

**DWD**

**AMTLICHES GUTACHTEN**

**zur Klimauntersuchung  
im Bereich der Stadt**

**Hemer**

**November 1997**

**DEUTSCHER WETTERDIENST**

# DEUTSCHER WETTERDIENST

Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung

## AMTLICHES GUTACHTEN

zur Klimauntersuchung  
im Bereich der Stadt Hemer

Auftraggeber: Stadt Hemer

Anzahl der Seiten (gesamt)	:	48
Anzahl der Tabellen	:	4
Anzahl der Abbildungen	:	2
Anzahl der Karten	:	9

wissenschaftliche Bearbeitung: Dipl. Met. P.-H. Voß

Essen, den 28.11.1997



.....  
Dipl.-Met. Ulrich Otte,  
Leiter des Regionalen Gutachtenbüros Essen

*Dieses Gutachten ist urheberrechtlich geschützt, außerhalb der mit dem Auftraggeber vertraglich vereinbarten Nutzungsrechte ist eine Vervielfältigung oder Weitergabe dieses Gutachtens an Dritte sowie die Mitteilung seines Inhaltes, auch auszugsweise, nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Deutschen Wetterdienstes gestattet.*

EDV-Kennung: 510-58651-04-1197

*1 Textkopie an USB für 30.02.98*

<b>I n h a l t</b>	<b>Seite</b>
<b>1</b> <b>Zusammenfassung</b>	3
<b>2</b> <b>Das Untersuchungsgebiet</b>	4
<b>3</b> <b>Datenmaterial</b>	5
3.1      Digitale topographische Daten	5
3.2      Winddaten	6
3.3      Klimadaten	6
<b>4</b> <b>Klimatologische Grundlagen</b>	7
4.1      Geländeform und Lokalklima	7
4.2      Windgeschwindigkeit	9
4.3      Atmosphärische Schichtung	11
<b>5</b> <b>Methoden zur Erstellung großmaßstäbiger Klimakarten</b>	13
5.1      Statistische Methoden	13
5.1.1    Allgemeine Erläuterungen	13
5.1.2    Das statistische Windfeldmodell	14
5.1.3    Das statistische Modell zur Berechnung der "Minimumtemperatur- inversionshäufigkeit"	17
5.2      Das Kaltluftabflußmodell (KLAM)	19
5.3      Bodennahe Durchlüftungsverhältnisse	20
5.4      Freiflächensicherung	22
5.5      Grundsätzliche Bemerkungen	25
<b>6</b> <b>Ergebnisse</b>	26
6.1      Allgemeine Erläuterungen	26
6.2      Lokalklimatisch bedeutsame Flächen	26
6.2.1    Istzustand	26
6.2.2    Sollzustand	28
6.3      Zahl der Tage mit Minimumtemperaturinversionen	29
6.4      Jahresmittel der Windgeschwindigkeit	30
6.4.1    Istzustand	30
6.4.2    Sollzustand	32
6.5      Bodennahe Durchlüftungsverhältnisse	33
6.5.1    Istzustand	33
6.5.2    Sollzustand	34
6.6      Freiflächensicherung	36
6.6.1    Istzustand	36
6.6.2    Freiflächensicherung und potentielle Plangebiete	38
<b>7</b> <b>Allgemeine Planungshinweise</b>	40
<b>8</b> <b>Literatur</b>	43
<b>9</b> <b>Tabellen</b>	45
<b>10</b> <b>Abbildungen und Karten</b>	46

## 1 Zusammenfassung

Das Klima eines Ortes wird durch den mittleren Zustand einer Vielzahl von Klimaelementen bzw. klimatischen Phänomenen beschrieben. Für die Planung ist jedoch ein Klimaelement - für sich allein betrachtet - wenig aussagefähig. Aus diesem Grund werden für einen bestimmten Planungsbereich verschiedene relevante Klimagrößen zu synthetischen "Klimaeignungskarten" verarbeitet (GERTH, 1986 und 1987), die es dem Planer erleichtern, klimatische Gegebenheiten in die Planung mit einzubeziehen.

Der vorliegende Bericht besteht im wesentlichen aus 3 Teilen: Im ersten Teil (Abschnitt 4) werden bestimmte Klimaelemente bzw. Klimaphänomene allgemeinverständlich erklärt und deren Planungsrelevanz erörtert. Ein weiterer Teil (Abschnitt 5) befaßt sich mit den verwendeten Methoden, um großmaßstäbige Verteilungen von Klimaelementen zu erhalten. Dieser Teil enthält eine Beschreibung der verwendeten mathematisch-numerischen Modelle sowie der statistischen Verfahren, die der Kartenherstellung zugrunde liegen. Da großmaßstäbige Karten zur flächengenauen Betrachtungsweise verführen, klimatische Phänomene oder Größen sich jedoch selten in feste Grenzen einordnen lassen, wird in diesem Teil auch auf die Problematik des Umgangs mit Klimakarten hingewiesen und es werden Interpretationsmöglichkeiten aufgezeigt. Schließlich werden im letzten Teil (Abschnitte 6 bis 7) die Ergebnisse der Klimauntersuchung und die errechneten Klimakarten beschrieben und allgemeine Planungshinweise gegeben.

## Das Untersuchungsgebiet

Die Stadt Hemer liegt am nördlichen Rand des Sauerlandes mit ihrem Zentrum in einer Höhe von etwa 220 m über NN. Nach Süden steigt das Gelände rasch auf Höhenlagen über 450 m über NN an. Auch im Nordwesten und Ostnordosten bis Osten (Seilerberge, Tüsberg, Hoppenberg) werden Höhen von über 300 m über NN erreicht. Lediglich nach Nordosten zu sinkt die Geländehöhe im Ösetal ab, so daß sich ein großer Teil des Innenstadtbereiches in einer halbkesselförmigen Lage befindet.

Nördlich vom Stadtzentrum wird das Gelände mit seinen Erhebungen und Taleinschnitten etwas flacher und senkt sich bis in die Ruhrseitentäler der Hönne im Nordosten und des Abbabachs im Nordwesten sanft ab, die mit Talbodenhöhen von ca. 160 bzw. 200 m über NN die niedrigsten Höhen des gesamten Untersuchungsgebietes aufweisen.

Das Tal der Hönne verläuft - tief in die Landschaft eingeschnitten - von Süden nach Norden im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes und weist südwestlich von Balve eine Höhe von etwa 270 m über NN auf. Westlich des Hönnetales werden im mittleren und im südöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes in nur wenigen Kilometern Entfernung Gipfelhöhen von rund 500 m über NN erreicht.

Das Tal der Öse teilt sich im Südteil von Hemer in zwei Täler auf, die von Süden nach Norden im Zentralteil des Untersuchungsgebietes als Ihmerter Bachtal und als Sundwiger Bachtal die Höhen des nördlichen Sauerlandes tief durchschneiden. Dabei steigen die Talböden bis zum Südrand des Untersuchungsgebietes südlich von Ihmert bis auf eine Höhe von über 400 m über NN an. Auch beiderseits dieser beiden Bachtäler werden in nur wenigen Kilometern Entfernung Maximalhöhen von rund 500 m über NN erreicht.

Der höhergelegene Süden des Untersuchungsgebietes ist überwiegend bewaldet und nur von kleineren Ortschaften durchsetzt. Dichtere Bebauung erstreckt sich hauptsächlich im Nordteil des Untersuchungsgebietes in einem viele Kilometer umfassenden Streifen südlich der Autobahn A46 und der in einigem Abstand parallel verlaufenden Bundesstraße B7 von Iserlohn im äußersten Westen über Hemer mit den Stadtteilen Westig und Sundwig bis Deilinghofen im Osten.

Als Auftragsbestandteil sind durch die Stadt Hemer innerhalb des Untersuchungsgebietes Vorgaben hinsichtlich möglicher neu zu entstehender Plangebiete genannt worden. Diese Gebiete, als sogenannter Sollzustand in den Karten beschrieben, sind in einer Übersichtskarte (siehe Abb. 2 und Karte 9) sowie in allen den Sollzustand beschreibenden Karten an den betreffenden Stellen mit den Kürzeln 'GE' für Gewerbegebiet und 'WA' für Wohnanlage

gekennzeichnet. Die neue geplante Trasse der Autobahn A46 wurde zwecks Orientierung in die Karte des Sollzustandes der lokalklimatisch bedeutsamen Flächen mit eingefügt. Die zur Bebauung mit Gewerbeflächen oder Wohnanlagen geplanten Gebiete wurden dem Flächennutzungsplan der Stadt Hemer entnommen. Dabei wurden die geplanten Bebauungsgebiete mit Hilfe eines Zufallsgenerators im Falle der Wohnanlagen um 60% ausgedünnt bzw. auf 40% verdichtet, im Falle der Gewerbeflächen um 30% ausgedünnt bzw. auf 70% verdichtet.

### **3 Datenmaterial**

#### **3.1 Digitale topographische Daten**

Zur Durchführung von Modellrechnungen, der Erstellung von Klima- und Klimaeignungskarten sowie deren graphischer Darstellung sind hochauflösende digitale topographische Daten nötig. Das bedeutet, daß das zu untersuchende Gebiet in eine Vielzahl von kleinen Rasterpunkten zerlegt werden muß, wobei für jeden Rasterpunkt eine Information über die mittlere Geländehöhe sowie die Erdoberflächenbedeckung (Bewuchs, Bebauung) benötigt wird.

Die Höhendaten wurden vom Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen in einem Raster von 50 m mal 50 m geliefert und auf ein 25 m - Raster umgerechnet.

Die Landnutzungsklassen wurden aus den zur Verfügung gestellten topographischen Karten (Maßstab 1 : 25 000) digitalisiert und mit Hilfe eines Rechnerprogramms auf ein 25 m-Raster umgerechnet. Das dargestellte Untersuchungsgebiet umfaßt 137.5 km<sup>2</sup>. Der Kartenbereich erstreckt sich von Rechtswert 3410.0 bis Rechtswert 3421.0 und von Hochwert 5687.0 bis Hochwert 5699.5 des Gauß-Krüger Koordinatensystems.

Bei den Landnutzungsklassen wurde unterschieden in dichte und lockere Bebauung, Wälder, überwiegend baumbestandene Freiflächen (Parks, Obstgärten, Baumschulen etc. ), Freiflächen, Gewässer und größere Verkehrsflächen (Straßen, Gleisanlagen).

Die beiden Datensätze Höhe und Landnutzung wurden anschließend daraufhin überarbeitet, daß zum Beispiel Täler ein Gefälle zum nächsttieferliegenden Talsystem aufweisen, Flüsse auch tatsächlich im Talgrund verlaufen oder größere Seenflächen eine einheitliche Höhe besitzen. Wenn nötig, wurden die Daten an einigen Stellen korrigiert.

In der Abbildung 1 sind die digitalen Höhenwerte und die Landnutzungsklassen "Bebauung", "Wald", "Gewässer" und "Verkehrsflächen" in dreidimensionaler Form dargestellt.

### 3.2 Winddaten

Der Deutsche Wetterdienst unterhält ein umfangreiches Windmeßnetz von derzeit etwa 300 Stationen im gesamten Bundesgebiet (einschließlich der neuen Bundesländer), an denen kontinuierliche Windmessungen durchgeführt werden. Diese Daten werden nach geeigneten statistischen Kriterien ausgewertet und über Regressionsansätze in die Fläche übertragen. Damit ist sichergestellt, daß auch für Bereiche ohne ortsbezogene Windmessungen ( abgeleitetes ) Datenmaterial für die Beschreibung der Windverhältnisse vorliegt.

### 3.3 Klimadaten

Speziell für klimatologische Zwecke betreibt der Deutsche Wetterdienst ein Klimameßnetz von etwa 400 Stationen, an denen von überwiegend nebenamtlichen Beobachtern eine Vielzahl von meteorologischen Größen und Parametern gemessen oder bestimmt werden. U.a. liegen aus diesem Meßnetz auch tägliche Minima der Lufttemperatur (gemessen in einer Höhe von 2 m über Grund) vor, die für die Untersuchungen des Kapitels 5.1.3 (Inversionshäufigkeit) benötigt werden.

Das tägliche Minimum der Lufttemperatur ist ein Element, das hauptsächlich durch die nächtliche Ausstrahlung bestimmt wird. Der Zeitpunkt, an dem die tiefste Lufttemperatur auftritt, kann von Station zu Station unterschiedlich sein, liegt jedoch in der Regel kurz vor Sonnenaufgang. Bei Strahlungswetterlagen (geringer Bewölkungsgrad, niedrige Windgeschwindigkeit) ist dies der Zeitpunkt, an dem nicht nur häufig Bodeninversionen vorhanden sind, sondern auch die Inversionsmächtigkeit (Höhe der Inversion) ihr Maximum erreicht hat.

## 4 Klimatologische Grundlagen

### 4.1 Geländeform und Lokalklima

In wolkenarmen, windschwachen Nächten (Strahlungsnächten) kühlt sich aufgrund der langwelligeren Ausstrahlung der Erdoberfläche die bodennahe Luftschicht ab, wobei die Menge der produzierten Kaltluft nicht nur von Jahreszeit, Windgeschwindigkeit und Bewölkungsgrad, sondern auch in hohem Maße von der Bedeckung des Erdbodens abhängt.

Während in Muldenlagen diese bodennahe Kaltluftschicht an Ort und Stelle verbleibt und einen Kaltluftsee bildet, entwickelt sich an unbewaldeten und unbebauten Hängen ein mehr oder weniger starker Kaltluftfluß, dessen Fließgeschwindigkeit in erster Linie von der Hangneigung und der Bodenrauigkeit abhängt. Schwach ausgeprägte Kaltluftflüsse von kurzer Andauer können bereits bei Hangneigungen ab 2 Grad beobachtet werden. Bei größeren Hangneigungen und guten Abflußbedingungen im Tal treten stärkere Kaltluftabflüsse auf, die die ganze Nacht hindurch anhalten können.

Kleinere Hindernisse im Talverlauf werden von der abfließenden Kaltluft ohne nennenswerte Staubbildung überwunden. Bei größeren Hindernissen (Wald- oder Siedlungsränder) stellt sich luvseitig ein Kaltluftstau ein, in dem - lokal eng begrenzt - deutlich niedrigere Temperaturen auftreten können als in der Umgebung.

In Tälern oder Beckenlandschaften kann sich die von den Hängen abfließende Kaltluft ansammeln. Je nach Kaltluftproduktion und Jahreszeit (Dauer der Nacht) füllen sich zuerst die tieferliegenden Geländeteile mit Kaltluft auf. Im Laufe der Nacht wächst die Obergrenze der Kaltluftschicht weiter an und erreicht morgens ihre größte vertikale Mächtigkeit. Kaltluftsammlgebiete sind auch bezüglich ihrer horizontalen Ausdehnung recht groß und können ganze Regionen erfassen. Im Gegensatz zu den o. g. lokalen Phänomenen wie Kaltluftseen/ Kaltluftstaus, in denen absolute Stagnation herrscht, kann in einem Kaltluftsammlgebiet bei ausreichender Neigung der Talsohle ein Kaltluftabfluß in Form eines Talabwinds stattfinden (SCHIRMER, 1988).

Die hier geschilderten lokalklimatischen Phänomene sind in hohem Maße von menschlichen Aktivitäten abhängig bzw. beeinflussbar: Neu geplante Siedlungsgebiete können u. U. einen Kaltluftstau verursachen, dessen räumliche Lage ganz von den jeweiligen topographischen Gegebenheiten abhängig ist. Durch Abholzungen können eventuell bestehende Kaltluftstaus aufgelöst und die Durchlüftungsverhältnisse verbessert werden. Ausgeprägte Kaltluftflüsse können durch Bebauung oder Aufforstung zerstört werden. Die Palette der hier geschilderten Beeinflussungen des lokalen Klimas ist beliebig erweiterbar.

Für die Planung sind diese lokalklimatischen Phänomene von besonderem Interesse: In Kaltluft-sammelgebieten sind die Austauschverhältnisse stark reduziert. Schadgasemissionen können so nicht ausreichend verdünnt werden und zu hohen Konzentrationen um die Quelle beitragen. Insbesondere im Winterhalbjahr reicht die Sonneneinstrahlungszeit aufgrund der kurzen Tageslänge oft nicht aus, um Kaltluftsammlgebiete völlig aufzulösen, so daß eine hohe Immissionsbelastung - auch über einen längeren Zeitraum hin - auftreten kann.

Von planerischem Interesse ist auch der Bereich knapp oberhalb des Kaltluftsammlgebietes, die sogenannte nebelarme, warme Hangzone. Hier herrschen in der Regel bessere Durchlüftungsverhältnisse und gute bioklimatische Bedingungen vor, was diese Region auch für die Planung von Freizeit- und Erholungseinrichtungen interessant macht.

In Gebieten mit stagnierender Kaltluft (Stau/See) ist die Frost- und Nebelhäufigkeit - hauptsächlich in den Übergangsjahreszeiten Herbst und Frühjahr - größer als in den benachbarten, kaltluftfreien Gebieten, was insbesondere für die Landwirtschaft im Hinblick auf frostempfindliche Kulturen wie Qualitätsobst und Wein, aber auch für den Straßenverkehr wegen der Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit durch erhöhte Nebel- oder Glatteisgefährdung von Bedeutung ist. Aufgrund der absoluten Luftstagnation findet in diesen Gebieten eine verstärkte Anreicherung der Luft mit möglichen Schadstoffen statt. Besonders bodennahen Quellen, wie z.B. Verkehrs- und Hausbrandemissionen, kommt hier eine verstärkte Bedeutung zu.

Kaltluftflüsse haben bei der Bewertung eines Raumes nach bioklimatischen Gesichtspunkten eine besondere Bedeutung, da sie an Tagen mit Wärmebelastung einen Abkühlungseffekt hervorrufen.

Da diese Luft hauptsächlich über Freiflächen entsteht, ist sie meist gering belastet und kann deshalb als Frischluft bezeichnet werden. Andererseits können jedoch auch Emissionen, z.B. Geruchsemissionen aus Mülldeponien oder bodennahe Kfz-Emissionen, durch Kaltluftflüsse transportiert werden. Im Einzelfall ist daher immer zu prüfen, welchem Entstehungsgebiet diese Luft zugeordnet ist.

Ähnlich zu bewerten wie die Kaltluftflüsse sind auch Talabwinde. Diesen ist jedoch ein wesentlich größerer Wirkungsraum (z.B. ein ganzes Talsystem) zuzuordnen. Ob Talabwinde bis zum Boden reichen können oder erst einige Dekameter über dem Erdboden auftreten, hängt ganz von den lokalklimatischen Gegebenheiten und der Landnutzung ab. Dicht bewaldete Gebiete werden vom Talabwind überströmt. Das gleiche gilt für Kaltluftstaugebiete. In beiden Fällen reicht die Wirkung des Talabwindes nicht bis zum Erdboden. Günstige Bebauungsstrukturen vorausgesetzt (talparallele Gebäudeausrichtung, breite Straßen, u.ä.) kann der Talabwind auch in dichtere Blockbebauung eindringen und zur besseren Durchlüftung beitragen.

## 4.2 Windgeschwindigkeit

In Höhen von etwa 1000 m und mehr über Grund weht der Wind nahezu isobarenparallel. Seine Geschwindigkeit ist dort nur abhängig von den horizontalen Luftdruckunterschieden. Man spricht in diesem Fall auch vom geostrophischen Wind. Mit Annäherung an den Erdboden nimmt der Einfluß der Reibungskraft immer mehr zu, so daß eine Verringerung der Windgeschwindigkeit eintritt. Direkt an der Erdoberfläche ist die Windgeschwindigkeit null. Umgekehrt betrachtet nimmt die Windgeschwindigkeit mit der Höhe zu - und zwar recht stark innerhalb der ersten 100 m - bis sie sich in etwa 1000 m über Grund dem geostrophischen Wind angleicht. Die Geschwindigkeitszunahme mit der Höhe ist auf der Nordhalbkugel der Erde mit einer Rechtsdrehung des Windes verbunden, so daß z.B. ein bodennaher Südwind in der Höhe als Südwestwind weht.

In Bodennähe findet eine zusätzliche Modifikation des Windfeldes durch unterschiedliche topographische Verhältnisse und durch verschiedene Bodennutzungsformen statt: Im flachen, ebenen Gelände oder über größeren Wasserflächen weht der Wind nahezu ungestört. Die Windgeschwindigkeiten sind relativ hoch, da größere Geländehindernisse nicht vorhanden sind. In topographisch gegliedertem Gelände dagegen gibt es eine Reihe von Faktoren, die sich auf das Windfeld auswirken. Tallagen führen in der Regel nicht nur zu einer Verringerung der mittleren Windgeschwindigkeit, sondern modifizieren -durch Leiteffekte- auch die Verteilung der Windrichtung (WIPPERMANN, 1987). Kuppen- und Kammlagen, Höhenrücken oder Berggipfel weisen gegenüber der Umgebung im Mittel höhere Windgeschwindigkeiten auf.

Die hier beschriebenen Einflußgrößen auf das Windfeld spiegeln sich auch in einer Untersuchung über die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland wider (CHRISTOFFER, 1989): Großräumig hohe Windgeschwindigkeiten treten über der Deutschen Bucht auf. Der Übergang zum Binnenland -mit seiner höheren Rauigkeit- ist zwar mit einer raschen Abnahme der Windgeschwindigkeit verbunden, das allgemeine Windgeschwindigkeitsniveau in Norddeutschland ist aber immer noch recht hoch. Gegenüber dem Flachland mit seiner wenig differenzierten, homogenen Windgeschwindigkeitsverteilung, macht sich im mittleren und südlichen Deutschland der o.a. Einfluß der Topographie stärker bemerkbar. Windschwache Gebiete sind dort besonders die Tallagen. Erst in den höheren Lagen des Mittelgebirgs- und Alpenbereiches werden wieder ähnlich hohe Windgeschwindigkeiten wie im norddeutschen Küstenraum erreicht, was auf die Windgeschwindigkeitszunahme mit der Höhe zurückzuführen ist, die der landeinwärts gerichteten Abnahme der Windgeschwindigkeit überlagert ist.

Neben diesen großräumigen Abhängigkeiten gibt es weitere Parameter, die zu einer kleinräumigen, lokalen Änderung der mittleren Windgeschwindigkeit beitragen.

Der Einfluß der Bodennutzung (Wald, Städte) auf das bodennahe Windfeld wirkt sich im Mittel geschwindigkeitsmindernd aus, wenn auch im Einzelfall durch Düsen- oder Eckeneffekte (in Straßenschluchten oder Waldschneisen) die Windgeschwindigkeit durchaus erhöht werden kann. Größere Wasserflächen dagegen bewirken -aufgrund ihrer geringen Oberflächenrauigkeit- eine weniger starke Abschwächung der mittleren Windgeschwindigkeit. Untersuchungen (REGIONALE PLANUNGSGEMEINSCHAFT UNTERMAIN, 1977) an größeren Fließgewässern zeigen deutlich den geschwindigkeitssteigernden Effekt in unmittelbarer Wassernähe, der mit zunehmender Entfernung vom Ufer jedoch sehr stark nachläßt.

Die Windgeschwindigkeit ist ein klimatologisches Element, das im Hinblick auf die bioklimatischen Verhältnisse eines Raumes für die Planung von großem Interesse ist. Auch im Bereich der Lufthygiene spielt die Windgeschwindigkeit eine große Rolle, da sie ein Maß für die Verdünnung und den Abtransport von Luftbeimengungen darstellt. Insbesondere Schwachwindsituationen oder Windstillen über einen längeren Zeitraum hinweg können - bei entsprechenden Schadgasemissionen - zu einer erhöhten Immissionsbelastung in Bodennähe führen.

### 4.3 Atmosphärische Schichtung

Die atmosphärische Schichtung ist neben der Windgeschwindigkeit bzw. -richtung eine wesentliche Größe bei der Ausbreitung von Schadstoffen und daher bei lufthygienischen Fragestellungen von großem Interesse.

Meteorologisch gesehen ist sie ein Maß für den Stabilitätszustand der Atmosphäre und wird durch die Änderung der Temperatur mit der Höhe (vertikaler Temperaturgradient) beschrieben.

Bei gut durchmischter Atmosphäre (hohe Windgeschwindigkeit und Turbulenz) stellt sich eine Temperaturabnahme von 1 K/100 m ein (indifferente oder neutrale Schichtung). Bei starker Sonneneinstrahlung kann die Temperatur in Bodennähe oft um mehr als 1 K/100 m abnehmen (labile Schichtung). Stabile Schichtung tritt bei einer vertikalen Temperaturabnahme von weniger als 1K/100 m auf. Bei extrem stabilen Schichtungen nimmt die Temperatur mit der Höhe zu; in diesem Fall spricht man von einer Inversion.

Das Auftreten und die Andauer von Inversionen ist abhängig von meteorologischen Faktoren (Großwetterlagen), geographischen bzw. topographischen Gegebenheiten (Tal-, Mulden-, Beckenlagen) sowie von der Zeit (Jahres- oder Tageszeit). Inversionen lassen sich einerseits nach ihrer Entstehung unterscheiden:

- Strahlungsinversion: Ausstrahlung und Abkühlung an bestimmten Oberflächen (z.B. Erdboden, Nebel- oder Wolkenobergrenze), während die darüber liegende Luftschicht wärmer ist. Strahlungsinversionen bilden sich überwiegend nachts und erreichen am Morgen ihre größte vertikale Mächtigkeit.
- Absinkinversion: großräumige Absinkvorgänge und damit verbundene adiabatische Erwärmung vor allem in Hochdruckgebieten; Absinkinversionen sind großwetterlagenabhängig und weisen keinen typischen Tages- oder Jahresgang auf; sie befinden sich meist in Höhenlagen zwischen 800 m und 1200 m über Grund.

Andererseits findet eine Unterscheidung nach ihrer Erscheinungsform statt:

- Bodeninversion: meist Strahlungsinversion, deren Untergrenze der Erdboden bildet; Bodeninversionen sind in den Tallagen des Mittelgebirgsbereichs besonders häufig;
- abgehobene Inversion: am Boden aufliegende Inversion wird durch Erwärmung aufgelöst, ist jedoch in der Höhe noch vorhanden;

- Höheninversion: kann in allen Höhenlagen auftreten und entsteht teils als Absinkinversion, teils als abgehobene Inversion.

Der Einfluß der atmosphärischen Schichtung auf die Schadgaskonzentration in Bodennähe ist vielfältig. Bei labilen und indifferenten Schichtungsverhältnissen findet aufgrund der erhöhten Konvektion meist eine rasche Verdünnung der in die Atmosphäre abgegebenen Luftbeimengungen statt. Mit zunehmender Stabilisierung verringert sich dieser Effekt. Bei Inversionswetterlagen schließlich findet kein nennenswerter vertikaler Austausch mehr statt, so daß sich Luftverunreinigungen innerhalb der Inversionsschicht anreichern können.

Insbesondere in Stadtgebieten beobachtet man oft abgehobene Inversionen. Da die Inversionsuntergrenze in diesem Falle wie ein Deckel wirkt, können sich Schadstoffe lediglich in der schmalen Mischungsschicht zwischen Erdboden und Inversion ausbreiten. Im Falle einer längeren Andauer ist - insbesondere in industriellen Ballungsgebieten - die Gefahr zur Ausbildung einer Smogsituation gegeben.

## 5 Methoden zum Erhalt großmaßstäbiger Klimakarten

### 5.1 Statistische Methoden

#### 5.1.1 Allgemeine Erläuterungen

Die Grundlage für statistische Untersuchungen sind meistens Stichproben einer oder mehrerer Größen. Der Begriff "Stichprobe" besagt, daß es sich um eine begrenzte Auswahl von Daten aus einer größeren - meist unbekanntem - Grundgesamtheit handelt. So stellen beispielsweise die Windmessungen an den Windmeßstationen des Deutschen Wetterdienstes (s. Kap. 3.2) eine Stichprobe aus einem weitaus größeren Kollektiv - der unbekanntem, flächendeckenden Verteilung über das gesamte Untersuchungsgebiet - dar.

Das Ziel vieler statistischer Methoden besteht darin, aufgrund einer Stichprobe Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit zu ziehen. Im folgenden werden einige statistische Grundlagen kurz beschrieben, die für diese Klimauntersuchung angewandt werden. Genauere Angaben zu den jeweiligen Themen findet man in jedem statistischen Lehrbuch.

Liegen zwei Stichproben vor, z.B. die mittleren Windgeschwindigkeiten an einigen Stationen und die Höhen dieser Stationen über dem Meeresspiegel, so ist der Korrelationskoeffizient eine Maßzahl für die Strammtheit des Zusammenhangs zwischen den beiden Größen. Dieser Korrelationskoeffizient kann zwischen -1 und +1 liegen. Ist er Null, so besteht kein Zusammenhang; ein Korrelationskoeffizient von +1 oder -1 deutet auf einen vollständigen bzw. inversen Zusammenhang zwischen den beiden Größen hin. Besteht ein solcher Zusammenhang, so läßt sich die Abhängigkeit einer Größe von einer bzw. von mehreren anderen in Form einer "Regressionsgleichung" darstellen, die im allgemeinen folgende Form besitzt:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \dots + a_n \cdot X_n$$

Hierin bedeutet  $Y$  die zu berechnende Größe,  $X_1$  bis  $X_n$  sind Variablen, von denen  $Y$  abhängig ist, während die zu bestimmenden Koeffizienten  $a_1$  bis  $a_n$  als Regressionskoeffizienten bezeichnet werden. In der Praxis wird zunächst die zu untersuchende Klimagröße  $Y$  mit verschiedenen bekannten Variablen  $X$  - wie der Höhe, der geographischen Länge, der geographischen Breite usw. - korreliert und die Variablen bestimmt, die in einem Zusammenhang mit dem jeweiligen Klimatelement stehen. Mit diesen Einflußgrößen wird eine Regressionsrechnung durchgeführt und die Regressionskoeffizienten bestimmt. Im Fall des o.a. Beispiels könnte die Windgeschwindigkeit als eine Funktion der Höhe über NN berechnet werden, sofern zwischen beiden ein Zusammenhang besteht.

Da statistische Verfahren in der Regel nie zu absolut genauen Ergebnissen führen, sondern nur Näherungslösungen darstellen, muß die Güte der berechneten Werte angegeben werden. Hierfür bietet sich die "Streuung" an, die als ein Maß der Abweichung zwischen gemessenen und berechneten Werten angesehen werden kann.

Diese Streuung ist auch für die Wahl der Klassenbreite bei der kartographischen Darstellung des berechneten Klimaelements von Bedeutung: Auf keinen Fall dürfen Klassenbreiten gewählt werden, die kleiner sind als der Betrag der Streuung, da dann der dargestellte Wertebereich statistisch nicht abgesichert ist und sowohl in die nächsthöhere wie auch nächsttiefere Klasse fallen kann. Werden z.B. mit einer Regressionsgleichung Windgeschwindigkeiten berechnet, die um  $\pm 0.5$  m/s von den gemessenen Werten abweichen, so können in der Kartendarstellung keine Klassenbreiten von 0.1 m/s gewählt werden. In diesem Fall würde die Karte eine Genauigkeit widerspiegeln, die in Wirklichkeit gar nicht gegeben ist.

Aus diesem Grunde wird bei der graphischen Darstellung immer eine Klassenbreite gewählt, die mindestens dem zweifachen Betrag der Streuung entspricht.

Ein weiteres Kriterium für die Wahl der Klassenbreite ist die relative Häufigkeit, mit der die Klasse belegt ist. Es wäre ebenso sinnlos, Klassen zu bilden, in denen nur sehr wenige Werte - in Bezug auf den gesamten Wertebereich - vorkommen, wie Klassenbreiten zu wählen, die einen Großteil aller vorkommenden Werte des darzustellenden Klimaelements enthalten.

### 5.1.2 Das statistische Windfeldmodell

Da das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit neben der Höhenlage auch von großräumigen Lageparametern wie der geographischen Breite und der geographischen Länge abhängig ist, wurden die Daten von insgesamt 225 Windmeßstationen des Deutschen Wetterdienstes bei der statistischen Untersuchung (s.a. Kap. 3.2) herangezogen. Diese Stationen unterscheiden sich bezüglich der Landnutzung in der näheren Stationsumgebung beträchtlich voneinander: Einige Windmeßstationen liegen im Innenstadtbereich mit meist hoher Bebauungsdichte. Die meisten verwendeten Stationen liegen jedoch entweder in Stadtrandlagen und sind somit repräsentativ für die Windverhältnisse im siedlungsnahen Bereich oder sie befinden sich in meist völlig freier, ungestörter Lage (Flughafenstationen (oft militärisch)). Neben den o.a. großräumigen (regionalen) Abhängigkeiten können daher auch lokale Effekte wie Bebauungs- oder Bewaldungsdichte berücksichtigt und statistisch erfaßt werden.

Nur wenige Stationen spiegeln den Einfluß von topographischen Formen, z.B. Tal- oder Kuppenlagen wider. Da die Topographie jedoch einen starken Einfluß auf das Windfeld ausübt,

wurden zusätzlich noch 30 temporäre Windmeßstationen in die Untersuchung mit einbezogen, um die Wirkung von topographischen Formen auf die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit quantitativ zu erfassen und abzusichern.

Die folgenden statistischen Auswertungen beziehen sich auf den langjährigen Zeitraum 1980 bis 1989 und eine Geberhöhe von 10 m über Grund. Stationen mit geringerer Meßdauer (z.B. die verwendeten Temporärstationen) wurden mit Hilfe einer geeigneten Bezugsstation auf diesen Zeitraum hochgerechnet. Bei Stationen mit abweichenden Geberhöhen wurde mit Hilfe eines Reduktionsverfahrens (BENESCH, 1978) auf 10 m über Grund umgerechnet.

Die großräumige, regionale Verteilung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit läßt sich durch die folgende Regressionsgleichung beschreiben:

$$\begin{aligned} \text{WGR} = & a_0 + a_1 \cdot H + a_2 \cdot H^2 + a_3 \cdot H^3 + a_4 \cdot H^4 \\ & + a_5 \cdot \text{GBR} + a_6 \cdot \text{GBR}^2 + a_7 \cdot \text{GBR}^3 \\ & + a_8 \cdot \text{GLA} + a_9 \cdot \text{GLA}^2 + a_{10} \cdot \text{GLA}^3 \end{aligned} \quad (1)$$

mit:

- WGR = mittlere Windgeschwindigkeit in m/s (gültig für den Bezugszeitraum 1980 bis 1989) bei 50 % Hindernisanteil
- GBR = geographische Breite in Grad
- GLA = geographische Länge in Grad
- H = Geländehöhe in Meter über NN
- $a_0 - a_{10}$  = Regressionskoeffizienten

Die Einbeziehung lokaler Effekte erfolgt durch:

$$\text{WG} = \text{WGR} + \text{WGR} \cdot (f(\text{proz}) + f(\text{topo})) \quad (1a)$$

mit:

- WG = mittlere Windgeschwindigkeit im Bezugszeitraum unter Einbezug aller Einflußgrößen
- $f(\text{proz})$  = Regressionsfunktion, die den prozentualen Hindernisanteil (Bebauung/-Bewaldung) berücksichtigt
- $f(\text{topo})$  = Regressionsfunktion, die über die Geländeneigung topographische Formen berücksichtigt

Auf eine ausführliche Diskussion der einzelnen Einflußparameter auf das Windfeld in 10 m Höhe über Grund soll an dieser Stelle verzichtet werden. Der interessierte Leser sei auf GERTH und CHRISTOFFER (1994) verwiesen, wo neben einer detaillierten Beschreibung der Ergebnisse auch farbige Karten in unterschiedlichen Maßstäben veröffentlicht sind. Statt dessen soll in kurzen Stichworten auf die jeweiligen Abhängigkeiten eingegangen werden:

- Allgemein gesehen nimmt die Windgeschwindigkeit mit der Höhe zu. In Höhenlagen bis 500 m über NN ist diese Zunahme der Windgeschwindigkeit jedoch gering. Oberhalb 500 m über NN wird die Höhenabhängigkeit ausgeprägter.
- Die Abhängigkeit von der geographischen Lage ergibt eine Abnahme des Windes nach Süden und Osten hin.
- Der Hindernisanteil (= prozentualer Anteil an bebauten oder bewaldeten Flächen) im Umkreis von 500 m um die Station führt zu starken Änderungen der Windgeschwindigkeit auf engstem Raum und überdeckt in der Regel den Einfluß von Geländehöhe und geographischer Lage.
- Topographische Formen (parametrisiert über die mittlere prozentuale Geländesteigung in den 8 Hauptwindrichtungen) bewirken eine mehr oder weniger ausgeprägte Verringerung des Jahresmittels der Windgeschwindigkeit in Tal- oder Muldenlagen und eine Überhöhung über Kuppen- oder Kammlagen.

Unter Berücksichtigung aller hier beschriebenen Einflußgrößen erhält man folgende Gütemaße zwischen den gemessenen mittleren Windgeschwindigkeiten und den mit der Regressionsgleichung berechneten Werten: Der Korrelationskoeffizient ist mit 0.993 sehr hoch; die Streuung beträgt 0.13 m/s. Das heißt, daß die Abweichungen zwischen den gemessenen und den berechneten Windgeschwindigkeiten im Mittel kleiner als  $\pm 0.13$  m/s sind. Die lokalen Effekte der Reduktion oder Überhöhung aufgrund unterschiedlicher topographischer Formen und Landnutzungen sind auf der Grundlage des vorliegenden Datenmaterials als statistisch hoch signifikant einzustufen. Eine gesonderte Untersuchung zeigte, daß bereits 150 Stationen ausreichen, um die o.a. Genauigkeit zu erzielen. Desweiteren wurde die Regressionsgleichung auch auf einige Stationen angewandt, die nicht zu den 255 Untersuchungsstationen gehören. Auch diese Kontrollrechnungen zeigen gute Übereinstimmungen im Rahmen der o.a. Werte.

### 5.1.3 Das statistische Modell zur Berechnung der "Minimumtemperaturinversionshäufigkeit"

Gemäß den Erläuterungen in Abschnitt 4.3 benötigt man zur Bestimmung der Inversionshäufigkeit den Temperaturverlauf mit der Höhe (vertikales Temperaturprofil). In der Bundesrepublik Deutschland werden nur an wenigen Orten Radiosondenaufstiege durchgeführt, die jedoch keine Übertragung auf den Mittelgebirgsbereich zulassen. Zur Zeit der größten Inversionshäufigkeit (früh morgens) liegen an den Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes tägliche Minima der Lufttemperatur vor. Da dieses Stationsnetz einerseits relativ dicht ist, andererseits genügend Stationen in unterschiedlicher Höhe vorhanden sind, kann für jeden Tag des Jahres ein vertikales "Minimumtemperaturprofil" erstellt werden. Gegenüber den Radiosondenaufstiegen unterscheidet sich dieses Vertikalprofil nur dadurch, daß die Messungen am Boden, jedoch in verschiedenen Höhenlagen über NN, erfolgen und nicht in der freien Atmosphäre. Ähnliche Untersuchungen findet man auch bei WANNER (1983) in dem Projekt "Durchlüftungskarte der Schweiz".

Die folgenden statistischen Auswertungen beziehen sich auf den langjährigen Zeitraum 1980 bis 1989. Insgesamt wurden die täglichen Minima der Lufttemperatur von ca. 100 sorgfältig ausgewählten Stationen in unterschiedlichen geographischen Lagen verwendet.

Um lokale Besonderheiten an einigen Stationen auszuschalten oder abzumildern, werden die täglichen Minima benachbarter Stationen in ähnlicher Höhenlage gemittelt und dieser Mittelwert als repräsentativ für die jeweilige Höhe angesehen. Zwischen den Höhenlagen wird dann interpoliert und ein vertikales "Minimumtemperaturprofil" erzeugt. Anschließend wird für jeden Höhenpunkt geprüft, ob die Temperatur in einem 100 m höher liegenden Punkt größer oder gleich (auch Isothermien werden berücksichtigt) ist. Ist dies der Fall, so wird an diesem Tag und in dieser Höhenlage eine Minimumtemperaturinversion von mindestens 100 m Mächtigkeit gezählt. Dieses Vorgehen wird für jeden Tag des 10jährigen Bezugszeitraumes wiederholt, so daß schließlich eine vollständige Inversionsstatistik in Abhängigkeit von der Höhe und der geographischen Lage vorliegt.

Ähnlich dem statistischen Windfeldmodell läßt sich die mittlere Minimumtemperaturinversionshäufigkeit durch einen nichtlinearen, multiplen Regressionsansatz beschreiben:

$$\text{IHF} = \text{IHF}_0 \cdot f(\text{HGND}) \quad (2)$$

wobei

$$\text{IHF0} = a_0 + a_1 \cdot \text{H0} + a_2 \cdot \text{H0}^2 + a_3 \cdot \text{GBR}$$

und

$$f(\text{HGND}) = a_4 + a_5 \cdot \text{HGND} + a_6 \cdot \text{HGND}^2 + a_7 \cdot \text{HGND}^3$$

mit:

IHF = mittlere Minimumtemperaturinversionshäufigkeit in Anzahl der Tage pro Jahr (Bezugszeitraum 1980 bis 1989)

GBR = geographische Breite in Grad

H0 = tiefste natürliche Geländehöhe im Umkreis von jeweils einem halben Grad geographischer Breite/Länge in Meter über NN

HGND = Höhe über dem tiefsten Punkt in Meter über H0

$a_0 - a_7$  = Regressionskoeffizienten

Die Funktion IHF0 gibt die maximal mögliche Inversionshäufigkeit in Abhängigkeit von der geographischen Lage und dem tiefsten Geländepunkt in größerem Umkreis wieder.

Die Funktion f(HGND) ist ein Reduktionsfaktor in Abhängigkeit von der Höhe über dem tiefsten Punkt. Bei einer Geländehöhe von H0, ist HGND gleich null und f(HGND) gleich eins.

Großräumig betrachtet liefert das Modell folgendes Ergebnis: Von Norddeutschland aus (etwa 210 Inversionstage/Jahr) nimmt die Inversionshäufigkeit zu und kann im äußersten Süden mehr als 250 Tage/Jahr erreichen. Diese Werte gelten jedoch nur für die tiefsten Geländepunkte. Oberhalb der Tallagen nimmt die Inversionshäufigkeit zunächst langsam, ab einer Höhe von etwa 70 m über Talgrund dagegen rasch ab. In noch größeren Höhen ist die Abnahme der Inversionshäufigkeit weniger stark ausgeprägt. Das Minimum (ungefähr 70 Tage/Jahr) wird bei ca. 400 m über Grund erreicht.

## 5.2 Das Kaltluftabflußmodell (KLAM)

Mit Hilfe des **Kaltluftabflußmodells** lassen sich die in Kapitel 4.1 beschriebenen lokal-klimatischen Phänomene simulieren. Hierzu werden keinerlei meteorologische Messungen benötigt, sondern nur die in Kapitel 3.1 erwähnten Höhen- bzw. Bewuchswerte der digitalen topographischen Daten. Das Modellergebnis wurde vielfach anhand von Feldexperimenten in unterschiedlichen Gebieten der Bundesrepublik Deutschland verifiziert und ist als ein Mittel über verschiedene Strahlungsnächte aufzufassen (GERTH, 1986).

Den hier dargestellten Ergebnissen liegen folgende Annahmen zugrunde: Die mittlere Höhe von Gebäuden soll 15 m betragen; für Waldgebiete wird eine mittlere Baumhöhe von 20 m angenommen. Die Höhe des Kaltluftsammlgebietes wird für sommerliche Verhältnisse in bezug auf die Dauer der Nacht von 9 Stunden berechnet.

Mit den o.a. Annahmen werden die Modellrechnungen durchgeführt. Bei der Kartendarstellung der Modellergebnisse ist die geographische Zuordnung in Form von Rechts- und Hochwerten des Gauß-Krüger-Koordinatensystems am Rand einer jeden Karte eingezeichnet, zusammen mit einem Gitternetz in 3 km-Abständen. Die wesentlichen Oberflächenbedeckungswerte sind als Hintergrundinformation ebenfalls eingezeichnet. Siedlungsgebiete sind gemäß der Legende rot, Waldgebiete grün und Gewässer blau ausgewiesen. Weiterhin sind in jeder Karte die Isolinien der Höhe ü. NN (Isohypsen) dargestellt. Der Isolinienabstand beträgt jeweils 25 m, beginnend mit der 150 m-Linie.

Diesen Hintergrundinformationen ist der klimatologische Teil der Karten überlagert:

Flächig hellblau werden die Kaltluftsammlgebiete dargestellt. Fällt eine Siedlung oder ein Waldgebiet in das Kaltluftsammlgebiet, so findet eine Farbüberlagerung statt: Siedlungen im Kaltluftsammlgebiet sind violett, Wälder dunkelgrün. Kaltluftstaugebiete bzw. Kaltluftseen (stagnierende Kaltluft) erkennt man an der dunkelblauen Farbe.

Kaltluftflüsse, unterschieden nach Richtung und Intensität, sind als kleine schwarze Pfeile gekennzeichnet, wobei die Pfeillängen ein Maß für die zu erwartende Intensität darstellen: kleiner Pfeil = schwache, sporadische Kaltluftabflüsse von kurzer Dauer; großer Pfeil = starker Kaltluftabfluß, der die ganze Nacht hindurch anhalten kann. Talabwinde schließlich sind als sehr dicke schwarze Pfeile dargestellt.

### 5.3 Bodennahe Durchlüftungsverhältnisse

Zur Konstruktion der synthetischen Karte "Bodennahe Durchlüftungsverhältnisse" werden die in den vorherigen Abschnitten beschriebenen räumlichen Verteilungen der Inversionshäufigkeit (als ein Maß für den vertikalen Luftaustausch, siehe auch Abschnitt 4.3) und der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit (als ein Maß für den horizontalen Luftaustausch und die Verdünnung, siehe auch Abschnitt 4.2) benötigt. Desweiteren gehen -zur Modifikation der Inversionshäufigkeit- die vom Kaltluftabflußmodell berechneten Kaltluftstaus und -seen (siehe Abschnitt 4.1) in die Berechnung mit ein. Die verwendeten Grenzwerte betragen bei der Inversionshäufigkeit 220 Tage (entsprechend 60% aller Tage pro Jahr) und bei der Windgeschwindigkeit im Mittel 3.0 m/s (zwischen 3.2 m/s bei 55 ° Nord und 2.8 m/s bei 47° Süd). Diese Verringerung des Grenzwertes der Windgeschwindigkeit nach Süden hin soll dem häufigeren Auftreten von lokalen Windsystemen Rechnung tragen, die bei windschwachen Wetterlagen ein Mindestmaß an Ventilation sicherstellen und aufgrund der stärkeren topographischen Gliederung in Süddeutschland öfter auftreten als im Norden. Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt das Prinzip der Überlagerungskriterien "Durchlüftung", die Tabelle 9.1 in Kapitel 9 dagegen die Überlagerungskriterien, nach denen die Durchlüftungskarte für den Raum Hemer erstellt wird:

Tabelle 1 :  
Allgemeine Kriterien zur Konstruktion der Karten "Bodennahe Durchlüftungsverhältnisse"

Durchlüftung:	gering	mäßig	gut
<b>Windgeschwindigkeit (WG)</b>	< Grenzwert	alle anderen Kombinationsmöglichkeiten	> = Grenzwert
<b>gewichtete Inversionshäufigkeit (I·W)</b>	> = Grenzwert	alle anderen Kombinationsmöglichkeiten	< Grenzwert

Die gemäß Abschnitt 5.1.3 erhaltene Inversionshäufigkeit wird in den Gebieten, die in stagnierender Kaltluft (Kaltluftstaus/Kaltluftseen) liegen, um 120 Tage/Jahr erhöht, um dem stark reduzierten Luftaustausch dieser Flächen gerecht zu werden. Des weiteren wird ein Wichtungsfaktor "W" eingeführt, der je nach Windgeschwindigkeitsbereich zu einer Modifizierung der Inversionshäufigkeit führt und folgendermaßen bestimmt wird:

Im Windgeschwindigkeitsbereich zwischen 2.0 m/s und 3.5 m/s soll der Wichtungsfaktor (W) "1" betragen. In diesem Bereich findet keine Modifikation der Inversionshäufigkeit statt.

Ab einem Jahresmittel der Windgeschwindigkeit von 4.0 m/s ist -ungeachtet der Bodeninversionshäufigkeit- eine recht gute Durchlüftung gegeben (MATHYS et al., 1980). Damit der Einfluß der Inversionshäufigkeit an den Durchlüftungsverhältnissen eines Ortes mit hoher mittlerer Windgeschwindigkeit nicht überbewertet wird, soll zwischen 3.5 m/s und 4.2 m/s der Wichtungsfaktor von 1 auf 0.6 abfallen und bei Windgeschwindigkeiten über 4.2 m/s auf diesem Niveau verbleiben. Der Wert "0.6" kommt dadurch zustande, daß selbst bei 365 Inversionstagen pro Jahr (wird nur in Kaltluftstaus und Kaltluftseen erreicht) der Grenzwert von 220 Tagen für die Inversionshäufigkeit unterschritten wird. Da die o.a. Überlagerungskriterien aus Gründen der Vergleichbarkeit für alle Gegenden der Bundesrepublik Deutschland angewandt werden, spielt diese Wichtung hauptsächlich in der norddeutschen Tiefebene eine Rolle.

Eine weitere Modifikation der Inversionshäufigkeit erfolgt im Bereich niedriger Windgeschwindigkeiten: Zwischen 2.0 m/s und 0.0 m/s soll der Wichtungsfaktor von "1" auf "3" linear ansteigen. Der Wert "3" kommt dadurch zustande, daß bei Windstillen keine Durchlüftung mehr gegeben ist. Um dies gemäß den Kriterien von Tabelle 9.1 zu gewährleisten, muß die Inversionshäufigkeit größer als 220 Tage sein. In größeren Höhenlagen -mit typischen Inversionshäufigkeiten von 60 bis 80 Tagen/Jahr- können dann auch schlechte Durchlüftungsverhältnisse auftreten, z.B. in einem hoch gelegenen, engen Tal mit sehr geringen Windgeschwindigkeiten, weil dann das Inversionskriterium gemäß Tabelle 9.1 erfüllt ist.

*Für das hier dargestellte Untersuchungsgebiet ist die obige Wichtung besonders in den größeren freigelegenen Bereichen südwestlich und östlich von Hemer sowie im Bereich der Kuppenlagen und Höhenzüge des Sauerlandes südlich und nördlich von Hemer von Belang, wo Flächen mit Jahresmitteln über 4 m/s auftreten. In den windschwachen, engen Tälern des Untersuchungsgebietes, die oberhalb des inversionsgefährdeten Bereiches liegen - und durch starke Bebauung oder Bewaldung gekennzeichnet sind - kommt diese Wichtung jedoch kaum zum Tragen.*

## 5.4 Freiflächensicherung

Der Karte "Freiflächensicherung" liegt der Gedanke zugrunde, die Freiflächen zu sichern, die für die Durchlüftung eines Ortes von besonderer Bedeutung sind. Die Einteilung in "hoher Freiflächensicherungsgrad" bis "geringer Freiflächensicherungsgrad" ist keinesfalls zu verwechseln mit "schlecht geeignet zur Bebauung" bis "gut geeignet zur Bebauung". Freiflächen mit hohem Sicherungsgrad sind vielmehr für ihren Wirkungsraum (z.B. eine schlecht durchlüftete Siedlung) von großer Bedeutung, so daß eine Nutzungsänderung von Freifläche in Siedlung, aber auch von Freifläche in Wald, die momentanen Durchlüftungsverhältnisse an einer anderen Stelle wesentlich verschlechtern würde.

Diese synthetische Karte ist keine Klimaeignungskarte, sondern eine "Klimarestriktionskarte", in der Flächen ausgewiesen werden, die -mit unterschiedlichem Sicherungsgrad- freizuhalten sind, um die momentan bestehenden Durchlüftungsverhältnisse nicht zu verschlechtern.

Zur Konstruktion der Karte "Freiflächensicherung" benötigt man als Grundlagenkarten die in Kapitel 5.3 beschriebenen Durchlüftungsverhältnisse, sowie die Ergebnisse des Kaltluftabflußmodelles (Kaltluftstaus, Talabwinde).

Die Überlagerungskriterien zur Erstellung der Karte "Freiflächensicherung" sind auf der übernächsten Seite dargestellt.

In Gebieten mit schlechten Durchlüftungsverhältnissen wird zunächst abgefragt, ob sich die Freifläche im Einzugsbereich von Talabwinden befindet. Ist dies der Fall; so soll die betreffende Freifläche einen hohen Sicherungsgrad erhalten, sofern sie außerhalb von Kaltluftstaus liegt. Damit soll sichergestellt werden, daß kaltluftproduzierende Flächen, die ein Talabwindensystem speisen, nicht verkleinert oder durch Bebauung bzw. Aufforstung zerstückelt werden. Ist die schlecht durchlüftete Fläche keinem Talabwindensystem zugeordnet, jedoch dem Einzugsgebiet einer schlecht durchlüfteten Siedlung, so wird sie mit einem mittleren Sicherungsgrad versehen, wenn auf ihr kräftige bis mäßige Kaltluftabflüsse stattfinden. Flächen, die keinem der o.a. Einzugsgebiete angehören, oder auf denen nur ein geringer Kaltluftabfluß stattfindet, werden gering gesichert.

In mäßig durchlüfteten Gebieten wird ebenfalls abgefragt, ob sich die Freifläche im Einzugsgebiet eines Talabwindes befindet und wenn ja -aus den gleichen o.a. Gründen-, mit einem hohen Sicherungsgrad versehen.

Ist dies nicht der Fall, so wird ermittelt, ob sich die zu untersuchende Fläche im Einzugsbereich einer schlecht durchlüfteten Siedlung, jedoch außerhalb eines eventuell vorhandenen Kaltluftstaus -oder sees, befindet.

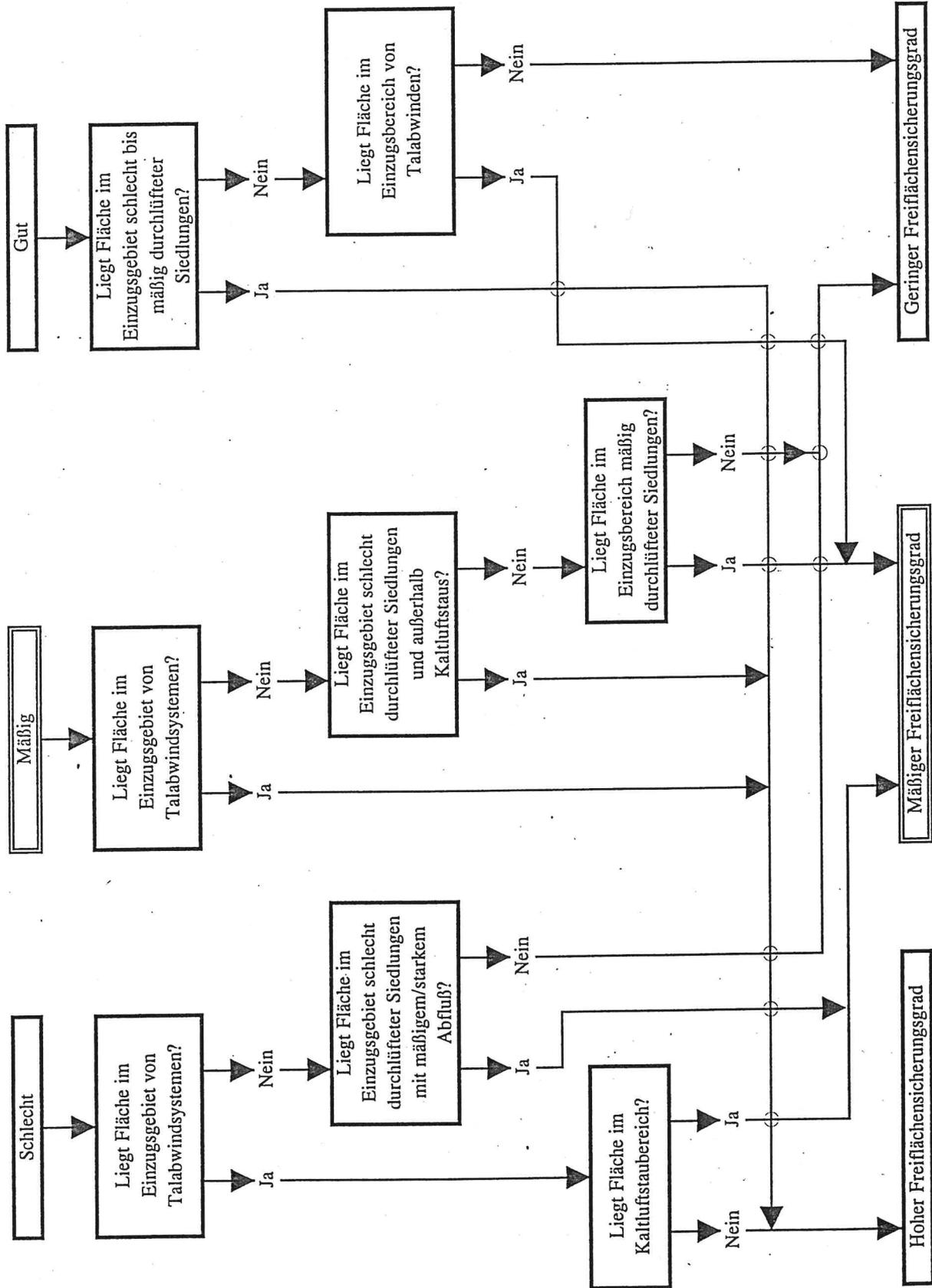
Um die ohnehin schlechten Durchlüftungsverhältnisse der Siedlung nicht weiter zu verschlechtern, wird die Freifläche in diesem Falle ebenfalls mit einem hohen Sicherungsgrad versehen.

Liegt die Fläche nicht im Einzugsbereich schlecht durchlüfteter Siedlungen, aber im Einzugsbereich einer mäßig durchlüfteten Siedlung, so wird sie mit einem mäßigen Sicherungsgrad versehen. Geringen Schutz erhalten mäßig durchlüftete Freiflächen nur dann, wenn sie nicht im Einzugsbereich von Talabwindssystemen oder von schlecht durchlüfteten oder mäßig durchlüfteten Siedlungen liegen, da in diesem Falle keine schwerwiegenden Folgen für die Durchlüftungsverhältnisse einer bestehenden Siedlung zu erwarten sind.

Gut durchlüftete Freiflächen erhalten einen hohen Sicherungsgrad, wenn sie entweder im Einzugsbereich von schlecht durchlüfteten oder von mäßig durchlüfteten Siedlungen liegen. Ist dies nicht der Fall, so wird abgefragt, ob die Fläche im Einzugsbereich eines Talabwindes liegt. Ist dies der Fall, erhält die Fläche -da weder schlecht noch mäßig durchlüftete Siedlungen beeinflusst werden- einen mäßigen Schutz. Ist dies nicht der Fall, so ist der Freiflächenschutz gering.

# Überlagerungskriterien zur Erstellung der Karte "Freiflächensicherung"

## Durchlüftungsverhältnisse



## 5.5 Grundsätzliche Bemerkungen

Bei der Interpretation der Karten sollte folgendes berücksichtigt werden: Im Gegensatz zu vielen anderen Karten, die in der Planung Verwendung finden (z.B. Flächennutzungsplan, Raumordnungsplan, Bebauungsplan), sind die Grenzen von Klimakarten nicht als fest anzusehen, sondern -gemäß dem Charakter klimatologischer Größen- als räumlich fließend zu betrachten. Der Übergang von zum Beispiel einer Windgeschwindigkeitsklasse in eine andere ist daher nicht als eine räumlich exakte Trennungslinie zu interpretieren, an der das dargestellte Klimaelement sprunghaft von einer Klasse in die andere überwechselt, sondern vielmehr als die Grenze eines mehr oder weniger breiten Streubereiches, in dem sich der allmähliche Übergang zwischen den Klassen vollzieht.

Es wäre deshalb falsch, einzelne -auf einen Pixel bezogene- Phänomene überzubewerten. Dies gilt sowohl für die Ergebnisse der Modellrechnungen (z.B. ein einziger Kaltluftpfeil in ansonsten abflußlosem Gelände, kleinräumige bioklimatische Strukturen oder einzelne, extrem niedrige beziehungsweise hohe Windgeschwindigkeitswerte) als auch für die synthetischen Klimakarten (z.B. kleinere gut durchlüftete Flächen in großräumig schlecht durchlüfteten Regionen).

Andererseits kann gesagt werden, daß die Kartenaussage um so sicherer ist, je größer ein Gebiet mit einheitlichen klimatischen Verhältnissen ist (z.B. homogene Kaltluftabflußbereiche über ganze Hangzonen oder schlechte Durchlüftungsverhältnisse in tieferliegenden, großen Talsystemen).

Bei der Interpretation der Ergebnisse des Kaltluftabflußmodelles (lokalklimatisch bedeutsame Flächen) sollte beachtet werden, daß das Modell keine quantitative Angaben liefert: Kaltluftstaugebiete sind zwar gegenüber der Umgebung kälter, um wieviel Grad jedoch kann vom Modell nicht berechnet werden. Ähnliches gilt für die Kaltluftpfeile, deren Größe kein Maß für die Abflußgeschwindigkeit ist. Kaltluftflüsse sind nicht mit einem stetigen Wind zu vergleichen, sondern vielmehr mit einem schubhaften Abtropfen von Kaltluftmassen.

Kleine Pfeile sind daher so zu interpretieren, daß in diesem Gebiet sporadische, kurzandauernde Kaltluftflüsse auftreten, gefolgt von längerandauernden abflußlosen Phasen. Große Pfeile dagegen sollen anzeigen, daß der Kaltluftfluß kräftiger entwickelt ist, länger anhält und nur kurze abflußlose Phasen aufweist. Kaltluftabflüsse dieser Art können bereits kurz vor Sonnenuntergang beginnen, die ganze Nacht hindurch andauern und erst bei Sonnenaufgang versiegen.

## **6 Ergebnisse**

### **6.1 Allgemeine Erläuterungen**

Da die klimatischen Gegebenheiten eines Raumes bei großen Maßstäben sehr stark von lokalen Effekten geprägt sind - was in den Karten auch deutlich zum Ausdruck kommt -, ist es nahezu unmöglich und nach den Ausführungen des Kapitels 5.5 auch nicht sinnvoll, auf alle Feinstrukturen eingehen zu wollen, die in den jeweiligen Klima- bzw. Klimaeignungskarten zu erkennen sind.

Deshalb beschränkt sich die textliche Beschreibung der Ergebnisse nur auf die Klimaphänomene oder -eigenheiten, die typisch bzw. von großer Wichtigkeit für das zu untersuchende Gebiet sind. Hierzu zählen sowohl großräumige, wesentliche Strukturen als auch lokalklimatische Besonderheiten, die nur in einem bestimmten Bereich auftreten oder zu erwarten sind.

Durch die Beschreibung des IST-Zustandes und der vielfältigen Wechselwirkungen zwischen einem Klimatelement und der Topographie bzw. der Landnutzung und durch die modellmäßige Simulation der geplanten Vorhaben (SOLL-Zustand) soll es dem Planer ermöglicht werden, die Folgen einer Nutzungsänderung auf das lokale Klima abzuschätzen. Die potentiellen Plangebiete, die sich nach Wohnanlagen (Abkürzung auf den Karten = WA) und Gewerbegebieten (Abkürzung auf den Karten = GE) unterscheiden, sind auf den Karten für den Sollzustand und auf einer Übersichtskarte (siehe auch Abb. 2 oder Karte 9) mit 100 % Versiegelungsgrad gekennzeichnet.

Auf allen Karten des Sollzustandes wurden die geplanten Flächen der Wohnanlagen (WA) mit jeweils 40 %, die geplanten Flächen mit Gewerbegebieten mit jeweils 70 % einheitlich versiegelt. Dabei erfolgte die prozentuale Versiegelung mangels genauerer Planungsvorgaben durch einen Zufallsgenerator.

### **6.2 Lokalklimatisch bedeutsame Flächen**

#### **6.2.1 Istzustand**

Die Höhe des Kaltluftsammlgebietes im Untersuchungsgebiet wird für sommerliche Verhältnisse - für eine Andauer der Nacht von 9 Stunden - berechnet. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich für die Obergrenze des Kaltluftsammlgebietes eine mittlere Höhe von etwa 240 m über NN.

In klaren, windschwachen Sommernächten liegt das Oesetal sowie das Hönnetal samt einiger Nebentäler innerhalb des Kaltluftsammlgebietes, das im tiefergelegenen Norden eine

Obergrenze von ca. 230 m über NN aufweist und nach Süden hin auf 260 m über NN ansteigt. Damit liegen bis auf die höhergelegenen Ortsteile und Ortschaften in Stadtrandlage von Hemer, wie zum Beispiel Westig, Teile von Sundwig, Deilinghofen und Stübecken, fast alle Stadtbereiche der Innenstadt von Hemer innerhalb des Kaltluftsammlgebietes. Der größte Teil des Untersuchungsgebietes außerhalb der erwähnten Tallagen erreicht dagegen Höhenlagen, die aus dem Kaltluftsammlgebiet herausragen. Derartige Höhen kommen in großen Teilen des nördlichen und fast in allen Teilen des südlichen Untersuchungsgebietes vor.

Die Höhe der Obergrenze des Kaltluftsammlgebietes weist jedoch einen typischen Jahresgang auf: Im Winter muß mit einer Obergrenze von etwa 300 m über NN gerechnet werden, so daß die ganze Stadt Hemer einschließlich ihrer höhergelegenen Stadtteile innerhalb des Kaltluftsammlgebietes liegt und aus ihm nur noch die höheren Lagen von Deilinghofen und Apricke im Osten von Hemer sowie die höhergelegenen Ortschaften im Süden des Untersuchungsgebietes herausragen. In den Übergangsjahreszeiten sammelt sich die Kaltluft bis zu einer Höhe von etwa 260 m über NN an.

In dem orographisch stark gegliederten Gelände des Untersuchungsgebietes bilden sich an den meisten unbebauten und unbewaldeten Hanglagen kräftige bis mäßige Kaltluftabflüsse aus. An einigen Stellen, z.B. am westlichen, südlichen und östlichen Stadtrand von Hemer, den Hanglagen um Deilinghofen, Westig, Stübecken und Apricke im Nordteil sowie um die Ortschaften vom Ihmert, Bredenbruch, Frönsberg, Garbeck und Balve im Südteil des Untersuchungsgebietes, kann die Kaltluft auch bis in bebaute Regionen abfließen.

Auch innerhalb von einigen, nur locker bebauten Stadtteile von Hemer (z.B. Sundwig) können noch schwache Kaltluftabflüsse auftreten.

Kräftige Kaltluftabflüsse in den Westteil von Hemer (Hemerhardt) finden sich zum Beispiel an den Hängen der Seilerberge und des südlich davon gelegenen Standortübungsplatzes oberhalb der Bundesstrasse B7. Ähnlich starke Kaltluftabflüsse finden sich an den Hängen im Ostteil von Sundwig (Wenhagen) in die südlichen Stadtgebiete von Hemer. Die zur Zeit noch geringe Bebauungsdichte in diesen Gebieten sorgt für ein tiefes Eindringen der Kaltluft.

Die kräftigsten Kaltluftabflüsse im Untersuchungsgebiet treten an den relativ steilen, unbewaldeten Hangabschnitten oberhalb des Kaltluftsammlgebietes auf. In Siedlungsnähe treten derart starke Kaltluftabflüsse neben den bereits erwähnten im Westen und Süden von Hemer z.B. an den steilen Hängen rund um die Ortschaft Ihmert sowie südlich von Deilinghofen, Stübecken und Landhausen auf.

Die von den Hängen abfließende Kaltluft führt in den Tälern und Seitentälern des Ihmerter Baches und Sundwiger Baches sowie im Oese- und Hönnetal zur Ausbildung von Tal-

abwindsystemen, die jedoch z.T. durch Stauerscheinungen, insbesondere in den engen Talabschnitten, abgeschwächt werden und sich streckenweise nicht mehr bis zum Erdboden durchsetzen können.

Kaltluftstaugebiete kleineren Ausmaßes sind an sehr vielen Stellen im Untersuchungsgebiet zu erkennen. Hierzu zählen z. B. Siedlungs- und Waldränder, an denen der Kaltluftabfluß behindert wird, ebenso Waldlichtungen oder kleinere Freiflächen in Tälern. Hier beobachtet man häufig sehr starke Temperaturerniedrigungen (SWANTES, 1981) im Vergleich zur Umgebung.

Etwas ausgeprägtere Kaltluftstaugebiete in Siedlungsnähe treten im Untersuchungsgebiet neben den Staugebieten im Ihmerterbachtal (z.B. im Bereich um Bredenbruch) und Sundwigerbachtal im Ortsteil Becke und östlich des Stadtkerns von Hemer auf. Hierbei werden die Kaltluftstaus in einigen Gebieten durch Bahn- oder Straßendämme, in anderen Gebieten durch dichtere Bebauung quer zum Kaltluftabfluß hervorgerufen.

### 6.2.2 Sollzustand

Da sich die potentiellen Neubaugebiete zum großen Teil in Hanglagen bzw. auf flachen Kuppen befinden, sollten sich für diese Gebiete keine gravierenden größeren zusätzlichen Kaltluftstaus bilden. Dies setzt für diese Gebiete allerdings eine der Topographie angepaßte Bebauungsstruktur voraus, die ausreichend viele dem Gefälle folgende Kaltluftschneisen zur Belüftung der niedriger gelegenen Siedlungsteile in der Bebauung freiläßt. Bei einer Bebauung quer zum Kaltluftabfluß, wie sie in den willkürlich bebauten bzw. versiegelten Planungsgebieten auf der Karte des Sollzustandes teilweise auftritt, treten sehr wohl auch Kaltluftstaus in Hanglagen auf. Durch eine solche nicht optimale Bebauungsstruktur hervorgerufen treten so zum Beispiel wesentliche neue Kaltluftstaugebiete an den geplanten Neubauf lächen (WA) im Süden und Osten von Ihmert, im Süden von Deilinghofen (WA), im Nordosten von Westig (GE), im Süden von Stübecken (WA) sowie im Bereich der geplanten Gewerbeflächen im Raum Edelburg an der vorgesehenen Autobahnverlängerung der A46 auf. Ausserdem werden bei geplanten Neubaugebieten in Hanglage und ungünstiger Bebauungsstruktur quer zum Kaltluftabfluß tieferliegende ältere Siedlungsteile von einer vorher guten Durchlüftung abgeschnitten.

Ein kleinerer Teil der potentiellen Neubaugebiete - zumeist in enger Tallage geplante Gewerbegebiete (GE) - ruft zusätzliche Kaltluftstaugebiete hervor, wie zum Beispiel im geplanten Gewerbegebiet nördlich von Ihmert (nahe Ihmerterbach), im geplanten Gewerbegebiet in enger Tallage bei Bredenbruch und in den geplanten Gewerbegebieten längs der Bundesstraße B7 nördlich und südlich von Edelburg. Hier muß besonders auf die Bebauungsstruktur geachtet

werden. So sollten nicht zu grosse Gewerbeblöcke möglichst parallel zum Hang- oder Talgefälle ausgerichtet werden, wobei die Zwischenräume in ihrer Summe mindestens von der gleichen Größenordnung sein sollten, wie die durch die Bebauung in Anspruch genommene Fläche.

Während sich Neubaumaßnahmen in aufgelockerter Bauweise bezüglich des Kaltluftstauverhaltens nur geringfügig auf die lokalklimatischen Gegebenheiten auswirken, kann der Kaltluftabfluß über ehemaligen Freiflächen vermindert werden. So verkleinern die geplanten Neubaugebiete um Ihmert, Hemerhardt, Deilinghofen, Stübecken und Westig, jedoch auch diejenigen in Hemer (Ost) und Hemer (West), den momentanen Kaltluftabfluß. Damit werden kräftige Kaltluftflüsse abgeschwächt oder kommen fast ganz zum Erliegen, die sonst tieferliegende Siedlungsteile mit kühlerer und zumeist auch frischerer Luft versorgen würden.

Eine Ausnahme bilden die geplanten Gewerbeflächen um Edelburg im Norden des Untersuchungsgebietes, direkt an der geplanten Autobahnverlängerung der A46 (z.B. die Hänge am Brandholz). Hier werden ausgeprägte, aber lokal begrenzte Kaltluftflüsse unterbunden. Diese haben jedoch keinen direkten Bezug zu Flächen mit empfindlicher Nutzung ( z.B. Wohnbebauung ), die weiter talabwärts in Richtung Menden folgen.

### 6.3 Zahl der Tage mit Minimumtemperaturinversionen

Inversionen sind großräumige meteorologische Phänomene, die kaum von lokalen Effekten (Bewuchs, Bebauung) beeinflusst werden. Ähnliches gilt für die in Kapitel 5.1.3 beschriebene Minimumtemperaturinversionshäufigkeit, die nur von der Höhenlage abhängt und nur an einigen Stellen durch lokale Kaltluftstaugebiete modifiziert wird.

Aus diesem Grund erfolgt auch keine kartographische Darstellung, die nur den Verlauf der Höhenlinien widerspiegeln würde. Die räumliche Verteilung der Inversionshäufigkeit wird daher nur textlich beschrieben.

Für den Bereich Hemer ist das Ergebnis dieser Untersuchung in Tabelle 9.2 in Abschnitt 9 wiedergegeben. Man erkennt, daß in den Lagen zwischen 101 m und 150 m über NN an etwa 63 Prozent aller Tage im Jahr mit Minimumtemperaturinversionen von mindestens 100 m Mächtigkeit gerechnet werden muß. Auch im folgenden Höhenbereich, in den auch das nördliche Hönne- und Ösetal an dieser Stelle fällt, ist die Inversionshäufigkeit nur unbedeutend geringer. Mit zunehmender Höhenlage nimmt die Inversionshäufigkeit zunächst langsam, im Bereich zwischen 201 m und 250 m über NN, mit Annäherung an die Obergrenze des Kaltluftsammegebietes, jedoch rapide ab. Oberhalb einer Höhe von 400 m über NN, dies entspricht etwa

200 m über dem Talgrund der Hönne und Öse, ist die Inversionshäufigkeit mit 70 bis 80 Tagen/Jahr dann nahezu konstant.

Der zur Berechnung der bodennahen Durchlüftungsverhältnisse (s. Kap. 5.3) relevante Grenzwert von 220 Inversionstagen pro Jahr wird in etwa 180 m über NN unterschritten. Besonders inversionsgefährdet ist damit fast das gesamte nördliche Hönne- und Oesetal bis zu den nördlichsten Stadtteilen von Hemer.

Außerhalb dieser Tallagen steigt das Gelände nach Süden zu rasch an, was großflächig zu einer Verringerung der Inversionshäufigkeit führt. Damit ragen bereits große Teile von Hemer aus dem besonders inversionsgefährdeten Bereich heraus.

## **6.4 Jahresmittel der Windgeschwindigkeit**

### **6.4.1 Istzustand**

Wendet man die Regressionsgleichung aus Abschnitt 5.1.1 auf das Untersuchungsgebiet an (geographische Breite ca.  $51^{\circ}22'$  Nord; geographische Länge ca.  $07^{\circ}48'$  Ost), so erhält man die in der Tabelle 9.3 in Kapitel 9 dargestellte Abhängigkeit der mittleren Windgeschwindigkeit von der Höhe. Die in der Tabelle angegebenen Werte gelten für einen prozentualen Hindernisanteil von 35 % und ebenes, flaches Gelände.

Man erkennt, daß im Höhenbereich zwischen 101 m und 550 m über NN die Höhenabhängigkeit der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit nur schwach ausgeprägt ist. Zwischen dem tiefergelegenen Hönnetal (etwa 150 m über NN) und den Höhenzügen im Süden des Untersuchungsgebietes (Rimberg und Ostenberg; 500 m über NN, Balver Wald; 546 m über NN) erhöht sich die Windgeschwindigkeit nur um etwa 0.6 m/s.

Dieser Höhenverteilung ist gemäß der o. a. Regressionsgleichung noch der Effekt der geographischen Länge und Breite überlagert, der sich aufgrund der geringen Größe des Untersuchungsgebietes jedoch kaum bemerkbar macht.

Neben diesen großräumigen Einflußfaktoren ist die Windgeschwindigkeit auch in hohem Maße von lokalen Effekten abhängig: Waldgebiete und Siedlungen reduzieren im Mittel die Windgeschwindigkeit, wobei die Reduktionsrate von dem prozentualen Hindernisanteil - Wald oder Siedlung - in der Umgebung der Station abhängig ist. Die in der Tabelle 9.3 dargestellten Windgeschwindigkeiten gelten für einen Hindernisanteil von 35 %. Im Extremfall erhöht sich

die Windgeschwindigkeit über ungestörten Freiflächen - Hindernisanteil 0 % - um den Faktor 1.33; während dichtbebaute Gebiete - Hindernisanteil 100 % - zu einer Verringerung der mittleren Windgeschwindigkeit um den Faktor 0.6 führen.

Tal- und Muldenlagen wirken sich ebenfalls vermindernd (Reduktionsfaktor: 0.80) auf die Windgeschwindigkeit aus, während sich über Kuppenlagen die Windgeschwindigkeit erhöht (Erhöhungsfaktor: 1.24).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß durch die lokalen Einflußfaktoren - Bebauungs- und Waldanteil, topographische Formen - das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit im Untersuchungsgebiet wesentlich stärker beeinflusst wird als durch die Geländehöhe. Geplante Nutzungsänderungen werden demnach an der regionalen Windgeschwindigkeitsverteilung gemäß der Tabelle 9.3 nichts ändern; lokal können jedoch sehr große Modifikationen des Windfeldes bewirkt werden.

Die geringsten mittleren Windgeschwindigkeiten (unter 2.0 m/s) treten in einigen wenigen meist bewaldeten engen Seitentälern des Ihmerterbach-, und Sundwigerbachtals sowie des Oese- und Hönnetals auf. Windgeschwindigkeiten oberhalb 2.0 m/s und unterhalb 2.4 m/s treten ebenfalls fast nur in Tallagen auf. Die nächsthöheren beiden Windgeschwindigkeitsklassen oberhalb von 2.3 m/s und unterhalb 3.0 m/s finden sich in den engeren Talbereichen des Oese- und Hönnetals, in einigen eng begrenzten Stadtgebieten Hemers entlang des Flussverlaufs der Oese und außerhalb der engsten Täler nahezu im gesamten Waldstreifen an den Hängen des südlichen Untersuchungsgebietes.

In den Windgeschwindigkeitsbereich zwischen 3.0 m/s und 3.5 m/s fällt der größte Teil der nördlichen, östlichen und südlichen Stadt Hemer sowie die etwas dichter bebauten Stadtbereiche der Stadt außerhalb der Bahnlinie und der unmittelbaren Flußumgebung.

Die größeren Freiflächen in den Niederungen der Hönne und am Abbabach im Norden des Untersuchungsgebietes sowie die großen Freiflächen auf den Hängen und Kuppen im Gebiet zwischen Hemer und den Gemeinden Deilinghofen, Apricke und Oberrödinghausen sowie westlich von Hemer sind als Zonen erhöhter Windgeschwindigkeit (mehr als 3.5 m/s) zu erkennen. Insbesondere fällt auch der größte Teil des westlichen Stadtgebietes von Hemer sowie der Großteil von Deilinghofen mit seinen nur locker bebauten Flächen (viele innerörtliche Freiflächen) in diesen Windgeschwindigkeitsbereich. Dem überlagert ist der geschwindigkeitsmindernde Effekt der vielen Täler (z.B. Hönnetal, Oesetal, Ihmerterbachtal und Sundwigerbachtal), sowie die Erhöhung der mittleren Windgeschwindigkeit über Kuppen- und Kammlagen. Insbesondere freie exponierte Kuppenlagen, wie zum Beispiel südlich von

Heppingsen und Kesbern im höhergelegenen Süden des Untersuchungsgebietes, weisen mit über 4.7 m/s die höchsten mittleren Windgeschwindigkeiten auf.

Während sich im orographisch geringfügig weniger gegliederten Nordwesten des Untersuchungsgebietes eine etwas homogenere, zu einem großen Teil durch die Landnutzung bedingte Windgeschwindigkeitsverteilung einstellt, ist das Windfeld vor allem im Süden des Untersuchungsgebietes durch ein vielfältiges Zusammenwirken von Erdoberflächenbedeckung, Geländehöhe und topographischen Formen mit einer Erhöhung der Windgeschwindigkeit über Kuppen und Kämmen sowie einer Verminderung in Tallagen geprägt, was zu einer starken Differenzierung auf engstem Raum führt. So kann sich zum Beispiel im Umfeld der Hemerberge südlich von Sundwig auf einer Entfernung von nur wenigen hundert Metern das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit von den bewaldeten Tallagen zu den benachbarten Kuppenlagen um mehr als 1.8 m/s ändern.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten im Untersuchungsgebiet einer großen Schwankungsbreite unterliegen: Bewaldete (enge) Tallagen weisen mit 1.8 m/s die geringsten mittleren Windgeschwindigkeiten auf, während über Kuppenlagen Jahresmittelwerte bis zu 5.0 m/s auftreten können

#### 6.4.2 Sollzustand

Durch die potentielle Bebauung in den Planungsgebieten (GE=Gewerbefläche sowie WA=Wohnanlage) verringert sich die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit nicht nur im unmittelbaren Bereich der Nutzungsänderung, sondern auch in deren Umgebung, wobei der Betrag der Windgeschwindigkeit von der Größe des geplanten Bauungsgebietes, der Bauungsdichte und der ursprünglichen Landnutzung abhängig ist.

Die markantesten Änderungen des Jahresmittels der Windgeschwindigkeit gegenüber dem Istzustand sind in der Region der geplanten Gewerbegebiete und Wohnanlagen westlich von Hemer zu erwarten. Hier können zur Zeit über Freiflächen mehr als 3.9 m/s auftreten. Im bebauten Zustand reduziert sich das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit im Bereich dieser großflächigen Planungsgebiete maximal um etwa 0.8 m/s. Ähnliche Verhältnisse, wenn auch in etwas abgeschwächter Form, findet man bei den Planungsgebieten östlich und südlich von Ihmert, im Südteil von Deilinghofen, im Bereich der geplanten größeren Gewerbeflächen um Edelburg an der geplanten Verlängerung der A46 sowie südlich und südwestlich von Stübecken. Hier können zur Zeit über Freiflächen mehr als 3.6 m/s auftreten. Im bebauten Zustand reduziert sich das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in diesen Planungsgebieten um maximal 0.5 m/s. Allen diesen Planungsvorhaben ist gemeinsam, daß ehemals völlig freie Flächen mit entsprechend hoher Windgeschwindigkeit bebaut werden sollen.

Etwas anders sieht es bei den geplanten Wohnanlagen um Sundwig, nordwestlich von Ihmert, am Ortsrand von Becke sowie östlich von Hemer aus. Der Anschluß an Waldränder oder an bereits jetzt bestehende Bebauung bewirkt in diesen Fällen eine nicht ganz so starke Verminderung der mittleren Windgeschwindigkeit.

Die geringsten Änderungen gegenüber dem Istzustand sind durch die Bebauung östlich von Deilinghofen, nordöstlich und südöstlich von Stübecken, in den geplanten Gewerbegebieten nördlich von Hemer und am Nordrand von Becke sowie südlich von Ihmerterbach und am Ortsrand von Bredenbruch zu erwarten. Diese relativ kleinen Neubauf Flächen liegen in Gebieten, in denen das Windfeld durch bestehende Bebauung bzw. Bewaldung bereits heute deutlich beeinflußt ist, so daß sich die Rauigkeitsverhältnisse nach der Realisierung der Planungsvorhaben kaum ändern werden.

Zu den Auswirkungen der anderen geplanten Neubauvorhaben auf das Windfeld kann allgemein gesagt werden, daß die Änderungen gegenüber dem jetzigen Zustand um so geringer ausfallen, je kleiner und "rauer" das zu bebauende Gebiet ist. Eine Verdichtung momentan bereits vorhandener Bebauung oder eine Lage in der Nähe eines größeren Waldgebietes wirkt sich nicht so markant aus, wie das Bebauen größerer Freiflächen.

## **6.5 Bodennahe Durchlüftungsverhältnisse**

### **6.5.1 Istzustand**

Schlechte Durchlüftungsverhältnisse sind im Untersuchungsgebiet um Hemer selten. Aufgrund der geringen mittleren Windgeschwindigkeit in Verbindung mit einer hohen Inversionshäufigkeit sind nur das engere Oesetal im Ortsteil Becke im Norden von Hemer, zwei sehr kleine Stadtgebiete im Zentrum und Osten von Hemer sowie die engeren Teile des Hönnetals südlich der Uhufelsen und die zum Teil bebauten oder bewaldeten engeren Bereiche einiger Seitentäler (z.B. östlich von Lendringsen) schlecht durchlüftet. In fast allen anderen Talbereichen des Untersuchungsgebietes und von Hemer herrschen trotz der im Norden noch relativ hohen Inversionshäufigkeit ausreichende mittlere Windgeschwindigkeiten von über 2.8 m/s, so daß die darin liegenden Stadtgebiete und Orte zumeist mäßig, in einigen Fällen sogar gut durchlüftet erscheinen.

Das ebenfalls inversionsgefährdete nördliche Hönnetal weist zum Beispiel aufgrund seiner höheren mittleren Windgeschwindigkeit bessere Durchlüftungsverhältnisse auf und ist zwischen

Lendringsen, Hüingsen, Oberrödinghausen und Berkenhofskamp in großen Teilen trotz Bebauung gut durchlüftet.

Großräumig gute Durchlüftungsverhältnisse sind in den höherliegenden Gebieten des nördlichen Untersuchungsgebietes mit seinen hohen mittleren Windgeschwindigkeiten von über 3.0 m/s zumeist außerhalb der Wälder und Täler, jedoch auch über kleineren Waldgebieten und Ortschaften zu finden. Besonders die höhergelegenen und inversionsärmeren großen Gebiete (oberhalb einer Geländehöhe von etwa 200 m über NN) westlich und östlich von Hemer zwischen den Ortschaften Deilinghofen und Apricke sowie zwischen Westig und Hemerhardt und südwestlich von Stübecken zeichnen sich durch einen hohen Freiflächenanteil (mit erhöhter mittlerer Windgeschwindigkeit  $\geq 3.5$  m/s) und damit guten Durchlüftungsverhältnissen aus.

Am Rande dieser großräumig gut durchlüfteten Gebiete und außerhalb der Waldgebiete sind Teile der Gemeinden von Sundwig, Westig, Hüingsen und Deilinghofen nur mäßig durchlüftet, da in diesen durch Topographie und Bewuchs abgeschirmten Ortsbereichen die mittlere Windgeschwindigkeit  $< 3$  m/s nicht für eine gute Durchlüftung ausreicht (s. Kap. 5.3).

Kleinräumig gut durchlüftet sind einige Kuppen- und Kammlagen im Untersuchungsgebiet. Hierzu zählen insbesondere isolierte Erhebungen, wie zum Beispiel der Königsberg südlich von Westig, der Höhenrücken der Hemer Berge südlich von Sundwig, der Ostenberg südöstlich von Deilinghofen sowie viele außerhalb des Kaltluftsammegebietes befindliche bewaldete Kuppenlagen nördlich und südlich von Hemer und Deilinghofen.

Mäßig durchlüftet sind zum einen die Gebiete, die zwar eine hohe mittlere Windgeschwindigkeit von über 3.0 m/s aufweisen, jedoch innerhalb des inversionsgefährdeten Bereiches im Norden des Untersuchungsgebietes liegen, oder die nur locker bebauten Flächen beidseitig der nördlichen Oese oder des Abbabachs.

Mäßige Durchlüftungsverhältnisse können zum anderen auch durch geringe mittlere Windgeschwindigkeiten oberhalb des inversionsgefährdeten Bereiches zustandekommen. Dies betrifft vor allem die waldreichen höhergelegenen Gebiete des südlichen und nordöstlichen Untersuchungsgebietes.

### 6.5.2 Sollzustand

Bei Realisierung der potentiell geplanten sechs Gewerbegebiete (GE) im Norden des Untersuchungsgebietes um Edelburg herum an der geplanten Verlängerung der A46 und nördlich von Becke sowie der vier geplanten Wohnanlagen (WA) im Nordosten von Hemer

und am Ortsrand von Becke sind die markantesten Änderungen im unteren Oesetal und einigen seiner Seitentäler zu erwarten. Dieses - zur Zeit in großen Teilen noch mäßig durchlüftete - Tal wird dann im Talgrund westlich und nördlich von Becke und Edelburg einige neue schlecht durchlüftete Bereiche aufweisen. Dies gilt auch für einige jetzt noch besser durchlüftete Nebentäler, die zumeist von gut durchlüftet auf mäßig durchlüftet oder in einigen kleineren Gebieten von mäßig durchlüftet auf schlecht durchlüftet herabgestuft werden. Im Bereich um Becke verschlechtern sich die Durchlüftungsverhältnisse des bereits bestehenden, bebauten Gebietes. Ähnliches gilt für die geplanten Wohnanlagen im Südteil von Stübecken, die die momentanen Durchlüftungsverhältnisse in einigen kleinen Nachbarbereichen verschlechtern.

Etwas geringere Auswirkungen auf die Durchlüftung haben wegen der immer noch recht hohen mittleren Windgeschwindigkeiten die geplanten Wohngebiete um den Ort Ihmert, südwestlich und nordöstlich von Stübecken sowie die geplanten Wohngebiete westlich, südwestlich, südlich und südöstlich von Hemer und südlich von Deilinghofen. Diese Planungsgebiete verbreitern vor allem die Zone mäßiger Durchlüftung entlang der bebauten Gebiete in den Talgründen der Haupt- und Nebentäler, wo sich die Planungsmaßnahmen in einer Verminderung der mittleren Windgeschwindigkeit unter 3 m/s auswirken. Hier würde eine Verschlechterung der Durchlüftungsverhältnisse von gut durchlüftet nach mäßig durchlüftet stattfinden.

Vergleichsweise geringe Auswirkungen auf die Durchlüftungssituation von bestehenden Ortschaften haben die geplanten gewerblichen Nutzungsänderungen im Raum Bredenbruch und Ihmerterbach nördlich von Ihmert. Die Gewerbegebiete bei Bredenbruch und Ihmerterbach bewirken nur eine sehr geringfügige Verschlechterung der Durchlüftungssituation im Ihmerterbachtal und beeinflussen bei geeigneter Bebauungsstruktur (siehe Kap. 7) keine großen bebauten Flächen.

Von wenigen kleinräumigen Ausnahmen abgesehen (geplante Wohnanlagen und Gewerbegebiete im Nordosten von Hemer), wo sich nach der Bebauung kleinräumig schlecht durchlüftete Stadtrandgebiete neu bilden oder etwas vergrößern werden, wird sich die bis auf die Talbereiche im wesentlichen gute Durchlüftungssituation im Stadtbereich von Hemer durch die möglichen Planungsvorhaben vor allem im Bereich der Seitentäler der Oese sowie südlich von Deilinghofen von guter Durchlüftung auf mäßige Durchlüftung verschieben.

## 6.6 Freiflächensicherung

### 6.6.1 Istzustand

Um die momentanen Durchlüftungsverhältnisse nicht zu verschlechtern, erhalten vor allem die Randlagen von Ballungszentren und anderen in schlecht durchlüfteten Tälern oder Talkesseln gelegenen Siedlungen einen hohen Sicherungsgrad. Hoch zu sichern sind auch weite Talbereiche der Hönne, der Oese sowie des Ihmerterbachs und des Sundwigerbachs einschließlich einiger Nebentäler. Das betrifft neben dem Talgrund auch die angrenzenden Hanglagen.

Talabwinde spielen in dem orographisch stark gegliederten Untersuchungsgebiet eine wichtige Rolle, da sie in Strahlungs Nächten -mit allgemein geringen Windgeschwindigkeiten- zu einer Verstärkung des Windes im Talbereich führen und auch in der Lage sind, bebaute Gebiete zu durchdringen (s. Kap. 4.1). Bei Schwachwindwetterlagen stellen diese lokalen Windsysteme oftmals ein Mindestmaß an Ventilation sicher.

Um diese lokalen Windsysteme zu erhalten, sollten alle schlecht bis mäßig durchlüfteten Freiflächen, die im näheren Einzugsgebiet dieser Talabwinde liegen, hoch gesichert werden. Dies gilt vor allem für die Hanglagen, auf denen ein kräftiger Kaltluftabfluß zu tieferliegenden Siedlungen stattfindet (siehe auch Karte der lokalklimatisch bedeutsamen Flächen).

Aus den genannten Gründen erhalten die Freiflächen an den Hängen und den Hochflächen um die in Tallagen oder Beckenlagen gelegenen Siedlungen einen hohen Sicherungsgrad. Einen hohen Freiflächensicherungsgrad erhalten die Freiflächen, die im Einzugsbereich von Talabwinden liegen.

Im Untersuchungsgebiet treten im Ihmerterbach-, Sundwigerbach-, Oese- und Hönnetal sowie in zahlreichen Seitentälern dieser Fluß- oder Bachverläufe Talabwinde auf. Auch in einigen Seitentälern (z. B. Ulmkebachtal westlich von Bredenbruch, Selmketal südlich von Stephanopel oder Becksiepental südwestlich von Heppingsen) mit genügend großem Kaltlufteinzugsgebiet (s.a. Kap. 6.2) stellen sich in Strahlungs Nächten talabwärts gerichtete Strömungen ein. Um diese lokalen Windsysteme zu erhalten, sollten alle schlecht bis mäßig durchlüfteten Freiflächen, die im näheren Einzugsgebiet dieser Talabwinde liegen, hoch gesichert werden. Deshalb sollten die Talsohlen der o. a. Täler (sofern keine Kaltluftstaus auftreten, die ein Durchgreifen des Talabwindes bis zum Boden behindern) als natürliche "Ventilationsschneisen" nach Möglichkeit in ihrem jetzigen Zustand belassen werden. Dies betrifft vor allem das Oese- und Hönnetal sowie das südliche Ihmerterbach- und Heppingserbachtal mit deren größeren, unbewaldeten Hangbereichen, auf denen kräftige Kaltluftflüsse stattfinden.

Besonders in dem gut bis mäßig durchlüfteten nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes zwischen Iserlohn und Sümmern im Westen und Oberrödinghausen und Lendringsen im Osten erkennt man große zusammenhängende Zonen mit hohem Freiflächensicherungsgrad. Die hier produzierte Kaltluft kann im Falle der höhergelegenen Siedlungsgebiete von Hemer (z.B. Westig, Sundwig, Deilinghofen) und von Ihmert in die tieferliegenden schlechter durchlüfteten Siedlungsbereiche abfließen und dort die lufthygienische Situation durch Zufuhr von frischerer Luft verbessern.

In den sehr großen Bereichen guter Durchlüftungsverhältnisse vor allem im Gebiet von Hemer, Stübecken und Deilinghofen, jedoch auch im südlichen Untersuchungsgebiet im Gebiet um Ihmert, Balve und Garbeck, liegen größere und kleinere zusammenhängende Zonen mit hohem Freiflächensicherungsgrad, da sich diese Bereiche im Einzugsbereich von schlecht bis mässig durchlüfteten Siedlungsteilen befinden.

Größere hoch zu sichernde Freiflächen liegen direkt im Kaltlufteinzugsgebiet einer Siedlung (oder einer Gebäudeansammlung). Dies gilt zum Beispiel für die Kaltluftabflußgebiete im Süden und Osten von Deilinghofen, die Hanglagen von Stübecke, Sundwig und Westig am Rande Hemers sowie für einige weitere, siedlungsnahen Lagen im Süden des Untersuchungsgebietes.

Zusammenhängende Regionen mit geringem Freiflächenschutz findet man entweder in Gebieten, die ausserhalb des Einzugsbereiches von Talabwinden und nicht im Einzugsbereich einer schlecht bis mäßig durchlüfteten Siedlung liegen (eine Nutzungsänderung von Freifläche in Siedlung oder Wald würde die Durchlüftungsverhältnisse einer bestehenden Siedlung daher nicht beeinflussen) oder in den Lagen, wo ausserhalb des Einzugsbereiches von Talabwinden nicht nur die Freiflächen, sondern auch die Siedlungsgebiete gut durchlüftet sind. Derartige Flächen finden sich nur östlich von Hemer auf dem Höhenrücken zwischen Deilinghofen, Becke und Apricke sowie östlich von Hüingsen im Hönnetal.

Kleinräumige Gebiete mit geringem (aber auch mäßigem) Freiflächenschutz findet man vor allem da, wo durch lokalklimatische Phänomene (Kaltluftstaus mit absoluter Luftstagnation) die ohnehin schon schlechten Durchlüftungsverhältnisse weiter verschlechtert werden, so daß die betreffende Freifläche keinen Beitrag zur Durchlüftung der angrenzenden Siedlung liefert (s. auch Überlagerungskriterien zur Konstruktion der Freiflächensicherungskarte, Kap. 5.4). Diese lokalen Flächen geringen oder mäßigen Sicherungsgrades findet man in unmittelbarer Nähe zu bebauten Gebieten: Hierzu zählen im betreffenden Untersuchungsgebiet jedoch nur einige kleinste Freiflächen in der Innenstadt von Iserlohn, Hemer und Ihmert (z. B. Plätze und Straßenkreuzungen, größere Verkehrsflächen, Innenhöfe, kleinräumige Parks oder Gärten sowie Kaltluftstaus an Ortsrändern). Letzteres bedeutet nicht, daß diese Flächen aus klimatologischer Sicht bebaut werden können. Bewertet wurde lediglich der Belüftungsaspekt. Häufig sind diese

Flächen aber von großer bioklimatischer Relevanz als grüne, kühle Inseln in einer nicht nur durch Wärme belasteten Stadt.

Mäßigen Freiflächenschutz erhalten schlecht durchlüftete, innerstädtische Freiflächen nur dann, wenn auf ihnen ein direkter Kaltluftabfluß in bebauten Gebiet stattfinden kann (z.B. im Ostteil und im Norden von Hemer).

Abschließend sei noch einmal darauf hingewiesen, daß die Klimarestriktionskarte "Freiflächensicherung" den Zweck erfüllt, die Freiflächen zu sichern, die für die **Durchlüftungsverhältnisse eines bestehenden Ortes** von Bedeutung sind: Geringe Sicherungsgrade von Freiflächen sind nicht dahingehend mißzuverstehen, daß sie sich gut zur Bebauung eignen, sondern bedeuten lediglich, daß die Durchlüftungsverhältnisse eines angrenzenden Ortes durch eine Nutzungsänderung nicht verschlechtert werden. So liefern kleinere innerstädtische Parks oder Grünflächen zwar kaum einen Beitrag zur Verbesserung der Durchlüftung; aus bioklimatischer Sicht erfüllen sie jedoch durch die Verminderung des Wärmeinseleffektes eine wichtige Funktion.

#### 6.6.2 Freiflächensicherung und potentielle Plangebiete

Unter den oben genannten Gesichtspunkten kann gesagt werden, daß die großflächige Bebauung mit Gewerbeflächen im Bereich um Edelburg und nördlich von Becke lokal zwar zu einer Verschlechterung der Durchlüftungsverhältnisse führt, diese sich jedoch bei Beachtung der allgemeinen Planungshinweise (siehe Kap. 7) kaum auf umliegende Ortschaften auswirkt. Ähnlich geringe Auswirkungen auf die Umgebung haben die geplanten Gewerbegebiete nördlich von Hemer an der B7 sowie bei Bredenbruch und Ihmerterbach im Ihmerterbachtal.

Die Planungsgebiete am Ortsrand von Becke (WA), westlich und nordöstlich von Hemer (WA), nordöstlich von Westig (GE), südlich und südwestlich von Stübecken und Deilinghofen (WA) sowie rund um die Ortschaft Ihmert im Süden des Untersuchungsgebietes (WA) weisen nahezu überall großflächig einen hohen Freiflächensicherungsgrad auf. Die Auswirkungen auf die Durchlüftungsverhältnisse umliegender Ortschaften oder Ortsteile in benachbarter Tallage (vergleiche IST-/SOLL-Zustand) sind entsprechend groß. In diesen Fällen verbreitern sich in benachbarten Tallagen die Zonen mäßiger bzw. mittlerer Durchlüftung oder aber im Fall des südöstlichen Ortes Stübecken und des nordöstlichen Stadtteils von Hemer die Zonen geringer Durchlüftung. In diesen Fällen wird besonders auf die Beachtung der allgemeinen Planungshinweise (Kap. 7) hingewiesen.

Bei einigen kleineren Planungsgebieten, wie z.B. im Nordosten von Stübben und südlich von Sundwig (WA) findet lokal trotz hohem Freiflächensicherungsgrad zumeist keine oder eine nur sehr geringfügige Verschlechterung der Durchlüftungsverhältnisse am Planungsort und in der Umgebung statt. Die geringsten Auswirkungen auf die Durchlüftung benachbarter Ortsteile bei nur mäßigem bis geringem Freiflächensicherungsgrad findet man bei den geplanten Bebauungsgebieten östlich (WA) und nördlich (GE) von Deilinghofen.

## 7 Allgemeine Planungshinweise

Bei der **Planung von neu zu errichtenden Siedlungsgebieten** spielen die dort herrschenden Durchlüftungsverhältnisse eine große Rolle. Gut durchlüftete Gebiete sind in der Regel auch für Wohnbebauung geeignet. Lokale Windsysteme (nächtlicher Kaltluftabfluß, Talabwinde) müssen bei der Siedlungsplanung ebenfalls berücksichtigt werden. Neu zu errichtende Wohnsiedlungen, die im Einzugsbereich solcher Windsysteme liegen, sollten sich durch eine aufgelockerte, von Grünflächen durchsetzte Bebauung auszeichnen. Die Ausrichtung von Gebäuden sowie Straßen sollte parallel zur Fließrichtung erfolgen, damit kein Kaltluftstau entsteht und eine hohe Eindringtiefe bzw. ein Durchströmen der Kaltluft gewährleistet wird.

Bei der Ausweisung von Flächen, die zur **Bebauung** (Wohnen, Gewerbe, Industrie) vorgesehen sind, sind nach Möglichkeit folgende allgemeine Regeln zu beachten (REGIONALE LUFTAUSTAUSCHPROZESSE, 1979):

- Kaltluftproduzierende und -transportierende Flächen sollen um insgesamt nicht mehr als 5% verkleinert werden.
- Kaltluftproduzierende und -transportierende Flächen sollen nicht zerschnitten, zerstückelt oder eingeeengt werden.
- Neu auszuweisende Siedlungsgebiete sollen an bestehende bebaute Gebiete anschließen, sofern keine Konflikte mit der "Freiflächensicherung" entstehen.

Auf Fragen nach Bebauungsdichte, Gebäudehöhe, Grünflächenanteil und Versiegelungsgrad lassen sich kaum allgemeingültige Planungsaussagen machen, da dieser Aspekt von einer Vielzahl von Faktoren wie Gebäudeausrichtung, Baumaterial, unmittelbare Umgebung usw., abhängig ist, die nur im konkreten Einzelfall berücksichtigt werden können. Moderne Methoden in der Klimatologie bieten jedoch auch hier Lösungsmöglichkeiten (JENDRITZKY, 1987; SIEVERS und ZDUNKOWSKY, 1986; SIEVERS, 1990 und 1995).

Mit der Errichtung neuer Siedlungs- und Gewerbeflächen - aber auch der Erschließung von Naherholungsgebieten - eng verbunden ist ein weiterer Ausbau der Verkehrsflächen. Damit steigen auch die Belastungen durch Luftbeimengungen wie z.B. Kfz-Emissionen in der unmittelbaren Nähe der Verkehrsflächen an.

Bei der **Planung von Verkehrswegen** sollten Dammführungen, die zu einer Aufstauung von Kaltluft führen, vermieden werden. In diesem Fall bietet sich die Schaffung von Durchlässen (Brücken oder Überführungen) an, wenn sich im Anstaubereich des Damms empfindliche Nut-

zungen befinden oder ein bislang wirksamer Kaltluftfluß in lufthygienisch belastete Gebiete durch die Aufschüttung unterbunden wird.

Je nach Verkehrsdichte muß sowohl mit bodennahen Schadstoffemissionen als auch mit Lärm gerechnet werden. Planerisch läßt sich dieses Problem durch ausreichende Schutzabstände zu angrenzenden Siedlungen lösen. Ist ein solcher Abstand nicht möglich, muß überprüft werden, inwieweit lokale Windsysteme, etwa der ebenfalls bodennahe Kaltluftfluß, in der Lage sind, verunreinigte Luft aus dem Siedlungsbereich heraus oder Reinluft hinein zu transportieren.

Bezüglich der **Verkehrssicherheit** sollten neu geplante Straßen nicht durch Muldenlagen führen, die dazu neigen, Kaltluftseen mit erhöhter Glatteisgefährdung und Nebelhäufigkeit entstehen zu lassen. Ein weiteres Gefahrenmoment für den Straßenverkehr stellt die Gefährdung durch starken Seitenwind dar. Hier sind hochgelegene Brücken über tiefeingeschnittenen Tälern besonders zu beachten. Das gleiche gilt bei der Planung von Eisenbahntrassen. Bei Straßen, die in Hauptwindrichtung (etwa West-Ost-Richtung) durch geschlossene Waldgebiete verlaufen, besteht durch mögliche Düseneffekte bei Starkwindwetterlagen eine erhöhte Windbruchgefahr.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei der Planung von Verkehrswegen aus klimatologischer Sicht sowohl eine Gefährdung des Verkehrs selbst ausgeschlossen werden muß als auch mögliche Beeinträchtigungen der Umgebung verhindert werden sollten. Da sich beide Betrachtungsweisen nicht von vornherein ausschließen müssen, sollte bei der Trassenführung eine für beide Aspekte optimale Lösung gefunden werden. Erste Anhaltspunkte bei der Planung von Verkehrswegen können den Karten "**Lokalklimatisch bedeutsame Flächen**" entnommen werden. Wenn die Verlängerung der A46 das Oesetal bei Edelburg quert, wird dies zwangsläufig in Form einer 20 - 50 m hohen Brücke geschehen. Moderne Brückenbauwerke sind so dimensioniert, daß sie den Kaltluftfluß im Tal kaum beeinträchtigen. Allerdings wird die lufthygienische Qualität der Kaltluft bei hoher nächtlicher Nutzungsfrequenz der Autobahn verschlechtert.

Bei der **Planung von Standorten für Industrie und Großgewerbe**, aber auch Müllverbrennungsanlagen, Kraftwerke u.ä., sind hauptsächlich lufthygienische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Die klimatologischen Anforderungen an diese Nutzungsart konzentrieren sich daher in erster Linie auf die Parameter, die die Austauschverhältnisse beschreiben (Windgeschwindigkeit, Durchlüftungsverhältnisse).

Grundsätzlich ist die Errichtung von Industrieanlagen im Bereich des Kaltluftammelgebietes zu vermeiden. Auch großflächige Gebiete mit schlechten Durchlüftungsverhältnissen eignen sich nicht als Industriestandorte. Es sollte daher überprüft werden, ob sich ein austauschgünstiger Standort außerhalb dieser Zonen finden läßt. Ist eine solche Lage nicht möglich, sollte durch eine ausreichende Schornsteinhöhe das Kaltluftammelgebiet durchstoßen werden.

Allgemein sollten Industriegebiete durch ausreichende Abstandsflächen von Wohnbereichen getrennt sein. Die Funktion dieser Abstandsflächen besteht einerseits darin, die Grundbelastung bei "normalen" Austauschbedingungen niedrig zu halten, andererseits in der Ausfilterung von Stäuben oder Aerosolen. Innerhalb dieser Abstandsflächen sollten empfindliche Nutzungen wie Altenheime, Krankenhäuser oder Sanatorien nicht realisiert werden. Zur quantitativen Bestimmung der Größe einer Abstandsfläche können vorläufig die im Abstandserlaß des Landes Nordrhein-Westfalen niedergelegten Entfernungen herangezogen werden.

## 8 Literaturverzeichnis

BENESCH, W. und G. DUENSING, G. JURKSCH, R. ZÖLLNER, 1978: Die Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland im Hinblick auf die Nutzung der Windkraft. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 147, Offenbach a.M.

CHRISTOFFER, J., ULBRICHT-EISSING, M., 1987: Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland (2. vollständig neu bearbeitete Auflage), Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 147, Offenbach a. M.

DEUTSCHER BÄDERVERBAND, DEUTSCHER FREMDENVERKEHRSVERBAND, 1987: Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen.

FANGER, P.O., 1972: Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering. Mc.GrawHill, New York.

GERTH, W.-P., 1986: Klimatische Wechselwirkungen in der Raumplanung bei Nutzungsänderungen. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 171, Offenbach a.M.

GERTH, W.-P., 1987: Anwendungsorientierte Erstellung großmaßstäbiger Klimaeignungskarten für die Regionalplanung. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 173, Offenbach a.M.

GERTH, W.-P., CHRISTOFFER, J., 1994: Windkarten von Deutschland, Meteorologische Zeitschrift, N.F.3.

JENDRITZKY, G. und W. SÖNNING, H. J. SWANTES, 1979: Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung (Klimamichel-Modell). Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Band 28, Hannover.

JENDRITZKY, G, 1987: Mesoskalige Untersuchungen des Orographieeinflusses auf die thermischen Umweltbedingungen des Menschen. Abschlußbericht Projekt ZMMF/U3, Freiburg.

JENDRITZKY, G., 1987: Untersuchungen des Wärmehaushaltes von Straßenschluchten und Innenhöfen unter Einsatz der Bioklimastationen und von Modellrechnungen. Abschlußbericht Projekt ZMMF/8, Freiburg.

KALB, M., SCHIRMER, H., 1992: Das Klima der Bundesrepublik Deutschland, Lieferung 4: Mittlere Nebelhäufigkeit und Nebelstruktur, Deutscher Wetterdienst, Offenbach a.M.

MATHYS, H., MAURER, R., MESSERLI, B., WANNER, H., WINIGER, M., 1980: Klima und Lufthygiene im Raum Bern, Veröffentlichungen der geographischen Kommission 7, Bern.

REGIONALE LUFTAUSTAUSCHPROZESSE, 1979: Schriftenreihe "Raumordnung" des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bad Godesberg.

REGIONALE PLANUNGSGEMEINSCHAFT UNTERMAIN, 1977: Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchung in der Region Untermain. Abschlußbericht, Frankfurt.

SCHIRMER, H., 1970: Beitrag zur Erfassung der regionalen Nebelstruktur. Geographisches Inst. Freie Univ. Berlin, Band 13, Berlin.

SCHIRMER, H., 1988: Meteorologische Begriffsbestimmungen in der Raumplanung. Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Band 133, Hannover.

SIEVERS, U. und W.G. ZDUNKOWSKY, 1986: A microscale urban climate model. Beitr. Phys. Atmosph., Nr. 59.

SIEVERS, U., 1990: Dreidimensionale Simulationen in Stadtgebieten. In: Umweltmeteorologie, Sitzung des Hauptausschusses II am 7. und 8. Juni 1990 in Lahnstein. Schriftenreihe Band 15, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN. Düsseldorf.

SIEVERS, U., 1995: Verallgemeinerung der Stromfunktionsmethode auf drei Dimensionen. Meteorologische Zeitschrift, Neue Folge 4, S. 3-15.

SWANTES, H.J., 1981: Das Waldklima und seine bioklimatische Wirkung auf den Menschen. In: Heilbad und Klima 33, 9/81.

WANNER, H., 1983: Das Projekt "Durchlüftungskarte der Schweiz" -Methodik und erste Ergebnisse, Informationen und Beiträge zur Klimaforschung Nr.18, Bern.

WIPPERMANN, F., 1987: Die Kanalisierung von Luftströmungen in Tälern. In: PROMET 3/4'87, Offenbach.

WMO (WORLD METEOROLOGICAL ORGANISATION), 1983: Guide to meteorological instruments and methods of observation, WMO No.8, 5.Aufl., Genf.

9 Tabellen

Tabelle 9.1: Kriterien zur Konstruktion der Karten "Bodennahe Durchlüftungsverhältnisse"

	Durchlüftung		
	geringe	mäßige	gute
Windgeschwindigkeit (WG)	< 3 m/s	alle anderen	≥ 3 m/s
gewichtete Inversionshäufigkeit (I·W)	≥ 220 Tage	Kombinationsmöglichkeiten	< 220 Tage

Tabelle 9.2: Zahl der Tage mit Minimumtemperaturinversionen von mindestens 100 m Mächtigkeit in Abhängigkeit von der Höhe, Bezugszeitraum: 1980 bis 1989

Höhenbereich in m	Zahl der Tage pro Jahr
101 m - 150 m	230/Jahr
151 m - 200 m	218/Jahr
201 m - 250 m	157/Jahr
251 m - 300 m	120/Jahr
301 m - 350 m	102/Jahr
351 m - 400 m	90/Jahr
401 m - 450 m	80/Jahr
451 m - 500 m	74/Jahr
501 m - 550 m	72/Jahr

Tabelle 9.3: Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Höhe, Hindernisanteil 35 %, Bezugszeitraum: 1980 bis 1989

Höhenbereich	Windgeschwindigkeit
101 m - 150 m	3.12 m/s
151 m - 200 m	3.18 m/s
201 m - 250 m	3.24 m/s
251 m - 300 m	3.31 m/s
301 m - 350 m	3.39 m/s
351 m - 400 m	3.48 m/s
401 m - 450 m	3.57 m/s
451 m - 500 m	3.67 m/s
501 m - 550 m	3.78 m/s

## 10 Abbildungen und Karten

### Abbildungen:

Abb. 1: Das Untersuchungsgebiet zum Stadtklimagutachten von Hemer

Abb. 2: Lokalklimatisch bedeutsame Flächen im Raum Hemer  
(GE, WA = Planungsgebiete)

### Klimaeignungskarten:

Karte 1: Lokalklimatisch bedeutsame Flächen im Raum Hemer  
(Istzustand)

Karte 2: Lokalklimatisch bedeutsame Flächen im Raum Hemer  
(Sollzustand)

Karte 3: Jahresmittel der Windgeschwindigkeit im Raum Hemer  
(Istzustand)

Karte 4: Jahresmittel der Windgeschwindigkeit im Raum Hemer  
(Sollzustand)

Karte 5: Durchlüftungsverhältnisse im Raum Hemer  
(Istzustand)

Karte 6: Durchlüftungsverhältnisse im Raum Hemer  
(Sollzustand)

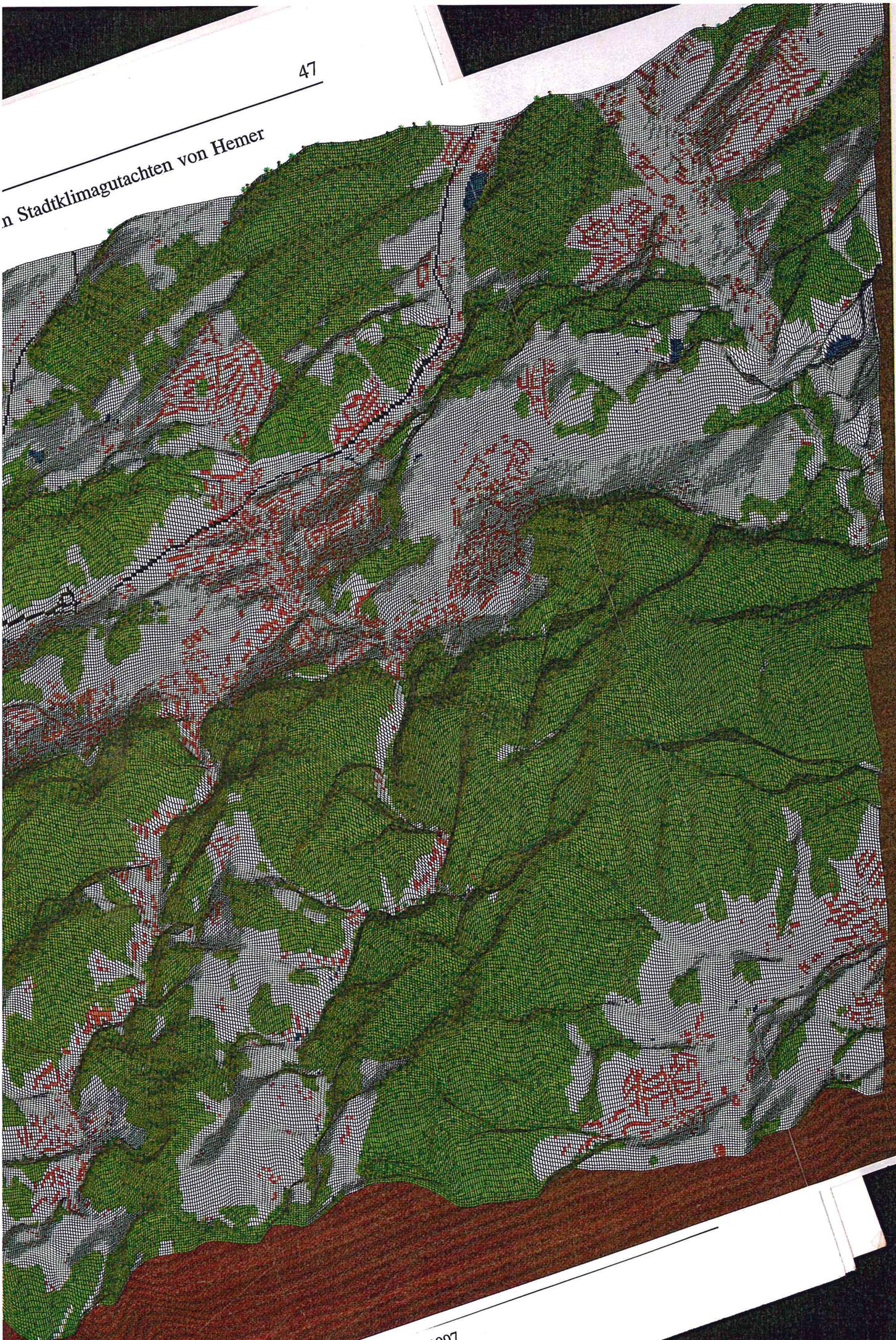
Karte 7: Freiflächensicherung im Raum Hemer  
(Istzustand)

Karte 8: Freiflächensicherung im Raum Hemer  
(Sollzustand)

Karte 9: Lokalklimatisch bedeutsame Flächen im Raum Hemer  
(GE, WA = Planungsgebiete)

(Karte 1 bis 9 im Maßstab 1:25000 sind Bestandteil dieses Gutachtens)

n Stadtklimagutachten von Hemer



LEGEND  
STEDLOW

LIMATISCH BEDEUTSAME FLÄCHEN IM RAUM HEMER (GE, WA = PLANUNGSGEBIETE)

B 1 : 50 000

F : DEUTSCHER WETTERDIENST 1997

