefeld	0,009	0,040	0,048	0,112	0,029	0,078
Osnabrück	-	-	0,040	0,102	0,051	0,101
Rinteln	0,008	0,028	0,024	0,068	0,021	0,060
Detmold (Halbjahreswert 1996)	0,013	0,077	0,046	0,118	0,026	0,059
Hildesheim (Verkehrsmeßstation)	-	-	0,032	0,065	0,057	0,116

Tab. 10 Vergleich der Jahresmittelwerte für die Immissionskenngrößen IW1 und IW2 ausgewählter Luftschadstoffe in nordwestdeutschen Städten mit 20 000 - 250 000 Einwohnern. Daten: NLO 1998, LUA NRW 1998

Beeinträchtigt wird diese Grundtendenz aber durch lokale Immissionsschwerpunkte der Quellgruppen Verkehr und Industrie / Gewerbe. Sie bewirken in Detmold vor allem beim Verkehr ein räumlich, sehr differenziertes Immissionsfeld der Lufthygieneparameter (s. Kap. 5.1.1). Es bilden sich lokale Belastungsbänder entlang von vielbefahrenen Straßen und Verkehrsknotenpunkten aus. Das Beispiel einer Verkehrsmeßstation in Tab. 10 zeigt anhand des Indikators NO_2 , dass die mittlere Belastung im Vergleich zu einem straßenfernen Meßort deutlich höher ausfällt (NLÖ 1998).

Ziel dieser Untersuchung war es nun, die hier grob skizzierten Belastungsschwerpunkte im Stadtgebiet zu ermitteln, akzeptorbezogen zu bewerten und nach der Handlungspriorität im Rahmen der Umweltplanung räumlich differenziert darzustellen. Für eine vorsorgeorientierte und auf den Erhalt oder auf die Verbesserung der Umweltqualität ausgerichteten Stadtplanung können hieraus Maßnahmen zur gezielten Belastungsminderung abgeleitet werden, um für alle Einwohner Detmolds eine annähernd gleich hohe Qualität des Wohnumfeldes zu erreichen.

4.2 Luftaustauschverhältnisse

Die allgemeinen Luftaustauschbedingungen sind ein wichtiger Steuerfaktor für die lufthygienische Situation in Detmold. Langjährige mittlere Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilungen erlauben Rückschlüsse auf

- die zeitlichen (lufthygienischen) Belastungsschwerpunkte durch verminderten Luftaustausch,
- die Häufigkeit des Auftretens von lokalen Strömungssystemen und
- die Durchlüftung des Stadtkörpers.

Die mittleren Windverhältnisse lassen sich für die Region Ostwestfalen/Lippe anhand der DWD-Stationen Bad Salzuflen (Zeitraum: 1981-1992) und Detmold (Zeitraum: 1985 – 1992) (DWD 1998) (Abb. 14) charakterisieren.

Die Station Bad Salzuflen repräsentiert einen Standort in Tallage im Berg- und Hügelland nördlich des Teutoburger Waldes. Die mittlere Windgeschwindigkeit von nur 2,3 m/s zeigt deutlich die eingeschränkten Austauschverhältnisse auf.

Anhand der Meßwerte der Meßstation 4 läßt sich die Verwendbarkeit der Station Bad Salzuflen als Referenzstation für diese Untersuchung überprüfen (s. Abb 14). Diese Station repräsentiert auch einen freilandähnlichen Standort in Tallage. Mit Ausnahme der hohen mittleren

Windgeschwindigkeit im Monat März, zeigen beide Stationen einen sehr ähnlichen zeitlichen Verlauf. Die mittlere Windgeschwindigkeit während des Untersuchungszeitraumes 2,5 m/s. Eine Übertragung der langjährigen Winddaten aus Bad Salzuflen auf die Situation in der Tallage Detmold scheint möglich zu sein.

Dagegen stellt die ehemalige Station der Royal Air Force im Bereich des Hohenloh in Detmold die Strömungssituation an einem unbewaldeten Kuppenstandort dar. Die für diese Region relativ hohe mittlere Windgeschwindigkeit von 3,8 m/s belegt die dort guten Austauschbedingungen.

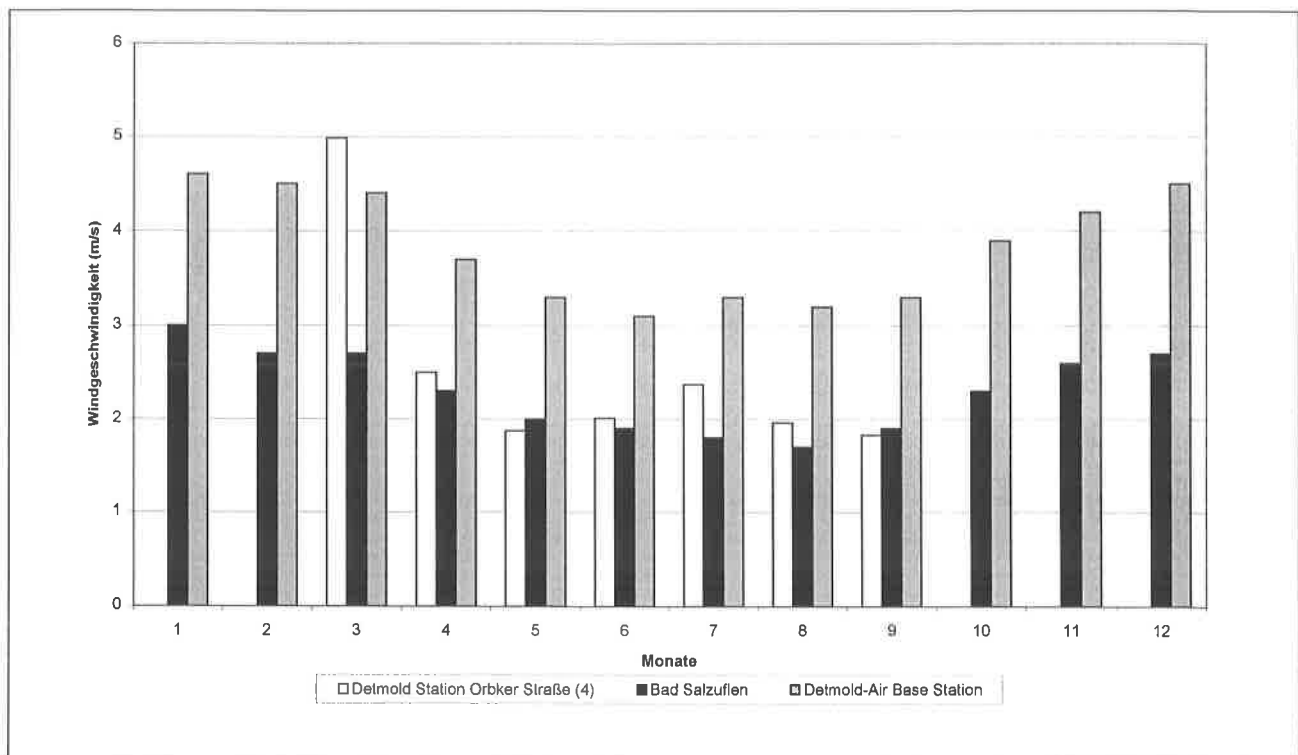


Abb. 14 Mittlerer Jahresgang der Windgeschwindigkeit in Bad Salzuflen und Detmold (Zeitraum: 1981 bzw. 1985 - 1992) im Vergleich zur Station 4 (Orbker Straße) (März bis September 1998). Daten: DWD (1998), eigene Erhebungen 1998

In der Region Detmold weht der Wind an etwa 40 % der Stunden eines Jahres aus westlichen und südwestlichen Richtungen (Hauptwindrichtung Bad Salzuflen: WSW mit 17,7% des Jahres; Hauptwindrichtung Detmold: W mit 16,1% des Jahres). Diese Windrichtungen sind häufig an austauschstärkere Wetterlagen gebunden (Abb. 15). Ein sekundäres Windrichtungsmaximum ist in Detmold, bedingt durch die Nähe und den Verlauf des Teutoburger Waldes aus südöstlichen Richtungen zu verzeichnen. Winde aus ESE treten in Detmold an 13,8 % der Stunden des Jahres auf. Es handelt sich überwiegend um austauschschwache Lagen mit mittleren Windgeschwindigkeiten von weniger als 2,0 m/s.

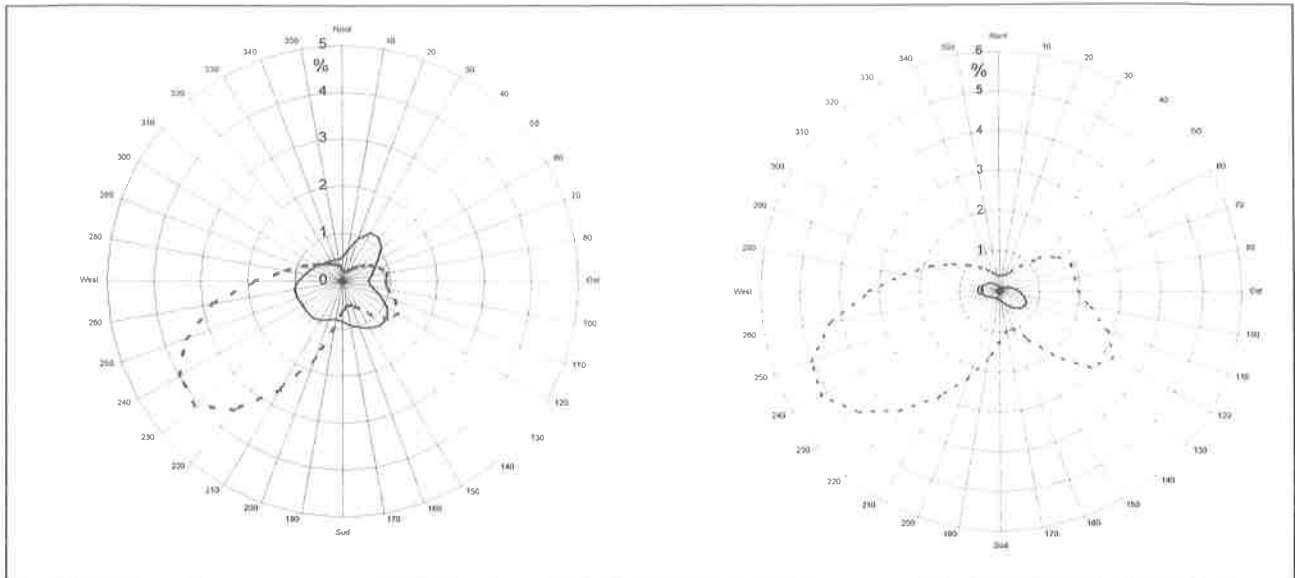


Abb. 15 Mittlere Häufigkeit der Windgeschwindigkeiten nach den Windrichtungen für austauschschwache (Windgeschwindigkeit ≤ 2 m/s = —) sowie austauschstärkere Wetterlagen (Windgeschwindigkeit > 5 m/s = - - -) in Bad Salzuflen (linke Windrose) und Detmold (rechte Windrose) (Zeitraum: 1981 bzw. 1985 bis 1992). Daten: DWD (1998)

Für die Durchlüftung des Stadtgebietes läßt sich daraus ableiten, daß

- bei Wetterlagen mit westlichen und südwestlichen Strömungsrichtungen in der Regel ein ausreichender Luftaustausch stattfindet.
- ein verminderter Luftaustausch bei allen Strömungsrichtungen auftreten kann, aber meist mit östlichen bzw. südöstlichen Windrichtungen einher geht.
- austauschstärkere Wetterlagen in den Wintermonaten dominieren und
- lufthygienisch negativ zu bewertende austauschschwache Lagen eher in den Sommermonaten (insbesondere im Juni) zu erwarten sind.

Lufthygienische Belastungen in städtisch geprägten Räumen sind in der Regel an einen herabgesetzten Luftaustausch gekoppelt. Gleichzeitig ist die Austauschschwäche ein Hinweis darauf, daß es zur Ausprägung von lokalen, eigenbürtigen Windsystemen kommen kann. Über die Grenzwindgeschwindigkeit von ≤ 2 m/s lassen sich die Zeiträume ausgliedern, zu denen es zu Schadstoffanreicherungen und zur Ausprägung von autochthonen Windsystemen in der Stadt kommen kann. In Detmold schwankt die Häufigkeit dieser Schwachwindlagen im Tagesgang zwischen 1,3 % bzw. 1,2 % in den Nachtstunden bis 0,3 % um die Mittagszeit (vgl. Abb. 16).

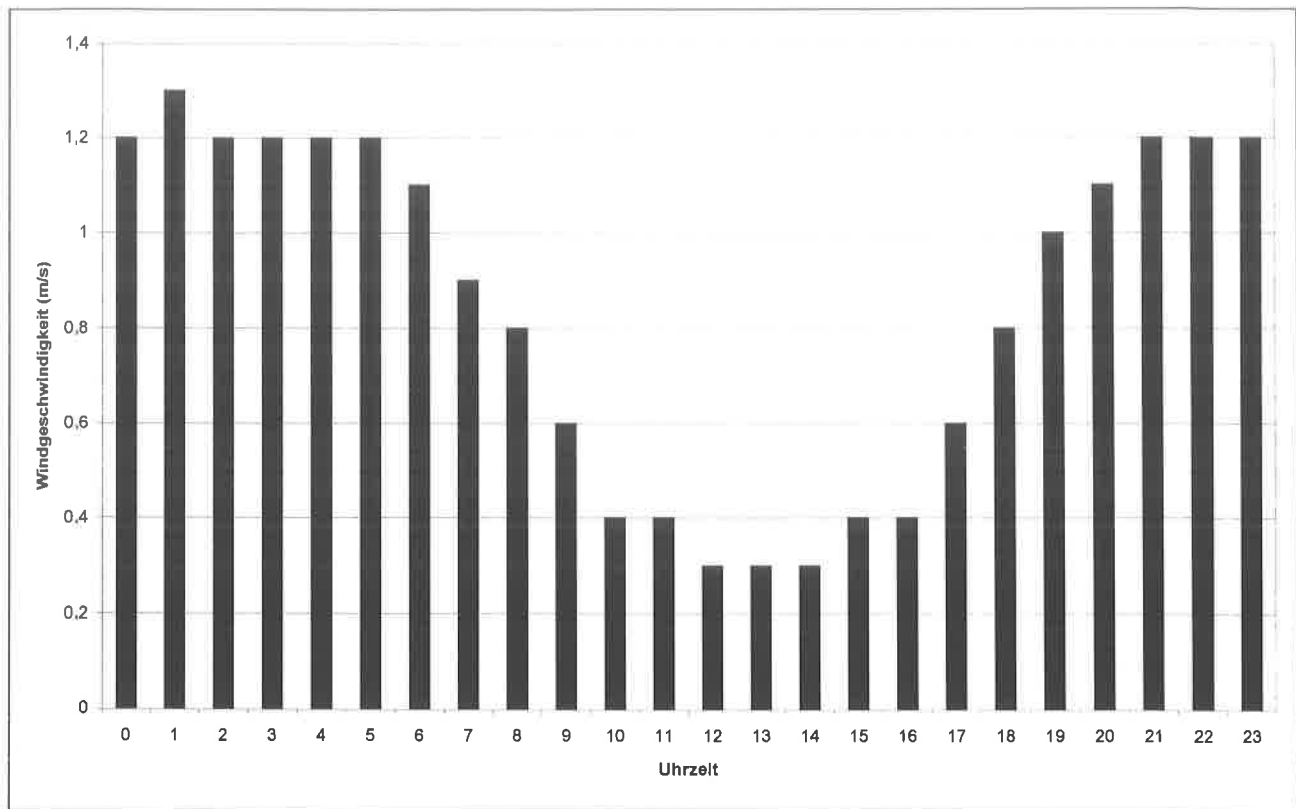


Abb. 16 Häufigkeit des Auftretens von austauschschwachen Wetterlagen (Windgeschwindigkeit ≤ 2 m/s) im Tagesgang (Zeitraum: 1985 - 1992). Daten: DWD (1998)

Windschwache Verhältnisse treten in der Region Detmold 30 % aller Jahresstunden auf (Referenzstation: Bad Salzuflen). Unter diesen meteorologischen Rahmenbedingungen können sich eigenbürtige Tal- und Hangabwinde ausbilden. Allerdings ergibt sich durch fehlende Werte zu den Ein- und Ausstrahlungsverhältnissen eine gewisse Überschätzung bei der Häufigkeit des Auftretens von Lokalwindsystemen. Ein Vergleich mit Angaben zu anderen norddeutschen Städten läßt den Wert von 30 % der Jahresstunden aufgrund der topographischen Gegebenheiten allerdings realistisch erscheinen (Th. MOSIMANN et al. 1992, DWD 1996).

Für das Sommerhalbjahr 1998 läßt sich anhand der Meßdaten von Station 4 des stationären Meßnetzes eine differenziertere Analyse der austauschschwachen Strahlungswetterlagen vornehmen. Hierzu wurden neben der Windgeschwindigkeit, die Wetterlagen gemäß P. HESS & H. BREZOWSKY (1969) hinsichtlich ihrer Eignung zur Ausbildung von Kaltluftabflüssen nach W. BECKRÖGE (1990) klassifiziert und ausgewertet. Trotz weiterhin fehlender Angaben zur Bewölkung ergibt sich hierdurch eine höhere Aussagegenauigkeit gegenüber einer „reinen“ Windanalyse. Für das Sommerhalbjahr 1998 lagen hiernach an 24 % der Tage Austauschbedingungen vor, die lufthygienisch-humanbioklimatische Belastungen entstehen lassen können und für die Ausbildung von autochthonen Luftaustauschprozessen geeignet sind.

Lokale, eigenbürtige Luftaustauschsysteme tragen gerade dann zu einem Abbau der lufthygienischen Belastung im Stadtgebiet von Detmold bei, wenn austauschschwache Ost-/Südost-Wetterlagen den überregionalen und regionalen Luftaustausch prägen. In der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen (Karte 2), die im folgenden erläutert wird, liegt deshalb der Schwerpunkt der Aussagen auf dem Prozeßgeschehen, das sich während austauscharmer Wetterlagen mit weitgehend ungehinderten Ein- und Ausstrahlungsbedingungen in Detmold einstellt.

5 Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen

Für das modular aufgebaute Kartenwerk der klima- und immissionsökologischen Funktionen sind die lufthygienische Belastungssituation, die klimatischen Rahmenbedingungen und das eigenbürtige Luftaustauschsystem in Detmold analysiert worden. Basis waren zum einen vorhandene Daten zur lufthygienischen und klimatischen Situation sowie zu den Oberflächenstrukturen (s. Kap. 3.1.1 und 3.1.5). Zusätzlich erfolgten gezielte Datenerhebungen zum Temperatur- und Feuchtefeld, Windfeld (Kap. 3.3.1 und 3.3.2) sowie zur Flächennutzung und Bebauungsstruktur.

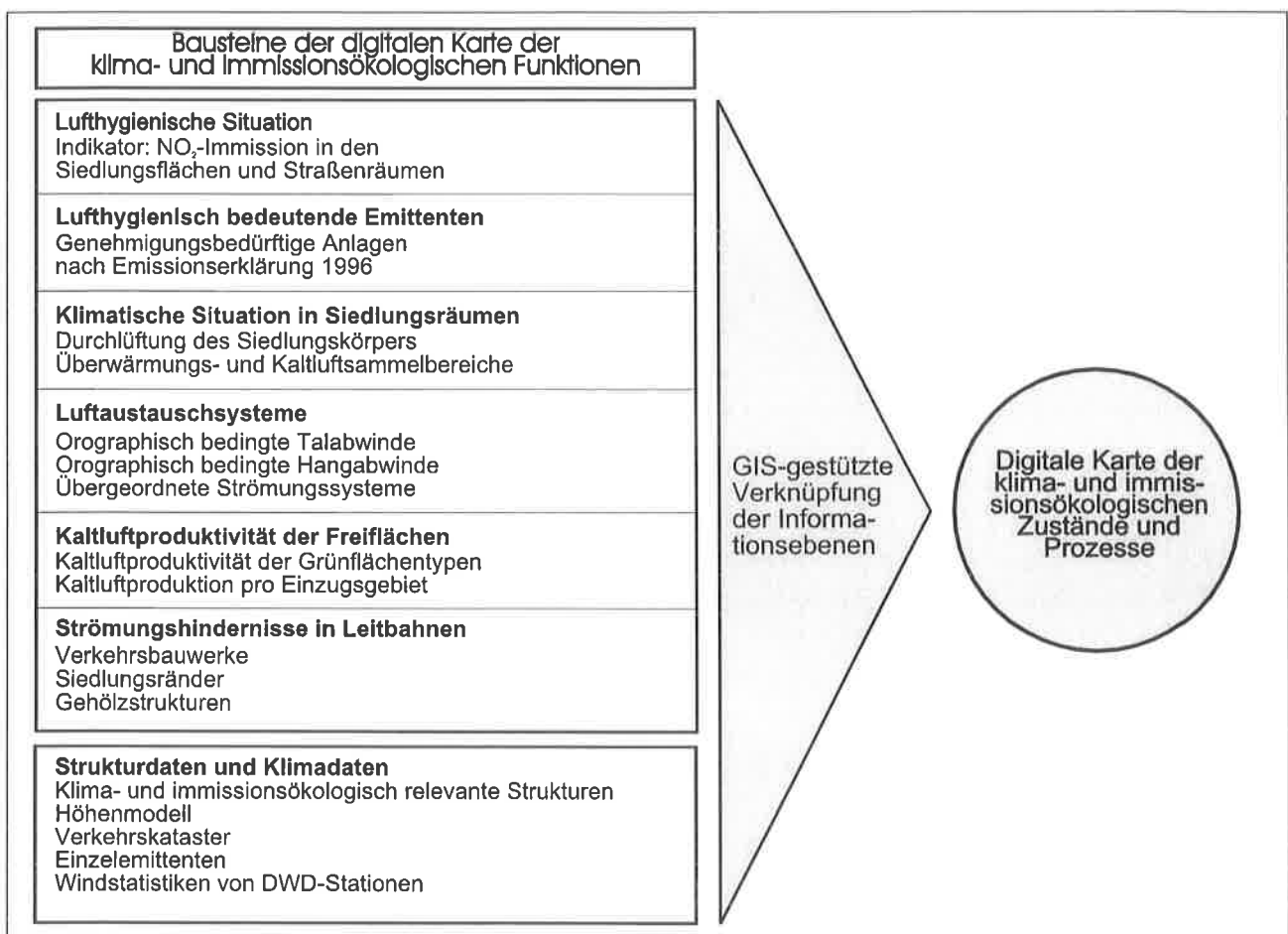


Abb. 17 Bausteine der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen von Detmold

Durch den Einsatz von Modellen und Schätzverfahren innerhalb eines Geographischen Informationssystems (GIS) konnten aus dieser Datenbasis flächendeckende Aussagen zu den relevanten Parametern, wie z. B. NO₂-Belastung und Kaltluftproduktion, erzeugt werden. Die einzelnen Informationsebenen wurden GIS-gestützt zu einer digitalen Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen der Stadt Detmold zusammengefaßt.

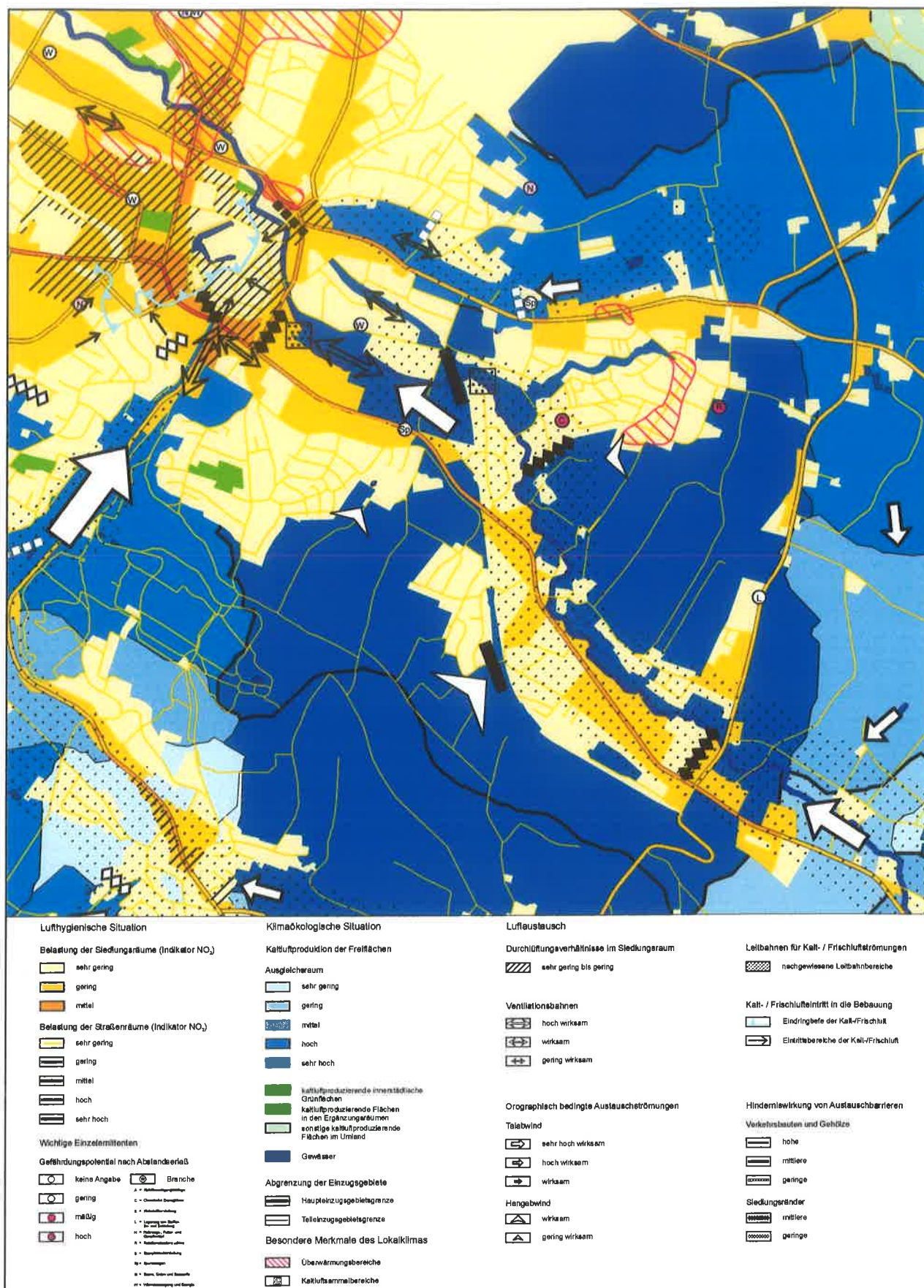


Abb. 18 Ausschnitt aus der digitalen Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen der Stadt Detmold

Die Zusammenschau der Bausteine der Karte gibt einen Überblick über die im Stadtgebiet vorhandenen Wirkungsräume (= Stadtteile mit einem Luftbelastungspotential), Ausgleichsräume (= frisch-/kaltluftproduzierende Freiflächen) und die vermittelnden Austauschprozesse (s. Abb. 18). Um die Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen der Stadt Detmold bei dieser hohen Informationsdichte lesbar zu gestalten, sind aus den einzelnen „Bausteinen“ selektiv nur zielführende Informationen übernommen worden.

5.1 Informationsebene Lufthygiene

5.1.1 Luftbelastung in Siedlungsstrukturen und Straßenräumen

Anhand eines Bewertungsrahmens, der sich an der berechneten Wertespanne für die NO₂-Immission im Raum Detmold orientiert sowie den Konzentrationswert gemäß 23. BImSchV (1996) und die Vorbelastung in der Region (LUA NRW 1995) als Eckpunkte zur Einstufung nutzt, sind die Oberflächenstrukturen und Straßenräume hinsichtlich ihrer Belastungssituation klassifiziert worden (s. Tab. 11). Demnach bestehen besonders kritische Belastungen, wenn die Kenngröße I 2 (98%-Wert aller Halbstundenmittelwerte eines Jahres) den Immissionskonzentrationswert von 160 µg/m³ erreicht. Die Hintergrundbelastung ist im Land Nordrhein-Westfalen für städtisch geprägte Regionen für I 2 mit 80 µg/m³ anzusetzen.

In der „Klimafunktionskarte“ ist die NO₂-Belastung in den Siedlungsflächen und Straßenräumen ausgewiesen. Die vegetationsbestimmten Freiflächen, die zumeist die regional typische Grundbelastung oder geringfügige Belastungen aufweisen, sind in der Karte 2 nicht mit der Information zur Lufthygiene belegt.

Festzuhalten ist:

- **Belastungsschwerpunkte mit Überschreitung des Richtwertes der 23. BImSchV** stellen Teilabschnitte der innenstadtnahen Ringstraße und die Kreuzungssituationen dar. Bei einem Verkehrsaufkommen von mehr als 14 000 KFZ/Tag, schlechten Ausbreitungsbedingungen durch den Straßenschluchtcharakter und erhöhtem Stop and Go-Verkehr treten diese sehr hohen lufthygienischen Belastungen in 2 % der Hauptstraßen auf (Abb. 19). Es handelt sich um Abschnitte der Paulinenstraße, Hornsche Straße und Behringstraße. In den Wohnquartieren, die in unmittelbarer Nachbarschaft zu diesen Straßenzügen liegen, ist die Wohnumfeldqualität für die Anwohner erheblich gemindert.

- Eine **hohe Belastung** besteht in weiteren Teilabschnitten der Bundes- und Landesstraßen, wenn neben einem Verkehrsaufkommen von mindestens 10 000 KFZ/Tag die Durchlüftung durch die Bebauung links und rechts der Straße herabgesetzt ist. Insgesamt sind 2 % des Hauptstraßennetzes betroffen. Es sind Teilbereiche der B 239 und B 238 sowie der L 936 und L 758 (Lagesche Straße, Lemgoer Straße, Hiddesserstraße, Hornsche Straße, Leopoldstraße, Bielefelder Straße).
- **Mittlere Belastungen** im Straßenraum weisen 18 % der Hauptstraßen auf. Betroffen sind vor allem Teilabschnitte aller Ausfallstraßen und wichtigen Verbindungsstraßen im engeren Siedlungsbereich von Detmold. Neben den Teilabschnitten der B 239 und B 238 sowie der L 936 und L 758, handelt es sich um Teile der L 937 und L 938, der K 90 und K 13 sowie der Heidenoldendorfer Straße und Wotanstraße.

Eine mittlere Luftbelastung weisen auch eine Anzahl von Baublöcken im Einflußbereich Paulinenstraße, Bielefelder Straße, Neustadt, Hornsche Straße und Behringstraße auf. Zusammengenommen umfassen sie aber nur 0,49 % der Siedlungsflächen Detmolds (Abb. 20).

Einstufung der lufthygienischen Belastung	NO ₂ -Immissionswert (µg/m ³)	Exemplarische Baublöcke und Flächennutzungen	Exemplarische Straßenräume
sehr hoch	≥ 160	Keine	- Paulinenstraße - Hornsche Straße - Wotanstraße
Hoch	< 160 - ≥128	Keine	- Leopoldstraße - Bielefelder Straße - Lagesche Straße
Mittel	<128 - ≥110	- Baublock im Bereich Behringstraße / Lange Straße - Baublöcke im Bereich Paulinenstraße / Bielefelder Straße	- Hornsche Straße - Klingenbergstraße
Gering	<110 - ≥90	- Baublöcke im Bereich Lemgoerstraße - Baublöcke im Bereich Hans-Hinrichs-Straße - Baublöcke im Bereich Elisabethstraße	- Friedrich-Ebert-Straße - Blombergerstraße
sehr gering	<90 - ≥80	- Baublöcke im Bereich Richthofenstraße - Baublöcke im Bereich Gewerbegebiet West - Baublöcke im Bereich Rödlinghausen	- Remmighauser Straße - Bandelstraße
Grundbelastung	<80	- Landwirtschaftliche Flächen - Wälder - Seen	Keine

Tab. 11 Klassifizierung der lufthygienischen Belastung in den Baublöcken, vegetationsbestimmten Flächen und Straßenräumen Detmolds. Für die einzelnen Belastungsstufen sind beispielhafte Straßenabschnitte und Siedlungsbereiche aus dem Stadtgebiet angegeben.

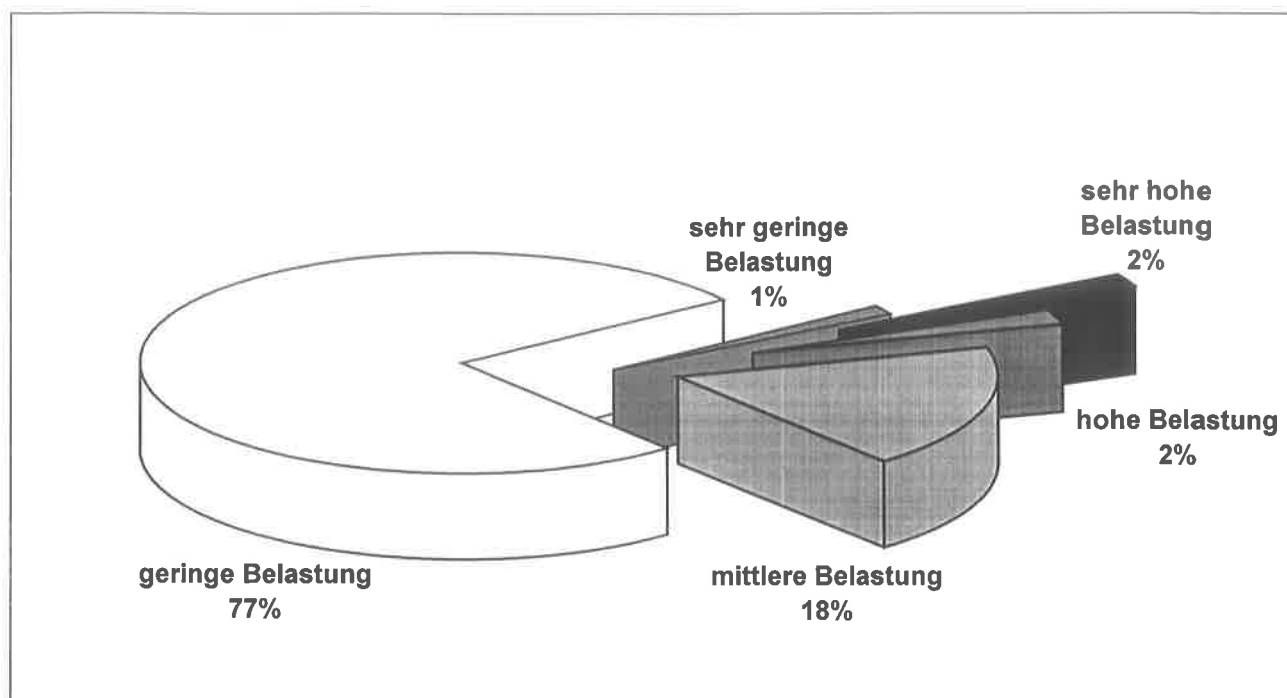


Abb. 19 Prozentuale Häufigkeit des Auftretens von lufthygienischen Belastungsstufen im Hauptstraßennetz von Detmold

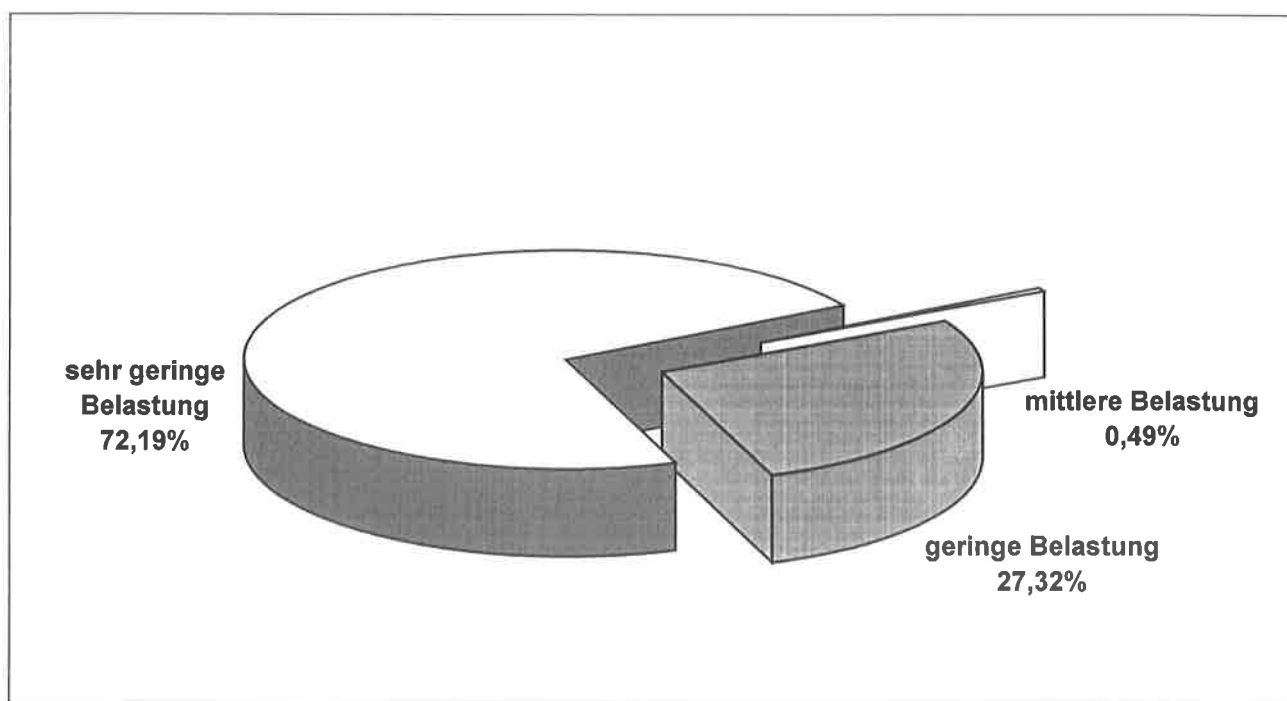


Abb. 20 Prozentuale Häufigkeit des Auftretens von lufthygienischen Belastungsstufen in den Siedlungsflächen von Detmold

- Eine **geringe Belastung** geht von fast allen restlichen Straßen des Hauptstraßennetzes aus (77 %).

Außerdem ist die überwiegende Zahl von Baublöcken im engeren Stadtgebiet Detmolds mit Wohnbebauungen, Gewerbe- und Mischnutzung dieser Klasse zu zuordnen. Zu finden sind diese Flächen in etwa 27 % der gesamten Siedlungsfläche, z. B. im Bereich von Lemgoer Straße, Lagesche Straße, Bielefelderstraße, Siegfriedstraße, Elisabethstraße, Industriestraße, Leopoldstraße, Wotanstraße, Klingenbergerstraße und Heidenoldendorfer Straße.

- **Sehr geringe Belastungen** weisen die Straßen mit weniger als 2000 KFZ/Tag auf. Im Hauptstraßennetz fallen nur 1 % der Straßen in diese Kategorie. Der weit überwiegende Teil der Siedlungsflächen, insbesondere die Stadtrandbereiche, fällt in diese Klasse (etwa 72%) (s. Karte 2).

Der lufthygienische Belastungsraum (mittlere bis hohe Belastung) umfaßt in Detmold in den Siedlungsflächen nur etwa 0,5 % der bebauten Fläche. Gleichzeitig sind aber etwa 22 % des Hauptstraßennetzes lufthygienisch belastet und dementsprechend auch die angrenzenden immissionsempfindlichen Nutzungen, wie z. B. Wohnen. Zusammengenommen stellen diese Flächen den immissionsökologischen Wirkungsraum dar, dem über den Luftaustausch kühlere und vor allem saubere (Frisch-)Luft aus den vegetationsbestimmten Freiflächen im Umland zugeführt werden sollte oder durch immissionsmindernde Maßnahmen entlastet werden sollte. Insgesamt weist die lufthygienische Situation aufgrund des ermittelten Immissionsfeldes einen Bedarf an luftverbessernden Maßnahmen auf (s. a. Kap. 5.1.2: Wichtige Einzelemittenten). Für die Straßenräume mit Richtwertüberschreitung nach 23. BImSchV besteht zwecks Maßnahmenoptimierung ein Bedarf an zusätzlichen Detailanalysen, um für unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen, Luftschadstoffe und Verkehrsszenarien die Belastungssituation zu analysieren.

5.1.2 Wichtige Einzelemittenten

Die zu den genehmigungsbedürftigen Anlagen zählenden Punktemittenten der Quellgruppen Industrie / Gewerbe und Landwirtschaft wurden über die Angaben zur Branchenzugehörigkeit und Abstandsklasse bewertet (Tab. 12) (s. a. Kap. 3.2.3). In der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen (Karte 2) sind die Anlagen branchenspezifisch mit ihrem immissionsökologischen Gefährdungspotential dargestellt.

Von den 42 emittierenden Anlagenteilen der 31 Betriebe weisen 12 Anlagen mit Mindestabständen von 200 m bis 300 m nur ein relativ geringes immissionsökologisches Gefährdungspotential auf. Sie spielen deshalb bei der Beurteilung der lufthygienischen Situation in Detmold nur eine untergeordnete Rolle. Desweiteren sind 23 Anlagen keiner Abstandsklasse zu zuordnen, weil bei

bestimmungsgemäßen Betrieb kein Immissionsschutzproblem besteht oder die Anlagen nur kurzzeitig vorhanden sind oder die Anlagen Teil- oder Nebeneinrichtungen anderer Anlagen sind, die dem Nutzungszweck oder der Eigenart des Baugebietes nicht widersprechen.

Dagegen können die **7 Anlagen mit einem hohen Gefährdungspotential (= Mindestabstand >1 000 m)** sich deutlich auf das Immissionsfeld der näheren und weiteren Umgebung auswirken. Es handelt sich bei den Anlagen um je ein Betonfertigteilewerk in Hiddesen und Heidenoldendorf, eine Polymerisationsanlage und eine Anlage zur Schmelzklebstoffherstellung im Gewerbegebiet Nord, eine Anlage zur Spanplattenherstellung in Nienhagen, eine Motorsportanlage in Klüt sowie eine Tierkörperbeseitigungsanlage in Bentrop.

Genehmigungsbedürftige Anlage nach BImSchG			Abstanderlaß NRW Mindestabstand	Einstufung des immissionsökologischen Gefährdungspotentials
Bezeichnung	Haupt- gruppe	Anlagenzahl		
Polymerisationsanlage	C	1	1500	Hoch
Schmelzklebstoffherstellung	C	1	1500	Hoch
Motorsportanlage	Sp	1	1500	Hoch
Betonfertigteilewerke	St	2	1000	Hoch
Spanplattenherstellung	S	1	1000	Hoch
Tierkörperbeseitigungsanlage	N	1	1000	Hoch
Steinbruch	St	1	300	Mäßig
Lack-/Farbenherstellungen	C	3	300	Mäßig
Rotationsdruckmaschine	R	1	300	Mäßig
Schweinemastbetriebe	N	2	300	Mäßig
Abfallentsortierung	A	1	300	Mäßig
Klebstoffherstellung	K	1	300	Mäßig
Geflügelhaltung	N	1	200	Gering
Räucheranlage	N	1	200	Gering
Brauerei	N	1	200	Gering
Feuerungsanlagen (Holz-Öl-Gas)	W	8	-	-
Verbrennungsmotoranlagen	W	3	-	-
Bitumenmischanlage	St	1	-	-
Autowrackplatz	A	1	-	-
Flüssiggasbehälteranlagen	L	4	-	-
Chemikalienlager	L	2	-	-
Schießstände	Sp	4	-	-

Tab. 12 Klassifizierung und Einstufung des immissionsökologischen Gefährdungspotentials der genehmigungsbedürftigen Anlagen

5.2 Informationsebene Durchlüftung

5.2.1 Durchlüftung der Siedlungsbereiche

Im bebauten und vegetationsbestimmten Bereich wird das Windfeld durch die erhöhte Oberflächenrauigkeit stark modifiziert. Mit Hilfe des in Kapitel 3.2.2 beschriebenen Verfahrens wurde die Durchlüftungssituation in unterschiedlichen Bebauungs- und Grünflächenstrukturen beurteilt. In der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen werden die Durchlüftungsklassen in der Bebauung dargestellt, die aufgrund der deutlichen Reduktion der Windgeschwindigkeit (= sehr geringe bzw. geringe Durchlüftung) am anfälligsten für die Akkumulation von Luftschadstoffen sind (s. Tab. 3 in Kap. 3.2.2). Die Wälder sind wegen ihrer Lage im Ausgleichsraum (kein Wirkungsraumbezug) nicht dargestellt.

Bereiche mit deutlich herabgesetzten Luftaustausch in den Siedlungsflächen sind (Karte 2):

- große Teile des Detmolder Stadtzentrums und
- die dichten Bebauungen im sich daran anschließenden westlichen und nördlichen Stadtbereich (Bielefelder Straße, Elisabethstraße, Paulinenstraße).

In der Zusammenschau mit der Informationsebene Lufthygiene lassen sich die potentiellen lufthygienischen Belastungsräume im Detmolder Stadtgebiet auffinden und hinsichtlich ihres Belastungspotentials einordnen. **Immissionsökologisch bedeutsam** ist der geminderte Luftaustausch vor allem dort, wo er mit einer erhöhten lufthygienischen Belastung zusammentrifft. Zu nennen sind z. B. die Teilflächen im Bereich

- Innenstadtring,
- Bielefelder Straße,
- Elisabethstraße,
- Lemgoer Straße und
- Lagersche Straße.

5.2.2 Ventilationsbahnen

Der Luftbelastung wirkt der Luftaustausch mit „Reinluftgebieten“ im Umland von Detmold entgegen. In der Regel wird der Luftaustausch in Detmold über das großräumige Windfeld gesteuert (ca. 70 % des Jahres). Bei durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten von 3,8 m/s in Kuppenlagen

und 2,3 m/s in Tallagen wird „sauberere“ Luft vor allem aus südwestlichen Richtungen in das Stadtgebiet verfrachtet (vgl. Kap. 4.2).

Bei austauschstarken Wetterlagen können Grünflächen, Auenbereiche, aber auch Verkehrsflächen (Schienen, Straßen, Plätze) im Stadtgebiet die Funktion von Ventilationsbahnen übernehmen. Das heißt, sie leiten die Frischluft aus dem Umland in die Stadt, wo durch Luftaustausch bzw. durch turbulente Durchmischung die lufthygienische Belastung gemindert werden kann. Potentiell können alle sehr gut und im Einzelfall auch gut durchlüfteten Oberflächenstrukturen (s. Tab. 3 in Kap. 3.2.2) die Funktion von Luftaustauschbahnen übernehmen. Mit Hilfe eines Schätzrahmens (s. Kap. 3.2.2) wurden die Ventilationsbahnen ermittelt und hinsichtlich ihres klima- und immissionsökologischen Wirkungspotentials bewertet (Tab. 13). Sie sind in der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen dargestellt.

Ventilationsbahn	Einzelbewertung der Parameter				Gesamtbewertung	
	Breite	Länge	Ausrichtung	Hindernisse	Punktzahl	Einstufung
Südöstliche Werretalaue	3	1	1	1	6	mittel
Östlicher Teil der Bahntrasse	2	1	1	-1	3	gering
Knochenbachtal – Neustadt	1	1	2	1	5	mittel
Kleines Werretal	3	1	1	-1	4	gering
Sylbecketal – Nordstraße	3	2	1	-1	5	mittel
Eisenbahntrasse Hauptbahnhof	2	1	1	-1	3	gering
Knochenbachtal – Heidenoldend.-Str.	3	1	1	-1	4	gering
Knochenbachtal – Am Knochenbach	3	1	2	1	7	hoch
Nordwestliche Werretalaue	3	2	1	-1	5	mittel
Westlicher Teil der Bahntrasse	1	1	1	-1	2	gering
Lemgoer Straße Höhe Memelstraße	1	1	0	1	3	gering
Hornsche Str. Höhe Leopoldstraße	1	1	1	1	4	gering

Tab. 13 Bewertung des klima- und immissionsökologischen Wirkungspotentials der Ventilationsbahnen in Detmold

Aufgrund der hohen lufthygienischen Belastung sind besonders die Innenstadt sowie die angrenzenden, dichter bebauten Stadtteile im westlichen und nördlichen Sektor von dem Luftaustausch über die Ventilationsbahnen abhängig. Folgende Areale sind in Detmold nicht nur wegen ihrer Wirksamkeit, sondern auch aufgrund ihrer Lage zu potentiellen Belastungsbereichen als **besonders wichtige Ventilationsbahnen** anzusprechen:

- Grünflächen im Bereich der südöstlichen Werretalaue,
- Freiflächen im Bereich Knochenbachtal / Neustadt,

- Eisenbahntrasse westlich und im Bereich des Hauptbahnhofes,
- Grünflächen im Bereich Knochenbachtal / Am Knochenbach,
- Grünflächen im Bereich der nordwestlichen Werretalaue und
- Grünflächen im Bereich Sylbecketal / Nordstraße.

5.3 Informationsebene „Lokale Luftaustauschprozesse“

Etwa 30 % eines Jahres herrschen in Detmold austauschschwache Wetterlagen (Windgeschwindigkeiten geringer als 2 m/s) (s. Kap. 4.2). Sie neigen aufgrund des reduzierten Austausches zu lufthygienischen Belastungen. Eine spürbare Entlastung können lokale, eigenbürtige Windsysteme bewirken, die sich aufgrund von Temperatur- und/oder Höhenunterschieden bei diesen meteorologischen Rahmenbedingungen ausbilden (T. H. OKE 1987, G. GROSS et al. 1996). Dieses Prozeßgeschehen stellt den Schwerpunkt der „Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen“ dar (s. Karte 2 und Abb. 18).

5.3.1 Einzugsgebiete für autochthone Luftaustauschprozesse

Im Einflußbereich des Stadtgebietes wurden auf der Grundlage des digitalen Höhenmodells 80 Teileinzugsgebiete für Kaltluftabflußsysteme ermittelt (s. a. Kap. 3.1.5). Ihre Größe schwankt zwischen 8,14 km² und 0,001 km². Ist (zumindest partiell) eine Geländeneigung von mehr als 1° vorhanden (G. GROSS et al. 1996), stellt sich eine orographisch bedingte Kaltluftströmung ein, deren Abflußrichtung sich an Tiefenlinien (= Leitbahnen) orientiert. Wie bei Oberflächengewässern lassen sich die Teileinzugsgebiete in übergeordnete Haupteinzugsgebiete zusammenfassen, denen jeweils eine Tiefenlinie zugeordnet ist. Die Teil- und Haupteinzugsgebiete stellen in der „Klimafunktionskarte“ die funktionalen Raumeinheiten dar, für die das Ausgleichspotential der vegetationsbestimmten Freiflächen im Detmolder Umland ermittelt worden ist.

Für den reliefbedingten, eigenbürtigen Luftaustausch lassen sich die Teileinzugsgebiete über die Gefällerrichtung in den Ausgleichs- bzw. Ergänzungsraum (s. Kap. 2.) gliedern. Etwa 77,3 % der Freiflächen sind über Tiefenlinien auf den Wirkungsraum – den größeren Siedlungsgebieten Detmolds – ausgerichtet (s. Tab. 15 in Kap. 5.3.2). Sie können als Ausgleichsraum für Detmold angesprochen werden (s. Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen und Abb. 18: Flächenausweisungen in blauen Farbtönen). Von den übrigen Grünflächen sind noch 7,6 % dem

klimaökologischen Ergänzungsraum zuzuordnen, der über die Austauschprozesse zur Zeit nicht direkt an einen Wirkungsraum angebunden ist, aber infolge der weiteren Stadtentwicklung zu einem späteren Zeitpunkt als Ausgleichsraum fungieren kann. Ergänzungsräume existieren im Nordwesten Detmolds am Stadtrand (Karte 2 und Abb. 18: Flächenausweisungen in Grün).

Die Einzugsgebiete mit vegetationsbestimmten Freiflächen, die keine Funktion als Ausgleichs- oder Ergänzungsraum für den Wirkungsraum Stadt Detmold aufweisen, besitzen auch nur eine untergeordnete Bedeutung für die klima- und immissionsökologischen Funktionszusammenhänge. Sie werden deshalb als sonstige kaltluftproduzierende Flächen ausgewiesen. Es handelt sich um die Einzugsgebiete im ländlichen Umland im Randbereich des Stadtgebietes und einzelne Grünflächen im engeren Stadtgebiet von Detmold. Letztere können über thermisch bedingte Austauschströmungen nur sehr kleinräumig die klimatische Situation im Wirkungsraum modifizieren.

5.3.2 Kaltluftproduktion der vegetationsbestimmten Freiflächen

Die Einzugsgebiete weisen in Abhängigkeit von ihrer individuellen Frisch-/Kaltluftproduktion ein unterschiedlich hohes Ausgleichspotential auf. Über den Luftaustausch können sie dem belasteten Wirkungsbereich eine lufthygienisch positiv zu wertende Ausgleichsleistung zukommen lassen.

Für die Einzugsgebiete ist die Kaltluftproduktion aus der Abkühlungsrate, Grünflächenstruktur und Flächengröße berechnet worden (s. Kap. 3.3.5). Anhand des Wertespektrums im Stadtgebiet und in Anlehnung an Klassifizierungsschemata aus vergleichbaren Räumen (UVF 1994) sind die Einzugsgebiete an Hand der Kaltluftproduktion hinsichtlich ihrer potentiellen Ausgleichsleistung bewertet worden (s. Tab. 14).

Insgesamt sind 77,3 % der Stadtfläche dem klimaökologischen Ausgleichsraum und 7,6 % dem Ergänzungsraum zuzuordnen (Tab. xx). Der überwiegende Teil der Ausgleichsflächen weist eine hohe bis sehr hohe Kaltluftproduktion auf (57,6 % der gesamten Stadtfläche).

Klassifizierung der Kaltluftproduktion	Kaltluftproduktion der Teileinzugsgebiete (Mio. m³/h)	Exemplarische Teileinzugsgebiete
sehr hoch	≥ 40,0	- Heidenbachtal im Bereich Heidenoldendorf - Sylbecketal zwischen Hakedahl u. Gewerbege.-Nord
hoch	< 40,0 - ≥ 20,0	- Kleines Werretal im Bereich Rödlinghausen - Silberbachtal im Bereich Schling
mittel	< 20,0 - ≥ 10,0	- Hangpartien im Bereich Unter der Grotenburg - Wiggenbachtal oberhalb Johannaberg
gering	< 10,0 - ≥ 5,0	- Kleine Fläche zwischen Heiligenkirchen u. Stenberg - Kleine Fläche zwischen Viethberg u. Sichterwiese
sehr gering	< 5,0	- Kleine Flächen im Bereich Hasselbach / Kohlpott - Kleine Flächen im Bereich Werretal / Knochenbachtal

Tab. 14 Klassifizierung der Kaltluftproduktion der Teileinzugsgebiete in den Ausgleichs- und Ergänzungsräumen Detmolds

Klimaökologische Funktion des Einzugsgebietes		Einzugsgebietsgröße	
Raumzuordnung	Kaltluftproduktionsklasse	km²	Anteil Stadtfläche (%)
Ausgleichsraum		99,99	77,3
Davon:	Sehr hohe Kaltluftproduktion	47,34	36,6
	Hohe Kaltluftproduktion	27,22	21,0
	Mittlere Kaltluftproduktion	16,75	12,0
	Geringe / sehr geringe Kaltluftproduktion	8,68	6,7
Ergänzungsraum		9,83	7,6

Tab. 15 Flächenanteile der kaltluftproduzierenden Ausgleichs- und Ergänzungsräume an der Gesamtfläche der Stadt Detmold (ca. 129,4 km²)

Die Klima- und immissionsökologisch wichtigen Einzugsgebiete sind zum Beispiel

- die großen Hangbereiche bei Johannaberg, Stenberg und Hahnberg,
- das Wiembecketal
- die Hangpartien unterhalb der Grotenburg,
- die Hangbereiche des Heidenbachtals,
- das Werretal im Bereich Spork-Eichholz,

- das Strangbachtal,
- das Sylbecketal und
- das kleine Werretal.

5.3.3 Tal- und Hangabwinde

Die Teileinzugsgebiete im Einflußbereich des Stadtgebietes von Detmold lassen sich bei den Ausgleichs- und Ergänzungsräumen zu 9 Haupteinzugsgebieten zusammenfassen, die jeweils ein reliefbedingtes Kaltluftströmungssystem speisen. Es handelt sich um

- das Werretalsystem im Bereich Schmedissen,
- das Strangbach- / Wedasch- / Wörbke- / Werretalsystem,
- das obere Werretalsystem südöstlich von Detmold,
- das Knochenbach- / Silberbach- / Wiembecke- / Berlebecketalsystem,
- das kleine Werretal,
- das Heidenbachtalsystem,
- das Hasselbachtalsystem,
- das Retlagertalsystem und
- das Sylbecke-/Oetternbachtalsystem.

In den Haupteinzugsgebieten bestehen Talwindsysteme. In den Teileinzugsgebieten werden auch die Talabwinde analysiert und zusätzlich in einzelnen Teilbereichen ausgeprägte Hangabwinde (s. Kap. 3.3.8). Leitbahnen für die Kaltluftströmung stellen dabei die Tiefenlinien, nachgezeichnet durch Bach- / Flußläufe und Hangeinkerbungen, dar (s. Kap. 3.1.5 und 5.3.1).

Massenströme in der Kaltlufteinzugsgebieten

Die Leistungsfähigkeit der einzelnen Abflußsysteme wird über den Massenstrom für alle Einzugsgebiete und die betrachteten Hangbereiche bestimmt (s. Kap. 3.3.8). Die Darstellung der Massenströme erfolgt im Zusammenhang mit der Zuordnung der Kaltluftströmung zu einem potentiellen Wirkungsraum und/oder einem Austauschhindernis. Das bedeutet, Massenströme aus verschiedenen Einzugsgebieten werden bis zu diesen jeweiligen Punkten aufaddiert und zusammenfassend dargestellt. In Tab. 16 sind die Ergebnisse für die Teileinzugsgebiete bzw. Haupteinzugsgebiete wiedergegeben, die in der Karte 2 enthalten sind. Die Beurteilung der Wirksamkeit der Kaltluftströmungen erfolgt nach Tab. 9 in Kap. 3.3.8.

Haupt- / Teileinzugsgebiete und einzelne Hangsegmente im Ausgleichsraum	Massenstrom (m³/s)	Klima- u. immissionsökologische Wirksamkeitseinstufung
Knochenbach-/Silberbach-/Wiembecke-/Berlebecketal	4271	sehr hoch wirksam
Berlebecketalgebiet oberhalb Heiligenkirchen	2517	
Werretalgebiet im Bereich Hachheide	2173	
Werretalsystem oberhalb von Detmold	1452	hoch wirksam
Hasselbachtalgebiet	1298	
Werretal oberhalb von Remmighausen	914	
Oberes Berlebeckegebiet	893	
Bereich Berlebecke-Quelle	733	
Hasselbachtal oberhalb Pivitsheide	680	
Werretal zwischen Nienhagen und Mühlenbruch	668	
Heidenbachtal	637	
Silberbachtal	569	
Düstergrund oberhalb Pivitsheide	527	
Wiggenbachtal	475	wirksam
Wörbketalgebiet	447	
Oetternbachtalgebiet	397	
Werretalbereich beim Bannenberg	351	
Hangbereiche Am Rautenberg	321	
Bereich zwischen Sternberg und Wallberg	306	
Wiembecketal	298	
Strangbachtal	254	
Wedaschtal	229	
Oberes Oetternbachtal	227	
Hangabschnitt im Bereich Viethberg	223	
Retlager Bachtal	213	
Hangabschnitt im Bereich Königsberg / Thüringer Straße	184	
Wörbketal unterhalb des Schieferbergs	182	
Hänge im Bereich Unter der Grotenburg	161	
Hänge im Bereich Bremke	158	
Hänge zwischen Döringsfeld und Schäferberg	156	
Berlebecketalabschnitt im Bereich Büchenberg	137	
Kleines Werretal	133	
Bereich Kupferberg	117	
Sylbecketal	117	
Hänge im Bereich Heddernhagen	111	
Berlebecketalabschnitt zw. Heiligenkirchen u. Berlebeck	103	
Hangabschnitt im Bereich Königsberg / Johanettental	98	gering wirksam
Hangabschnitt im Bereich Hiddeser Berg	96	
Hangabschnitt im Bereich Hohenloh / Kröppelgrund	67	

Tab. 16 Massenstrom der Kaltluftströmungen in den Haupt- und Teileinzugsgebieten Detmolds. Über den Massenstrom kann die klima- und immissionsökologische Wirksamkeit der Kaltluftströmungen in den Leitbahnen bewertet werden.

Analyse der stationären Meßergebnisse während der 3. Meßkampagne

Die Analyse der Winddaten in 10 m ü. Gr. an den Meßstationen und die gleichzeitig durchgeführten Rauchversuche geben weitere Hinweise zu den Kaltluftströmungen in diesen Leitbahnen (Abb. 21). In die Analyse sind die Meßstationen 1, 3 und 4 einbezogen worden (s. Tab. 5 in Kap. 3.3.1).

An der Referenzstation Bad Salzuflen sind am 10.08.1998 in Abendstunden schwache Winde aus östlichen Richtungen aufgetreten, die um Mitternacht auf Süd-/Südwest und am 11.08.1998 um 03.00 Uhr morgens auf West/Nordwest drehen (s. Abb. 9 in Kap. 3.3.2).

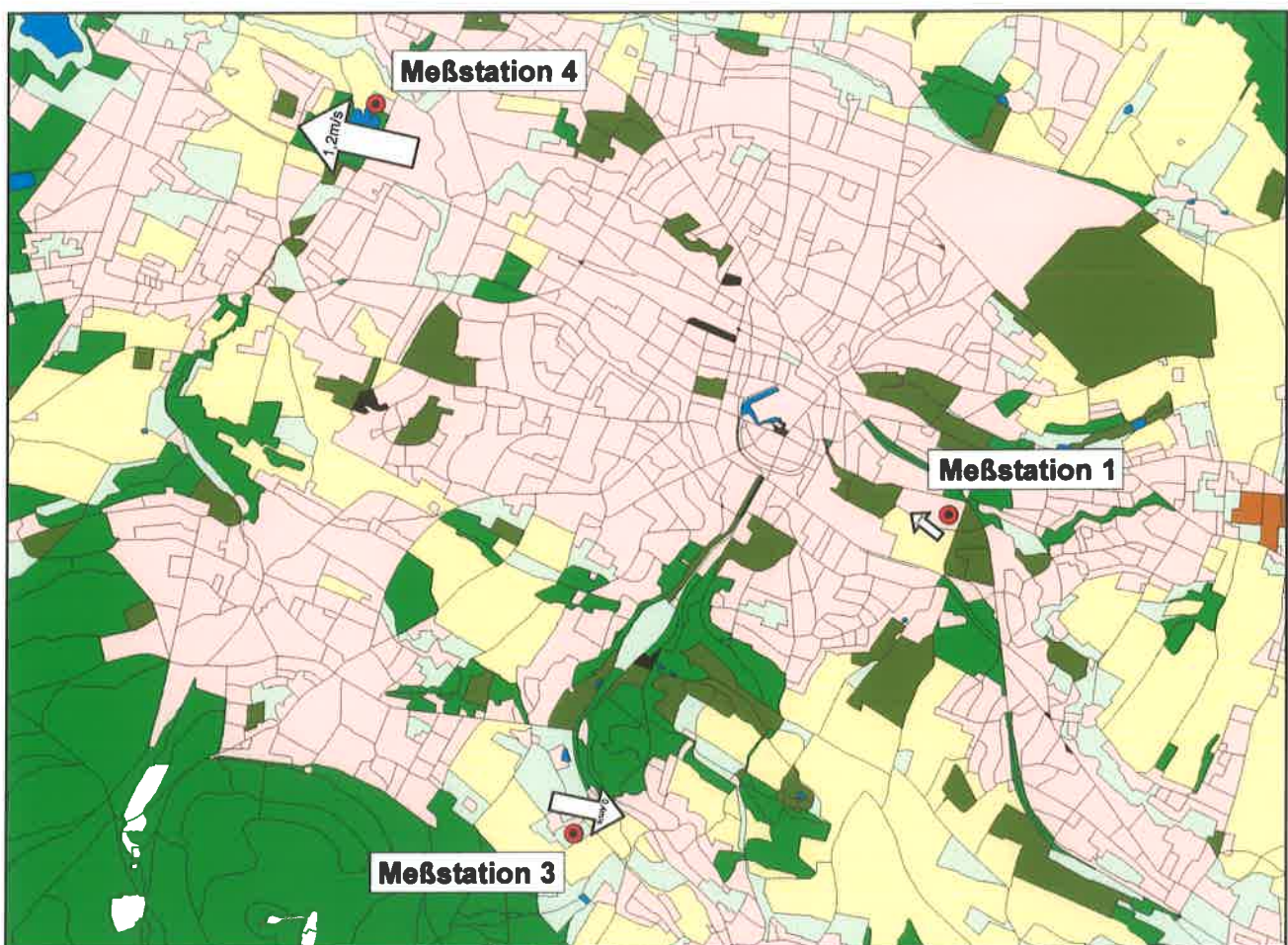


Abb. 21 Windfeld im stationären Meßnetz während der 3. Meßkampagne (10./11.08.1998)

An der **Meßstation 3 im Knochenbachtal** treten dagegen Winde aus westlichen Richtungen auf. Die mittleren stündlichen Windgeschwindigkeiten betragen bis zu 0,5 m/s und der Mittelwert für die gesamte Nacht liegt bei 0,4 m/s. Es handelt sich um Kaltluftabflüsse aus den Hangbereichen der Grotenburg, die während der Nacht die Leitbahn Knochenbachtal kontinuierlich mit Kaltluft speisen. Die Mächtigkeit beträgt in diesem unteren Hangbereich mehr als 10 m. Die durchgeführten

Rauchversuche im Hangbereich belegen die Kaltluftabflüsse. Über das Knochenbachtal strömt die Kaltluft anschließend als Talabwind auf Detmold zu. Tracerversuche in der Tiefenlinie zeigen eine Kaltluftströmung, die mit einer Mächtigkeit von 15 m bis 20 m Höhe (ausgewertete Transekte der Meßfahrt ergeben eine Kaltluflhöhe von 17 m) und mittleren Geschwindigkeiten von 0,9 m/s das Tal, der Tiefenlinie folgend, durchströmt. Die vorhandenen Gehölzstrukturen in der Leitbahn werden dabei über- und durchströmt. Gestützt werden die Ergebnisse der Tracerversuche durch Untersuchungen von V. LÖHR (1997), die in diesen Bereich Strömungsgeschwindigkeiten von 1,3 m/s bei einer Kaltluftmächtigkeit von 25 m erbracht haben.

Die **Station 1, im Auenbereich des oberen Werretals zwischen Drostekamp und Innenstadt**, weist während der Nacht z. T. nur sehr schwache Strömungsgeschwindigkeit (stündliche Werte bis max. 0,4 m/s; nächtlicher Mittelwert liegt nur bei 0,1 m/s) aus östlichen bis südöstlichen Richtungen auf. Im Vergleich zur Referenzstation Bad Salzuflen läßt auch diese Windverteilung den Schluß zu, dass ein Talabwindssystem im Werretal vorliegt. Ursache für die nur schwache Ausprägung der Strömung im bodennahen Bereich ist der Einfluß des hoch wirksamen Hindernisses „Bahndamm“. Rauchversuche vor und hinter dem Hindernis belegen dessen strömungsbremsenden Einfluß. Gleichzeitig kommt es vor dem Hindernis zur Ausbildung eines bodennahen Kaltluftsammelbereiches. Die Tracerversuche in der Leitbahn ergaben mittlere Windgeschwindigkeiten von 0,9 m/s mit einer Kaltluftmächtigkeit von 15 m bis 20 m Höhe (ausgewertete Transekte der Meßfahrt zeigen auch eine Kaltluflhöhe von 20 m). Untersuchungen von V. LÖHR (1997) stellten an verschiedenen Standorten im Bereich des oberen Werretals Windgeschwindigkeiten von max. 0,7 m/s bis 1,1 m/s fest.

Wie die Station 1 weist auch die **Meßstation 4 (Standort: Werreaue unterhalb Detmold)** während der Nacht Windrichtungen aus östlichen bis südöstlichen Sektoren auf. Allerdings treten hier deutlich höhere stündliche Windgeschwindigkeiten von 0,5 m/s bis 2,2 m/s auf (der Mittelwert für die Nacht beträgt 1,4 m/s). Auch diese Strömungssituation gibt einen Hinweis auf ein ausgeprägtes Talabwindssystem im Werretal. Allerdings ist ein komplettes Durchströmen der Detmolder Kernstadt nicht festzustellen (s. Kap. 5.3.6 und Karte 2: Eindringtiefe der Kaltluft in die Bebauung). Es ist viel mehr davon auszugehen, dass die Kaltluft aus dem oberen Werretal durch den Siedlungskörper Detmold aus dem bodennahen Niveau abgehoben wird, die Kernstadt überströmt, und erst im unteren Werretal wieder in der bodennahen Luftschicht nachweisbar wird. Ein eindeutiger Nachweis für das Überströmen Detmolds läßt sich mit Hilfe von Vertikalsondierungen bzw. Modellrechnungen erbringen.

Fazit

Insgesamt stellen folgende Frisch-/Kaltluftliefergebiete mit hohen Kaltluftabflüssen besonders wichtige Ausgleichsräume für das Detmolder Stadtgebiet dar:

- Berlebecketal oberhalb von Heiligenkirchen,
- Wiembecke- und Silberbachtal,
- Knochenbachtal,
- oberes Werretal im Bereich Spork-Eichholz,
- oberes Werretal oberhalb von Remmighausen,
- Wörbke- und Strangbachtal,
- kleines Werretal,
- Sylbecketal und
- Heidenbachtal.

5.3.4 Leitbahnen für Kalt-/Frischlufströmungen

Leitlinien für den Kaltluftströmungen aus den Haupt- und Teileinzugsgebieten stellen die aus dem digitalen Geländemodell abgeleiteten Haupttieflinien dar. Über die Talbodenneigung wird die Richtung des Kaltluftabflusses vorgegeben und damit determiniert, welcher Teilfläche des Wirkungsraums die Ausgleichleistung zugute kommt. Über die gezielte Auswertung der Meßfahrten zum Temperatur- und Feuchtefeld in den Teilstücken, die Tiefenlinien queren, können Aussagen zur wahrscheinlichen Leitbahnbreite gewonnen werden (s. Kap. 3.3.6). Tab. 17 stellt die Ausprägung der wichtigen Leitbahnen für das Prozeßgeschehen im Detmolder Stadtgebiet dar.

5.3.5 Austauschhindernisse

Nach den Kriterien in Kap. 3.1.3 sind Barrieren, die bodennahe Luftaustauschprozesse behindern, erfaßt worden. Unterschieden wurden die Hindernistypen Verkehrsbauten (Bahndämme, Brückenbauwerke etc.), linienhafte Gehölzstrukturen und Siedlungsränder.

In der Karte 2 sind die klima- und immissionsökologisch negativ zu wertende Austauschhindernisse dargestellt. In Tab. 18 und Tab. 19 sind diese mit dem zugehörigen Ausgleichsraum aufgelistet.

Leitbahnbezeichnung	Leitbahnbreite (m)	Differenz Leitbahn / Hänge	
		Temperatur (K)	rel. Feuchte (%)
Oberes Knochenbachtal: Friedrich-Ebert-Str.	525	-3,78	+21,75
Unteres Berlebecketal: Friedenshöhe/Am Rautenberg	550	-2,00	+5,91
Unteres Silberbachtal: Heiligenkirchen/Am Höwel	390	-1,75	+8,49
Mittleres Berlebecketal: Berlebeck/ Hangsteinstr.	440	-6,64	+26,92
Mittleres Berlebecketal: Heiligenkirchen/Mühlenweg	550	-2,60	+10,89
Mittleres Wiembecketal: Hornoldend./Hornoldend.-Str.	235	-1,75	+5,90
Oberes Werretal: Remmighauser Straße	605	-0,70	+5,41
Oberes Werretal: Volkhausenstraße	480	-1,84	+9,98
Oberes Werretal: Falkenkrugstraße	650	-2,10	+20,88
Unteres kleine Werretal: Volkwinstraße	295	-1,62	+8,59
Oberes kleine Werretal: Nördlich Rödlinghausen	260	-1,45	+9,20
Oberes Heidenbachtal: Friedrich-Ebert-Straße	300	-0,86	+5,39
Oberes Heidenbachtal: Heidebachstraße	540	-1,70	+9,70
Unteres Heidenbachtal: Hiddeserstraße	390	-1,85	+11,40
Unteres Werretal: Pivitsheider Straße	520	-2,66	+11,89
Unteres Werretal: Klingenbergstraße	315	-0,81	+6,00
Unteres Sylbecketal: Poppenbrede	400	-0,95	+4,81
Mittleres Sylbecketal: Siedfriedstraße	270	-1,23	+7,95
Oberes Sylbecketal: Braker Straße	150	-1,46	+4,20

Tab. 17 Horizontale Ausdehnung der wichtigen Kalt-/Frischluftleitbahnen im Detmolder Stadtgebiet. Die Leitbahnbreite wurde aus den Meßfahrten zum Temperatur und Feuchtefeld abgeleitet. Angegeben sind zusätzlich die das Kaltluftpaket in der Leitbahn beschreibende Temperatur- und Feuchtedifferenz zu angrenzenden Strukturen.

Negativ sind besonders die Hindernisse zu werten, die in Kalt-/Frischluftleitbahnen liegen (z. B. Bahndamm zwischen Volkhausenstraße und Talstraße). Sie behindern deren Funktionalität oder mindern die Eindringtiefe der Kaltluft in die Bebauung (z. B. dicht bebauter Siedlungsrand an der Leopoldstraße). Sie sind in den Tab. 18 und 19 Grau unterlegt.

Austauschhemmende Verkehrsbauten/Gehölze	Angrenzender Ausgleichsraum
• Bahndamm zwischen Volkhausenstraße u. Talstraße	• oberes Werretal Spork-Eichholz
• Bahndamm im Bereich Alter Weg	• oberes Werretal Spork-Eichholz – Hangbereich Thüringer Straße
• Bahndamm im Bereich Leopoldstraße / Behringstraße	• kleines Werretal
• Gehölze im Bereich Friedenstal / Knochenbachtal	• Knochenbachtal
• Friedhof im Bereich Schorenstraße	• kleines Werretal
• Gehölze im Bereich Schießstand	• kleines Werretal

Tab. 18 Verkehrsbauten und linienhafte Gehölze mit einer potentiellen Hinderniswirkung für bodennahe Luftaustauschprozesse. Grau hervorgehoben sind diejenigen Barrieren, die Kalt-/Frischluftleitbahnen in ihrer Funktionalität stärker beeinträchtigen.

Austauschhemmender Siedlungsrand	Angrenzender Ausgleichsraum
• Gemeinbedarfsfläche Bezirksregierung Leopoldstr.	• oberes Werretal Spork-Eichholz
• Gewerbebetrieb Falkenkrugstraße	• oberes Werretal Spork-Eichholz
• Gemeinbedarfsfläche Grundschule Remmighauserstr.	• oberes Werretal Spork-Eichholz
• Mischbebauung Paulinenstraße / Langestraße	• Knochenbachtal
• Wohnbebauung Palaisstraße	• Knochenbachtal
• Wohnbebauung Joseph-Plaut-Weg / Kiewningstraße	• Knochenbachtal – Hangbereich Hiddeser Berg
• Wohnbebauung Friedrich-Ebert-Straße	• Heidenbachtal
• Misch-/Wohnbebauung Hiddesserstraße	• Heidenbachtal
• Wohnbebauung Sichterwiese	• Knochenbachtal – Hangbereich Viethberg
• Gewerbebetriebe/Gemeinbedarfsflächen im Bereich Heidenoldendorfer Straße	• Knochenbachtal – Hangbereich Viethberg
• Gewerbefläche Siegfriedstraße / Ernst-Hilker-Straße	• Sylbecketal
• Wohnbebauung im Bereich Denkmalstraße	• Silberbachtal

Tab. 19 Siedlungsränder mit einer potentiellen Hinderniswirkung für bodennahe Luftaustauschprozesse. Grau hervorgehoben sind diejenigen Barrieren, die das Eindringen von Kaltluft in die Bebauung stärker behindern.

5.3.6 Wirkungsbereich der Kaltluft in der Bebauung

Die Größe des Wirkungsbereiches der Kaltluft in der Bebauung (außerhalb der Leitbahnbereiche) hängt vor allem von

- der Intensität des Luftaustausches und
- der Kaltluftproduktion des zugeordneten Ausgleichsraumes (und damit von seiner vorherrschenden Grünflächenstruktur) und
- dem Vorhandensein von Austauschhindernissen

ab. Die Auswertung der Meßfahrten (s. Kap. 3.3.6) zeigte, daß die Kaltluft aus dem Detmolder Umland, gerechnet vom Bebauungsrand, in einen Saum von wenigen Dekametern bis zu etwa 1000 m nachzuweisen ist (s. Tab. 20). Der Eintritt der kühlen und saubereren Luft in die Bebauung orientiert sich dabei an ruhigkeitsarmen Strukturen, wie

- breiten Straßenzügen,

- Bahntrassen und
- Grün- und sonstigen Freiflächen.

In Tab. 20 werden die wichtigsten Eintrittsbereiche der Kaltluft aus den Leitbahnen und ihre Reichweiten aufgeführt. Im Übergangsbereich vom oberen Werretal in die Innenstadt wurde während Meßkampagne 10./11.1998 zusätzlich anhand der Rauchversuche der Kaltlufteintritt entlang Meierstraße und Schülerstraße nachgewiesen. In der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen (Karte 2) sind die nachgewiesenen Bereiche mit Kaltlufteinfluß in der Bebauung und die wichtigsten Eintrittsbereiche der Kaltluft dargestellt.

Leitbahnbezeichnung	Kaltluftreichweite (m)	Kaltlufteintrittsbereiche
Oberes Knochenbachtal / Neustadt	460-610	Lange Str., Kanal, Paulinenstr., Palaisstr.
Oberes Werretal südöstlich der Detmolder Kernstadt	710-730	Georg-Weerth-Str., Werreaue, Meierstr., Schülerstr., Exterstr.
Kleines Werretal	370-380	Blombergerstr., Lange Str.
Nördlicher Hangbereich Hiddeser Berg	580-740	Steinstoß, Lessingstr., Bandelstr., Hans-Hinrichsstr.
Heidenbachtal südlich Heidenoldendorf	460-640	Landertweg, Am Heidenbach, Hiddeser Str., Orbker Str., Bielefelder Str.
Nördlicher Hangbereich Viethberg	1010-1030	Sichterwiese, Klingenbergstr., Sportflächen, Grünflächen

Tab. 20 Nachgewiesene Kaltluftreichweiten und –eintrittsbereiche von Kaltluftströmungen verschiedener Leitbahnen in die Bebauung

Aus der flächenhaften Umsetzung für das Stadtgebiet von Detmold ergibt sich, daß in ansonsten austauscharmen Strahlungswetternächten

- die jeweils freiflächenfernsten Teile des Detmolder Stadtgebietes (im wesentlichen der Bereich zwischen Bielefelder Straße, Wittekindstraße, Georgstraße, Sylbeckestraße, Richthofenstraße, Behringstraße, Wotanstraße und Paulinenstraße sowie der nordwestliche Innenstadtbereich und das Gewerbegebiet West) nicht von autochthonen Austauschströmungen beeinflusst werden und keine lufthygienisch (und humanbioklimatisch) positive Ausgleichsleistung aus dem Detmolder Umland erfahren.
- die Stadtteile im Einflußbereich der Leitbahnen und Freiflächen, wie beispielsweise der südöstliche Innenstadtbereich, Spork-Eichholz, Sichterwiese und Teile von Braunenbruch, entlang von rauhigkeitsarmen Leitlinien (Grünflächen, Straßen) nahezu vollständig von kühler und sauberer Luft durchdrungen werden.

Die Austauschsituation im Stadtgebiet von Detmold zeigt während windschwacher Strahlungswetterlagen somit ein geteiltes Bild. Durch die enge Verzahnung von Freiflächen und bebauten Bereich und das direkte Einwirken von Kaltluftabflüssen aus dem Teutoburger Wald, stellen sich die Austauschverhältnisse im südlichen und östlichen Teil der Kernstadt positiv dar. Dagegen liegen die westlich und nördlich anschließenden Areale der Kernstadt, insbesondere auch die dichter bebauten Gewerbeflächen und Wohnbauflächen, außerhalb des Wirkungsbereichs von Ausgleichsströmungen. Die festgestellten Überwärmungsbereiche belegen die Einschätzung der Austauschsituation eindeutig (s. Kap. 5.4.1). Insgesamt stellt sich somit die Austauschsituation in Detmold als relativ ungünstig dar.

5.4 Informationsebene „Besondere Merkmale des Lokalklimas“

5.4.1 Überwärmungsbereiche

Die Meßfahrten sind hinsichtlich der Überwärmungsintensität als prozentuale Abweichung vom Gebietsmittel der Meßfahrt und der Äquivalenttemperatur ausgewertet worden (s. Kap. 3.3.2). Da bei den Meßkampagnen in Detmold nur Äquivalenttemperaturen unterhalb der Schwelle für empfundene Schwülebelastung festgestellt wurden, lag zu diesen Zeitpunkten keine humanbioklimatischen Belastungen vor. Aus diesem Grund wird diese humanbioklimatische Kenngröße in der „Klimafunktionskarte“ nicht dargestellt.

Statt dessen wird die Überwärmungsintensität als Indikator für ein mögliches Auftreten von humanbioklimatischen Belastungen in Siedlungsflächen genutzt. Es werden aber nur die Bereiche dargestellt, die mit hoch bzw. sehr hoch einzustufender Überwärmungsintensität einen deutlichen Hinweis auf das potentielle Auftreten von Schwüle geben. In der „Klimafunktionskarte“ sind die **Bereiche mit einer Überwärmungsintensität von mehr als 1,9 K vom Gebietsmittel** ausgewiesen. Da die humanbioklimatische Situation im Siedlungsbereich neben der Lufttemperatur und der Feuchte vor allem auch von der Durchlüftungsfähigkeit und der Einstrahlungsintensität abhängt, sind dichte und hohe Bebauungen in den Überwärmungsbereichen besonders gefährdet.

Folgende verdichtete Bebauungen in den Überwärmungsbereichen im Detmolder Stadtgebiet weisen ein besonderes Belastungspotential durch Schwüle auf:

- Wohn- und Mischbebauung im Bereich Paulinenstraße / Lagesche und Lemgoer Straße,
- Wohn- und Mischbebauung im Bereich Elisabethstraße / Bahnhofsstraße,

- Wohn- und Mischbebauung im Bereich Behringstraße,
- Gewerbegebiet Gehrenkamp und
- Gewerbegebiet West Bereich Klingenbergstraße.

5.4.2 Kaltluftsammelbereiche

Bereiche mit Kaltluftansammlung werden in den Tiefenlinien der Leitbahnen nur bodennah gebildet. In den Leitbahnen dominiert der horizontale Kaltlufttransport, so dass diese wenig wirksamen, kleinräumigen Phänomene eine untergeordnete Rolle spielen. In der „Klimafunktionskarte“ sind nur die nachgewiesenen Kaltluftsammelbereiche ausgewiesen worden. Weitere abflußlose Mulden, Senken und sonstige Hohlformen, die zur Kaltluftakkumulation neigen, sind im engeren Siedlungsgebiet von Detmold nicht festgestellt worden.

Deutliche **Kaltluftseebildungen** konnten **vor einigen hoch bzw. mittel einzustufenden Hindernissen in den Tiefenlinien** nachgewiesen werden. Hierbei handelt es sich aber in der Regel um temporäre Zustände, da die Hindernisse im Laufe der Nacht von der gestauten Kaltluft überströmt werden. Relevante Kaltluftseebildungen bestehen vor dem Bahndamm im Bereich Talstraße und vor dem Bebauungsriegel „Bezirksregierung“ im Bereich Leopoldstraße.

6 Klima- und immissionsökologische Planungsempfehlungen

Aus der differenzierten Analyse der klima- und immissionsökologischen Situation in Detmold lassen sich generelle, raum- und problembezogene Planungsempfehlungen für Klima und Luft ableiten. Sie sollen dazu dienen, die klimatisch-lufthygienische Umweltqualität in Detmold insgesamt zu verbessern und wichtige klima- und immissionsökologische Funktionen zu erhalten. Hierzu sollen begrenzt auftretende Belastungen lokalisiert und hinsichtlich des Belastungspotentials bewertet werden. Daraus lassen sich dann nach der Priorität geordnete Handlungsempfehlungen ableiten.

Die Karte der klima- und immissionsökologischen Planungsempfehlungen (Karte 3 und Abb. 22) kann gleichzeitig dazu dienen, Nutzungskonflikte mit konkurrierenden Planungen (Wohngebietsausweisungen, Gewerbe-/Industrieansiedlungen, Verkehrsplanungen) frühzeitig zu erkennen und den Aspekt Klima und Luft in den Abwägungsprozeß einzubeziehen.

In der Karte sind drei Gruppen von Planungshinweisen enthalten:

- Aussagen zu belasteten Bereichen mit zu verbessernder klimatisch-lufthygienischer Situation
- Hinweise zu Vorrangflächen für die Frisch-/Kaltluftlieferung
- Hinweise zur Erhaltung und Optimierung des autonomen Luftaustausches

Die Planungsempfehlungen (und damit auch die Planungsaussagen) beziehen sich vorrangig auf die Luftaustauschprozesse während windschwacher Strahlungswetterlagen zwischen dem engeren Detmolder Stadtgebiet (= Wirkungsraum) und den Freiflächen im Umland (= Ausgleichsraum), die für diese lufthygienisch belasteten Areale eine relevante Ausgleichsleistung erbringen können. Freiflächen mit fehlender Anbindung an einen Wirkungsraum sind deshalb von untergeordneter Bedeutung und nicht in der Planungskarte dargestellt. Desweiteren werden die kleineren innerstädtischen Grünflächen nicht in die Planungshinweise miteinbezogen, da sie nur für ihr unmittelbares Umfeld eine klimatisch-lufthygienische Ausgleichsleistung erbringen können.

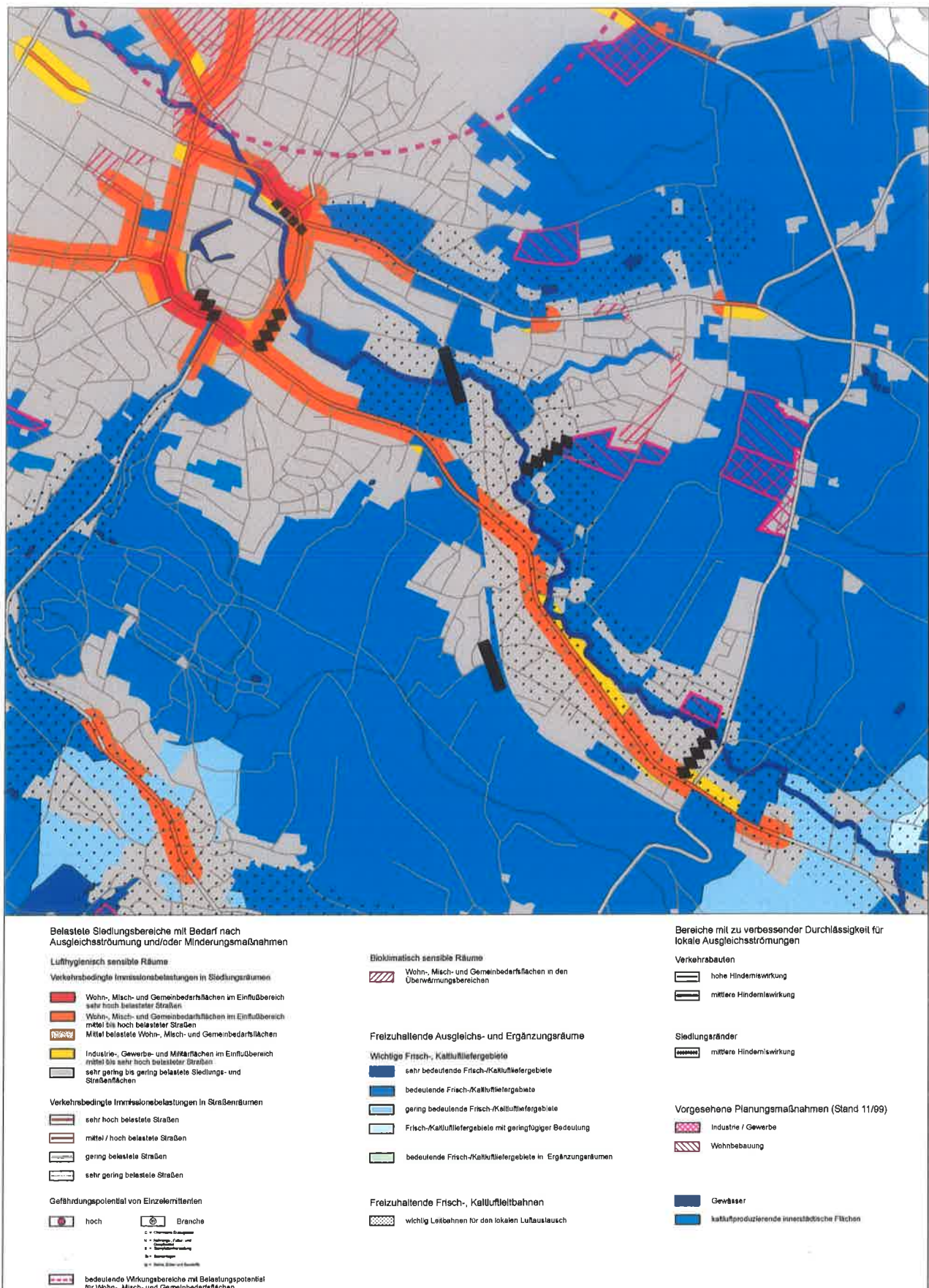


Abb. 22 Ausschnitt aus der digitalen Karte der klima- und immissionsökologischen Planungsempfehlungen für die Stadt Detmold

6.1 Lufthygienisch und/oder humanbioklimatisch belastete Siedlungsbereiche mit Bedarf nach Ausgleichsströmungen und/oder immissionsmindernden Maßnahmen

6.1.1 Lufthygienisch sensible Bereiche

Die lufthygienisch sensiblen Bereiche lassen sich aus der Überlagerung der Informationsebenen

- Immissionsbelastung der Straßenräume und Siedlungsflächen,
- Gefährdungspotential der Einzelemittenten und
- Immissionsempfindlichkeit der Flächennutzung

ableiten und im Stadtgebiet von Detmold lokalisieren.

Eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Luftschadstoffen weisen die Stadtareale auf, in denen der Akzeptor Mensch den schädlichen Einflüssen von Luftschadstoffen langfristig ausgesetzt ist und/oder die Aufenthaltsqualität (im Freien) nachhaltig gestört wird.

Diese Kriterien treffen auf die klima- und immissionsökologisch relevanten Flächeneinheiten Wohnbauflächen, Zentrum / Stadtteilzentrum / Dorfkerne (Mischbauflächen) und einen Teil der Gemeinbedarfsflächen (Schulen, Krankenhäuser etc.) zu. Hingegen ist die Immissionsempfindlichkeit von Gewerbe- und Industrieflächen sowie militärisch genutzte Flächen niedriger zu bewerten, da die Luftbelastung hier nur kurzzeitig auf den Menschen einwirkt.

6.1.1.1 Verkehrsbedingte Immissionsbelastung in Siedlungs- und Straßenräumen

Die lufthygienisch belasteten Straßenräume und Siedlungsflächen lassen sich direkt aus der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen übernehmen. Planungsrelevante Suchräume für die lufthygienischen Problembereiche sind vorrangig Straßenabschnitte mit einer sehr hohen oder hohen bis mittleren Immissionsbelastung und nachgeordnet, Siedlungsflächen mit einer mittleren und erhöhten Luftbelastung. Daneben gehören auch die an belastete Straßenräume angrenzenden Baublöcke zu den lufthygienisch beeinträchtigten Bereichen.

Als mittlerer Einwirkungsbereich der verkehrsbedingten Immissionen in die Baublöcke wird die Distanz zur Fahrbahnmitte angenommen, in der die NO_2 -Konzentration auf $\frac{2}{3}$ des Ursprungswertes gesunken ist. Aus der Abklingkurve für die NO_2 -Ausbreitung entlang einer Straße

läßt sich mit dieser Vorgabe ein Saum von 65 m Breite beiderseits der Straße (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESSEN 1996) ermitteln (s. Karte 3: Klima- und immissionsökologischen Planungsempfehlungen). Die Festlegung des Wirkungsbereiches der verkehrsinduzierten Luftbelastung erfolgte im Sinne einer konservativen Abschätzung und unter Umweltvorsorgeaspekten.

Aus dem lufthygienischen Belastungsniveau und der Nutzungsstruktur läßt sich folgende Prioritätenliste für Bereiche mit zu verbessernden lufthygienischen Bedingungen in den Siedlungsflächen festlegen:

1. Sehr hoch belastete Straßen und Wohn-/Mischbau-/Gemeinbedarfsflächen in deren Einflußbereich
2. Mittel bis hoch belastete Straßen und Wohn-/Mischbau-/Gemeinbedarfsflächen in deren Einflußbereich
3. Mittel belastete Wohn-/Mischbau-/Gemeinbedarfsflächen
4. Gewerbe- / Industrieflächen und militärisch genutzte Flächen im Einflußbereich mittel bis sehr hoch belasteten Straßen
5. Sehr gering bis gering belastete Siedlungs- und Straßenflächen

Danach sollte zunächst in den Stadtarealen, die der ersten Kategorie zugeordnet sind, Maßnahmen zur Verbesserung der lufthygienischen Wohnumfeldsituation ergriffen werden. Dagegen ist die Handlungspriorität bei den Gewerbe- und Industrieflächen als nachrangig einzustufen.

Eine weitere Differenzierung der Handlungspriorität innerhalb der potentiell belasteten Stadtareale kann nur erfolgen, wenn für die genannten Stadtbereiche komplexere numerisch-physikalische Verfahren zur räumlich hochauflösenden Modellierung des Immissionsfeldes zum Einsatz kommen oder konkrete Messungen zur Luftbelastung durchgeführt werden.

1. Sehr hoch belastete Straßen und die Wohn-/Mischbau-/Gemeinbedarfsflächen in deren Einflußbereich

Lufthygienisch sensible Wohn-/Mischbau-/Gemeinbedarfsflächen mit einem für Detmolder Verhältnisse besonders hohen lufthygienischen Belastungspotential sind im Einflußbereich folgender Straßenzüge anzutreffen (s. Karte 3):

- Südlicher Abschnitt des inneren Stadtringes im Bereich Paulinenstraße / Hornsche Straße

- Nördlicher Abschnitt des inneren Stadtringes im Bereich Behringstraße

2. Mittel bis hoch belastete Straßen und die Wohn-/Mischbau-/Gemeinbedarfsflächen in deren Einflußbereich

Lufthygienisch sensible Wohn-/Mischbau-/Gemeinbedarfsflächen mit einem mittleren oder erhöhten lufthygienischen Belastungspotential sind im Einflußbereich folgender Straßenzüge vorhanden:

- Nordwestliche und südöstlichen Abschnitte des inneren Stadtringes (Paulinenstraße, Wotanstraße, Leopoldstraße, Hornsche Straße)
- Die meisten Straßenabschnitte der Lageschen Straße, Lemgoer Straße und Hornschen Straße
- Straßenabschnitte der Bielefelder Straße im innenstadtnäheren Bereich und in Heidenoldendorf
- Heidenoldendorfer Straße und Hiddesser Straße im Bereich Heidenoldendorf
- Bereich Hermannstraße / Elisabethstraße
- Bereich Neustadt
- Friedrich-Ebert-Straße im Bereich Unter der Grotenburg
- Paderborner Straße im Bereich Friedenshöhe / Heiligenkirchen
- Teilabschnitte der Blomberger Straße im innenstadtnäheren Bereich und in Rödlinghausen
- Südliche Teilabschnitt Siegfriedstraße
- Barntruperstraße im Bereich zweier Einzelanwesen
- Ernst-Hilker-Straße Höhe Siegfriedstraße

3. Mittel belastete Wohn-/Mischbau-/Gemeinbedarfsflächen

Siedlungsflächen dieser Kategorie treten im Bereich Paulinenstraße / Bielefelder Straße und im Bereich Neustadt / Hornsche Straße auf.

4. Gewerbe- / Industrieflächen und militärisch genutzte Flächen im Einflußbereich von mittel bis sehr hoch belasteten Straßen

In diese Kategorie fallen Teilbereiche einer Vielzahl der Gewerbe-/ Industrieflächen im engeren Stadtgebiet von Detmold vor allem entlang folgender belasteter Straßen:

- Gewerbegebiet West im Bereich Klingenbergstraße und Lagesche Straße
- Gewerbeflächen im Bereich Lagesche Straße / Wittekindstraße und Industriestraße

- Gewerbeflächen im Bereich Bielefelder Straße Höhe Sprottauer Straße
- Gewerbegebiet Nord im Bereich Ernst-Hilker-Straße
- Gewerbeflächen im Bereich Hornsche Straße in Spork-Eichholz
- Militärisch genutzte Flächen im Bereich Barntruper Straße und Lemgoer Straße

5. Sehr gering bis gering belastete Siedlungs- und Straßenflächen

In diese Kategorie fallen alle sonstigen Siedlungsflächen (einschließlich der Dorflagen im Umland) und Straßenräume im Detmolder Stadtgebiet.

6.1.1.2 Gefährdungspotential von Einzelemittenten

Einzelemittenten mit einem erhöhten Gefährdungspotential nach dem Abstandserlaß NRW (MURL 1990) können zu lufthygienischen Beeinträchtigungen in angrenzenden immissionsempfindlichen Nutzungen führen. Eine besondere Planungsrelevanz kommt den genehmigungsbedürftigen Anlagen mit den höchsten Abstandsklassen zu.

In der Karte der klima- und immissionsökologischen Planungsempfehlungen (Karte 3) sind alle Einzelemittenten mit einem erhöhten Belastungspotential für Wohn-, Misch- und Gemeinbedarfsflächen aufgeführt. Es handelt sich um Anlagen mit einem Wirkungsbereich von 1 000 m bis 1 500 m. Die Wirkungsbereiche werden als Suchräume für lufthygienisch sensible Areale ausgewiesen, ohne dass die immissionsempfindlichen Nutzungen dort dargestellt werden. Eine stärkere Differenzierung der Aussagen wird nicht vorgenommen, weil konkrete Angaben zu den Emissionen der Einzelemittenten fehlen (Emissionsart, Emissionsmenge, Emissionsaustrittshöhe, Filtertechnik etc.), die Ausbreitungsbedingungen in diesen Bereichen nicht detailliert genug bekannt sind und keine Angaben zum Immissionsschutz (z. B. Pflanzungen) in den Abstandsräumen vorliegen.

Räume mit einem lufthygienischen Gefährdungspotential treten im Einflußbereich folgender Emittenten auf:

- Spannplattenwerk Nienhagen mit dem Einflußbereich Nienhagen, Krähenberg, Waldheide und Vogtei Heide
- Polymerisationsanlage, Anlage zur Schmelzklebstoffherstellung und Motorsportanlage mit dem Einflußbereich nördliche Kernstadt, Stadtteil Jerxerheide-Orbke, Jerxerschinken, Klüt und Herberhausen.

- Tierkörperbeseitigungsanlage mit dem Einflußbereich Stadtteil Loßbruch mit Bentrup
- Betonfertigteilewerke mit dem Einflußbereich Stadtteil Hiddesen und Stadtteil Heidenoldendorf mit Sichterheide, Waldheide und Sichterwiese

6.1.1.3 Handlungsempfehlungen

Insbesondere Wohnbauflächen und besonders sensible Gemeinbedarfsflächen, wie z. B. Kindergärten und Krankenhäuser, im Einflußbereich von stark belasteten Straßen und lufthygienisch besonders belastenden Einzelemittenten sollten über Planungsmaßnahmen eine Entlastung erfahren. Mögliche Maßnahmen sind:

- **Passive Immissionsschutzmaßnahmen:** Eine Minderung der Belastung ist durch Immissionsschutzpflanzungen in den vorhandenen Freiflächen zwischen Fahrbahn bzw. Einzelemittent und Bebauungen zu erreichen. Hinweise zur Ausgestaltung dieser Pflanzungen können der MLuS-92 (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- und VERKEHRSWESSEN 1996) und KVR (Hrsg.) (1995) entnommen werden.
- **Verkehrslenkende Maßnahmen:** Über eine Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit kann der Schadstoffausstoß pro KFZ herabgesetzt werden.
Über Einbahnstraßenregelungen ließe sich partiell eine Minderung des Verkehrsaufkommens erreichen. Problematisch ist allerdings die daraufhin eintretende Verkehrsverlagerung, die neue Problemzonen schaffen kann.
- **Ausbau und Stärkung des ÖPNV:** Durch Steigerung der Attraktivität des ÖPNV über höhere Taktzahlen und den Aufbau eines Park+Ride-Angebots kann der Zielverkehr Innenstadt schon im Außenbereich aufgefangen werden. Durch eine konsequente Parkraumbewirtschaftung kann die Attraktivität des ÖPNV indirekt gestärkt werden.
- **Emissionsminderung in den genehmigungsbedürftigen Anlagen** beispielweise durch Einsatz modernster Filtertechnik und emissionsärmerer Verfahrenstechniken.
- **Belüftung in den dicht bebauten Bereichen verbessern:** Mehr gut durchströmbare Grünflächen und sonstige Leitlinien für den Luftaustausch schaffen.
- **Bestehende Leitbahnen und Leitlinien für den Frisch-/Kaltlufteintritt in die Bebauung in ihrer Funktion fördern.**

6.1.2 Humanbioklimatisch sensible Räume

Die humanbioklimatisch sensiblen Bereiche lassen sich aus der Überlagerung der Informationsebenen

- Überwärmungsbereiche und
- Siedlungsflächen

ableiten und im Stadtgebiet von Detmold lokalisieren.

Generell stellt sich in Stadtarealen mit einer erhöhten Wärmebelastung (vgl. Kap. 3.3.3 und 5.3.1) ein humanbioklimatischer Diskomfort ein, der zu einer Minderung der Umweltqualität in den betroffenen Räumen führen kann. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Wärmebelastungen bei austauschschwachen Strahlungswetterlagen hängt in diesen Siedlungsflächen von verschiedenen Einflußgrößen ab. Zum einen spielen generell die Feuchteverhältnisse und damit der Grünflächenanteil eine wichtige Rolle, zum anderen ist die Versiegelungsintensität und das Bauvolumen, mit den damit einher gehenden Eigenschaften Wärmespeicherfähigkeit der Oberflächen und Durchlüftungsfähigkeit, ausschlaggebend.

In der Karte 3 sind die Siedlungsflächentypen Wohnbebauung, Zentrum / Stadtteilzentrum und Gemeinbedarfsfläche in den nachgewiesenen Überwärmungsbereichen als humanbioklimatisch sensible Bereiche dargestellt. Im einzelnen weisen folgende Areale eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten humanbioklimatischer Belastungen auf:

- Stadtteil Herberhausen
- Siedlungsflächen im nördlichen Bereich des engeren Detmolder Stadtgebietes beiderseits von Lagesche Straße, Lemgoer Straße, Feldstraße, Immelmanstraße, Siegfriedstraße und südlich Georgstraße
- Einzelne Baublöcke im Bereich Sachsenstraße
- Baublock im Bereich Paulinenstraße nördlich Industriestraße und Lagesche Straße
- Baublock im Bereich Behringstraße
- Einzelne Baublöcke in Rödlinghausen im Bereich Blomberger Straße und Rödlinghauser Straße

Handlungsempfehlungen

Insbesondere in den Wohnbauflächen und Gemeinbedarfsflächen sollte über Planungsmaßnahmen eine Entlastung herbei geführt werden. Mögliche Maßnahmen sind:

- **Zusätzliche wohnungsnahe, lokal wirksame Grünflächen:** Eine Minderung des Belastungspotentials ist durch Anlage von Grünflächen, z. B. durch Entsiegelungsmaßnahmen in Blockinnenbereichen, gegeben.
- **Bepflanzungen im Straßenraum:** Die Abschattungseffekte durch Bäume können der strahlungsbedingten Erhitzung von Oberflächen entgegenwirken. Hieraus sollten aber keine Behinderungen des horizontalen Luftaustausches besonders in Leitbahnen resultieren.
- **Maßnahmen an Bauten:** Durch Begrünung von Fassaden wird die Aufheizung von Oberflächen verhindert. Dadurch kann sich das Temperatur- und Feuchtefeld im Straßenraum ausgeglichener gestalten und es können somit Wärmebelastungen vermindert werden .

6.2 Freizuhaltende Frisch-/ Kaltluftliefergebiete

Für die Aufrechterhaltung der klima- und immissionsökologischen Leistungsfähigkeit von eigenbürtigen Ausgleichsströmungen ist eine ausreichende Frisch-/Kaltluftlieferung aus den zugeordneten Teileinzugsgebieten im Ausgleichs- und Ergänzungsraum entscheidend.

Die vegetationsbestimmten Freiflächen in den Einzugsgebieten liefern Frischluft, die durch die in jeder Leitbahn vorhandenen Straßen, aber z. T. auch durch Einzelemittenten, eine gewisse Vorbelastung erfährt. Diese hängt von der Emittentenstruktur (Anzahl, Lage und Belastungspotential der Emissionsquellen) und dem zeitlich stark variierenden Emissionsverhalten der Emissionsquellen ab (unregelmäßiger Abend-/ Nachtverkehr und wechselnde Betriebsproduktionszeiten) und wird deshalb in der Bewertung nicht berücksichtigt. In der Regel liefern die Einzugsgebiete über die Leitbahnen jedoch nur wenig vorbelastete Kaltluft, die somit meistens zu einer deutlichen Verbesserung der Luftqualität im Wirkungsraum beitragen kann.

Die Beurteilung der Frisch-/Kaltluftliefergebiete im Ausgleichs- und Ergänzungsraum erfolgt über die Parameter Massenstrom und Kaltluftproduktion anhand einer Bewertungsmatrix (Tab. 21). Dadurch erfolgt eine umfassende Charakterisierung des Kaltlufthaushaltes in den Teileinzugsgebieten. In den Ergänzungsräumen werden die wichtigen Teileinzugsgebiete nicht weiter klassifiziert, sondern über den Schwellenwert „Massenstrom $\geq 50 \text{ m}^3/\text{s}$ “ ermittelt. Die

Bedeutung der Frisch-/Kaltluftliefergebiete gibt das Entlastungspotential der Ausgleichs- und Ergänzungsräume wieder. In Karte 3 sind die möglichst von einer weiteren Bebauung freizuhaltenden Ausgleichs- und Ergänzungsräume dargestellt.

Kaltlufthaushaltliche Kenngrößen		Bedeutung der Frisch-/Kaltluftliefergebiete
Massenstrom (m ³ /s)	Kaltluftproduktion (Mio. m ³ /h)	
Ausgleichsraum		
≥ 500	≥ 10	sehr bedeutend
< 500 - ≥ 100	≥ 10	bedeutend
< 100 - ≥ 50	≤ 10	gering bedeutend
≤ 50	≤ 10	geringfügig bedeutend
Ergänzungsraum		
≥ 50	-	bedeutend

Tab. 21 Beurteilung der wichtigen Frisch-/Kaltluftliefergebiete

Die Frisch-/Kaltluftliefergebiete im Stadtgebiet von Detmold weisen folgende Bedeutung auf:

- **Sehr bedeutende Teileinzugsgebiete:** Wiggenbachtal, oberes Berlebecketal, Silberbachtal, Heidenbachtal und oberes Hasselbachtal.
- **Bedeutende Teileinzugsgebiete:** Einzugsgebiet Berlebeckerquelle, Einzugsgebiet zwischen Wallberg und Stenberg, Wiembecketal, Einzugsgebiete unterhalb der Grotenburg, Knochenbachtal, Einzugsgebiet Bereich Kupferberg, Retlagertal, oberes Werretal im Bereich Spork-Eichholz, oberes Werretal im Bereich Bannenberg, Strangbachtal, Wörbketal, Wedaschtal, Sylbecketal, Oetternbachtal und das kleine Werretal.
- **Gering bedeutende Teileinzugsgebiete:** Oberes Werretal nördöstlich Remmighauser Berg, Berlebecketal im Bereich Heiligenkirchen und unteres Hasselbachtal.
- **Geringfügig bedeutende Teileinzugsgebiete:** Unteres Werretal und das Einzugsgebiet zwischen Bielefelder Straße, Stoddartstraße und Oerlinghauser Straße.
- **Bedeutende Ergänzungsräume:** Bereich des unteren Oetternbachtals.

Handlungsempfehlungen

- Die Teilflächen der Ausgleichs- und Ergänzungsräume sollten in Abhängigkeit von ihrer Bedeutung für die Frisch-/Kaltluftversorgung der Kernstadt möglichst von Bebauung freigehalten werden. Bei geplanten Nutzungsänderungen in den Teileinzugsgebieten sollte gewährleistet sein, daß genügend große, zusammenhängende Kaltluftabflußbereiche mit günstigen

Reliefbedingungen und geringen Oberflächenrauigkeiten (besonders in den Tiefenlinien) sowie ein großer Anteil von Kaltluftproduzierenden Grünflächen erhalten bleiben, um die Ausgleichsleistung aufrechtzuerhalten.

- Generell sollten die Teileinzugsgebiete mit wenig emittierenden Quellen als emissionsarme Räume erhalten bleiben.
- Insbesondere in den lufthygienisch stärker vorbelasteten Kaltluftproduktionsflächen, sollte eine Steigerung der Emissionen vermieden und auf eine Minderung der lufthygienischen Belastung hingewirkt werden.

6.3 Freizuhaltende Frisch-/Kaltluftleitbahnen

Frisch-/Kaltluftleitbahnen im Stadtgebiet sind im Rahmen der Analyse der klima- und immissionsökologischen Funktionen und Prozesse ermittelt worden. Als verbindende Leitbahnen zwischen Ausgleichs- und Wirkungsraum treten für den lokalen Luftaustausch besonders in Erscheinung:

- Berlebecke-/Knochenbachtal
- Oberes Werretal
- Kleines Werretal
- Sylbecketal
- Heidenbachtal

Handlungsempfehlungen

- Die Leitbahnen sollten von zusätzlichen Bebauungen möglichst freigehalten werden. Ein hindernisfreier Leitbahnquerschnitt von mindestens 300 m ist anzustreben. Eine gut durchströmbarer Querschnitt von mindestens 50 m ist erforderlich, um die Funktion als Leitbahn aufrechtzuerhalten.
- Austauschhindernisse, die den Leitbahnquerschnitt abriegeln, sind zu vermeiden.
- Generell sollte auf den Erhalt bzw. die Entwicklung einer geringen Oberflächenrauigkeit (Richtwert: $z_0 < 0,5$ m) in der Leitbahn hingearbeitet werden.
- Die Leitbahnen sollten möglich als emissionsfreie oder zumindest emissionsarme Räume in Erscheinung treten.

6.4 Bereiche mit zu verbessernder Durchlässigkeit für lokale Ausgleichsströmungen

Zu unterscheiden ist zwischen Strömungshindernissen, die Frisch-/Kaltluftleitbahnen queren und damit deren Funktionalität herabsetzen, und Hindernissen, die im Übergang Bebauung / Freifläche das Eindringen von Frisch-/Kaltluft behindern. Eine Auflistung der Verkehrsbauten und Siedlungsränder, die als Strömungshindernisse für autochthone Luftaustauschprozesse in Erscheinung treten, ist in Kapitel 5.3.5 enthalten. Generell sind die Austauschhindernisse planungsrelevant, die die Kaltluftströmungen deutlich behindern können. Deshalb sind in der Karte der klima- und immissionsökologischen Planungsempfehlungen (Karte 3) nur die Hindernisse mit mindestens einer mittleren Hinderniswirksamkeit dargestellt. Es handelt sich um

- die Bahndämme im Bereich Drostenkamp, Kröppelfeld und Blombergerstraße sowie
- die Siedlungsränder im Bereich Leopoldstraße, Falkenkrugstraße, Paulinenstraße, Remmighauser Straße und Sichterwiese.

Handlungsempfehlungen

In diesen Bereichen sollte die Durchlässigkeit durch folgende Maßnahmen soweit verbessert werden, dass die lokalen Ausgleichsströmungen möglichst wenig behindert werden:

- Generell sollten die Übergangsbereiche zwischen Freiflächen und Bebauung durchströmbar gestaltet sein.
- Zusätzliche Verdichtung der Siedlungsränder durch Baulückenschließung und seitliche Einengung von Leitlinien für den Frisch-/Kaltlufteintritt in die Bebauung (Wege, Straßen, Grünzüge) sollten insbesondere in der Kernstadt vermieden werden.
- Optimale Übergangsbereiche ergeben sich bei aufgelockerter Bauweise mit zwischengeschalteten, rauigkeitsarmen Grünzügen (Mindestbreite 10 - 20 m).
- Riegelartige Baukörper und Dammbauwerke (Bahndamm) sollten vermieden werden oder möglichst viele Durchlässe aufweisen.

6.5 Abschätzung potentieller Auswirkungen von Planungsmaßnahmen

Über die Integration der mittelfristig angedachten Planungsmaßnahmen im Stadtgebiet von Detmold in die Karte der klima- und immissionsökologischen Planungsempfehlungen sind erste Aussagen zum möglichen Auftreten von klima- und immissionsökologischen Konfliktbereichen möglich.

Bei den vorgesehenen Ausweisungen von neuen Flächennutzungen werden Wohngebiete von Industrie-/Gewerbeflächen unterschieden. Der Grund hierfür liegt vor allem in ihrem unterschiedlichen Emissionspotential. Die Gefahr des Auftretens relevanter zusätzlicher Emissionen ist bei Gewerbebetrieben generell größer.

Insgesamt sind 17 vorgesehene Wohnbauflächen und 4 Industrie- und Gewerbeflächen, die in Absprache mit dem FB Stadtentwicklung der Stadt Detmold festgelegt wurden (Stand 11/98), in die Karte der klima- und immissionsökologischen Planungsempfehlungen (Karte 3) aufgenommen worden.

Die Beurteilung der möglichen Konflikte durch die geplanten Flächennutzungsänderungen erfolgt über die Lage und Größe der Gebiete im Zusammenhang mit den bestehenden klima- und immissionsökologischen Planungsempfehlungen für die betroffenen Flächen. Es handelt sich also um eine qualitative Abschätzung des Konfliktpotentials.

Generell bestehen Konfliktpotentiale dort, wo Flächennutzungsänderungen zu Verschlechterungen der Kaltlufthaushaltlichen Bedingungen im Ausgleichsraum führen. Desweiteren besteht bei neuen Industrie-/Gewerbeflächen die zusätzliche Gefahr von lufthygienischen Vorbelastungen der Kaltluftströmungen. Außerdem können durch Industrie-/Gewerbeflächen neue lufthygienische Belastungsbereiche entstehen oder bestehende vergrößert werden. Die zusätzliche Verkehrsbelastung durch die Baumaßnahmen kann in die Betrachtung nicht mit einbezogen werden, da zum jetzigen Zeitpunkt keine Aussagen zur Verkehrserschließung der Planungen vorliegen.

Nach den aufgeführten Kriterien weisen die meisten Planungsvorhaben kein Konfliktpotential zu den wichtigen klima- und immissionsökologischen Funktionen auf. Allerdings können sich in den folgenden Gebieten durch die geplanten Flächennutzungsänderungen relevante klima- und immissionsökologische Konflikte ergeben:

- **Wohnbaufläche westlich Heiligenkirchen im Bereich Denkmalstraße:** Die geplanten Bebauungen können den Kaltluftabfluß aus dem sehr bedeutenden Kalt-/Frischluftliefergebiet „Silberbachtal“ deutlich behindern.
- **Wohnbauflächen in den nordöstlichen Hangbereichen des Hiddeser Bergs und Viethbergs:** Bebauungen in diesen bedeutenden Kalt-/Frischluftliefergebiet reduzieren die zur Verfügung stehenden Kaltluftentstehungsflächen erheblich und führen deshalb zu einer nahezu vollständigen Unterbindung der vorhandenen Hangabwinde. Die Ausgleichsleistungen dieser Kaltluftströmungen in den angrenzenden Wirkungsräumen entfallen hierdurch.
- **Wohnbaufläche in Remmighausen westlich Remmighauser Straße:** Die geplanten Bebauungen können den Kaltluftabfluß im Leitbahnbereich des Werretals deutlich behindern.
- **Wohnbaufläche in Rödlinghausen südlich Siekswiese:** Die geplante Bebauung des Hangbereiches dieses bedeutenden Kalt-/Frischluftliefergebietes kann den vorhandenen Hangabwind deutlich behindern und vermindern außerdem die Kaltluftproduktion im Kaltlufteinzugsbereich.
- **Wohnbaufläche im Bereich südlich Volkwinstraße:** Die geplante Wohnbebauung kann die Kaltluftproduktion in dem bedeutenden Kalt-/Frischluftliefergebiet „kleines Werretal“ deutlich reduzieren.
- **Industrie-/Gewerbeflächen im Bereich Orbker Straße:** Gewerbliche Ansiedlungen in diesem Bereich können zu Immissionsanreicherungen in dem potentiellen Kaltluftsammelbereich „Werreaue“ führen (Bildung von Immissionssenken). Außerdem können sie die Vorbelastung der Kaltluftströmungen aus dem sehr bedeutenden Kalt-/Frischluftliefergebiet „Heidenbachtal“ erhöhen.
- **Industrie-/Gewerbeflächen nördlich Lagesche Straße:** Industrie-/Gewerbeflächen können im bedeutenden Ergänzungsraum „Oetternbachtal“ den Kaltluftabfluß behindern und über die Verminderung der Kaltluftproduktionsfläche auch die produzierte Kaltluftmenge verringern.
- **Industrie-/Gewerbeflächen im Bereich Hakedahl südlich Barntruper Straße:** Gewerbliche Ansiedlungen in diesem Bereich reduzieren die Kaltluftproduktion im bedeutenden Kalt-/Frischluftliefergebiet „Sylbecketal“ und können zu weiteren Vorbelastungen der Kaltluftströmung führen.

Generell besteht für die genannten Konfliktbereiche ein Bedarf an vertiefenden Abklärungen, wenn verbindliche Flächenausweisungen zu den Schutzgütern Klima und Luft in die Planung eingebunden werden sollen. Eine genauere Einschätzung des klima- und immissionsökologischen Konfliktpotentials ist allerdings erst dann möglich, wenn konkrete Bebauungsvorstellungen für die Planungsvorhaben vorliegen. Ziel muß dann sein, eine möglichst genaue quantitative Beurteilung der Planungsmaßnahmen unter klimatisch-lufthygienischen Aspekten vorzunehmen. Dazu sollten Modelle zu den Problemfeldern Lufthygiene und Kaltlufthaushalt eingesetzt werden, die eine flächendeckende, räumlich hochauflösende Aussage zu klimatisch-lufthygienischen Auswirkungen der geplanten Flächennutzungsänderungen ermöglichen. Die Ist-Analyse der klima- und immissionsökologischen Funktionen stellt eine geeignete Grundlage diesen Prognoseschritt dar.

7 **Ausblick**

Mit der Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen in der Stadt Detmold und der darauf aufbauenden Planungskarte steht dem kommunalen Umweltschutz ein Instrumentarium zur Verfügung, um die Schutzgüter Klima und Luft mit dem ihnen zukommenden Stellenwert in den Planungsprozeß auf der Ebene Flächennutzungs- und Landschaftsplanung einzubringen. Das Kartenwerk ermöglicht eine fundierte qualitative, in Teilaspekten auch quantitative, Ersteinschätzung der klimatisch-lufthygienischen Auswirkungen von Flächennutzungsänderungen.

Um die Informationen zum Aspekt Klima/Luft in den Bereichen des Stadtgebietes, in denen aktuell Planungsvorhaben anstehen, auf die Maßstabsebene Bebauungsplan zu bringen, sind allerdings noch vertiefende Analysen nötig. Durch den Einsatz von Modellen, z. B. zum Kaltlufthaushalt und/oder zur Immissionssituation, können die Auswirkungen der Bauvorhaben flächendeckend simuliert und in flächenscharfe Aussagen für den Bebauungsplan umgesetzt werden (Beispiel: Dimensionierung einer Abstandsflächen entlang einer viel befahrenen Straße; Mindestgröße einer Kaltluftproduktionsfläche). Die Modellergebnisse könnten bei konkreten Bauvorhaben außerdem als Grundlage für die Einbeziehung der Schutzgüter Klima und Luft im Rahmen des Abwägungsprozesses auf der Ebene der Bauleitplanung dienen.

Aus dem GIS-gestützten Vorgehen bei dieser Untersuchung ergeben sich noch Möglichkeiten, die Einbindung Schutzgüter Klima und Luft in den Planungsvollzug zu optimieren. Grundlage hierfür sind die Vorarbeiten im Rahmen der Analyse klima- und immissionsökologischen Funktionen, die auf eine Überführung der jetzt vorliegenden Kartenwerke in ein digitales Fachinformationssystem (FIS) KLIMA / LUFT zielen. Durch die angewendete Methodik können die einzelnen Informationsebenen mit den dazugehörigen Informationsschichten der Karten der klima- und immissionsökologischen Funktionen und Planungsempfehlungen mit relativ wenig Aufwand in die Grundstruktur eines FIS KLIMA / LUFT übertragen werden.

Das Kernstück eines FIS KLIMA / LUFT bildet eine relationale Datenbank, die sowohl die Fachdaten als auch die räumlichen Bezugsdaten enthält. Darüberhinaus werden im FIS Bewertungsverfahren und Modelle sowie Informationen über die verfügbaren Datenbestände und Methoden vorgehalten. Mit Hilfe der im FIS enthaltenen GIS-Funktionalitäten lassen sich die Fachdaten mit den Raumbezugsdaten verknüpfen. Auf diese Weise können die für die jeweiligen Aufgabenstellungen erforderlichen räumlichen Analysen durchgeführt sowie Daten und Arbeitsergebnisse visualisiert werden. Aufgrund des modularen Aufbaus kann ein FIS jederzeit um

weitere Informationsschichten und Auswertungsmodule erweitert und damit auf dem jeweils aktuellen Stand gehalten werden.

Die offene Struktur eines FIS KLIMA / LUFT würde darüber hinaus auch die Kopplung mit anderen Fachinformationssystemen (Verknüpfung mit in anderen Fachabteilungen vorhandenen Informationssystemen wie z. B. ein FIS GRÜNFLÄCHEN) ermöglichen, um so als Fernziel ein FIS UMWELT für die Stadt Detmold aufzubauen.

8 Literatur

- BECKRÖGE, W. (1990): Dreidimensionaler Aufbau der städtischen Wärmeinsel - am Beispiel der Stadt Dortmund. Materialien zur Raumordnung, Schriftenreihe vom Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum, Bd. 16, 243 S.
- BECKRÖGE W. und M. BRUSE (1998): ISIS-Kfz 1.3. Programmdokumentation. 36S.
- BIERBAUM, J. (1994): Entwicklung eines methodischen Vorgehens zur Ausscheidung, Bewertung und kartographischen Darstellung wichtiger Emittenten im Rahmen klima- und immissionsökologischer Gutachten. Unveröff. Diplomarbeit der Abt. Physische Geographie und Landschaftsökologie am Geogr. Inst. der Uni. Hannover, 103 S. + Anh.
- BImSchG - BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZ (1990): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen u. ä. Vorgänge. Fassung der Bekanntmachung vom 14.05.1990
- DANZEISEN, H. H. (1983): Experimentelle Untersuchung bodennaher Lufttemperatur- und Feuchteverteilung in Stadtgebieten mit Hilfe eines Meßwagens. Beiträge Landespflege Rheinland-Pfalz 9, S. 7-34
- DER OBERSTADTDIREKTOR DER STADT MÜNSTER (Hrsg.) (1992): Stadtklima Münster. Werkstattberichte zum Umweltschutz, H. 1, 247 S.
- DREIUNDZWANZIGSTE VERORDNUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZES – 23. BImSchV (1996): Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten vom 16.12.1996. BGBl. I, S. 1962
- DWD - DEUTSCHER WETTERDIENST (1998): Windstatistiken der Station Bad Salzuflen (Zeitraum: 1981-1992) und der Station Detmold (Zeitraum: 1985 – 1992).
- DWD - DEUTSCHER WETTERDIENST (1998): Wetterlagen März bis September 1998. Aus: Monatlicher Witterungsreport.
- DWD - DEUTSCHER WETTERDIENST (1996): Angaben zu austauscharmen Strahlungswetterlagen in Niedersachsen - praxisnahe Definition und Häufigkeitsspektrum. Mündliche Mitteilung des Leiters des Wetteramtes Hannover-Langenhagen
- EUROPÄISCHER WETTERBERICHT (1998): Daten der Station Bad Salzuflen für den Zeitraum 10./11.08.1998
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- und VERKEHRSWESSEN (1996): Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen (MLuS-92) - Teil: Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung. Köln, 46 S.
- FRANKE, J. (1985): Vergleichende Untersuchung von Hangabwindmodellen mit gemessenen Wind- und Temperaturprofilen. Unveröffentl. Diplomarbeit am Inst. für Meteorologie und Klimatologie der Uni. Hannover, 89 S.
- FRANKE, J. und G. TETZLAFF (1987): Zum Auftreten interner Schwerewellen im Kaltluftabfluß. Meteorologische Rundschau 40, H. 4, S. 118-126
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig, 346 S.
- GROSS, G., Th. FREY, Th. MOSIMANN, P. TRUTE und R. LESSING (1996): Die Untersuchung kleinräumiger Kaltluftabflüsse mittels empirischer Abschätzung und numerischer Simulation. Meteorol. Zeitschrift, N. F: 5, S. 76-89
- HÄCKEL, H. (1990): Meteorologie, Stuttgart, 382 S.

- HAENEL, H. D. (1988): Zum Verhalten von Kaltluftabflüssen über einer hangfolgenden Ebene - numerische Simulation und analytische Ansätze. Berichte des Inst. für Meteorologie und Klimatologie der Uni. Hannover, Bd. 31, 176 S.
- HAMMERSCHMIDT, U. (1991): Quantitative Erfassung der Versiegelungsstruktur im Stadtgebiet von Hannover und deren Einfluß auf die Grundwasserneubildung und deren Bedeutung für das Stadtklima. Unveröff. Diplomarbeit der Abt. Physische Geographie und Landschaftsökologie am Geogr. Inst. der Uni. Hannover, 113 S. + Anh.
- HERGERT, Th. (1991): Klimatische und lufthygienische Situation am Kronsberg und die Beeinträchtigung der klimaökologischen Ausgleichswirkungen durch Bebauung. Unveröffentl. Diplomarbeit der Abt. Physische Geographie und Landschaftsökologie am Geogr. Inst. der Univers. Hannover, 190 S.
- HERGERT, Th., Th. MOSIMANN und P. TRUTE (1993): Großmaßstäbige klima- und immissionsökologische Analyse und Prognose für die Bauleitplanung - Begutachtung der Kronsbergbebauung im Rahmen der Planungen für die Weltausstellung EXPO 2000. Geosynthesis, Veröffentl. d. Abt. Physische Geographie u. Landschaftsökologie am Geogr. Inst. d. Uni. Hannover, H. 5, 52 S.
- HESS, P. und H. BREZOWSKY (1969): Katalog der Großwetterlagen Europas. Berichte des DWD, Bd. 15, Nr. 113, Offenbach, 14 S. + Anh.
- HHS – HARLOFF HENSEL STADTPLANUNG INGENIEUR GMBH (1990): Empfehlungen zur Verkehrsentwicklung Detmold. Aachen, 109 S. + Anh.
- HÖPPE, P. (1985): Anwendungsmöglichkeiten eines instationären Energiebilanzmodells zur Bewertung der thermischen Behaglichkeit. Ann. der Meteorologie 22, S. 17-18
- HÜTTEMEYER, P. (1994): Empirisch-statistisches Modell zur Abschätzung siedlungsstruktur-abhängiger Schadstoffverteilungen mit einem GIS im Gebiet des Umlandverbandes Frankfurt (UVF). Unveröff. Diplomarbeit der Abt. Physische Geographie und Landschaftsökologie am Geogr. Inst. der Uni. Hannover, 134 S. + Anh.
- JENDRITZKY, G. (1991): Räumliche Darstellung der thermischen Umgebungsbedingungen des Menschen in der Stadt. Beiträge der regionalen und angewandten Klimatologie, Selbstverlag des Institutes für Physische Geographie der Universität Freiburg, H. 32
- KAMMERER, P. (1987): Computergestützte Reliefanalyse unter Verwendung des Digitalen Geländemodells. Münch. Geogr. Abhdl., Bd. A 36, München, 91 S.
- KIESE, O. (1988): Die Bedeutung verschiedenartiger Freiflächen für die Kaltluftproduktion und die Frischluftversorgung von Städten. Landschaft + Stadt 20, H. 2, S. 67-71
- KING, E. (1973): Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltlufthaushaltes und der Frostgefährdung durch Straßenverkehr. Ber. des DWD, Nr. 130, Bd. 17, Offenbach, 24 S.
- KRDL - KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI und DIN (Hrsg.) (1993): Lufthygiene und Klima - Ein Handbuch zur Stadt- und Regionalplanung. Düsseldorf, 507 S.
- KREIS LIPPE 1998: Straßenverkehrszählung 1995 (überarbeitet 1996) - Kreisstraßen im Stadtgebiet von Detmold
- KÜHLING, W. und H.-J. PETERS (1995): Die Bewertung der Luftqualität bei Umweltverträglichkeitsprüfungen. UVP Spezial 10. 2te Aufl., Dortmund, 329 S.
- KVR - Kommunalverband Ruhrgebiet (Hrsg.) (1991): Auswirkungen von Immissionsschutzpflanzungen - Beurteilung der Wirkung von Immissionsschutzpflanzungen am Kamener Kreuz. Essen, 54 S.
- KVR - Kommunalverband Ruhrgebiet (Hrsg.) (1992): Synthetische Klimafunktionskarte Ruhrgebiet. Essen, 68 S.

- LAHMANN, E. (1990): Luftverunreinigung - Luftreinhaltung. Berlin und Hamburg. 201 S.
- LANDESHAUPTSTADT DÜSSELDORF (Hrsg.) (1995): Klimaanalyse Düsseldorf. Umweltamt Düsseldorf. Essen, 237 S. + Karten
- LANDSCHAFTSVERBAND WESTFALEN-LIPPE (1998): Straßenverkehrszählung 1995 (überarbeitet 1996) - Bundes- und Landesstraßen im Stadtgebiet von Detmold
- LÖHR, V. (1997): Stadtklimatologische Untersuchungen in Detmold – ein Beitrag zu einer vorsorgenden Umweltplanung. Unveröff. Diplomarbeit des Fachbereich Geographie der Philipps-Universität Marburg, 152 S. + Anh.
- LUA NRW – LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (1995): Überlegungen zur Ermittlung der Hintergrundbelastung im Rahmen von Prüfungen gemäß § 40,2 BImSchG. Mitteilung zur MURL-Informationsveranstaltung im Juli 1995 zur 23. BImSchV vom 04.01.1999
- LUA NRW – LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.) (1998): Jahresbericht 1997. Essen, 192 S.
- LVA NRW – LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (1990): Flurkartenatlas 1 : 5 000
- LVA NRW – LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (1998a): ATKIS-Daten DLM 25/1 für das Stadtgebiet von Detmold (Stand: 1995)
- LVA NRW – LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (1998b): DGM 5-Daten für das Stadtgebiet von Detmold
- MAYER, H. und A. MATZARAKIS (1992): Stadtklimarelevante Luftströmungen im Münchner Stadtgebiet. Forschungsvorhaben Stadtluft. Abschlußbericht. Lehrstuhl für Bioklimatologie und Angewandte Meteorologie der Universität München. 96 S.
- MOSIMANN, Th., Th. HERGERT und P. TRUTE (1992): Analyse der klimaökologischen Funktionszusammenhänge in der Stadt Braunschweig mit Empfehlungen für die zukünftige Stadtentwicklung. Gutachten für die Stadt Braunschweig, Stadtplanungsamt, 84 S.
- MOSIMANN, Th., P. TRUTE und Th. FREY (1995): Die Bereiche Klima und Luft im Umweltinformationssystem der Stadt Hannover. In: Ber. Naturhist. Ges. Hannover 137, S. 15-43, Hannover
- MOSIMANN, Th., P. TRUTE, V. WICKENKAMP und Th. FREY (1996): Analyse der klima- und immissionsökologischen Funktionen in der Landeshauptstadt Schwerin. Gutachten für das Umweltamt der Landeshauptstadt Schwerin, 70. S. + Anhang und Karten
- MURL - MINISTER FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG und LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (1990): Immissionsschutz in der Bauleitplanung - Erläuterungen zum Abstandserlaß NRW. Düsseldorf, 121 S.
- DER OBERSTADTDIREKTOR DER STADT MÜNSTER (Hrsg.) (1992): Stadtklima Münster. In: Werkstattberichte zum Umweltschutz 1/1992, Münster, 247 S.
- NLÖ - NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (Hrsg.) (1994): Lufthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen - LÜN. Datenkatalog zur Luftgüte in Niedersachsen 1978 - 1992. Hannover, 109 S.
- NLÖ - NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (Hrsg.) (1998): 20 Jahre Lufthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen - LÜN. Datenkatalog zur Luftgüte in Niedersachsen 1978 - 1997. Hannover, 45 S. + Stationsanalysen
- NLÖ - NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (Hrsg.) (1999): Klima und Luft in der Landschaftsplanung. Druck in Vorbereitung

- NVS - NACHBARSCHAFTSVERBAND STUTTGART (Hrsg.) (1992): Klimaatlas. Stuttgart
- OKE, T. R. (1988): Street design and urban canopy layer climate. Energy and buildings 11, S. 103-113
- OKE, T. R. (1987): Boundary Layer Climates. 2nd ed., 435 S.
- PETERS, B. (1994): Aufnahme und Bewertung von Hindernissen für mikro- und mesoskalige lokale Luftaustauschprozesse. Unveröff. Diplomarbeit der Abt. Physische Geographie und Landschaftsökologie am Geogr. Inst. der Uni. Hannover, 154 S. + Anh.
- ROTACH, M. W. (1991): Turbulence within and above an urban canopy. In: Zürcher Geographische Schriften. H. 45, 245 S.
- SCHIRMER, H. (1988): Meteorologische Begriffsbestimmung zur Regionalplanung. Arbeitsmaterial, Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.), Nr. 133, Hannover, 117 S.
- STUA – STAATLICHES UMWELTAMT MINDEN (1998): Genehmigungsbedürftige Anlagen im Raum Detmold – Emissionserklärungszeitraum 1996.
- STADT MAINZ (Hrsg.) (1995): Umweltbericht 1994. Teil Stadtklima, Textband, 111 S. + Kartenband, 21 Karten
- STADT DETMOLD (Hrsg.) (1976): Flächennutzungsplan der Stadt Detmold. Genehmigt am 30.08.1976
- STOCK, P. und W. BECKRÖGE (1985): Klimaanalyse Stadt Essen. KVR - Kommunalverband Ruhrgebiet (Hrsg.), Essen, 123 S.
- TA-LUFT (TECHNISCHE ANLEITUNG ZUR REINHALTUNG DER LUFT) (1986): 1. BImSchVwV vom 27.02.1986, GMBL., 37. Jahrgang, Nr. 7, S. 95-143
- UBA - UMWELTBUNDESAMT (1997): Daten zur Umwelt. Der Zustand der Umwelt in Deutschland, Ausgabe 1997, Berlin, 183 S.
- UVF – UMLANDVERBAND FRANKFURT (Hrsg.) (1993): Umweltvorsorge-Atlas. Frankfurt a. M., wird laufend erweitert und aktualisiert
- UVF - UMLANDVERBAND FRANKFURT (Hrsg.) (1994): Die Klimafunktionskarte des UVF. Umweltschutzbericht VI: Klimaschutz, Bd. 3, Frankfurt, 19 S.
- VDI-KRDL (VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE - KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT) (Hrsg.) (1988): Stadtklima und Luftreinhaltung: Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung. Berlin / Heidelberg., 426 S.
- VDI-RICHTLINIE 3782 BL. 8 – ENTWURF (1998): Umweltmeteorologie – Ausbreitungsrechnung der Kfz-Emissionen.
- VDI-RICHTLINIE 3787 BL. 1 (1997): Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen.
- VDI-RICHTLINIE 3787 BL. 2 - ENTWURF (1992): Humanbiometeorologische Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung.
- WERNER, G. (1979): Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. Schriftenreihe Raumordnung des Bundesminist. f. Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, 06.032, Bonn, 116 S.
- WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1993): Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung - Folge 2. Stuttgart. 194 S.
- ZIMMERMANN, R. (1984): Klimawirkungen städtischer Freiräume in Ludwigshafen am Rhein. Mitteilungen POLLICHIA, 72, S. 163-253

ZIMMERMANN, R. (1988): Zur Ermittlung und Bewertung des Klimas im Rahmen der Landschafts- (rahmen-)planung. In: LFU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden - Württemberg (Hrsg.). Untersuchungen zur Landschaftsplanung, Bd. 14, 137 S.