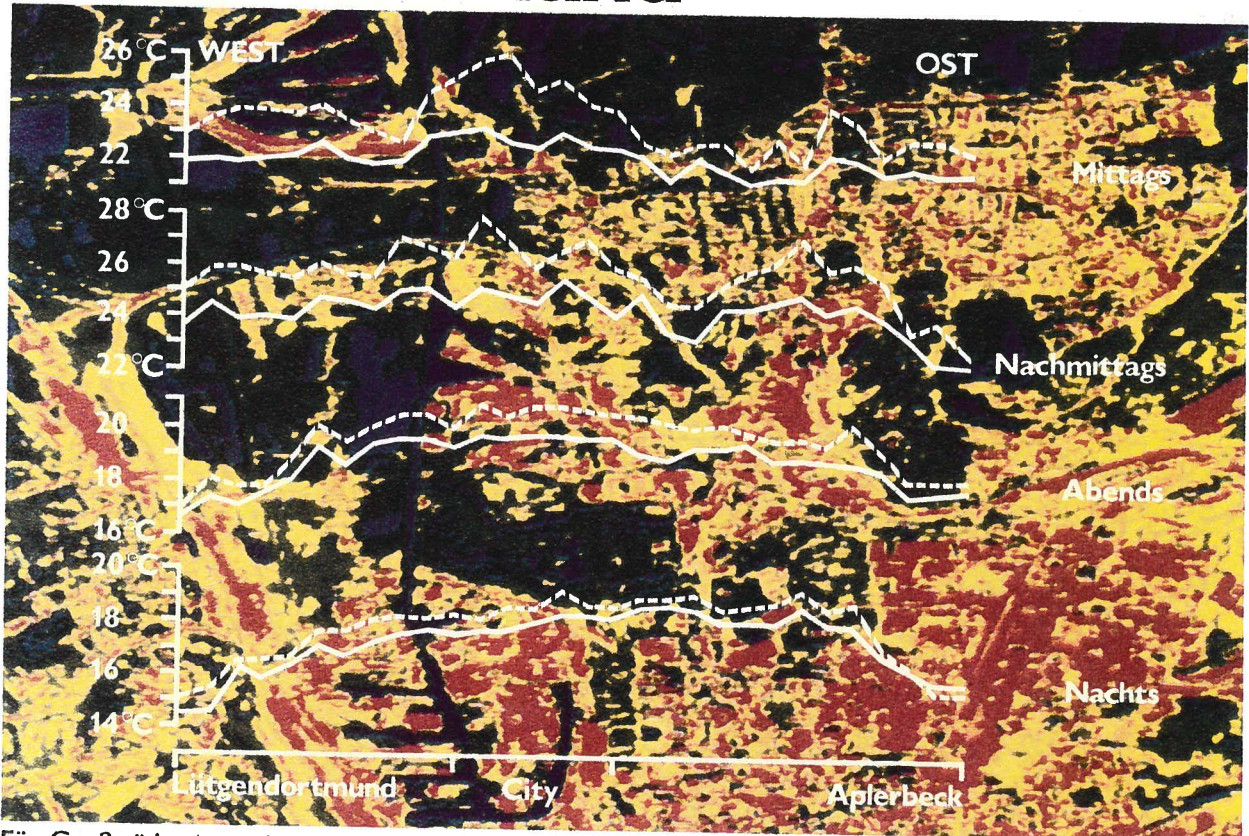


Klimaanalyse Stadt Dortmund



Für Großstädte ist es heute eine Frage des Umweltschutzes, klimatische Faktoren zu erkennen und in die Planung mit einzubeziehen.

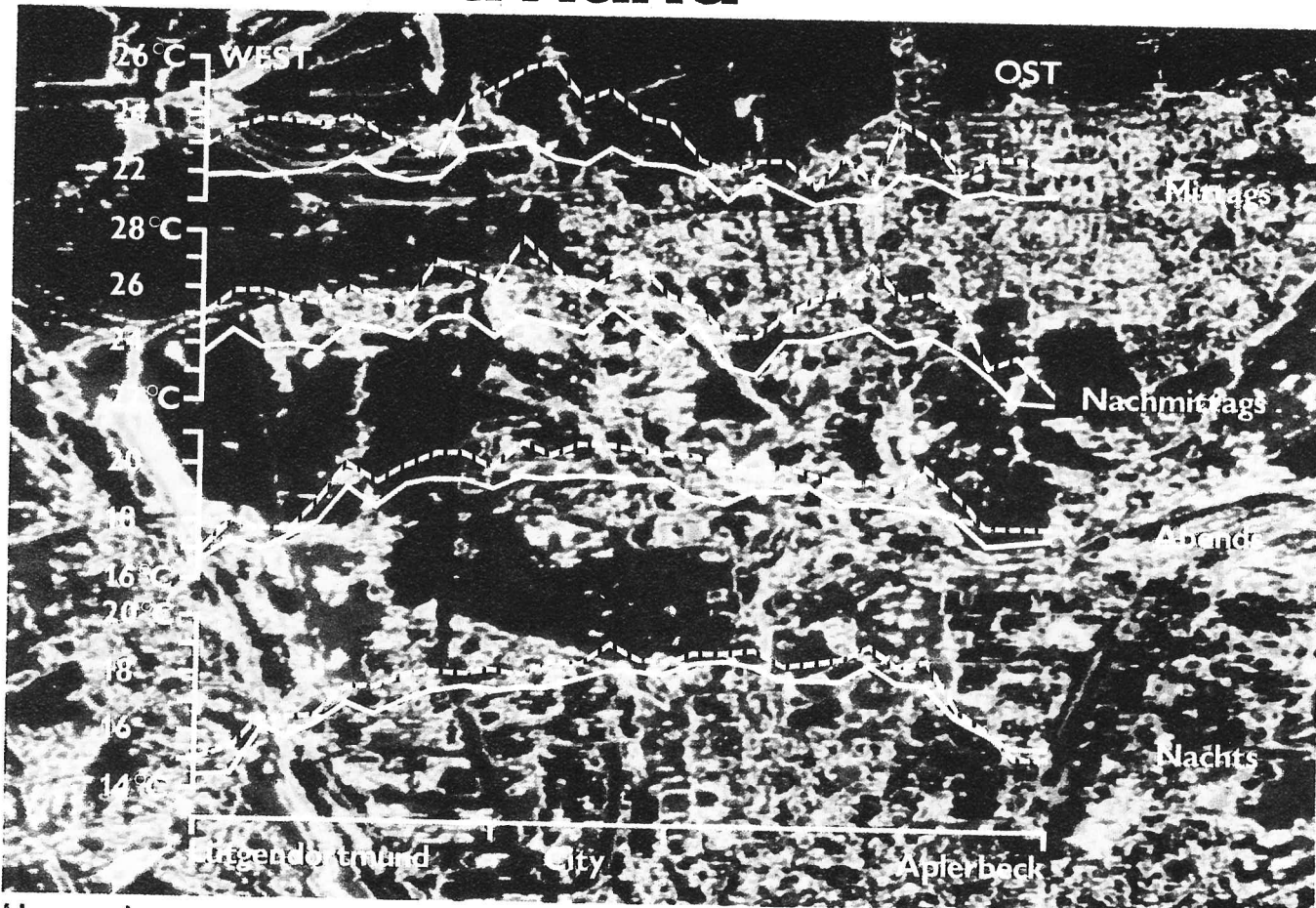
Die vorliegende Arbeit stellt für die Stadt Dortmund erstmals umfangreiches Datenmaterial zusammen, auf dessen Basis Zielvorstellungen zur klimatischen Umweltverbesserung entwickelt werden.



DAS RUHRGEBIET.

Kommunalverband

Klimaanalyse Stadt Dortmund



Herausgeber:

KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET

Abt. Karten-/Luftbildwesen und Stadtklimatologie

Bearbeiter: P. Stock, W. Beckröge, O. Kiese, W. Kuttler, H. Lüftner

Vorwort

Für den Umweltschutz ist die Berücksichtigung des Klimas von wesentlicher Bedeutung. Dies gilt insbesondere für die Städte in Europas größtem Ballungsraum. Es kommt hier darauf an, die Charakteristika des Stadt- und Geländeklimas zu erkennen, um durch geeignete planerische Maßnahmen z. B. die thermische Belastung in den Innenstädten abzubauen und Räume mit klimaverbessernder Wirkung in ihrer Funktion zu erhalten bzw. zu stärken.

Auf der Grundlage seiner umfangreichen stationären und mobilen Messungen, Infrarotaufnahmen und Sonderuntersuchungen hat der Kommunalverband Ruhrgebiet im Auftrag der Stadt Dortmund ein Klimagutachten erstellt. Es enthält wichtige Aussagen, die künftig bei der Stadtentwicklung, der Bauleitplanung und beim Umweltschutz zu berücksichtigen sind.

Klimagutachten sind bei der Abwägung in der Bauleitplanung oder aber bei der Entscheidung über konkrete bauliche Veränderungen in der Stadt von großer Bedeutung.

Im Mittelpunkt der Arbeit steht die Synthetische Klimafunktionskarte. In ihr wird die klimatische Gliederung des Stadtgebietes dokumentiert, und es sind die wesentlichen Meßergebnisse aufgeführt. In einer gesonderten Karte werden Planungshinweise gegeben, die gegebenenfalls durch ergänzende, kleinräumig orientierte Untersuchungen zu verfeinern sind.

Prof. Dr. Gramke
Verbandsdirektor

Reiff
Beigeordneter

Impressum

Planungshefte Ruhrgebiet, P018
Herausgeber: Kommunalverband Ruhrgebiet, Abteilung Öffentlichkeitsarbeit,
Kronprinzenstraße 35, 4300 Essen I
Postfach 10 32 64 · Telefon 02 01-20 69-0
Telex: 8 579 511 · Btx-Nr. *3 18 84 # · Telefax: 02 01-20 69-5 00
Redaktion: Anna Margarethe Blissenbach, Karen Hannappel
Grafik-Design: Holger Leistner
Fotonachweis: Kommunalverband Ruhrgebiet
Lithos: Kommunalverband Ruhrgebiet
Satz: NISA Nitschmann Satz GmbH, Bochum
Druck: Druckhaus Louisgang Gelsenkirchen
Copyright: Kommunalverband Ruhrgebiet 1986
Essen, Oktober 1986
Bestellnummer: P018
ISBN: 3-923494-65-3

Gliederung

1.	Einleitung	7
1.1	Allgemeine klimatische Charakterisierung des Dortmunder Raumes	7
1.2	Orographie	8
1.3	Die reale Flächennutzung Dortmunds	8
2.	Klimaelemente	10
2.1	Lufttemperaturverhältnisse	10
2.1.1	Ausgewählte Tages- und Jahresgänge der Lufttemperatur	11
2.1.2	Verteilung besonderer meteorologischer Tage im Meßgebiet	14
2.2	Luftfeuchte	14
2.3	Windfeld	15
2.3.1	Windgeschwindigkeiten	18
3.	Austauschvorgänge zwischen Stadt und Umland	20
4.	Die Synthetische Klimafunktionskarte von Dortmund	26
4.1	Kurze Erläuterungen zu den thematischen Inhalten der Synthetischen Klimafunktionskarte von Dortmund	27
4.1.1	Gewässer- und Seeklima	27
4.1.2	Freilandklima	27
4.1.3	Waldklima	28
4.1.3.1	Klima der kleinen Waldflächen	29
4.1.3.2	Immissionsschutzwald	29
4.1.3.3	Klima der Parkflächen	29
4.1.4	Klima der bebauten Flächen	29
4.1.4.1	Villenklima	29
4.1.4.2	Stadtrandklima	30
4.1.4.3	Städtische Klimate	30
4.1.4.3.1	Stadtklima	31
4.1.4.3.2	Innenstadtklima	31
4.1.4.3.3	Cityklima	31
4.1.4.4	Klima der Industrieflächen	31
4.1.4.5	Klima der Gewerbeflächen	31
4.2	Spezifische Klimateigenschaften	31
4.2.1	Kaltluftbereich	31
4.2.1.1	Stagnierende Kaltluft	31
4.2.1.2	Bodennebel	31
4.2.2	Kuppenlage	32
4.2.3	Halde (begrünt/unbegrünt)	32
4.2.4	Eisenbahngelände	32
4.2.5	Hauptverkehrsstraße	32
4.3	Spezielle Klimafunktionen	32
4.3.1	Windfeldveränderungen	32
4.3.2	Filterfunktion	32
4.3.3	Klimaausgleich	32
4.3.4	Klimatisch belastend	32
4.3.5	Abwärmeemission	32
4.3.5.1	Starke Abwärmeemission	32
4.4	Luftleitbahnen	32
4.4.1	Kaltluftabfluß	32
4.4.1.1	Starker Kaltluftabfluß	33
4.4.2	Unbelastete Luftleitbahn	33
4.4.3	Belastete Luftleitbahn	33
5.	Planungshinweise	34
5.1	Die Karte der Planungshinweise	35
	Literatur	39

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Summenhäufigkeiten der Tagesmittel der Lufttemperatur während eines Sommermonats (Juli 1985) im Wald (·-·-·) und in der Stadt (—)	11
Abb. 2: Summenhäufigkeiten der Tagesminima der Lufttemperatur während eines Wintermonats (Februar 1985) im Wald (·-·-·) und in der Stadt (—)	12
Abb. 3: Summenhäufigkeiten der Tagesminima der Lufttemperatur während eines Sommermonats (August 1984) im Freiland (—) und in der Stadt (—)	12
Abb. 4: Summenhäufigkeiten der Tagesminima der Lufttemperatur während eines Wintermonats (Februar 1985) im Freiland (—) und in der Stadt (—)	12
Abb. 5a: Stadt – Freiland	13
Abb. 5b: Wald – Freiland	13
Abb. 5c: Stadt – Wald	13
Abb. 6: Summenhäufigkeiten der Tagesmittel der relativen Luftfeuchtigkeit während eines Sommermonats (August 1984) im Freiland (—) und in der Stadt (—)	14
Abb. 7: Summenhäufigkeiten der Tagesmittel der relativen Luftfeuchtigkeit während eines Wintermonats (Januar 1985) im Freiland (—) und in der Stadt (—)	14
Abb. 8: Summenhäufigkeiten der Tagesmittel des Dampfdrucks während eines Sommermonats (August 1984) im Freiland (—) und in der Stadt (—)	15
Abb. 9: Summenhäufigkeiten der Tagesmittel des Dampfdrucks während eines Wintermonats (Januar 1985) im Freiland (—) und in der Stadt (—)	15
Abb. 10: Windrichtungsverteilung an den Stationen Münster, Lünen und Dortmund	17
Abb. 11: Vertikalwindgeschwindigkeiten, Standardabweichungen über 24 Stunden (Stadtzentrum/Lünen-Niederaden)	23
Abb. 12: Vertikale Temperaturschichtung nach Messungen vom 20. 8. 1984, 12.00 Uhr MEZ, und vom 21. 8. 1984, 1.00 Uhr MEZ	24
Abb. 13: Relative Windgeschwindigkeitsprofile aus Vertikalsondierungen in Lünen-Niederaden und Dortmund (Stadthaus) für neutrale bzw. labile und stabile Schichtung	25
Abb. 14: Tagesgang der Lufttemperatur am 22. 8. 1984	28

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Standorte der Meßstationen	10
Tab. 2: Monatliche Mittel und Jahresmittel des Dampfdrucks e (in hPa) während des Meßzeitraums 8/84–7/85	15
Tab. 3: Mittlere Windgeschwindigkeiten an den verschiedenen Stationen im Jahre 1985 (in m/sec und in % der in Lünen gemessenen Werte)	18
Tab. 4: Schwach ($\leq 1,5 \text{ ms}^{-1}$) und Starkwinde ($> 5,5 \text{ ms}^{-1}$) in % an den Dortmunder Stationen Westfalenpark (1970–1974), Barop (1985) und Hainallee (1985)	20
Tab. 5: Mittlere Windgeschwindigkeiten, nach Tageszeiten und in % (Lünen = 100 %) unterschieden, für den Zeitraum vom 1. 1. 1985 bis 31. 12. 1985 im Meßnetz Dortmund	20

Verzeichnis der Karten im Anhang

- Synthetische Klimafunktionskarte (auf der Rückseite Übersicht der Klimadaten)
- Karte der Planungshinweise
- Wärmebildplan Tagsituation
- Wärmebildplan Nachtsituation

I. Einleitung

Die Klimaanalyse der Stadt Dortmund wurde in den Jahren 1983–1985 erarbeitet. Es wurde das gesamte Stadtgebiet untersucht. Folgende Zielsetzungen waren dabei vorgegeben:

1. Das Gebiet sollte nach klimatologischen Gesichtspunkten in Klimatope untergliedert werden.
2. Diese Untergliederung ist mit einer Reihe von Meßkampagnen untermauert worden. An zehn Stationen wurden über ein Jahr Temperatur-Feuchte-Messungen durchgeführt, an fünf Stationen das Windfeld analysiert und mit Hilfe eines Klimameßwagens sowie mit einer Sonde zusätzliche Daten erhoben. Neben Infrarotaufnahmen wurde durch das SODAR-Verfahren die Thermik über der Stadt erfaßt.
3. Aus den gewonnenen Daten wurden Planungshinweise erarbeitet und in einer gesonderten Karte dargestellt.

Aus den umfangreichen Erhebungen und Darstellungen wird hier eine Zusammenfassung vorgestellt, die die wesentlichsten Ergebnisse enthält.

Sie führen zur Synthetischen Klimafunktionskarte von Dortmund und letztendlich zur Karte mit den Hinweisen für die Planung.

I.1 Allgemeine klimatische Charakterisierung des Dortmunder Raumes

Die Stadt Dortmund liegt am Südrand der Westfälischen Tieflandbucht im Übergangsbereich zum Süderbergland. Großklimatisch gehört dieses Gebiet dem nordwestdeutschen Klimabereich an, kleinklimatisch dem Klimabezirk Münsterland. Letzterer ist charakterisiert durch milde Winter und relativ kühle Sommer, wie die Ausprägung der einzelnen Klimaelemente zeigt (vgl. Abb. 7 K*).

So liegt die Jahresmitteltemperatur im Raum Dortmund zwischen 9 und 10 °C. Mit 1–2 °C ist der Januar der kälteste Monat. Im April werden im Mittel 8–9 °C erreicht, im Juli – dem wärmsten Monat – 17–18 °C. Die mittlere Jahresschwankung der Lufttemperatur ist mit 16 K relativ niedrig und belegt damit die maritime Beeinflussung. Der mittlere Beginn eines Tagesmittels der Lufttemperatur von 5 °C, der in etwa den Beginn des Pflanzenwachstums kennzeichnet, liegt vor dem 20. 3., das mittlere Ende vor dem 20. 11.

Somit tritt an durchschnittlich 240–250 Tagen im Jahr eine Tagesmitteltemperatur von mindestens 5 °C auf. Im langjährigen Mittel treten 60–80 Tage mit einer Minimumtemperatur ≤ 0 °C (Eistage) auf. Sowohl Frost- als auch Eistage erreichen ihre maximale Häufigkeit im Januar. Der erste Frost (in 2 m Höhe über Grund) wird im Mittel am 29. 10., der letzte am 20. 4. beobachtet; die Dauer der frostfreien Zeit beträgt durchschnittlich 191 Tage.

Die mittlere Zahl der Sommertage mit einer Maximumtemperatur von 25 °C beläuft sich auf 20–30 Tage. Die meisten Sommertage weist der Juli auf. Die mittleren relativen Luftfeuchtigkeitsverhältnisse erreichen zwischen April und Juni (Monatsmittel 14.00 Uhr) ca. 70 % r.F., geringere Werte im Mai (55–60 % r.F.).

Die mittlere langjährige Niederschlagsverteilung im Raum Dortmund stellt sich folgendermaßen dar:

* Der Buchstabe K bezeichnet die Abbildungen auf der Rückseite der Klimafunktionskarte (Klimadaten).

Das Niederschlagsmaximum fällt in den Juli mit 80–90 mm, das Minimum mit 40–50 mm in den Februar. Die Jahressumme des Niederschlags liegt bei 700–750 mm (Abb. 1 K). Davon fallen 300–360 mm im hydrologischen Winterhalbjahr (November bis April) und 390–450 mm im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober). An durchschnittlich 180–190 Tagen im Jahr fallen mindestens 0,1 mm Niederschlag, an 130–140 Tagen wird mindestens 1 mm Niederschlag gemessen.

Dementsprechend weist das Jahr 150–160 trübe Tage mit einem Tagesmittel der Bewölkung von über $\frac{1}{10}$ der Himmelsbedeckung auf, und an 20–30 Tagen liegt der Bewölkungsgrad unter $\frac{1}{10}$. Die mittlere tägliche Sonnenscheindauer erreicht im Juli mit durchschnittlich 7,6–7,8 Stunden ihr Maximum, ihr Minimum im Dezember mit 1,2–1,4 Stunden. Die mittlere Windgeschwindigkeit pro Jahr liegt bei 3,5–4 m/sec. Die Winde kommen zu 50 % aus dem Sektor Süd bis West, zu 20 % aus Nordost bis Ost und zu 10 % aus nördlichen Richtungen. Im allgemeinen herrschen günstige Austauschbedingungen. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Klimadaten gibt Tab. 1 K (Klimafunktionskarte).

Durch das Wettergeschehen werden unterschiedliche Luftmassen in unsere Breiten transportiert. Gewöhnlich beschränkt man sich auf vier Hauptkategorien von Luftmassen: Tropikluft (T), Polarluft (P), Arktikluft (A) bzw. Antarktluft (AA) und Äquatorialluft (E).

In ihrem Ursprungsgebiet hat die Luftmasse bestimmte spezifische Eigenschaften bekommen. Die Tropikluft erhielt dort eine hohe Temperatur und, falls sie maritim beeinflusst ist, auch eine hohe relative Feuchte. Die kontinentale Tropikluft ist wärmer und relativ trockener als die maritime Tropikluft, enthält aber mehr Staub und wird daher durch kräftigen Trockendunst gekennzeichnet. Tropikluft bleibt gewöhnlich bei ihrer Bewegung polwärts aus dem Ursprungsgebiet stabil geschichtet.

Die Tropikluft tritt in Europa immer als Warmluftmasse auf und ist gewöhnlich 10–15 °C wärmer als Polarluft in derselben Höhe. Im Winter wird sie durch Temperaturen über 0 °C in der bodennahen Schicht gekennzeichnet, über dem Meer oft durch Temperaturen zwischen 5 und 10 °C.

Die Arktikluft ist in ihrem Ursprungsgebiet im allgemeinen sehr stabil geschichtet, oft kommt in den untersten Kilometern eine markante Temperaturinversion vor. Der Dampfdruck ist infolge der tiefen Temperaturen ebenfalls niedrig. Arktikluft ist rein.

Die Karte Klimadaten führt die Luftmassen anteilmäßig auf (Abb. 2 K, vgl. auch: Hess, P.; Brezowsky, H.: Katalog der Großwetterlagen Europas).

1.2 Orographie

Die Orographie hat prägenden Einfluß auf das Kleinklima. Dies wird durch die Messungen belegt. Das Stadtgebiet steigt von ca. 65 m über NN im Norden auf über 230 m über NN im Süden an. Bis zum Stadtkern von Dortmund erreicht das Gelände 80 m. Die flachen Täler der Emscher und des Körnebaches prägen das weite Landschaftsbild im Norden. Der flache Höhenrücken des oberen Hellweges trägt den Innenstadtbereich Dortmund und erstreckt sich dann der B I folgend nach Osten. Die südliche Eintalung der Emscher ist markanter, da nach Süden das Gelände zuerst sacht, dann deutlicher bis auf die Höhen des Niedersauerlandes ansteigt. Hier entwässern kleine Bäche das Gebiet nach Norden (Rupingsbach, Schondeile, Marksbach, um nur die wichtigsten zu nennen). Der Geländeabbruch hinab zum Ruhrtal ist mit über 100 m relativ hoch.

1.3 Die reale Flächennutzung Dortmunds

Dortmund ist mit 2106 Einwohnern pro km² dicht besiedelt, und dementsprechend entfallen nur 210 m² Freifläche auf jeden Einwohner. 9,2 % des Stadtgebietes sind Waldflächen, 53,6 % der Fläche sind besiedelt. 12991 ha sind Freiflächen. Seit

1976 wurde der Anteil der Freiflächen um 6 % reduziert (vgl. Städte- und Kreisstatistik Ruhrgebiet 1984). Das Stadtgebiet ist weitgehend zersiedelt.

Die klimarelevanten Stadtstrukturen werden flächendeckend in einer Karte gesondert dargestellt. Hier sollen nur einzelne Beispiele genannt werden. Das Stadtzentrum besteht aus 41,4 % dichter, hoher Bebauung und aus 33,7 % Straßenflächen. Der Grünanteil beträgt 5 %. Die Innenstadt Ost hat etwas günstigere Werte aufzuweisen. Die dichte Bebauung beträgt hier nur 20 %, 23 % sind Straßen, 37 % Gewerbe und Industrie sowie 11 % Grünflächen. Die Werte von Hombruch-Zentrum zeigen folgende Zusammensetzung: lockere Bebauung 13 %, dichte Bebauung 40 %, Straßen 22 %, Gewerbe- und Industrieflächen 13 % und 10 % Grünanteil.

Der Stadtbezirk 634 im Süden von Hombruch ist nur locker besiedelt. Deshalb ergibt sich folgende Aufteilung: 51 % lockere Bebauung, 5 % dichte Bebauung, 14 % Straßen und 30 % Grünflächen. Da vor allem der Versiegelungsgrad und die Baumassen verantwortlich sind für die Zahlenwerte, die für dichte Bebauung, Straßen, Gewerbe- und Industrieflächen gegeben werden, sind dies wichtige Hinweise auf das Maß der klimatologischen Veränderungen.

2. Klimaelemente

2.1 Lufttemperaturverhältnisse

Die Messungen wurden an zehn Stationen durchgeführt, deren Lage aus der Synthetischen Klimafunktionskarte und der Karte der Klimadaten erschlossen werden kann (vgl. auch Tab. 1). Jeder Station ist ein Klimogramm beigegeben, das die Ergebnisse der Messungen von August 1984 bis Juli 1985 zeigt (die Zeiteinteilung beginnt im Juni 1985 und springt im August wieder zurück auf 1984).

Tab. 1: Standorte der Meßstationen

1 Hallerey	Freiland, Feuchtgebiet
2 Hafen	Bahnanlage, Übergang vom Randbereich zur Innenstadt
3 Westerholz	Kleingartenanlage
4 Derne	Randsiedlung
5 Körne	Bahnanlage, Übergang zur Innenstadt
6 Stadthaus	Innenstadt
7 Hainallee	Randbereich Innenstadt
8 Bolmketal	Talau, Süd, Kleingartenanlage
9 Hülsenwald	Waldstation, Südbereich
10 Barop	Kuppe, Randbereich Dortmund-Süd, Freiland

Die Jahresmittel der Lufttemperaturen lagen in Dortmund über einer Grünfläche bei 8,3 °C (Station 10) und bei 9,8 °C in der Innenstadt (Station 6). Der Gebietsmittelwert über der Gesamtstadt lag bei 8,9 °C.

In der Abb. 7 K sind die monatlichen Mittel und Jahresmittel der Lufttemperatur in °C während des Meßzeitraumes 8/84 bis 7/85 wiedergegeben. Die Abb. 1 zeigt die Summenhäufigkeiten der Tagesmittel der Lufttemperaturen in der Stadt und im Wald für einen Sommermonat (Juli 1985). Aus der Abb. 1 wird ersichtlich, daß bei niedrigen Tagesmittelwerten bis etwa 15,7 °C sich die Stadt und der Wald hinsichtlich der Lufttemperaturen sehr ähnlich verhalten.

Die Unterschiede in der Summenhäufigkeitsverteilung sind deshalb nur relativ gering. Bei höheren Lufttemperaturen, wie z. B. an Strahlungstagen, reagieren die Stadt und die Waldatmosphäre bezüglich der Lufttemperatur unterschiedlich.

Die Stadt heizt sich etwas stärker auf als der Wald, was z. B. beim Vergleich der 80%-Werte offensichtlich wird: In der Stadt liegt dieser Wert bei 20,7 °C, im Wald hingegen bei 19,2 °C. Diese Unterschiede sind in einer Wintersituation (Februar 1985) kaum noch erkennbar (Abb. 2). Anthropogene Abwärme scheint zumindest im bodennahen Luftraum keine erhebliche Rolle zu spielen.

Wesentlich größere Temperaturunterschiede zeigen sich beim Vergleich der täglich erreichten Minimumtemperaturen zwischen Stadt und Freiland im Sommer (August 1984, Abb. 3). So weist das Freiland ein absolutes Minimum der Lufttemperatur mit 7,1 °C auf, während in der Stadt ein entsprechender Wert von 11,6 °C gemessen wurde. Die gesamte Kurve der Summenhäufigkeitsverteilung, die Freilandwerte repräsentiert, ist deutlich nach links verschoben, während diejenige der Stadtwerte deutlich in Richtung höherer Tagesminima versetzt ist. Auch werden in der Stadt aufgrund der höheren Wärmekapazität der Baumaterialien Tagesminima bis zu 19,5 °C, im Freiland hingegen nur bis zu 17,3 °C erreicht.

Im Winter (Februar 1985, Abb. 4) ist die Schwankungsbreite der Tagesminima der Lufttemperaturen wesentlich breiter als im Sommer. Die niedrigsten täglichen Lufttemperaturwerte liegen im Freiland zwischen -15,4 °C und 6,8 °C, in der Stadt zwi-

schen -12°C und $6,9^{\circ}\text{C}$. Dies verdeutlicht, daß auch im Winter die Lufttemperaturen in der Stadt nicht so weit absinken wie im Freiland.

Gerade bei den extrem niedrigen Werten der Tagesminima werden die Unterschiede zwischen bebauter und nicht bebauter Fläche evident. Dies drückt sich in der Spreizung der beiden Summenhäufigkeitsverläufe unterhalb der 40%-Werte aus. Auch im Vergleich der 50%-Schwellenwerte sind die Unterschiede relativ groß. Für die Stadt wurde dieser Wert auf $-1,8^{\circ}\text{C}$, für das Freiland auf $-4,8^{\circ}\text{C}$ berechnet.

2.1.1 Ausgewählte Tages- und Jahresgänge der Lufttemperatur

Die stündlichen Lufttemperaturverhältnisse im Jahresverlauf werden beispielhaft in Form von Thermoisoplethen als mittlere stündliche Temperaturdifferenzen für die Klimatoppare Stadt–Freiland, Stadt–Wald, Wald–Freiland dargestellt. Abb. 5a zeigt die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Freiland. Tagsüber – insbesondere vom frühen Vor- bis zum späten Nachmittag – sind die Lufttemperaturen im Freiland entweder denen in der Stadt gleich, oder sie erreichen gegenüber dem Stadtklimatop höhere Werte. Im allgemeinen kann davon ausgegangen werden, daß während der Nachtstunden in der Stadt höhere Lufttemperaturen vorherrschen als im Freiland. Dies gilt insbesondere für die ausstrahlungsstarken Sommernächte im Juli und August. Im Januar, März und z. T. im April sind höhere Temperaturen in der Stadt des Nachts nicht zu beobachten. Dies kann darauf zurückgeführt werden, daß sich keine anhaltenden autochthonen Wetterlagen einstellen, die zu den bekannten Überwärmungsverhältnissen in der Stadt führen.

Die ausgleichende Wirkung des Waldes auf die Lufttemperaturverhältnisse im Vergleich zum Freiland verdeutlicht Abb. 5b. Tagsüber – zwischen 8.00 und 18.00 Uhr – ist es im Freiland zwischen $0,5$ und $2,8^{\circ}\text{C}$ wärmer als im Wald. Nachts, insbesondere in den Sommermonaten, herrschen im Wald bis zu $3,8^{\circ}\text{C}$ höhere Temperaturen vor. Die Temperaturdifferenzen zwischen Wald und Freiland sind denjenigen zwischen Stadt und Freiland außerordentlich ähnlich.

Abb. 5c zeigt die Temperaturdifferenz zwischen Stadt und Wald; im allgemeinen sind über das Jahr die Temperaturunterschiede nicht besonders stark ausgebildet. Im einstrahlungsreichen Monat August jedoch treten zwischen 8.00 und 21.00 Uhr besonders hohe Stadttemperaturen auf, die auf die hohe Einstrahlungsintensität an verschiedenen Tagen dieses Monats zurückzuführen sind. In allen anderen Monaten sind die Lufttemperaturdifferenzen zwischen Stadt und Wald gering.

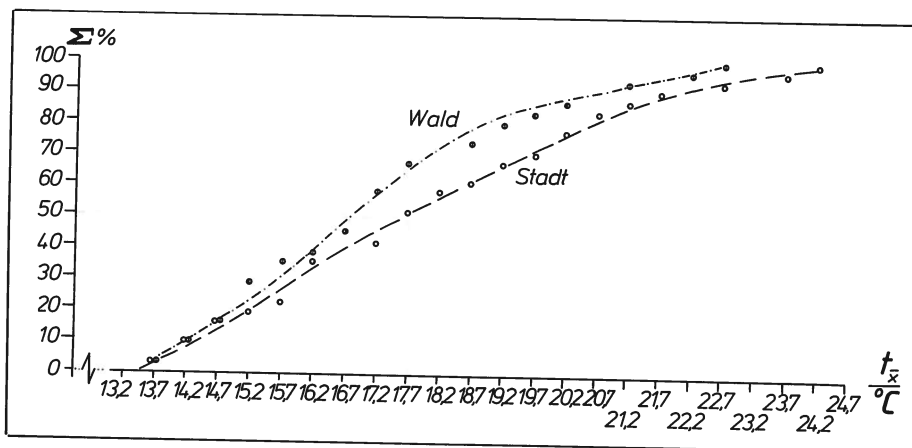


Abb. 1: Summenhäufigkeiten der Tagesmittel der Lufttemperatur während eines Sommermonats (Juli 1985) im Wald (·-·-·) und in der Stadt (—)

Abb. 2: Summenhäufigkeiten der Tagesminima der Lufttemperatur während eines Wintermonats (Februar 1985) im Wald (·-·-) und in der Stadt (---)

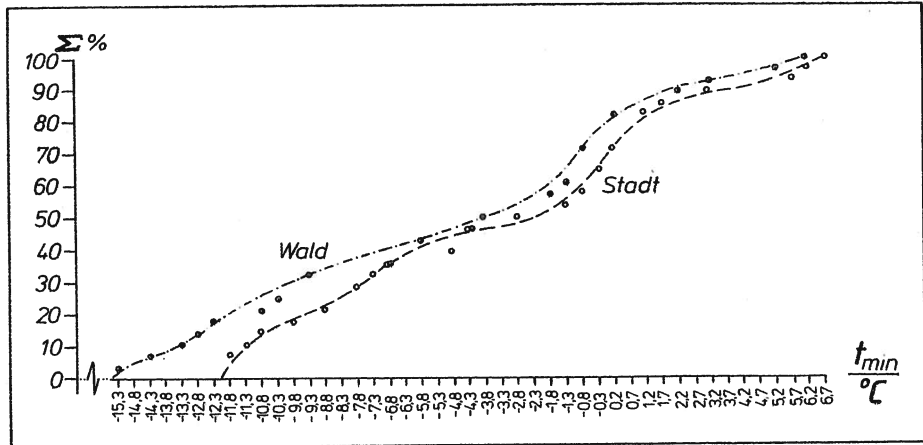


Abb. 3: Summenhäufigkeiten der Tagesminima der Lufttemperatur während eines Sommermonats (August 1984) im Freiland (-) und in der Stadt (---)

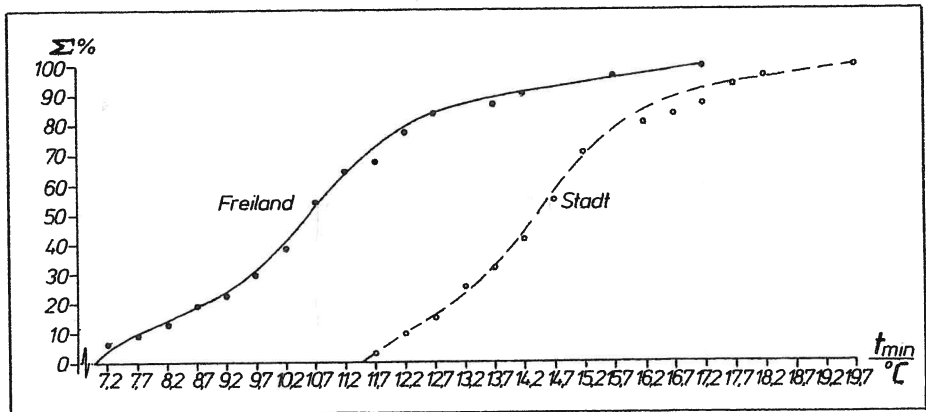
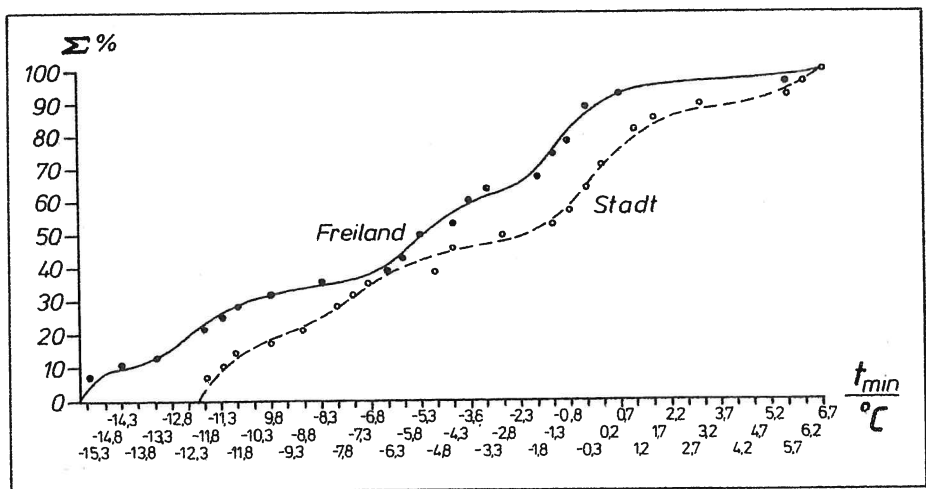


Abb. 4: Summenhäufigkeiten der Tagesminima der Lufttemperatur während eines Wintermonats (Februar 1985) im Freiland (-) und in der Stadt (---)



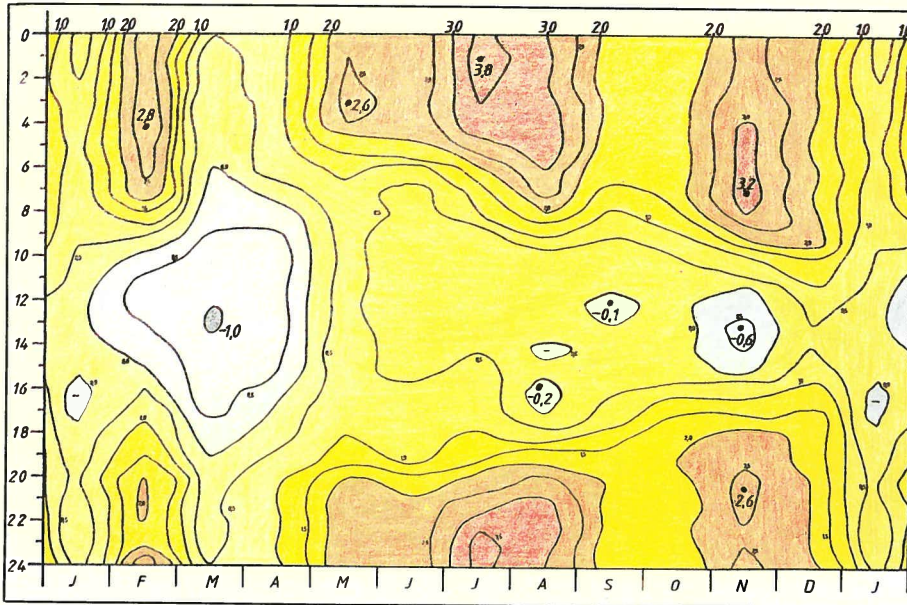


Abb. 5a:
Stadt – Freiland

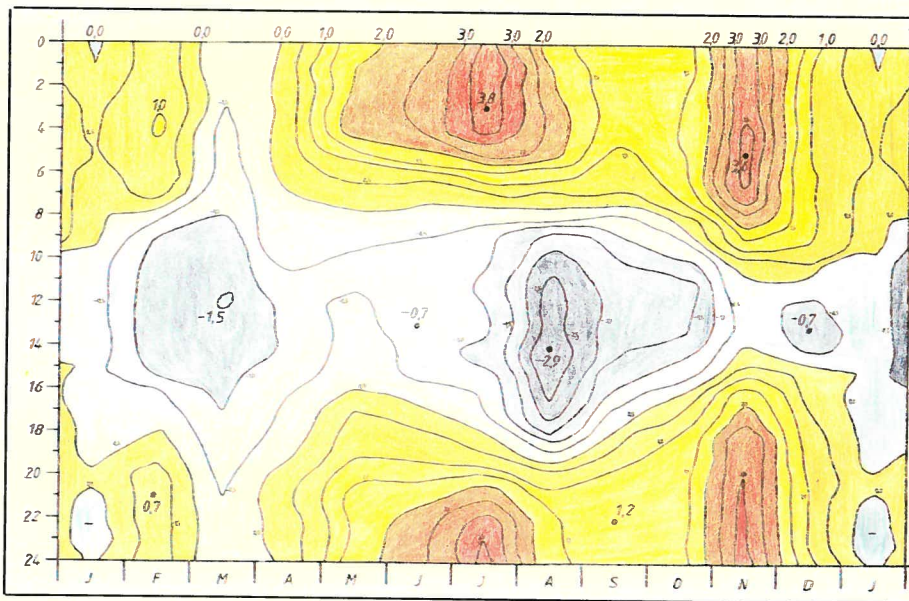


Abb. 5b:
Wald – Freiland

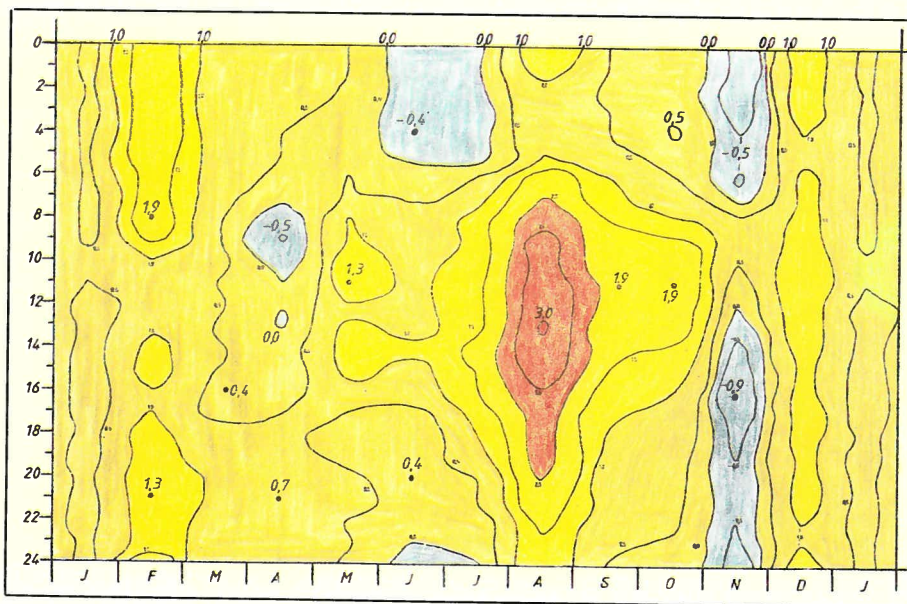


Abb. 5c:
Stadt – Wald

2.1.2 Verteilung besonderer meteorologischer Tage im Meßgebiet

Die Verteilung besonderer meteorologischer Tage im Meßgebiet wird in der Tab. 1 K dargestellt.

2.2 Luftfeuchte

Wie man Abb. 6 entnehmen kann, lassen sich aufgrund der in der Stadt vorherrschenden höheren Temperaturen deutlich geringere relative Luftfeuchtwerte als im Freiland nachweisen. Während die Schwankungsbreite der Tagesmittelwerte in der Stadt zwischen 58 % und 96 % r.F. liegt, bewegen sich die Luftfeuchtwerte im Freiland zwischen 74 % und 96 % r.F.

Diese Darstellung verdeutlicht die großen Unterschiede der relativen Luftfeuchtigkeit zwischen Stadt und Umland, die allerdings auf das unterschiedliche Lufttemperaturverhalten zurückzuführen sind. Daß die absolute Luftfeuchtigkeit in beiden – von der Flächennutzung sehr ungleich ausgestatteten – Klimatopen sehr ähnlich ist, zeigte bereits die Auswertung der Tagesmittel der absoluten Luftfeuchtwerte. Die in Abb. 7 enthaltenen Summenhäufigkeiten der Tagesmittel der relativen Feuchte für die Wintersituation (Januar 1985) zeigen keine großen Unterschiede zwischen beiden Klimatopen. Die Schwankungsbreite ist in der Stadt um ca. 4 % r.F. größer als im Freiland. Der 50%-Wert wird im Freiland bei 85 % r.F., in der Stadt bei 86 % r.F. erreicht. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß im Winter die relativen und absoluten Luftfeuchtigkeitsunterschiede zwischen Stadt und Umland gering sind.

Abb. 6: Summenhäufigkeiten der Tagesmittel der relativen Luftfeuchtigkeit während eines Sommermonats (August 1984) im Freiland (—) und in der Stadt (---)

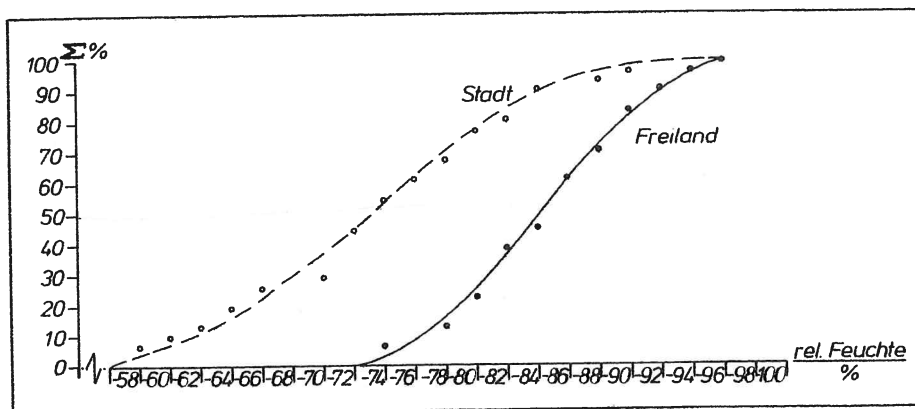
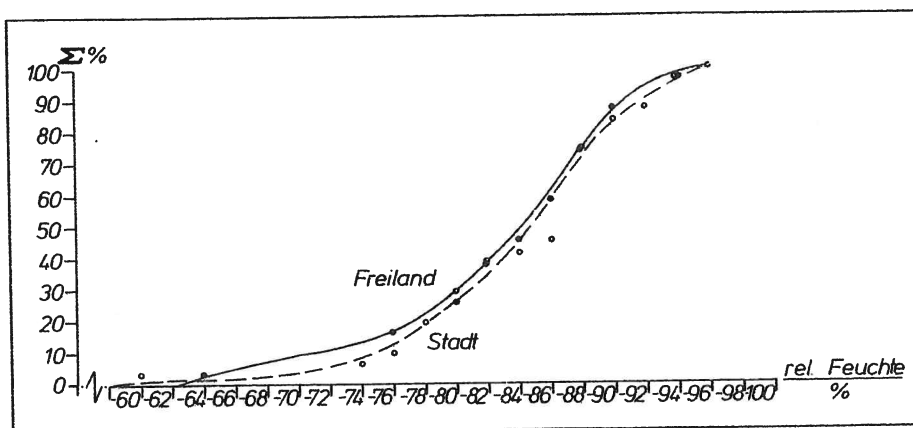


Abb. 7: Summenhäufigkeiten der Tagesmittel der relativen Luftfeuchtigkeit während eines Wintermonats (Januar 1985) im Freiland (—) und in der Stadt (---)



Eine tabellarische Zusammenfassung der Monatsmittel und der entsprechenden Jahresmittel der Luftfeuchtigkeitsverhältnisse, dargestellt als mittlere Dampfdruckwerte für die einzelnen Stationen, zeigt Tab. 2. Für das „Gebietsmittel“ (Werte in Tab. 2 jeweils in äußerst rechts stehender Spalte aufgelistet) wurde ein mittlerer Dampfdruck für den Meßzeitraum von 9,6 hPa berechnet. Der höchste Wert wurde mit 15,8 hPa im August, der niedrigste Wert mit 3,8 hPa im Januar erreicht. Im Vergleich zum „Gebietsmittelwert“ (9,6 hPa) wurde an Station 4 (randstädtisch, aufge-

lockert bebaut) mit 10,1 hPa der höchste Stationsmittelwert berechnet, im Grünflächenklimatop (Station 10) hingegen der niedrigste Wert mit 9,1 hPa.

Das höchste Monatsmittel wurde mit 16,7 hPa im Freilandklimatop (Station 8, Kleingartenanlage) im Sommer (August 1984) erreicht, das niedrigste Monatsmittel stellte sich mit jeweils 3,6 hPa in den Monaten Januar und Februar (1985) im Industriegebiet (Station 5) und im Freilandklimatop (Station 10) ein.

Um die Unterschiede zwischen den einzelnen Klimatopen besser vergleichen zu können, wurden am Beispiel der Stadt- und Freilandwerte für eine Sommer- und Wintersituation die Summenhäufigkeiten der Tagesmittel des Dampfdruckes in den Abb. 8 und 9 dargestellt. Wie Abb. 8 für die Sommersituation (August 1984) zeigt, sind die Unterschiede zwischen beiden Klimatopen hinsichtlich der absoluten Luftfeuchtigkeit relativ gering und insbesondere beim 95%-Wert kaum zu unterscheiden.

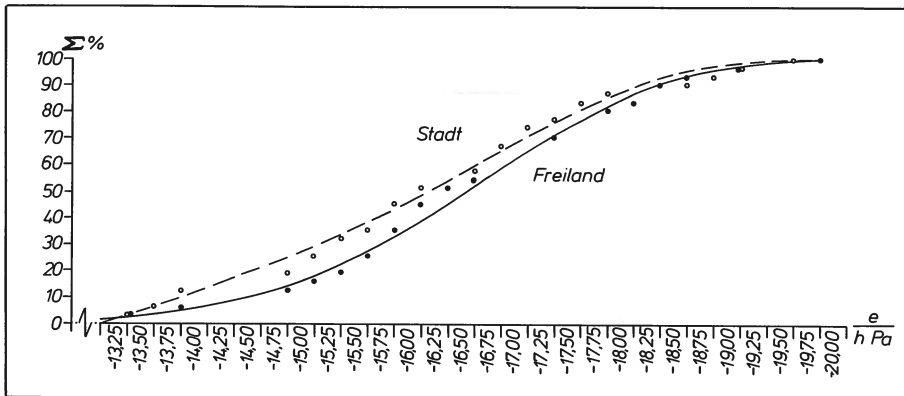


Abb. 8: Summenhäufigkeiten der Tagesmittel des Dampfdruckes während eines Sommermonats (August 1984) im Freiland (—) und in der Stadt (---)

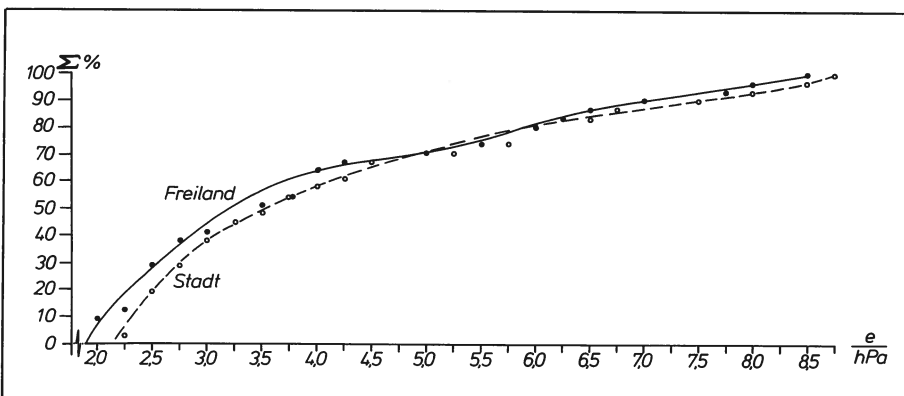


Abb. 9: Summenhäufigkeiten der Tagesmittel des Dampfdruckes während eines Wintermonats (Januar 1985) im Freiland (—) und in der Stadt (---)

Monat	Station										\bar{x}_{ge}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
August	14,9	16,4	15,5	16,2	15,8	16,1	15,7	16,7	14,8	16,0	15,8
September	12,4	13,2	12,7	13,5	13,1	12,8	12,9	12,5	12,9	12,5	12,9
Oktober	10,8	11,7	11,1	12,1	11,5	11,4	11,3	10,8	11,5	11,3	11,4
November	7,8	8,6	8,1	9,1	7,9	8,3	8,5	7,9	9,0	8,1	8,3
Dezember	6,5	6,8	6,5	7,2	6,1	6,9	6,9	6,5	6,6	6,4	6,6
Januar	4,0	3,9	3,8	4,2	3,6	4,0	4,3	3,7	4,0	3,6	3,9
Februar	4,1	3,9	3,9	4,2	3,6	4,2	4,4	3,8	4,0	3,6	4,0
März	6,8	6,6	6,3	6,9	5,9	6,6	6,5	6,4	6,5	6,0	6,5
April	8,2	8,1	7,8	8,4	7,0	8,0	8,3	8,5	8,0	7,1	7,9
Mai	11,6	12,4	11,7	11,9	10,9	11,1	11,6	11,6	11,6	10,5	11,5
Juni	11,9	12,5	12,6	12,5	11,8	11,0	12,5	12,0	12,4	11,1	12,0
Juli	14,2	15,2	14,9	15,0	14,1	13,4	14,9	14,6	15,0	13,2	14,5

Tab. 2: Monatliche Mittel und Jahresmittel des Dampfdruckes e (in hPa) während des Meßzeitraumes 8/84–7/85

2.3 Windfeld

Vom 20. 12. 1984 bis 16. 12. 1985 wurden an fünf Stationen, die radial um das Zentrum der Stadt Dortmund angeordnet waren, Windrichtung und -geschwindigkeit fortlaufend registriert. Da grundsätzlich mit einer Beeinflussung des Windfeldes

an den fünf Stationen im Dortmunder Stadtgebiet durch die Gebäudeagglomeration und die Straßenführungen gerechnet werden mußte, stand als Bezugsstation zum Vergleich mit ungestörten Freilandwinden die Windaufzeichnung einer Station bei Lünen zusätzlich zur Verfügung (Stationen 2, 3, 5, 7, 10).

Die Windrichtungsverteilung im Meßzeitraum entsprach den langfristigen Verhältnissen. Das bestätigte sich durch den Vergleich der in Lünen gemessenen Werte mit den 45jährigen Aufzeichnungen der Station Münster. Eine fast identische Windrichtungsverteilung ergab sich bei der Mittelbildung aus den fünf Stationen im Dortmunder Stadtgebiet (Abb. 10, 3 K, 4 K).

Das Windfeld wird durch eine Hauptströmungsachse SW-NE gekennzeichnet. Winde aus dem südwestlichen Quadranten (S-SW-W) mit Schwerpunkt aus SW sind die weitaus häufigsten. Im Sommerhalbjahr verlagert sich dieser Schwerpunkt mehr auf SW bis W, im Winterhalbjahr auf SW-S. Ein zweites Maximum in der Windrichtungshäufigkeit stellen Winde aus NE dar. Dieses Sekundärmaximum ist aber deutlich schwächer ausgebildet.

Winde aus dem südwestlichen Quadranten sind an die für Dortmund häufigen zyklonalen Wetterlagen gebunden. Dabei überqueren die Fronten der in der Regel von W nach E ziehenden Zyklonen das Untersuchungsgebiet. Jeder Frontdurchgang, vor allem der Durchzug der Kaltfronten, ist mit einem charakteristischen Windsprung verbunden. Vor der Kaltfront kommt der Wind im Warmsektor mehr aus südlichen bis südwestlichen, nach dem Durchzug der Kaltfront mehr aus westlichen bis nordwestlichen Richtungen. Der Wind frischt dabei deutlich auf. Erst eine Mittelbildung über viele Tage eliminiert den an die Frontdurchgänge gebundenen, von der Tageszeit unabhängigen Windsprung und läßt einen typischen Tagesgang der Windrichtung erkennen: Bei mittlerer SW-Richtung dreht der Wind mit tagsüber zunehmender Geschwindigkeit mehr auf WSW, nachts bei abnehmender Geschwindigkeit mehr auf SSW.

NE-Winde sind charakteristisch für Hochdruck- bzw. für Hochdruckrandlagen. Dabei erfolgen keine Frontdurchgänge, die zu kurzfristigen Windrichtungsänderungen führen könnten. Feststellbar ist eine tageszeitenbedingte Rechtsdrehung, die auch in Abhängigkeit von der tagsüber zunehmenden Windgeschwindigkeit steht.

Derartige Hochdruck- und Hochdruckrandlagen sind seltener als zyklonale Lagen und auch von kürzerer Dauer als diese. Die Windgeschwindigkeit ist dabei in der Regel auch deutlich niedriger als bei SW-Windlagen. Dafür sind die NW-Windlagen häufig von Wolkenarmut begleitet, so daß tagsüber die Einstrahlung und nachts die starke effektive Ausstrahlung für eine große 24-stündige Temperaturamplitude sorgen. Besonders die starke nächtliche Abkühlung des Freilandes bedingt zu dieser Tageszeit einen großen Temperaturgegensatz Stadt-Umland.

Winde aus anderen Richtungen sind selten. SE- und S-Winde treten ebenso wie N-Winde nur kurzfristig auf, vor allem dann, wenn die synoptische Situation einen Witterungsumschwung von dem einen stabilen Zustand (Hochdrucklage/Zyklonalage) zu dem anderen anzeigt. Im Meßzeitraum dauerten diese Windrichtungen selten über zehn Stunden und nie über einen ganzen Tag an.

Im allgemeinen muß im Stadtgebiet infolge erhöhter Rauigkeit mit einer Abbremsung des Freilandwindes gerechnet werden. Die Analyse der Windgeschwindigkeit an den fünf Dortmunder Stationen (Abb. 12 K) zeigt, daß die Abschwächung des Windfeldes gegenüber den Freilandverhältnissen durchaus unterschiedlich ist. Je nach Windrichtung kann es sogar zu dösenartiger Verstärkung kommen. Dieser Effekt wird besonders bei der Station Körne (5) deutlich. Hier wirkt der aus ENE geradlinig zum Stadtzentrum führende Gleiskörper der Bundesbahn für Winde aus SW und W ebenso wie für solche aus NE bis E als Leitbahn. In Schneisen quer zur jeweils herrschenden Windrichtung wird der Wind jedoch bis zur halben Freilandgeschwindigkeit abgebremst.

An der Station Barop (10), die auf einer kleinen Anhöhe auf freiem Feld errichtet war und mit 3,8 km Entfernung den größten Abstand aller fünf Stationen vom Stadtzentrum aufwies, zeigen die Windverhältnisse die geringsten Abweichungen von den Freilandverhältnissen. Dagegen sind die Stadteinflüsse bei der mit 1,5 km Abstand dem Zentrum nächstgelegenen Station Hainallee (7) sowohl hinsichtlich der Windrichtung wie der Windgeschwindigkeit am größten. Hier wirkt sich aber weniger die Entfernung zum Zentrum als vielmehr die Gestaltung der unmittelbaren Umgebung des Meßplatzes aus. Im Gegensatz zur Station Barop ist die Station Hainallee typisch für einen kleinen innerstädtischen Grünzug, der von dichter Bebauung umgeben und von hohem Baumbestand und einzelnen hohen Gebäuden durchsetzt ist (vgl. auch Abb. 12 K).

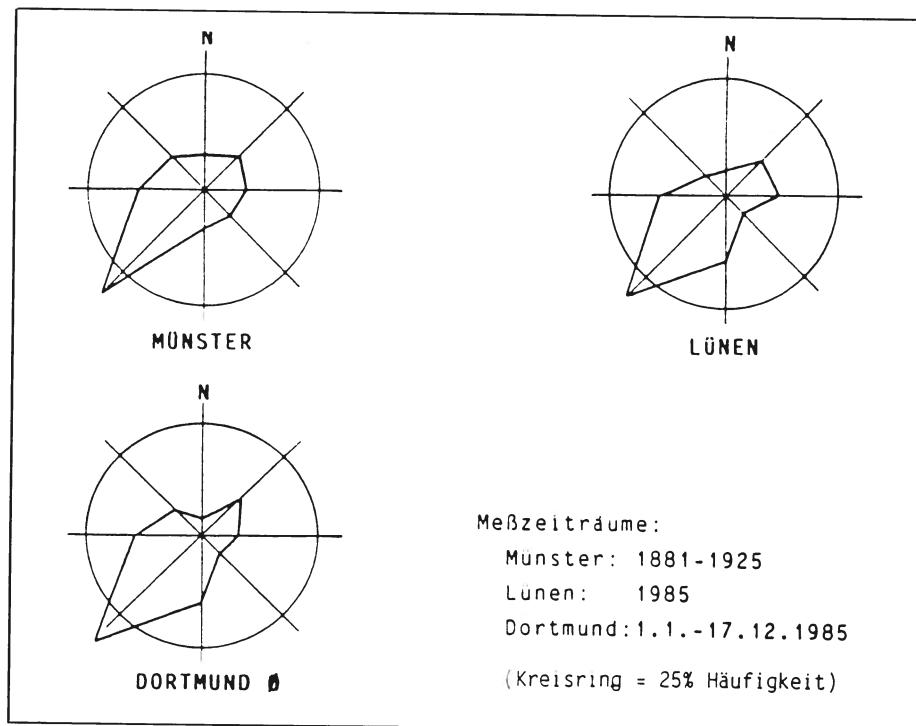


Abb. 10: Windrichtungsverteilung an den Stationen Münster, Lünen und Dortmund

Die differenzierte Betrachtung des Windfeldes nach den Hauptrichtungen SW bzw. NE offenbart prinzipielle Unterschiede:

Bei Winden aus dem südwestlichen Quadranten erfährt das Windfeld eine charakteristische Änderung, die sich in einer Umströmung des Stadtgebietes ausdrückt (Abb. 6 K). In diesen Fällen ist die Windgeschwindigkeit durchaus erheblich, was auf die Ankoppelung der bodennahen Winde an die bei zyklonalen Lagen kräftigen Höhenwinde in labil geschichteter Luft zurückzuführen ist. Es handelt sich in diesen Fällen, vor allem nach Durchzug der Kaltfront, um frische maritime Luftmassen, die das Stadtgebiet durchlüften, wobei vor allem windparallele Leitbahnen bevorzugt werden.

NE-Windlagen dagegen sind häufig mit Inversionen verbunden. Infolge der Absinkbewegungen in und am Rande von Hochdruckgebieten bilden sich stabile Schichtungsverhältnisse heraus. Nächtliche Abkühlung der Bodenoberfläche führt im Freiland zur zusätzlichen Bildung von Bodeninversionen, in die die in der Regel schwachen Höhenwinde kaum eingreifen.

Macht sich bei SW- und W-Winden eine Umströmung des Stadtgebietes, also eine Divergenz, bemerkbar, so ist bei östlichen Winden das Einschwenken der Winde in Richtung Stadtzentrum das charakteristische Merkmal. Diese Windkonvergenz scheint zeitweilig weit im Umland einzusetzen, so daß selbst die Freilandstation Lünen miteinbezogen wird. Diese Windkonvergenz ist an bestimmte Tageszeiten gebunden: Es sind dies die Abendstunden und vor allem die Zeit nach Mitternacht bis in die frühen Morgenstunden. Gegen Mittag erreicht die Tendenz zur Konvergenz ein deutliches Minimum; ein zweites Minimum ist gegen Mitternacht zu erkennen.

Das Phänomen der Windkonvergenz im Stadtzentrum wird als Flurwind bezeichnet. Dabei zeigen dem Stadtzentrum diametral gegenüberliegende Stationen selten eine um 180° unterschiedliche Windrichtung an. Häufig ist nur eine gewisse Tendenz zum Einschwenken der Luftströmung zur Stadtmitte hin erkennbar, mit einer Windrichtungsdifferenz von deutlich < 180°. Der Flurwind tritt auch nicht immer als zeitlich und räumlich durchgreifende Luftströmung auf. Er entwickelt sich vielmehr bei entsprechender Wettersituation allmählich, setzt gelegentlich aus oder bricht bisweilen nach kurzer Zeit ganz zusammen. Er erfaßt auch nicht alle Stadtgebiete gleichzeitig und gleichmäßig (Abb. 10 K, 11 K).

Insgesamt ist das Flurwindphänomen mit ca. 10 % aller erfaßten Registrierstunden als eine häufige und damit planungsrelevante Erscheinung zu bezeichnen. Die Luftmassen fließen dabei als geringmächtige Strömung oberflächennah mit geringer Geschwindigkeit ($\bar{u} < 2 \text{ m/sec}$) zum Stadtzentrum. Dabei werden Geländevertiefungen als Leitbahnen bevorzugt. Aber auch alle stadteinwärts gerichteten Schneisen wie Verkehrslinien und Grünzüge dienen potentiell dem gleichen Zweck. Je nach Planungszielen ist es möglich, durch entsprechende gestalterische Maßnahmen diese Luftströmungen zu fördern bzw. zu unterdrücken.

Aus einer einjährigen Windregistrierung läßt sich – anders als beim Tagesgang – keine Jahreszeitenabhängigkeit der Häufigkeit des Flurwindes ableiten. Seine Abhängigkeit von Hochdruck- und Hochdruckrandlagen bietet aber einen Ansatz zu einer Vorhersage: Bauen sich derartige synoptische Druckfelder auf und lassen diese eine gewisse Stabilität erwarten, so besteht grundsätzlich Flurwindwahrscheinlichkeit.

Solche Fälle sind zu allen Jahreszeiten möglich, und im Beobachtungszeitraum gab es keinen Monat ohne Flurwindstunden. Nach langjährigen Erfahrungswerten sind Flurwind ermöglichende Witterungsverhältnisse im Winter nach der „Weihnachtsdepression“ etwa ab Mitte Januar und im „Altweibersommer“ im September/Okttober mit größerer Wahrscheinlichkeit zu erwarten als zu anderen Jahreszeiten. Im Beobachtungszeitraum wurden im Januar und Februar sowie im Oktober Flurwindstunden überproportional oft registriert, was den aus langjährigen Erfahrungen gewonnenen Erwartungen entspricht.

2.3.1 Windgeschwindigkeiten

Auf Abb. 12 K ist die prozentuale Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen an den verschiedenen Stationen dargestellt. Die Station Lünen ist in diesem Falle als Bezugsstation wenig geeignet, da ihre Meßhöhe nicht der der Dortmunder Stationen entspricht.

Tab. 3: Mittlere Windgeschwindigkeiten an den verschiedenen Stationen im Jahre 1985 (in m/sec und in % der in Lünen gemessenen Werte).

Station	Jahr		Winter		Sommer	
	m/sec	%	m/sec	%	m/sec	%
Lünen	3,55	100				
Dortmund 5	2,80	79	2,70	76	2,90	82
Dortmund 3	2,50	70	2,60	73	2,40	68
Dortmund 2	2,45	69	2,50	70	2,40	68
Dortmund 10	2,80	79	3,00	85	2,60	73
Dortmund 7	1,90	54	2,00	56	1,80	51
Dortmund Ø	2,50	70	2,55	72	2,45	69

Die Tabelle 3 zeigt gleich hohe Jahresmittel der Windgeschwindigkeit bei den Stationen 5 und 10 (2,8 m/sec) einerseits und den Stationen 3 und 2 (2,5 bzw. 2,45 m/sec) andererseits. Die Station 7 weist ein deutlich niedrigeres Mittel auf (1,9 m/sec).

Es scheint sich der Verdacht zu bestätigen, daß die Gestaltung des Grünzuges an der Hainallee (Station 7) das Windfeld stark beeinflußt. Diese Beeinflussung wirkt sich nicht nur auf die Windrichtungsverteilung aus, sondern macht sich auch in einer deutlichen Herabsetzung der Windgeschwindigkeit bemerkbar. Schwachwindlagen sind relativ häufig, höhere Windgeschwindigkeiten selten, Fälle mit Stundenmitteln über 5,5 m/sec fast nicht mehr vertreten.

Verwunderlich ist, daß die freistehende Station 10 im Vergleich mit den anderen Meßpunkten nicht ein deutlich höheres Jahresmittel besitzt. Betrachtet man jedoch nur die Mittelwerte des Winterhalbjahres, so entspricht die Abfolge der Stationen dem zu Erwartenden: Je freier eine Station steht, desto höher ist die mittlere Windgeschwindigkeit. Auch ist im Winterhalbjahr die Windgeschwindigkeit im Mittel der Dortmunder Stationen etwas höher als im Sommerhalbjahr, was ebenfalls den Vorstellungen von einer im Winter verstärkten globalen Zirkulation der Atmosphäre entspricht.

Im Sommerhalbjahr dagegen bietet sich ein anderes Bild: Jetzt zeigt die Station 5 das höchste Mittel, hinter dem das der Station 10 deutlich zurückbleibt. Daraus folgt, daß sich angesichts der nur geringfügig voneinander abweichenden Jahresmittel jahreszeitbedingte Faktoren an den verschiedenen Standorten unterschiedlich stark bemerkbar machen.

Diese Faktoren offenbaren sich bei einer Analyse der nach Sommer- und Winterhalbjahr unterschiedenen Tagesgänge der Windgeschwindigkeit. Abb. 5 K zeigt die entsprechenden Tagesgänge der beiden Stationen (10 und 5) mit den größten Unterschieden. Gerade bei diesen Stationen waren die Jahresmittel der Windgeschwindigkeiten am größten.

Aus Abb. 5 K ist zu entnehmen: Beide Stationen zeigen einen ausgeprägten Tagesgang mit einem Maximum zur Mittagszeit und minimalen Werten nachts. Im Winterhalbjahr liegen die Nachtwerte in beiden Fällen auch deutlich über denen des Sommerhalbjahres. Während aber bei Station 5 die Tageswerte des Sommerhalbjahres deutlich über die des Winterhalbjahres ansteigen, bleiben bei Station 10 die Winterwerte auch während des Tages über den entsprechenden Sommerwerten, sie nähern sich diesen jedoch sehr deutlich an. Daß sich aus diesen Tagesgängen identische Mittelwerte ergeben, ist als Zufall anzusehen.

Es ist bereits darauf hingewiesen worden, daß die Verteilung der Windgeschwindigkeiten im Winterhalbjahr recht gut mit den bekannten Vorstellungen von der dann kräftigeren atmosphärischen Zirkulation korrespondiert. Die Ursachen für das sich von Station zu Station ändernde Verhältnis der Werte von Winter- und Sommerhalbjahr müssen also in Faktoren gesucht werden, die besonders im Sommerhalbjahr wirksam sind.

Dies sind in erster Linie die vermehrte Einstrahlung und die verlängerte Tagesdauer mit positiver Strahlungsbilanz. Erhöhte Einstrahlung führt zu einer stärkeren Erwärmung der Bodenoberfläche und der bodennahen Luft. Der Grad der Erwärmung der Bodenoberfläche hängt aber bei gleichen Einstrahlungsverhältnissen, wie sie für das Stadtgebiet angenommen werden können, von der Art der Bodenoberfläche ab. Diese ist von Station zu Station verschieden. Je nach dem Grad der Erwärmung werden die Luftschichten unterschiedlich labilisiert, d. h. mobil, was sich in einer entsprechend erhöhten Windgeschwindigkeit bemerkbar macht. Im Gegensatz dazu verursacht nächtliche Abkühlung Stabilisierung der bodennahen Luftschicht, d. h. größeres Beharrungsvermögen.

Als allgemeingültige Folgerung läßt sich folgende Aussage machen: Die Anlage von Grünflächen verhindert in Zeiten stärkerer Einstrahlung (tagsüber im Sommer) die Entstehung höherer Windgeschwindigkeiten und damit größerer Tagesamplituden der Windgeschwindigkeit. Im Winter läßt sich kein entsprechender Effekt nachweisen. Unabhängig davon führt natürlich eine Aufrauhung der Fläche durch Solitäräume oder Baumgruppen ebenso wie durch entsprechende Gebäudeanordnung zu einer allgemeinen Absenkung der Windgeschwindigkeit. Letzteres gilt für alle Jahreszeiten.

3. Austauschvorgänge zwischen Stadt und Umland

Die Austauschvorgänge Stadt-Umland im unteren Atmosphärenbereich werden im wesentlichen durch zwei Faktoren beeinflusst. Die sehr viel größere Rauigkeit reduziert die Windgeschwindigkeit, und das veränderte Temperaturfeld (Wärmeinsel) wirkt auf den vertikalen Luftaustausch (Thermik).

Der bodennahe Horizontalaustausch kann mit Windmeßgeräten verhältnismäßig einfach erfaßt werden. Im Normalfall wird die Windgeschwindigkeit mit zunehmender Rauigkeit (zunehmende Dichte und Höhe der Bebauung) abgebremst und verringert. Tab. 4 zeigt die Schwach- und Starkwindverteilung auf.

Vor allem Schwachwindsituationen können in der Stadt zu problematischen Lagen führen. Hier steigen sie in einzelnen Jahren bis auf 40 % an.

Tab. 4: Schwach- ($\leq 1,5 \text{ ms}^{-1}$) und Starkwinde ($> 5,5 \text{ ms}^{-1}$) in % an den Dortmunder Stationen Westfalenpark (1970–1974), Barop (1985) und Hainallee (1985)

Station		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
		Westfalenpark	$\leq 1,5$ $> 5,5$	13,4 13,3	10,6 18,9	13,7 17,9	11,9 18,6	11,7 11,7	12,8 11,2	10,7 13,9	12,2 8,8	20,2 13,5	16,3 14,4	7,0 32,4
Barop (10)	$\leq 1,5$ $> 5,5$	21,9 15,2	29,8 13,7	13,7 10,9	6,5 13,7	18,1 10,1	19,3 0,9	28,2 0,9	24,7 2,1	37,6 0,4	37,2 1,3	20,1 17,5	9,9 9,3	22,3 8,0
Hainallee (7)	$\leq 1,5$ $> 5,5$	39,8 0,1	36,5 0	25,9 0	14,8 0	37,9 0	33,2 0	36,4 0	33,2 0	39,6 0	53,3 0	33,3 0,6	13,5 2,3	33,9 0,2

Tab. 5: Mittlere Windgeschwindigkeiten, nach Tageszeiten und in % (Lünen = 100 %) unterschieden, für den Zeitraum 1. 1. 1985 bis 31. 12. 1985 im Meßnetz Dortmund

Station	Mittlere Windgeschwindigkeit (m/s + %)					
	Tag (08–12 MEZ)		Nacht (20–07 MEZ)		Tag + Nacht	
	ms	%	ms	%	ms	%
Lünen ¹⁾	3,2	100	2,6	100	2,9	100
Körne (5)	3,4	106	2,5	96	2,9	100
Westerholz (3)	2,8	88	2,1	81	2,4	83
Hafen (2)	2,9	91	2,1	81	2,5	86
Barop (10)	3,3	103	2,5	96	2,9	100
Hainallee (7)	2,2	69	1,6	62	1,9	66

¹⁾ von 19 m Meßhöhe auf 6 m Höhe reduziert

Tab. 5 verdeutlicht die Geschwindigkeitsreduktion durch zunehmende Bebauung an ausgewählten Stationen für 1985.

Deutlich werden zunächst die tagsüber höheren Windgeschwindigkeiten und die Reduktion der mittleren Geschwindigkeiten durch Strukturierung im Stadtbereich.

Die Stationen Lünen und Barop zeigen als Freilandstationen die höchsten Mittelwerte, auch die Station Körne kann durch ihre Lage in einer Windschneise gleich hohe Werte erreichen.

Die Stationen Hafen (2) und Westerholz (3) liegen in dichter bebauten Bereichen bzw. an deren Rand, die Windgeschwindigkeit wird reduziert. Am niedrigsten fallen die mittleren Windgeschwindigkeiten an der Station Hainallee (7) aus, die inmitten von Bebauung und höherwachsenden Bäumen errichtet wurde.

Tab. 5 gibt die Werte an den einzelnen Stationen in Relation zur Freilandstation Lünen (= 100 %) an und verdeutlicht die Geschwindigkeitsreduktionen im Stadtgebiet.

Es kann folgende Klassifizierung gebildet werden: Freiland mit ungehinderter Strömung (Windgeschwindigkeit = 100 %), Vorstadt mit einer leicht reduzierten Windgeschwindigkeit (Windgeschwindigkeit = 90 % der Freilandströmung), Stadt mit einer stärker verminderten Windgeschwindigkeit (80 % der Freilandwindgeschwindigkeit), City und Industriebereiche mit der stärksten Reduktion durch bebauete Bereiche (70 % der Freilandwindgeschwindigkeit) und als letzte Klasse der Wald, in der die Windgeschwindigkeit am wirksamsten reduziert wird (20–50 % der Freilandwerte im Stammraum).

Der Wärmeinseleffekt in der Stadt zeigt sich sehr deutlich an den Werten der Meßfahrt vom 13. 8. 1985 zwischen 22.35 und 2.15 Uhr (Abb. 13 K). Das in Nord-Süd-Richtung verlaufende Meßprofil zeigt die Zunahme der Temperaturen in 2 m Höhe über Grund bei der Fahrt in die Innenstadt hinein und den Abfall der Temperaturen beim Verlassen der dichten Bebauung. Am 14. 8. zur Mittagszeit kann diese Temperaturzunahme nicht beobachtet werden. Gleichzeitig zu den Werten der Lufttemperatur in 2 m Höhe sind auch die Oberflächentemperaturen an ausgewählten, annähernd repräsentativen Stellen gemessen und die Lufttemperatur dicht über dem Erdboden (0,6 m) wiedergegeben.

Diese beiden Werte zeigen gegenüber den Temperaturen in 2 m Höhe starke Schwankungen.

Nachts liegen Asphalttemperaturen etwas höher, tagsüber sehr viel höher als die Temperaturen in 2 m Höhe. Wiesenoberflächentemperaturen dagegen liegen nachts deutlich, tags kaum tiefer. Tagsüber heizen sich städtische Flächen, z. B. besonnte Straßen und Dachflächen, sehr stark auf. Die bodennahe Luft wird dadurch erwärmt und labilisiert sich. Die Atmosphäre ist also labil geschichtet, d. h., die Temperaturabnahme ist sehr groß (größer als 1 K pro 100 m). Im Normalfall nimmt die Temperatur mit der Höhe um etwa 1 K pro 100 m ab. Nachts sind die Oberflächentemperaturen von Wiesen und Feldern wesentlich tiefer als die Lufttemperaturen. Die Temperaturabnahme mit der Höhe ist geringer als 1 K, man spricht dann von einer labil geschichteten Atmosphäre. Bei starken bodennahen Abkühlungen können die Temperaturen sogar mit der Höhe zunehmen. Das sind die Inversionslagen mit sehr stabiler Schichtung.

Um das Verhalten der Atmosphäre über der Stadt und über dem Umland hinsichtlich der Schichtung des Vertikalaustausches im Sommer beschreiben zu können, wurden im August 1984 umfangreiche Messungen mit Hilfe von Radiosondenaufstiegen, Fesselballonsondierungen und SODAR-Messungen im Dortmunder Stadtgebiet vorgenommen. Abb. 9 K zeigt den schematisierten Tagesgang der atmosphärischen Stabilität an einer Station im Dortmunder Umland: Werksgelände Hoesch und einer Station im Dortmunder Stadtzentrum (Station 6). Im Verlauf des 20. 8. 1984 baut sich im Umland die labile Unterschicht bis gegen 16.15 Uhr ab. Ab 18.00 Uhr ist der Aufbau einer Bodeninversion an den Standorten Umland und Übergangsbereich Umland–Stadt zu beobachten. Die Inversionshöhe nimmt im Verlauf der Nacht kontinuierlich zu und wächst in den frühen Morgenstunden zwischen 4.00 und 5.00 Uhr auf mehr als 300 m über Grund an. In den Morgenstunden nach Sonnenaufgang (Sonnenaufgang gegen 5.00 Uhr MEZ) wird die Inversion vom Boden her abgebaut. In Lünen-Niederaden stellt sich am Boden ab ca. 6.50 Uhr bereits eine neutrale Schichtung ein.

Komplexer sind die Vorgänge über dem Dortmunder Stadtzentrum am Standort Stadthaus (Station 6). Im Tagesverlauf existiert hier eine sehr mächtige labile Grundschicht, die bis in ca. 110 m Höhe reicht, neben einer neutralen, darüberliegenden Schicht in der Atmosphäre. Während die labile Grundschicht ihre größte Höhe zwischen 14.00 und 15.00 Uhr MEZ erreicht und danach kontinuierlich abgebaut wird, kann sich die neutrale Schichtung in der Atmosphäre bis ca. 23.30 Uhr bodennah halten. Ab 21.00 Uhr ist zunächst in größeren Höhen, dann bis ca. 50 m über Grund ein stabil geschichteter Bereich zu erkennen. Die neutrale Schichtung in Bodennähe wird ab 23.30 Uhr bis ca. 5.45 Uhr leicht stabil.

Über Straßenschluchten mit ihren verhältnismäßig stark erwärmten Plätzen kann sich zunächst noch die neutral geschichtete Atmosphäre erhalten bzw. kann nur eine leichte Stabilisierung der Grenzschicht festgestellt werden. Damit erhält man im Dortmunder Stadtbereich eine abgehobene Inversion mit verhältnismäßig geringer Mächtigkeit, deren Untergrenze in ca. 80–170 m über Grund liegt.

Nach Sonnenaufgang heizen sich die Dachflächen schnell auf und tragen zu einer verhältnismäßig starken Labilisierung der über ihnen lagernden Luftmassen und damit zum Abbau der abgehobenen Inversion bei. Gegen 8.00 Uhr ist durch die Thermik ein nahezu vollständiger Abbau der stabilen Schichtung in Bodennähe erfolgt.

Durch eine zusätzliche Meßkampagne am 27./28. 8. 1984, unter ähnlichen synoptischen Randbedingungen wie die eben beschriebenen, konnte auch die Turbulenzintensität im Stadtgebiet direkt nachgewiesen werden (Abb. 14 K).

Als Maßstab für den turbulenten Zustand der Atmosphäre dient die Standardabweichung der Vertikalwindgeschwindigkeit, die mit Hilfe eines SODAR-Gerätes (TÜV Essen) kontinuierlich über 24 Stunden erfaßt wurde. Abb. 11 zeigt die Standardabweichungen über 24 Stunden im Dortmunder Stadtzentrum und am Standort Lünen-Niederaden. Auffallend ist, daß auch während der Nacht direkt über dem Stadtgebiet ein verhältnismäßig hoher Turbulenzgrad in der Atmosphäre vorhanden ist, wohingegen über dem Umland während der gesamten Nachtdauer aufgrund der dort herrschenden hohen Stabilität die Schwankungen der Vertikalwindgeschwindigkeit ausgesprochen gering waren.

Im Verlauf des Vormittags wird mit zunehmender Einstrahlung auch die Atmosphäre turbulenter. Über dem Stadtgebiet wirkt die thermische Konvektion wesentlich stärker ein als über dem Umland; in beiden Fällen erreicht sie ihre größte Ausprägung in den Mittagsstunden, aber mit einem deutlichen Vorsprung im Stadtgebiet. Im Umland bricht der sehr gute Vertikalaustausch schon am späten Nachmittag wieder zusammen, während über dem Stadtgebiet bis in den frühen Abend hinein hohe Standardabweichungen der Vertikalwindgeschwindigkeit festzustellen sind.

Um die Wirkungen der Stadt im Vergleich zum Umland auch während einer winterlichen Wetterlage erfassen zu können, wurden Fesselballonaufstiege und SODAR-Messungen am 14. und 15. 11. 1985 in Lünen-Niederaden und im Dortmunder Stadtzentrum über 24 Stunden durchgeführt. Auch hier sind die grundsätzlichen Unterschiede ganz ähnlich ausgeprägt wie im Sommerhalbjahr.

Die schematisierte Abb. 12 zeigt die Temperaturschichtung über einem Süd-Nord-Profil nach den Daten der Vertikalsondierungen am 20. und 21. 8. 1984. Tagsüber sorgt die Erwärmung im Stadtgebiet und dort vor allem im Dachniveau für ein „Aufwölben“ der Linien gleicher Temperatur. Die Schichtung in Bodennähe ist labil, besonders südexponierte Hänge können sich stärker erwärmen. Es bildet sich über der Stadt ein „Wärmedom“ mit den oben beschriebenen Konsequenzen für Vertikalgeschwindigkeiten und Durchmischung.

Nachts ist die durch die Stadt gestörte Atmosphärenschicht weniger mächtig. Die über dem Umland gebildete Bodeninversion dringt nicht bis ins dichter bebaute Zentrum vor. Der Mischungsraum im Stadtgebiet reicht bis zur Untergrenze der abgehobenen Inversion in etwa 60 m über Grund. Die Temperaturen im Stadtzentrum sind verhältnismäßig hoch.

Es ergeben sich in der Stadt tagsüber und nachts günstigere Randbedingungen zur Durchmischung in der Atmosphäre, tagsüber sind besonders im Winterhalbjahr größere Unterschiede festzustellen, nachts sind sowohl im Sommer- als auch im Winterhalbjahr über dem Stadtgebiet vergrößerte Durchmischungsräume mit der Konsequenz einer besseren Verdünnung bodennaher Schadstoffe konstatiert worden.

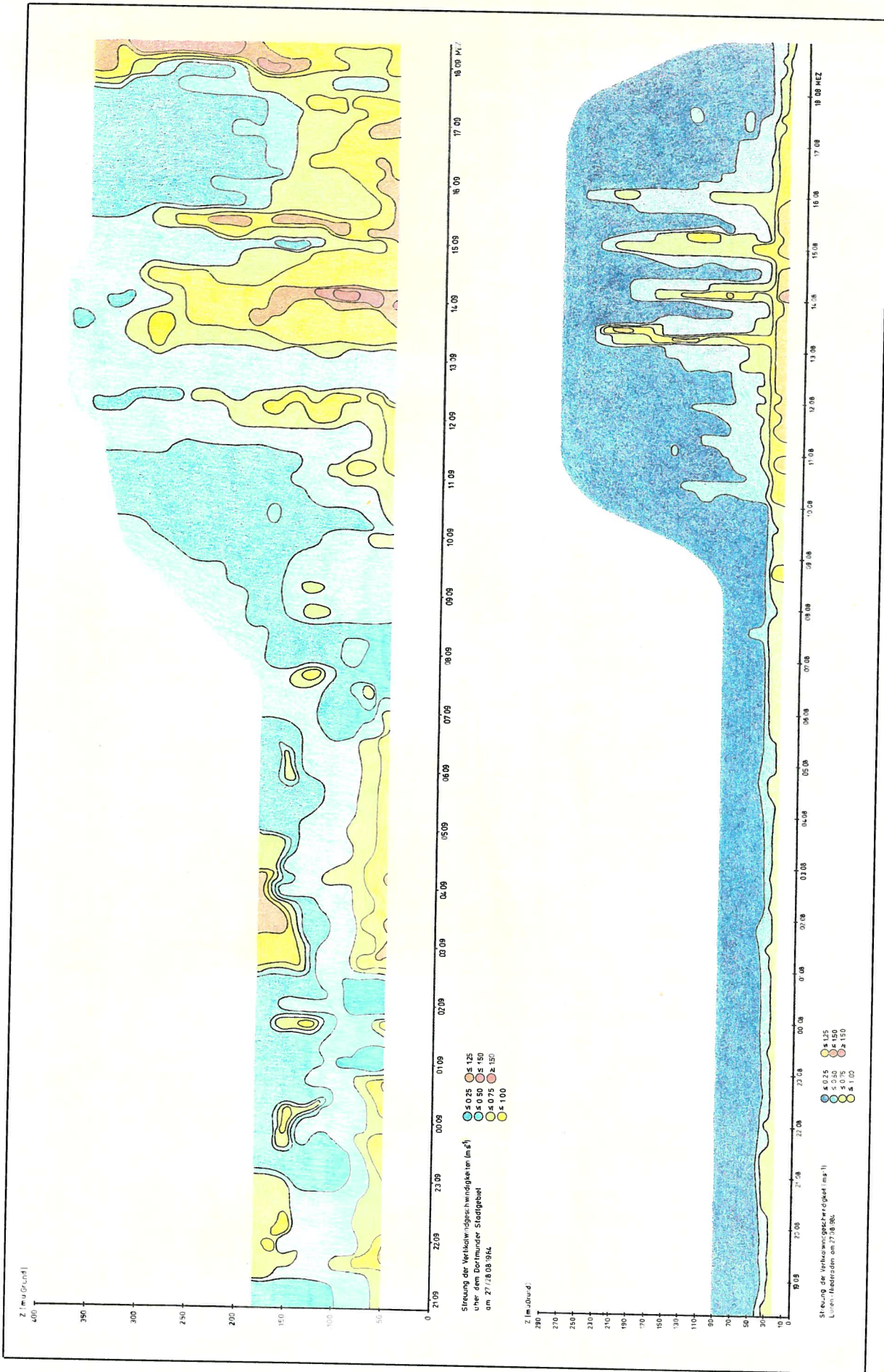
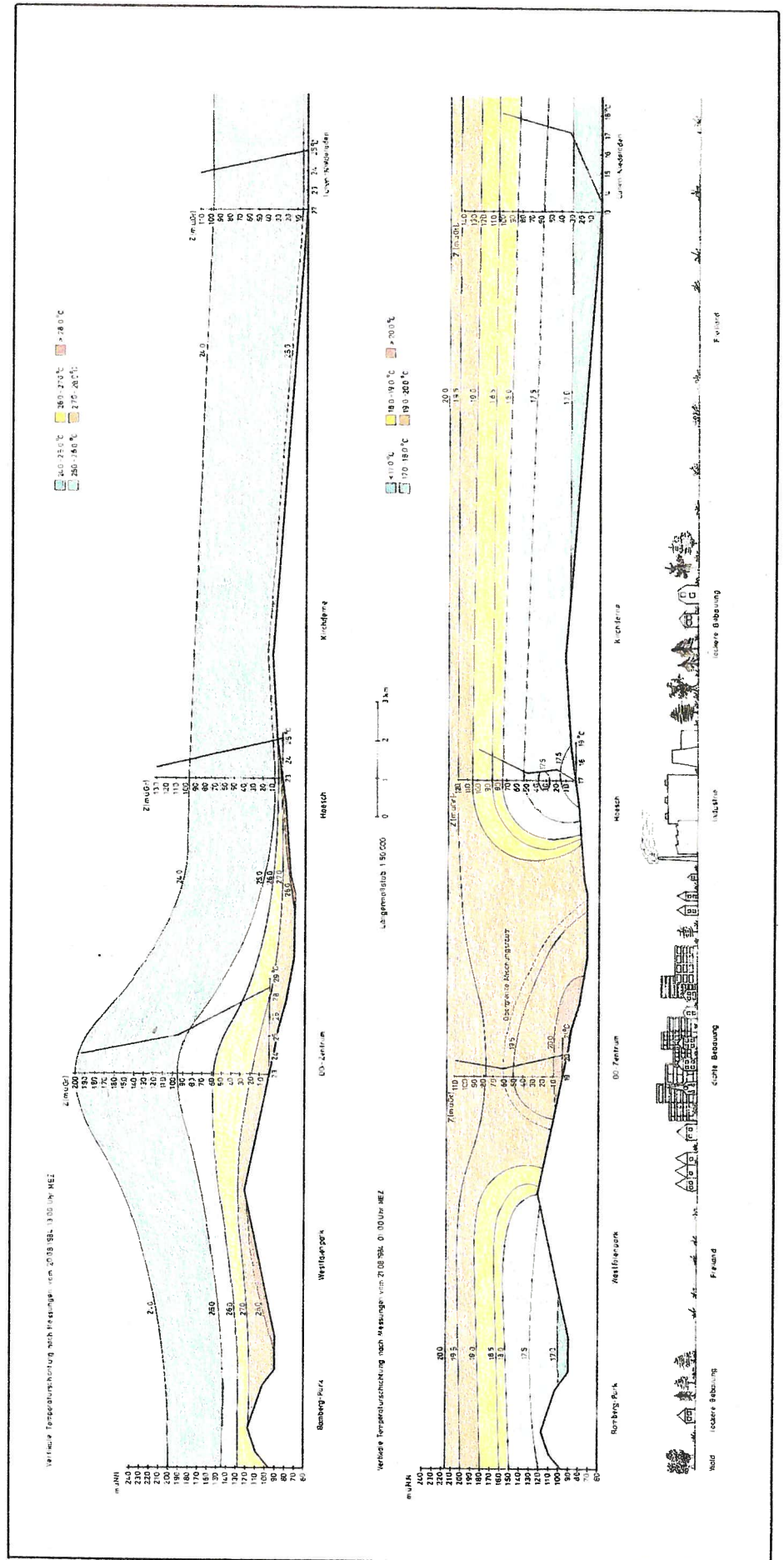


Abb. 11: Vertikalwindgeschwindigkeiten, Standardabweichungen über 24 Stunden (Stadtzentrum/Lünen-Niederaden)

**Abb. 12: Vertikale
Temperaturschich-
tung nach Messungen
vom 20. 8. 1984,
12.00 Uhr MEZ, und
vom 21. 8. 1984,
1.00 Uhr MEZ
(zu Abbildung
Seite 24)**



Die Abb. 13 gibt vier Windprofile wieder. Lünen-Niederaden (neutrale Schichtung) steht für Umland. Die Profile am Dortmunder Stadthaus im Zentrum zeigen den vertikalen Windgeschwindigkeitsverlauf bei labiler, neutraler und stabiler Schichtung.

Die Windgeschwindigkeit in 100 m über Grund wird = 100 % gesetzt. Die Windgeschwindigkeiten in allen anderen Höhen werden auf diesen Wert umgerechnet. In der Kurve von Lünen-Niederaden wird dann deutlich, daß bei 0,5 (also 50 % der Windgeschwindigkeit in 100 m) eine Höhe von etwa 5 m über Grund erreicht ist, während dieselbe Windgeschwindigkeit am Stadthaus erst in 30 m erreicht wird. Etwas flacher verläuft die Kurve für labile Schichtung, wesentlich steiler für die stabile Schichtung. Erst bei 50 m werden dann 50 % der absoluten Windgeschwindigkeit bei 100 m erreicht.

Die Streuung der Windgeschwindigkeit wird durch waagerechte Balken angedeutet. Sie ist im Umland geringer als in der Stadt und nimmt dort vor allem für die labile Schichtung extrem große Werte an.

Da die bodennahen Flurwinde überwiegend bei stabiler Schichtung auftreten und dann der Einfluß der Rauigkeit in der Stadt am größten ist, läßt sich folgern, daß die Flurwinde am besten durch Luftleitbahnen mit geringer Rauigkeit unterstützt werden können.

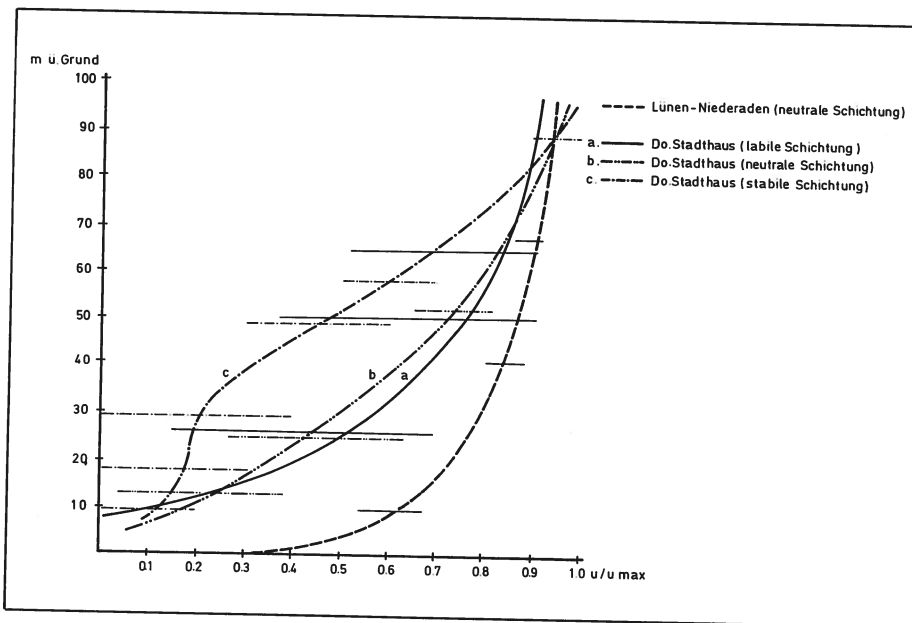


Abb. 13: Relative Windgeschwindigkeitsprofile aus Vertikalsondierungen in Lünen-Niederaden und Dortmund (Stadthaus) für neutrale bzw. labile und stabile Schichtung

4. Die Synthetische Klimafunktionskarte von Dortmund

Diese Arbeit macht sich zur Aufgabe, das Stadtgebiet von Dortmund nach klimatologischen Gesichtspunkten zu gliedern. Maßgeblich hierfür sind die Gegebenheiten der Morphologie und die Analyse der realen Flächennutzung. Da als einzige flächendeckende klimatologische Information Wärmebilder zur Verfügung stehen, fällt dieser große Bedeutung bei der Gliederung des Gebietes zu. Weitere Informationen liefern die Klimamessungen an über zehn Stationen, eine Reihe von Meßfahrten sowie Messungen der Klimaelemente Lufttemperatur, Luftfeuchte und Wind in vertikaler Ausdehnung über der Stadt.

Die physikalischen Zusammenhänge zwischen Oberflächenstrukturen und dem bodennahen Luftraum können bei den äußerst komplexen Nutzungsformen einer Stadt nur recht grob beschrieben werden. Es ist deshalb erforderlich, Vereinfachungen vorzunehmen. Wir gehen davon aus, daß innerhalb größerer homogener Flächen sich auch kleinklimatisch homogene Bereiche herausbilden werden. Solche Teilflächen werden „Klimatope“ genannt. Sie sind in der Karte farbig dargestellt und werden mit einem Namen belegt, z. B. „Waldklima“, „Stadtklima“ oder „Parkklima“ etc.

Ziel der Karte ist es, das individuelle kleinklimatische Gefüge innerhalb des Stadtgebietes erkennbar zu machen und dann aufgrund dieser Zustandsbeschreibung Folgerungen für die Planung ableiten zu können.

Aus der Literatur über Stadt-, Gelände- und Waldklima liegen Erkenntnisse zur Wirkungsweise der wichtigsten Bereiche des Mikroklimas vor (vgl. Gossmann/Lehner/Stock, Wärmekarten des Ruhrgebietes; Kratzer, Das Stadtklima; Oke, Review of urban climatology). Die wesentlichsten Faktoren sind die Morphologie und die reale Flächennutzung innerhalb des Stadtgebietes. Die Wirkung der o. g. Faktorenkomplexe ist dann am deutlichsten ausgeprägt, wenn eine autochthone Schönwetterlage herrscht. Darunter versteht man meist eine sommerliche Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel und möglichst geringen Winden. Dann fehlen großräumige Fremdeinflüsse, und die Wirkungen der Materialien und der Exposition prägen die Eigenschaften des bodennahen Luftraumes.

Die Oberflächentemperaturverteilung aus Wärmebildern zum Zeitpunkt der maximalen Aufheizung und zum Zeitpunkt der maximalen Abkühlung in der Nacht während einer der o. g. Schönwetterperioden gibt uns quasi eine modellhafte Oberflächentemperaturverteilung des Raumes, auf deren Basis eine Gliederung vorgenommen werden kann (vgl. Gossmann, Satelliten-Thermalbilder – ein neues Hilfsmittel für die Umweltforschung?; Kommunalverband Ruhrgebiet, Klimaanalyse Stadt Essen; Stock/Lehner, Die städtische Wärmeinsel in Thermalbildern verschiedener Aufnahmemaststäbe, Beispiel Recklinghausen). Das Stadtgebiet wird durch folgende Klimatope untergliedert (vgl. KVR, Klimaökologisches Gutachten Mülheim).

Klima der unbebauten Flächen:

Gewässer-/Seeklima, Freilandklima, Waldklima, Waldklima kleinerer Parzellen, Immissionsschutzwald und Parkklima. Die Klimabereiche Gewässer-/Seeklima, Freilandklima und Waldklima fallen im wesentlichen zusammen mit der realen Ausdehnung der Seen und Gewässer, der landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie der Waldflächen und der Parkanlagen. Die Verteilung dieser Einheiten wird aus der realen Flächennutzung entnommen.

Klima der bebauten Flächen:

Villenklima, Stadtrandklima, Stadtklima, Innenstadtklima, Cityklima, Gewerbe- und Industrieklima. Diese Klimabereiche lassen sich nicht immer klar voneinander trennen, da es oft fließende Übergänge gibt. Hier erscheint es uns sinnvoll, Wärmebilder heranzuziehen, um den besiedelten Raum zu untergliedern. Da die Oberflächentemperaturunterschiede am Tage sehr viel größer sind als in der Nacht, ergeben sich aus den Wärmebildern der Tagsituation die besten Gliederungsmöglichkeiten. Die Grobeinteilung durch Satellitenaufnahmen wurde mittels der Flugzeugdaten anschließend weiter verfeinert. Die Gliederung wurde durch Temperaturstufen vorgenommen (die Bilder zeigen farbkodierte Temperaturen), die mit zunehmender Bebauungsdichte ansteigen. Von den Bereichen mit Villenklima, das sich nicht wesentlich vom Freilandklima unterscheidet, bis hin zum Klima in der Innenstadt steigen die Oberflächentemperaturen stetig an. Die Grenzen zwischen den einzelnen Klimabereichen werden dort gezogen, wo eine höhere Temperaturstufe einsetzt.

Durch die Nachtaufnahmen läßt sich der eigentliche Citybereich gut abgrenzen, der als Bereich sehr geringer nächtlicher Abkühlung definiert ist. Aber auch die Industriestandorte mit hoher Abwärme konnten mit Hilfe der Nachtaufnahme klar umrissen werden.

Den einzelnen Klimatopen wurden durch Signaturen **spezielle Klimafunktionen** zugeschrieben, die besonders wichtig erschienen. Die Windveränderungen an Halden und Hochbauten z. B. und die Filterfunktion der Wälder werden hervorgehoben. Außerdem wird auf die Ausgleichsfunktion von Parkanlagen, die Abwärmeemission von Schwerindustrieanlagen und auf den größeren vertikalen Austausch über der Innenstadt hingewiesen.

Unter **spezifischen Klimaeigenschaften** werden die Kaltlufterscheinungen in den Tallagen sowie ihr Stau an Hindernissen, aber auch die vermehrte Erscheinung von Bodennebel in den nördlichen Tieflagen durch Signaturen kenntlich gemacht. Die relativ wärmeren Kuppenzonen im Süden der Stadt werden ebenfalls hervorgehoben. Besondere Signaturen und Raster markieren die Halden und die wichtigsten breiten Verkehrsstraßen der Bahn und der Autobahnen. Kaltluftabflußbahnen sowie Luftleitbahnen werden durch Pfeile dargestellt.

4.1 Kurze Erläuterungen zu den thematischen Inhalten der Synthetischen Klimafunktionskarte von Dortmund

4.1.1 Gewässer- und Seeklima

Im Stadtgebiet treten nur vereinzelt kleine Seen und Gewässer auf, die klimatologisch ohne große Bedeutung sind.

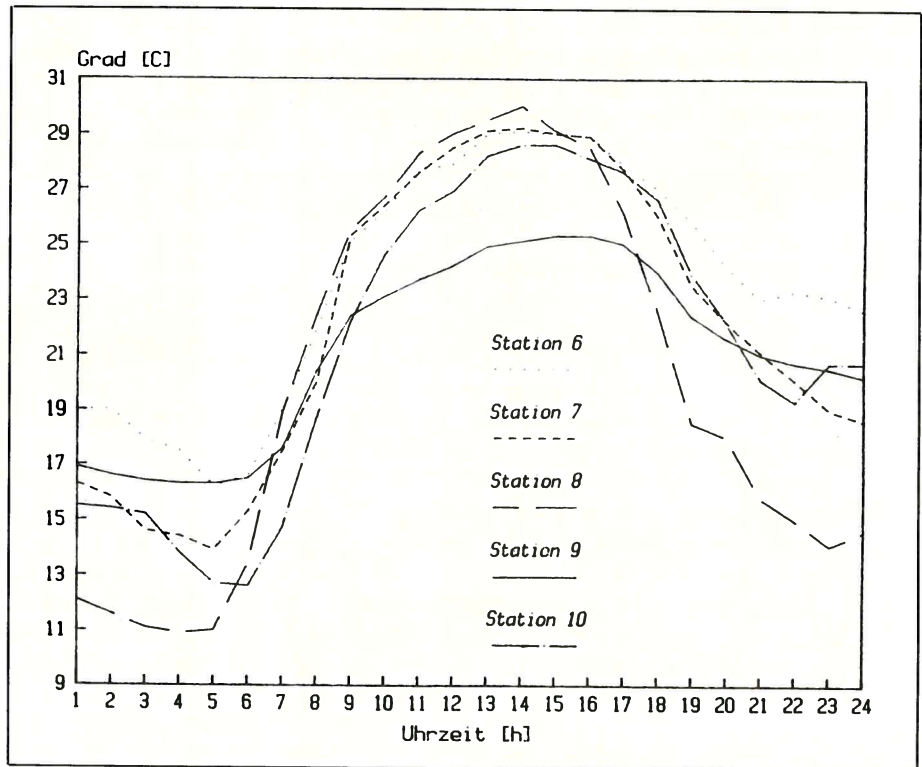
4.1.2 Freilandklima

Größere zusammenhängende Flächen, die durch ein Freilandklima charakterisiert sind, liegen vor allem im Westen und Norden des Stadtgebietes. Im Osten und Süden sind die Flächen wesentlich kleiner und durch kleine Siedlungsflächen aufgegliedert. Aus den Wärmebildern ergibt sich ein sehr unterschiedliches Aufheizverhalten der verschiedenen Feldstrukturen. Dies ist ursächlich bedingt durch die Vegetation, die von Feld zu Feld naturgemäß differiert. Die Wärmebilder der Nachtsituationen zeigen hingegen ein sehr starkes Abkühlungsverhalten.

Die Lufttemperaturen (in 2 m Höhe) an den Stationen 1, 8 und 10 sind für das Freiland repräsentativ. Den Tagesgang der Lufttemperatur am 22. 8. 1984 (Strahlungstag) zeigt die Abb. 14. Es wird erkennbar, daß über dem Freiland die größten Temperaturamplituden auftreten. Das Klimogramm der Station 8 zeigt den Jahresgang der Maximal- und Minimaltemperatur im Vergleich zur Station 1. Deutlich wird, daß die Station 1 in einem leichten Kaltluftammelgebiet steht. Die relative Feuchte

an der Station 10 ist deshalb etwas geringer als an Station 1. Die Freilandstation 8 liegt dagegen auf der Südhangseite der Emscher, wodurch in den Sommermonaten dort die Temperaturen etwas höher als an Station 1 sind. Während an der Station 1 17 Sommertage auftreten, steigt die Zahl der Sommertage an Station 10 auf 20 an und an der Station 8 sogar auf 29 Tage. Auffällig ist auch die hohe Zahl der Frosttage, nämlich 93 an Station 9 gegenüber 83 an Station 1. Die Frosttage an Station 10 unterscheiden sich mit 84 nur um einen Tag von der Station 1. Die Windmessungen an Station 10 verdeutlichen die relative Windoffenheit dieser Station gegenüber der Stadt.

Abb. 14: Tagesgang der Lufttemperatur am 22. 8. 1984 (Strahlungstag)



4.1.3 Waldklima

Vor allem im Süden des Stadtgebietes treten zusammenhängende Waldgebiete auf. Größere Waldgebiete im Norden liegen bei Westerfilde, Lindenhorst und Kurl. Gegenüber den Oberflächentemperaturen im landwirtschaftlich genutzten Gebiet zeigen die Oberflächentemperaturen der Waldgebiete deutliche Unterschiede. Am Tage sind sie nämlich relativ kühl, während sie in der Nacht verhältnismäßig hohe Oberflächentemperaturen zeigen. Ein sehr geringes Wärmespeichervermögen des Kronenraumes einerseits und eine extrem hohe Evapotranspiration andererseits sorgen am Tage für die niedrigen Temperaturen der Waldoberfläche. In der Nacht ist der Wald in der Lage, die tiefe Abkühlung dadurch zu vermeiden, daß die Energieflüsse von der Luft zur Waldoberfläche hin gerichtet sind.

Die Station 9 ist eine Waldstation. Durch die geringe tägliche Einstrahlung im Stammraum und die reduzierte Ausstrahlung durch das Kronendach ergibt sich ein extrem gedämpfter Tagesgang der Temperatur. Wie die Oberflächentemperaturen sind die Lufttemperaturen im Stammraum relativ hoch in der Nacht und tief am Tage. Der Jahresgang der Temperaturen im Klimogramm (Abb. 23 K) zeigt vor allem in den Minimumtemperaturen eine deutliche Abweichung der Station 9 von Station 1. Ab April sind die Minimumtemperaturen im Wald durchweg sehr viel höher als die Temperaturen an Station 1. Die Maximumtemperaturen dagegen unterscheiden sich nicht sehr stark von denen der Station 1. Das widerspricht etwas den Ergebnissen, die wir im Tagesgang vorgestellt haben; da es sich hier aber um Monatsmitteltemperaturen handelt, reduzieren sich auch die maximalen Temperaturunterschiede.

Die relative Feuchte zeigt keine gravierenden Unterschiede zwischen Station 1 und 9. Auffallend dagegen ist die geringe Anzahl der Sommertage (9) gegenüber dem

Freiland (17) und die geringe Anzahl der Frosttage (64) gegenüber 83 an der Station I. Auch ist der Zeitraum der Frostgefährdung deutlich kürzer als im Umland. Die Temperaturunterschiede Wald–Freiland im Tagesgang über das gesamte Jahr hinweg zeigt Abb. 5b. Tagsüber (zwischen 8.00 und 18.00 Uhr) ist es im Freiland zwischen 0,5 und 2,9 K wärmer als im Wald, nachts – insbesondere in den Sommermonaten – herrschen im Wald um bis zu 3,8 K höhere Lufttemperaturen vor. Die Temperaturdifferenzen zwischen Wald und Freiland sind denjenigen zwischen Stadt und Freiland außerordentlich ähnlich.

4.1.3.1 Klima der kleinen Waldflächen

Das im Bestand vorhandene Waldklima wird zu den Rändern hin durch Freilandklima abgelöst. Auf kleinen Distanzen können große Klimaunterschiede auftreten, die vor allem durch den stark differierenden Strahlungshaushalt verursacht werden.

4.1.3.2 Immissionsschutzwald

Verminderung von schädlichen oder belästigenden Umwelteinflüssen, wie z. B. Verkehrs- oder Industrielärm, Staub, Aerosole, Gase und Strahlen, Reduzierung unerwünschter Thermik und Turbulenzen, Verbesserung der Luftqualität durch Absorption von Luftverunreinigungen.

4.1.3.3 Klima der Parkflächen

Minderung der Tagestemperaturen und Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit (Verdunstung), Schattenwirkung, Förderung der nächtlichen Kaltluftproduktion möglich, Bedeutung abhängig von der Größe und der Struktur, Überlagerung der Klimateigenschaften bei kleinen Flächen durch die angrenzende Bausubstanz, Ablagerung und Bindung von Luftschadstoffen, Sauerstoffbilanz tagsüber verbessert, horizontale Wirkung von großen Parkflächen bis maximal 250 m nachgewiesen, große klimatische Bedeutung für innerstädtische Räume.

4.1.4 Klima der bebauten Flächen

Der Bereich der bebauten Flächen wird charakterisiert durch die folgenden sieben Kategorien, welche im wesentlichen den unterschiedlichen Belastungsgrad systematisch darstellen sollen.

4.1.4.1 Villenklima

Diese Bereiche extrem lockerer Bebauung und sehr guter Durchgrünung liegen vor allem im Süden der Stadt, aber auch im Westen und Osten sowie in Mengede. Kleinklimatisch unterscheiden sie sich nicht wesentlich vom Parkklima, wenn alter Baumbestand vorherrscht. Der Einfluß der Bebauungsstrukturen ist gering. Allerdings ist eine deutliche Reduzierung des Windes nachzuweisen. In den Wärmebildern der Tagsituation beobachtet man noch eine feingliedrigere Temperaturverteilung als im Freiland: Heiße Dachflächen stehen im Gegensatz zu kalten Baumkronen. Der hohe Anteil der Bäume ist die Ursache für eine relativ geringe Temperaturabnahme in der Nacht.

Einen annähernd charakteristischen Meßstandort für das Villenklima stellt die Station 3 (Westerholz) dar. Auch Station 4 (Derne) gibt einen Eindruck über die Temperaturverteilungen. Zum Jahresgang der Temperatur für die Stationen 2, 3, 4 und 5 ist folgendes zu sagen (vgl. Klimogramme):

Die Maximumtemperaturen zeigen in etwa den gleichen Verlauf wie Station I. In den Sommermonaten sind diese Stationen immer etwas wärmer als die Freilandstationen. Die Minimumtemperaturen zeigen einen ähnlichen Verlauf. Auch hier sind die

Stationen ab Mai wärmer als die Freilandstationen. Eine Rangfolge ergibt folgendes: Am geringsten (Minimumtemperaturen) weicht die Station 3 von der Station 1 ab, gefolgt von der Station 2 und der Station 5. Station 4 ist während des gesamten Jahres wärmer als die Station 1. Die Stationen 2, 3 und 5 sind ganz deutlich Stadtrandstationen, während Station 4, in der Mitte des Stadtteils Derne gelegen, etwas höher und dichter bebaut ist. Die relative Feuchte zeigt keine gravierenden Unterschiede zur Station 1. An den Stationen 2, 3 und 5 wurden 29 bzw. 26 Sommertage beobachtet. Die Station 2 weist 74, Station 3 79 und Station 5 71 Frosttage auf. Demgegenüber treten in Derne nur 23 Sommertage auf, aber auch nur 64 Frosttage.

Mit zunehmender Bebauungsdichte verändert sich auch das Klima. Wir haben deshalb eine Gliederung vorgenommen zwischen Stadtrandklima, Stadtklima, Innenstadtklima und Cityklima. Die Differenzierung dieser Klimabereiche wurde mit Hilfe der Wärmebilder vorgenommen. Neben der großen Wärmeinsel um die Dortmunder City treten noch kleinere Wärmeinseln in Hombruch, Hörde und Derne auf. Nur in Hombruch ist sie auf dichte Bebauung zurückzuführen, während die Wärmeinseln in Hörde und Derne eindeutig durch Industrieanlagen bedingt sind.

4.1.4.2 Stadtrandklima

Es sind vor allem zwei Eigenschaften, die das Stadtrandklima vom Villenklima unterscheiden. Zum einen hat es eine dichtere Bebauung und einen geringeren Vegetationsanteil, zum anderen liegen diese Gebiete meistens am Rande der städtischen Wärmeinsel und werden bei entsprechenden Wetterlagen von dieser beeinflusst. Dementsprechend umrandet dieses Klimatop den Dortmunder Innenstadtbereich, es tritt aber auch auf in Hombruch, Hörde, Derne sowie in Mengede und Marten, Dorstfeld und Kley.

Am Tage erscheinen in diesen Bereichen auf den Wärmebildern vermehrt Flächen mit höherer Aufheizung. Auch auf der Nachtaufnahme heben sich diese Gebiete schon deutlich von den kühleren Umlandtemperaturen ab. Bei Station 5 (Körne) ist vor allem das dichtere Straßennetz dafür verantwortlich. Die schon besprochenen Stationen 3 und 4 charakterisieren diesen Klimabereich annähernd. Am besten vielleicht dokumentiert die Station 7 (Hainallee) das Klima des Stadtrandes. Hier scheinen die städtischen Einflüsse weniger stark ausgeprägt zu sein als an der Station 4, die nach der Synthetischen Klimafunktionskarte innerhalb des Bereiches des Stadtklimas liegt. Mit 21 Sommertagen und 69 Frosttagen im Gegensatz zu 23 Sommertagen und 64 Frosttagen an Station 4 spiegelt sich das Gesagte wider.

4.1.4.3 Städtische Klimate

Stadtklima, Innenstadtklima und Cityklima sollen im folgenden zusammen beschrieben werden, da sie nur im Innenstadtbereich von Dortmund auftreten und im wesentlichen die innerstädtische Wärmeinsel abdecken.

Sowohl auf dem Satelliten-Thermalbild als auch auf der Flugzeugaufnahme sind diese Bereiche besonders durch hohe Temperaturen am Tage und in der Nacht charakterisiert. Der extrem hohe Versiegelungsgrad, die zunehmende Bebauungsdichte und die immer geringer werdende Vegetation führen dazu, daß sich das Stadtklima in seiner klassischen Form immer deutlicher ausprägt. Das macht sich vor allem am Beispiel des Tagesganges der Lufttemperatur am 22. 8. 1984 bemerkbar (Abb. 14). Hierbei hat die Station 6 während der Nacht die höchsten Temperaturen, die bis zu 7 K höher liegen als im Umland. Demgegenüber sind die Temperaturen am Tage nicht wesentlich verschieden von den Temperaturen, die im Umland gemessen worden sind. Dieselben Tatsachen spiegeln sich im Klimogramm, auch hier zeigt die Maximaltemperatur im Jahresgang nur in den Sommermonaten eine geringfügig höhere Abweichung von der Umlandstation. Die Station 6 allerdings liegt in den Minimumtemperaturen während des gesamten Jahres über denen der Umlandstation 1. Im Sommer (Juli, August) können die Monatsmittelwerte bis zu 4 K Abweichung erreichen (vgl. Abb. 8 K).

4.1.4.3.1 Stadtklima

Stadtbereiche mit starker Überwärmung, dichter Bebauung, Industrie- und Gewerbeflächen, z. T. mit Schadstoff- und Abwärmeemissionen, Lärmbelastung; mäßiger Vegetationsanteil, Luftaustauschmöglichkeiten reduziert, lokale Windfeldveränderungen, nächtliche Abkühlungsrate verringert, Veränderung des Strahlungshaushaltes, teilweise bioklimatisch belastend bei austauscharmen Wetterlagen.

4.1.4.3.2 Innenstadtklima

Stadtbereiche mit sehr starker Überwärmung, Beeinflussung durch Luftschadstoffe, Abwärmeemissionen und Lärmbelastung, eingeschränkter Luftaustausch, Windfeldveränderung, Veränderung des Strahlungshaushaltes, geringe nächtliche Abkühlung, bioklimatisch belastend bei austauscharmen Wetterlagen, Regenerationsräume z. T. in begrünten Innenhöfen und verkehrsberuhigten Alleen.

4.1.4.3.3 Cityklima

Stadtbereiche mit extremer Überwärmung, hohen Schadstoff- und Abwärmeemissionsquellen, starker Lärmbelastung; Vegetationsanteil beschränkt auf isolierte Restflächen, teilweise vegetationslos, eingeschränkte Luftaustauschbedingungen, sehr starke Windfeldveränderungen, geringe nächtliche Abkühlung, bioklimatisch belastend.

4.1.4.4 Klima der Industrieflächen

Anteil der versiegelten Flächen sehr hoch, oft vegetationslos, durch Produktionsprozesse und Abwärme sehr hohes Temperaturniveau im Tagesgang, starker konvektiver Luftaustausch, Ausprägung eines mit Schadstoffen belasteten lokalen Windsystems möglich, starke Staub-, Schadstoff- und Lärmbelastung für die Umgebung.

4.1.4.5 Klima der Gewerbeflächen

Hoher Anteil an versiegelter Fläche, geringer Vegetationsanteil, starke Erwärmung der großen Dach- und Asphaltflächen während des Tages, lufthygienische Belastung in Abhängigkeit von der gewerblichen Nutzung im allgemeinen nicht so stark ausgeprägt wie beim Industrieklima. Veränderungen des Strahlungshaushaltes und des Windfeldes.

4.2 Spezifische Klimaeigenschaften

Mit dem übergeordneten Begriff der spezifischen Klimaeigenschaften sollen die Stadtbereiche hervorgehoben werden, die vor allem durch ihre morphologische Ausprägung ein kleinräumig verändertes Klima ausbilden.

4.2.1 Kaltluftbereich: Die sich während der Nacht bildende Kaltluft kann bei entsprechender Geländeneigung hangabwärts fließen und sammelt sich in den tiefer liegenden Talräumen und abflußlosen Hohlformen, Talbereich dadurch teilweise kalt und feucht, Gefahr von Nachtfrost.

4.2.1.1 Stagnierende Kaltluft: Künstlich geschaffene Hindernisse im Talraum wie Dämme, im Talquerschnitt stehende Siedlungskörper und dichter Waldbestand können den Kaltluftabfluß behindern, Bildung eines Kaltluftsees möglich, lokalklimatisch ungünstig, erhöhte Gefahr von Nachtfrost.

4.2.1.2 Bodennebel: Allgemeine Kennzeichnung der Niederungsbereiche (Signatur), die durch die topographische Lage und ein hohes Wasserangebot zu verstärkter Nebelbildung neigen.

4.2.2 Kuppenlage: Diese Gebiete können lange Zeit über die Bodeninversion hinausragen, Kaltluftabfluß während der Nacht, dadurch bleiben die Kuppenlagen relativ warm gegenüber Hang- und Tallagen, windoffen.

4.2.3 Halde (begrünt/unbegrünt): Starke Erwärmung unbegrünter Halden während des Tages, je nach Exposition der Hänge auch nachts noch relativ warm, ebenso die Haldenkuppen. Leichte Dämpfung der Extremwerte durch Begrünung, Kaltluftproduktion gering, windoffen.

4.2.4 Eisenbahngelände: Starke Erwärmung des Gleiskörpers während des Tages, rasche nächtliche Abkühlung, windoffen, dadurch mögliche Luftleitbahn (siehe 4.4).

4.2.5 Hauptverkehrsstraße: Mikroklimatischer Einfluß bis zu 30 m auf jeder Straßenseite, ökologische Wirkungsbreite der Emissionen (Luftschadstoffe, Lärm) von jeweils 70 m, synökologische Wirkung bis zu 1800 m nachweisbar, hohes Verkehrsaufkommen.

4.3 Spezielle Klimafunktionen

Mit der Hervorhebung spezieller Klimafunktionen der einzelnen Klimatope durch Signaturen soll die herausragende klimatische Bedeutung von bestimmten zusammenhängenden, größeren Flächeneinheiten unterstrichen werden. Dazu dienen nachstehende Erläuterungen.

4.3.1 Windfeldveränderungen: Abnahme von Windgeschwindigkeit am Boden durch Veränderung der natürlichen Bodenrauigkeitsverhältnisse, teilweise an hohen Gebäuden unangenehme, turbulente Windströmungen und Kanalisierung des Windes in den Straßenschluchten, an isoliert im Gelände liegenden Haldenkörpern Umlenkung der Windrichtung, Lee-Einfluß bis zu dem Zehnfachen der Bebauungs- oder Haldenhöhe nachweisbar.

4.3.2 Filterfunktion: Größere zusammenhängende Waldflächen sind durch das Blattwerk in der Lage, die durchfließenden Luftmassen vor allem von festen Staubpartikeln zu reinigen und diese zu binden.

4.3.3 Klimaausgleich: In Stadtnähe übernehmen die größeren Grünflächen die Funktion eines Klimaausgleichs, sie bewirken eine Dämpfung der Klimatelemente, von denen auch die direkt angrenzenden Räume erfaßt werden, abhängig von Größe und Struktur der Flächen.

4.3.4 Klimatisch belastend: Innerstädtische Bereiche mit hoher Einwohnerdichte, starkem Verkehrsaufkommen und Industriestandorten, bei austauscharmen Wetterlagen erhöhte Konzentration von Luftschadstoffen und starke Erwärmung der Baustrukturen im Sommer, dadurch bioklimatisch (Schwüleempfinden, Hitzestreß) und lufthygienisch stark belasteter Siedlungsraum.

4.3.5 Abwärmeemission: Gewerbe- und Industriestandorte mit deutlich erhöhten Abwärmeemissionen gegenüber der Umgebung.

4.3.5.1 Starke Abwärmeemission: Überwiegend Standorte der Schwerindustrie (Stahlwerk, Kokerei).

4.4 Luftleitbahnen

Die Kennzeichnung der Luftleitbahnen soll auf die Stadtbereiche hinweisen, die sich aufgrund ihrer geringen Oberflächenrauigkeit als mögliche Durchlüftungsbahnen bei austauscharmen, windschwachen Wetterlagen anbieten.

4.4.1 Kaltluftabfluß: In einzelnen Talbereichen sind lokal begrenzte schwäche-

re Luftbewegungen möglich, ohne weiterreichende Bedeutung für die Innenstadt.

4.4.1.1 Starker Kaltluftabfluß: Unter der Voraussetzung eines großen Einzugsgebietes und eines entsprechend stark geneigten Geländes sind stärkere Luftbewegungen hangabwärts möglich, bei Ausrichtung auf Siedlungsraum von stadtklimatischer Bedeutung.

4.4.2 Unbelastete Luftleitbahn: Offene Gebiete mit geringer Oberflächenrauigkeit, Durchlüftungsbahnen von weitgehend unbelasteten Außenbereichen zur Innenstadt gerichtet.

4.4.3 Belastete Luftleitbahn: Offene Gebiete mit geringer Oberflächenrauigkeit (z. B. Gleisanlagen) und Schneisen, die auf das Stadtzentrum ausgerichtet sind; die herangeführten Luftmassen sind bereits durch Emittenten lufthygienisch vorbelastet.

5. Planungshinweise

Die Planungshinweise aus meteorologischer Sicht müssen direkt Bezug nehmen auf die unterschiedlichen Planungsebenen.

Die regionale Planung zum Beispiel – auch für das Regionale Freiraumsystem Ruhrgebiet – benötigt eher grobe Informationen über die Wechselwirkungen von Gebietseinheiten und Stadt-Umland-Prozessen. Diese sollten an den Flächennutzungsplan der Stadt angebunden sein. Die klimatologischen Planungshinweise werden im Maßstab des Flächennutzungsplanes erarbeitet. Die Informationen sind flächenbezogen. Die wichtigste Zielsetzung klimaökologischer Art für jede städtebauliche bzw. grünordnerische Planungsaufgabe ist zweifellos die

1. Förderung des horizontalen und des vertikalen Luftaustausches

Unabhängig von der Lage eines Planungsobjektes und von seiner Dimensionierung muß grundsätzlich immer damit gerechnet werden, daß die in der Stadt allgemein eingeschränkte Belüftung durch unbedachte Planungsfolgen weiter herabgesetzt wird. Eine Planung kann am Ort des Eingriffs oder auch räumlich entfernt unerwünschte Auswirkungen haben. Deshalb ist vor jeder Planungsmaßnahme zu fragen, ob und gegebenenfalls wo der Luftaustausch durch sie eingeschränkt wird, oder aber, ob durch sie eine Verbesserung einer ungünstigen Situation geschaffen werden kann.

Desweiteren ist anzustreben:

2. Verminderung der Überwärmung

Außer durch Förderung des Luftaustausches kann man diesem Ziel näher kommen, wenn es gelingt, eine zu starke Erwärmung insbesondere der Innenstadt zu vermeiden. Prinzipiell kann zunächst die verfügbare Energie durch stark reflektierende Oberflächen eingeschränkt werden; außerdem kann auch der materialspezifisch unterschiedliche Energieumsatz durch Begrünung günstig beeinflusst werden. Wo möglich, sollte der Anteil an Grünflächen bis in die Innenstadt hinein erhöht und als System zusammenhängend geplant werden.

Darüber hinaus sollte als ein klimaökologisches Hauptziel jeder Planungsmaßnahme angestrebt werden:

3. Verminderung der Immissionsbelastung

Am effektivsten ist dieses Ziel durch Maßnahmen an der Emissionsquelle selbst zu erreichen, d. h. durch Einbau von Filtern, Umrüstung auf geschlossene Systeme oder ggf. durch Verzicht auf bestimmte Produktionszweige, Verbot des Einsatzes bestimmter Stoffe und Umstellung auf emissionsarme Heizformen (z. B. Fernwärme, Abwärmenutzung, Strom- oder Gasheizung). Es handelt sich dabei also nicht um stadtplanerische oder grünordnerische Maßnahmen. Diese sollten allerdings zur Anwendung kommen, um die freigesetzten Emissionen nicht an unerwünschter Stelle zu einer Immissionsbelastung werden zu lassen. Dabei wird dieses Ziel auch durch Maßnahmen entsprechend der beiden ersten Zielsetzungen unterstützt. Darüber hinaus gibt es nur noch die Möglichkeiten, entweder emittierende Nutzungen in austauschstarken Bereichen anzusiedeln oder für Maßnahmen zwischen Quelle und potentiellm Einwirkungsort zu sorgen.

Letzteres kann durch entsprechende Abstände und/oder durch Schutzmaßnahmen im Umfeld von belasteten bzw. empfindlichen Nutzungen geschehen. Zu den wichtigsten Schutzmaßnahmen auf der Ebene der Stadt- und Grünordnungsplanung gehören Immissionsschutzpflanzungen, die allerdings nur einen begrenzten Wirkungsgrad besitzen und zudem selbst durch die Immissionen in ihrer nachhaltigen Wirksamkeit beeinträchtigt werden. In Verbindung mit Wallschüttungen oder Einschnitten kann die Wirksamkeit solcher Pflanzungen unter Umständen erhöht werden (vgl. KVR, Klimaökologisches Gutachten Mülheim).

5.1 Die Karte der Planungshinweise

In der Karte der Planungshinweise werden Empfehlungen gegeben, die sich aus der Synthetischen Klimafunktionskarte zwanglos ergeben. Aus diesem Grunde sind auch keine ins Detail gehenden, die Siedlungsstruktur selbst betreffenden Informationen in der Karte enthalten, da dies erst in der nächsten Planungsebene des Bebauungsplanes erforderlich sein dürfte.

Die vorgegebene Struktur der Stadt Dortmund, die Stadtgestalt und die Ausformung der Freiräume können im wesentlichen nicht verändert werden. Für zukünftige Planungen aber können die Ergebnisse der Klimauntersuchung einen Beitrag leisten. Es geht allgemein darum, die klimaökologische Situation zu erhalten, zu verbessern und erkannte Zonen starker Belastung zu entschärfen.

Aus der Synthetischen Klimafunktionskarte ergibt sich zuerst eine grobe Gliederung des Stadtraumes in Zonen, die überwiegend eine Ost-West-Erstreckung erkennen lassen.

Die Zuordnung ergibt sich weitgehend aus den Gegebenheiten des Reliefs, nämlich der Abdachung nach Norden, und aus der Flächennutzung.

Die Zonierung selbst ist der erste Planungshinweis. Für jede Zone wird eine kurze Klimabeschreibung und eine Wertung gegeben. Die Planungshinweise beziehen sich auf alle Zonen.

Detaillierte und/oder besondere Planungshinweise folgen dem Schema:

- a) Hinweise zum Strahlungsfeld (Bioklima),
- b) zum Temperatur-/Feuchtefeld,
- c) zum Windfeld (Austausch) und
- d) zur Luftbelastung.

Der Flächenbezug kann aus der Karte entnommen werden.

Zone I – Südliche Zone:

Dominierende Klimafaktoren sind die Kuppenlage und das Vorherrschen von Waldflächen. Die Kuppenlage ist windoffen und führt zu den höchsten Windgeschwindigkeiten. Das Gebiet wird später als alle anderen Stadtgebiete durch Bodeninversionen betroffen. Der Wald reduziert die bodennahen Winde stark und produziert im Stammraum ein sehr gedämpftes Klima, wie die Ergebnisse an der Station 9 erkennen lassen. **Klima**

Die relative Windoffenheit des Gebietes hat eine gute Durchlüftung zur Folge. Die Klimate der Waldflächen reduzieren die Extreme sowohl im Sommer als auch im Winter. Die Filterfunktion des Waldes ist bedeutend. Die Zone weist sich deshalb durch ein günstiges Bioklima aus. **Bewertung**

Erhalten und Ausbauen der Waldstrukturen, im Wechsel mit parkartigem Gelände. Bebauung auf ein Minimum beschränken. Naturnahe, stille Erholung (keine Emittenten, keine Verkehrsstrassen). **Planungshinweise**

Bioklimatischer Ausgleichsraum: Bei Sommer- und Tropentagen nur mäßige Wärmebelastung des Menschen durch günstige Bestrahlungs- und Temperaturverhältnisse.

Der Wald ist ein starker „Frischlufthproduzent“. Es muß gewährleistet sein, daß die Luft hangabwärts in die Siedlungsstrukturen abfließen kann (keine Verbuschung im Stammraum des Waldrandes!).

Zone 2 – Villenzone:

Klima

Ein leichter Nordhang, schwach durch Siepen gegliedert, mit lockerer (dörflicher) Bebauung und starker Durchgrünung, weist insgesamt ein günstiges Klima auf. Nur im Osten tritt ein größeres Gebiet in Erscheinung, das durch reine Landwirtschaft genutzt wird. In etwa ist die Station Barop auch für dieses Gebiet repräsentativ. Gute Durchlüftung und schwache Dämpfung der Klimaelemente sind in den Siedlungsstrukturen zu erwarten. Schwache Kaltluftbewegungen sind innerhalb der Siepen erkennbar.

Bewertung

Noch günstige bioklimatische Bedingungen, leicht ungünstigere Bedingungen (Kaltluft und Feuchte) sind für Wohnbebauung in den Siepentälern zu erwarten.

Planungshinweise

Hier sollte dichte Bebauung untersagt werden. Parkartige Freiräume und extrem starke Durchgrünung der Siedlungsstrukturen werden vorgeschlagen. Da der Süden ein wichtiges Frischluftgebiet ist, sollten in dieser Zone keine Emittenten (Industrie) zugelassen werden.

Zone 3 – Südlicher Stadtrand:

Klima

Morphologisch ist diese Zone nicht ausgeprägt gegliedert. Leichte Kuppenlage (140 m) bei Oespel und der Gartenstadt korrespondieren mit Taleinschnitten, die um 80 m hoch liegen. Auch die Ortsteile Brackel, Asseln und Wickede liegen auf dieser Höhe. Bis auf Hombruch und Hörde ergeben sich auch in dieser Zone keine stark verdichteten Siedlungsstrukturen. Die Station Barop (10) ist für die freien Lagen repräsentativ. Die Talregionen werden von der Station 8 dokumentiert (da die Station nicht direkt im Talgrund steht, sondern an einem leichten Südhang, ergeben sich hier auch Hinweise auf das Klima exponierter Lagen).

Bewertung

Die Tallagen der Emscher und ihre Nebentäler zeigen mäßige bis schwache Kaltluft. Die leichten Kuppenlagen sind windoffen und daher günstig durchlüftet. Asseln, Brackel und Wickede liegen im Einflußbereich des Körnebaches und können durch länger andauernde Bodeninversionen betroffen sein.

Planungshinweise

Der südlich an den Stadtkern anschließende Bereich muß in Zukunft gezielter gegliedert werden in Siedlungszentren und Freiräume, die dicht an den Stadtkern heranrücken und auch eine Verbindung schaffen zum Dortmunder Süden.

a) zum Bioklima:

Keine dichte Bebauung, Vergrößern der Parkflächen, Durchgrünung erhalten und vermehren, vor allem am Rand zu Zone 4 (Gartenstadt und Barop).

b) zum Temperatur-/Feuchtefeld:

Keine Bebauung in der Talregion.

c) zum Windfeld:

Öffnen von Kaltluftdämmen zum besseren Abfluß. Kaltlufteinzugsgebiet: nicht versiegeln, nicht zu dicht aufforsten, „Ablaufbahnen“ erhalten. Kuppenlage: Im allgemeinen guter Horizontalaustausch, keine Hochbauten (Energieverbrauch!). Tal-lage: keine Versiegelung, „Ablaufbahnen“ erhalten, keine größeren Emittenten. Öffnen der Täler für die Frischluft aus Süden. Anlegen von Grünzonen im Westen von Kley, zwischen Oespel und Eichlinghofen und zwischen Eichlinghofen und Barop sowie zwischen Aplerbeck und Sölde (Beachten von Bebauungsgrenzen).

d) zur Luftbelastung:

Problemfeld Industrieanlagen in Hörde: Allgemeine Verminderung der Emissionen und Emissions-Schutzstreifen anlegen.

Zone 4 – Stadtkern:

Klima

Keine wesentlichen morphologischen Einflüsse erkennbar. Dagegen dominieren die Faktoren Versiegelung und Bebauung. Die stadtklimatologischen Phänomene sind stark ausgeprägt, wie anhand der Stationsmessungen und aller anderen Messungen

deutlich wird. Die Übergänge zum Freiland zeigen die Stationen 2, 3, 5 und 7 auf. Hier sind vor allem die Ergebnisse der Windfeldanalyse wesentlich, da die Stationen in Gebieten mit geringer Rauigkeit liegen. Diese Bezirke haben eine Leitwirkung zum Zentrum hin. Flurwinde konnten nachgewiesen werden.

Die negativen Auswirkungen der dichten Bebauung auf das Klima der Stadt sind deutlich dokumentiert: geringe nächtliche Abkühlung, reduzierter Austausch im Straßenniveau, starke Aufheizung exponierter Flächen sowie längere Schattenzonen in den Straßenschluchten und Höfen. Diese Zone ist die eigentliche Problemzone von Dortmund. **Bewertung**

Der dichtbebaute Stadtkern der Zone 4 zeigt alle Eigenschaften eines ausgeprägten Stadtklimas. Es ist hier durch gezielte kleinräumige Maßnahmen dafür zu sorgen, daß **Planungshinweise**

- die Versiegelung und Bebauung beendet wird und
- Grünzonen geschaffen werden, die kleinräumig für Ausgleich sorgen können und
 - wenn möglich – die Verbindung schaffen zum städtischen Umland.

Luftleitbahnen: keine Bebauung, niedrigwachsende Vegetation, einzeln stehende Bäume, ausreichende Breite (mindestens 50 m, Pfeile in der Karte). **Luftaustausch horizontal**

Starke Thermik am Tag durch heiße Dachflächen sollte erhalten bleiben als Motor für Thermik. Die nächtliche Wärmeinsel produziert Flurwinde; durch Ausbau und Anlage von Luftleitbahnen sollte dieser Effekt gefördert werden. Öffnen von Baublöcken zur besseren Durchlüftung. **Luftaustausch vertikal**

Reduktion des innerstädtischen Verkehrs, Fernwärme, keine Emittenten im bodennahen Bereich. **Zur Lufthygiene**

Industriearale und Gewerbegebiete: Begrünung, Gliederung der Werksgebiete. Zonen, Streifen, Flächen mit starker Begrünung, Büsche und Gehölze. **Zur Luftbelastung**

Zone 5 – Nordwestlicher Stadtrand:

Sehr geringe morphologische Gliederung, überwiegende Höhenlage um 80 m, lockere bis mäßig dichte Bebauung in kleineren Siedlungsstrukturen herrschen vor. Die klimatischen Gegebenheiten sind nicht stark differenziert. Die Station I ist nicht repräsentativ für das gesamte Gebiet, da sie in einer leichten Depression liegt und in der Nähe einer offenen Wasserfläche. Hier ergeben sich Korrelationen zu den Werten der Stationen 10 und 4. **Klima**

Extreme klimatische Belastungen sind nicht zu erwarten. Der nördliche Teil liegt im Bereich langandauernder Bodeninversionen, in den Siedlungsstrukturen ergeben sich keine starken stadtklimatologischen Effekte. **Bewertung**

In diesen Zonen, die im Westen und Norden an das Zentrum anschließen, sind gezielt die Siedlungsstrukturen zu konzentrieren, um dadurch die vorhandenen Freiräume besser als innerstädtische Grünzonen auszuweisen und eine massive Vergrößerung des eigentlichen Stadtkerns zu verhindern. **Planungshinweise**

- a) zum Bioklima:
Keine stärkere Verdichtung der Bebauung, aber Konzentration der weiteren Bautätigkeiten auf vorhandene Siedlungsstrukturen. Bebauungsgrenzen festschreiben. Dadurch Schaffung und Ausbau städtischer Grünzüge mit parkartiger Struktur (Gehölzstreifen).
- b) zum Temperatur-/Feuchtefeld:
Keine flächenhafte Versiegelung. Grünzüge möglichst dicht an den Stadtkern heranzuführen.
- c) zum Windfeld:
Grünzüge sind bei entsprechenden Wetterlagen Ventilationsbahnen. Keine zu dichten Gehölzstrukturen. Geringe Rauigkeit, keine Bebauung.

- d) zur Luftbelastung:
Keine Emittenten im Norden und Nordosten der Stadt.

Zone 6 – Nördliche Zone:

Klima

Morphologisch ist diese Zone eine weite Depression. Darin eingestreut liegen einzelne, wenig stark verdichtete Siedlungen. Vor allem die langandauernden Bodeninversionen sind für dieses Gebiet charakteristisch. Die weite Ebene ist windoffen. Bei Nord- bzw. Nordostwetterlagen wurde eine Leitfunktion der Depression festgestellt, in der die Winde auf Ost umgelenkt wurden. Diese Zone wird auch durch die Stationen I und II (Lünen, LIS) repräsentiert. Die Station 4 (Derne) gibt den Einfluß der Bebauung wieder. Auch ist hier der Effekt einer schwachen Erhebung (Kuppenlage) feststellbar.

Bewertung

Vor allem die Nebelbildung, die Kaltluft in den Niederungen sowie die langandauernde nächtliche Stabilisierung der Atmosphäre mit der Bildung von Bodeninversionen ist bioklimatisch ungünstig. Industrieansiedlungen sollten hier nicht vorgesehen werden. Bei windschwachen, austauscharmen Nord- bzw. Nordostlagen muß das Gebiet als Frischluftgebiet für die Innenstadt erhalten bleiben bzw. ausgebaut werden.

Planungshinweise

Die Lippeniederung ist am deutlichsten gefährdet durch Kaltluft und Nebelbildung. Eine weitere Zersiedlung sollte hier auf jeden Fall unterbleiben, auch eine Ansiedlung starker Emittenten mit bodennahen Quellen ist unter allen Umständen zu verhindern.

- Inversionsgefahr: Bereiche intensiver und häufiger Bodeninversionen mit mangelhaftem Vertikalaustausch. Reduktion vorhandener Emittenten, keine Neuansiedlung von Großemittenten, bei höheren Emissionsraten als Frischluftgebiet ungeeignet.

- a) zum Bioklima:
Nächtlicher Nebel und Kaltluft in den Senken sind ungünstige Voraussetzungen: Keine Bebauung. Keine Industrieansiedlung in den Senken.
- b) zum Temperatur-/Feuchtefeld:
Wie oben, etwas günstigere Verhältnisse auf den leichten Anhöhen (Holthausen, Brechten, Grevel). Erhalten und Ausbauen der Forstflächen als Kontrastklimatope zur Stadt und zum Freiland.
- c) zum Windfeld:
Kritische Situation bei stabilen, windschwachen, austauscharmen Wetterlagen aus N-NE. Das Gebiet muß als Frischluftgebiet erhalten werden. Schneisen im Norden und Süden von Scharnhorst ausbauen.
- d) zur Luftbelastung:
absolut keine Emittenten zulassen!

Literatur

- Fanger, P. O.:
Thermal Comfort.
McGraw Hill Company. New York 1972
- Geiger, R.:
Das Klima der bodennahen Luftschicht.
Braunschweig 1963
- Gossmann, H.; Lehner, M.; Stock, P.:
Wärmekarten des Ruhrgebietes.
In: Geogr. Rundschau, Jg. 33, 1981, H 12
- Gossmann, H.:
Satelliten-Thermalbilder – ein neues Hilfsmittel für die Umweltforschung?
Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (Hrsg.)
Fernerkundung in Raumordnung und Städtebau. Heft 16. Bonn 1984
- Hess, P.; Brezowsky, H.:
Katalog der Großwetterlagen Europas (1881 – 1976).
Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 113, Offenbach a. M. 1977
- Kommunalverband Ruhrgebiet (Hrsg.):**
Städte- und Kreisstatistik Ruhrgebiet 1984
KVR, Essen 1985
- Brahe, P.; Horbert, M.; Kleinebrahm, T.:
Klimaökologisches Gutachten Mülheim.
Unveröff. Gutachten KVR, Essen 1983
- Kiese, O.; Otto, G.:
Windanalyse der Stadt Dortmund.
Bericht KVR, Essen 1986
- Kuttler, W.:
Stadtklimatische Untersuchungen im Raum Dortmund.
Bericht KVR, Essen 1985
- Stock, P.; Beckröge, W.:
Klimaanalyse Stadt Essen.
Planungshefte Ruhrgebiet, P 015, KVR, Essen 1985
- Kratzer, A.:
Das Stadtklima.
2nd ed. 184 pp.
Braunschweig 1956
- Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales
Nordrhein-Westfalen
Luftreinhalteplan Ruhrgebiet Ost 1979 – 1983
Düsseldorf 1978
- Oke, T. R.:
Review of urban climatology 1973 – 1976.
WMO-No. 539. Genf 1979
- Stock, P.; Lehner, M.:
Die städtische Wärmeinsel in Thermalbildern verschiedener Aufnahmemaststäbe,
Beispiel Recklinghausen.
In: Fernerkundung und Raumanalyse, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe 1986