

# Geographie und Schule

G 21265  
21. Jahrgang · Heft 118  
April 1999

Fachliche Grundlagen  
Unterrichtspraxis SI/SII  
Materialien · Magazin



## Ökologische Stadterneuerung

Zum Thema

Ökosystem Stadt  
Stadtklima  
Verkehrspolitik  
Wohngebietsplanung

Magazin

KA: Hongkong  
Nutzungskonflikte  
Berichte



AULIS VERLAG DEUBNER & CO KG

# Stadtklima

## Beispiel einer planungsorientierten Klimaanalyse

Von Andreas-Bent Barlag

Anfang des 19. Jahrhunderts veröffentlichte Howard (1833) erstmals Daten klimatologischer Erhebungen in London mit dem Resultat der Identifizierung erhöhter nächtlicher Lufttemperaturen in Abhängigkeit vom Bebauungsgrad. Damit war die Grundlage zur Erkenntnis einer städtischen Wärmeinsel gelegt, einem Phänomen, dem auch in der gegenwärtigen stadtklimatologischen Forschung in Hinblick auf die Bedeutung für Mensch, Fauna und Vegetation nach wie vor große Beachtung gewidmet wird.

Im Zuge der rasanten Entwicklung einer weltweiten Verstädterung, die über die Entstehung urban-industrieller Ballungsgebiete bis hin zu unkontrolliertem Anwachsen städtischer Agglomerationen zu Megastädten derzeit einen Flächenverbrauch von etwa 20.000 km<sup>2</sup>/Jahr verursacht (Hupfer 1996), etablierte sich die Stadtklimatologie zu einem selbständigen Wissenschaftszweig.

Seit ca. 20 Jahren werden Städte intensiver ökologisch untersucht (Sukopp/Trepl 1995), wobei das Ziel, eine Stadt möglichst menschenfreundlich zu gestalten, durch interdisziplinäres Arbeiten der Bereiche Natur- und Ingenieurwissenschaften, Geistes- und Sozialwissenschaften sowie der Umweltmedizin und der Stadtplanung verfolgt wird. Das Zusammenwirken dieser Fachdisziplinen wird als integrale Stadtökologie bezeichnet (Wittig/Sukopp 1998), worin u. a. die Stadtklimatologie als Forschungszweig abiotischer Komponenten fest verankert ist (Hupfer/Kuttler 1998).

Bestrebungen um stadtklimatologische Erneuerungen kommen in interdisziplinären Forschungsprojekten zum Ausdruck, wie z. B. der „Ökologischen Sanierung Vichtbachtal/Stolberg (Rhd.)“ (Stadt Stolberg 1992). In dieser vom Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau geförderten Untersuchung sollte ein ökologisches Gesamtkonzept zum „Experimentellen Wohnungs- und Städtebau“ und damit zur stadtklimatologischen Erneuerung einer Industriestadt in Tallage unter Beteiligung der Fachdisziplinen Ökologie, Hydrologie/Hydraulik, Stadtklima/Lufthygiene sowie Städtebau/Architektur modellhaft entwickelt werden.

Der vorliegende Artikel faßt Ergebnisse stadtklimatischer Erhebungen, die im Rahmen dieses Projektes durchgeführt wurden, zusammen und stellt eine auf kommunale Handlungsbelange hin ausgerichtete „Planungsrelevante Klimafunktionskarte“ vor.

### 1. Einleitung

In Städten herrscht ein Klima, das gegenüber dem unbebauten Umland abweichende Charakteristika aufweisen kann. Die grundsätzlichen stadtklimatischen Eigenschaften lassen sich auf gemeinsam auftretende Ursachen zurückführen. Diese sind begründet in

- der Reduzierung der mit Vegetation bestanden Flächen,
- der Bebauung und Versiegelung der urbanen Erdoberfläche sowie
- der physiko-chemischen Veränderung der Stadtatmosphäre.

Als Folge der genannten Faktoren werden die Strahlungs- und Energiebilanzen der

städtischen Oberflächen und der bodennahen Atmosphäre, das Wasserspeichervermögen der Stadtböden, deren Verdunstungspotential sowie das Windfeld derart beeinflusst, daß sich Städte i. a. durch höhere Lufttemperaturen, geringere relative Luftfeuchtigkeiten, verminderte Austauschbedingungen sowie durch Akkumulationen partikel- und gasförmiger Luftbeimengungen auszeichnen (Kuttler 1996). Einen Überblick über durchschnittliche Klimamodifikationen, die sich für Städte in den mittleren Breiten im Vergleich zum angrenzenden Umland ergeben, zeigt Tab. 1.

Das Klima einer Stadt kann human-bioklimatische Belastungen verursachen, die sowohl den thermischen als auch den lufthygienischen Wirkungskomplex betreffen.

Insbesondere während austauscharmer Strahlungswetterlagen kommen die negativen Auswirkungen des Stadtklimas zum Tragen, da durch geringe großräumige Luftdruckunterschiede der lediglich schwach ausgebildete übergeordnete Gradientwind nicht bis ins Bodenniveau durchgreifen kann und somit ein Abtransport des urbanen Wärmeüberschusses und von atmosphärischen Spurenstoffen behindert wird. Gute Ein- bzw. Ausstrahlungsbedingungen erzeugen jedoch in Verbindung mit der heterogenen Flächennutzung in Städten die Ausbildung kleinräumiger Luftdruckunterschiede, so daß regionale bzw. lokale, vom übergeordneten Strömungsregime abgekoppelte, Zirkulationssysteme entstehen können. Diese autochthonen Windregime weisen vor allem nachts zu Zeiten der ungünstigsten Austauschbedingungen eine große Bedeutung für die städtische Ventilation auf, da durch diese Transportmechanismen die auf unversiegelten Freiflächen gebildete Kaltluft in bebauten Bereiche gelangen kann (Barlag 1997).

Eine Vielzahl bisher vorliegender stadtklimatischer Untersuchungen sowohl für kleinere Städte (z. B. Bottrop, Barlag et al. 1989) als auch für Großstädte (z. B. Düsseldorf, Beckröge/Stock 1995) bis hin zu stadübergreifenden Klimaanalysen (z. B. Ruhrgebiet, Stock 1992) belegen, daß die Symptome des Stadtklimas nach der Einwohnerzahl, der Flächennutzungs-, Bebauungs- sowie Emittentenstruktur variieren. Darüber hinaus können durch die Geländegestalt stadtklimatische Effekte erheblich modifiziert werden. Dieses Phänomen wird insbesondere bei Städten in Tallagen z. B. durch bebauungsbedingten Kaltluftstau und darauf zurückzuführende häufig vorkommende Talinversionen hervorgerufen (Baumgartner 1963).

Eine Folge davon ist, daß das Klima einer Stadt in reliefierter Landschaft einer Vielzahl von Wirkungsgrößen unterliegt, die zu komplexen Verflechtungen meteorologischer Parameter führen und die Ausbreitung bodennah emittierter Luftschadstoffe erheblich einschränken können (Herzig/Hauser 1991).

Die vorliegende Untersuchung erforscht am Beispiel der im Vichtbachtal bei Aachen gelegenen Stadt Stolberg das Zusammenwirken stadt- und geländeklimatischer Effekte, mit der Zielsetzung einer planungsrelevanten Datenaufbereitung (Barlag 1993). Dies beruht darauf, daß sich der angewandten Stadtklimatologie mit der Festlegung der Belange „Luft“ und „Klima“ als schützenswerte Güter, z. B. im Baugesetzbuch (1986) und im UVP-Gesetz (1990) in verstärktem Maße die Aufgabe stellt, neben dem wissenschaftlichen Aspekt auch planerische Merkmale in Stadtklimaanalysen herauszuarbeiten.

### 2. Untersuchungsgebiet

Die Stadt Stolberg, ca. 20 km östlich von Aachen gelegen, weist die genannten

Klimaelement	Veränderungen gegenüber dem nicht bebauten Umland	Klimaelement	Veränderungen gegenüber dem nicht bebauten Umland
<b>Strahlung</b> Globalstrahlung auf horizontale Oberfl. Ultraviolett/Winter Ultraviolett/Sommer	- 20 % - 70 % - 30 % bis - 10 %	<b>Verdunstung</b> Gesamtbeitrag	- 60 % bis - 30 %
Gegenstrahlung	+ 10 %	<b>Rel. Luftfeuchtigkeit</b> Jahresmittel Wintermittel Sommermittel	- 6 % - 2 % - 8 %
<b>Sonnenscheindauer</b> Sichtbares Licht/Winter Sichtbares Licht/Sommer	- 8 % - 10 %	<b>Windgeschwindigkeit</b> Jahresmittel Spitzenböen Windstillen	- 25 % - 15 % + 13 %
<b>Niederschlag</b> Gesamtbeitrag Tauabsatz	+ 10 % - 65 %	<b>Auswirkungen, u. a.:</b> Verlängerung der städt. Vegetationsperiode	ca. 8-10 Tage
<b>Lufttemperatur</b> Jahresmittel Winterminima Maximale Temperaturunterschiede Dauer der winterlichen Frostperiode	+ 0,5 bis + 1 K + 1 bis + 3 K + 3 bis + 10 K - 25 %		

◀Tab. 1: Klimatische Unterschiede zwischen Stadt und Umland; Quelle: Kutler (1998), verändert

stadt- und geländeklimatischen Faktoren in prägnanter Form auf und bietet in Verbindung mit einer heterogenen Emittentenstruktur einen entsprechenden Forschungs- und Handlungsbedarf.

Das Untersuchungsgebiet bildet am nördlichen Rand der Eifel den Übergang von den Höhen des Venns zu den weiten Ebenen der Niederrheinischen Bucht und liegt im Südwesten Nordrhein Westfalens. Reichhaltige Rasenerzvorkommen prägten bereits frühzeitig das Stadtbild. Die alte Erzbergbau- und Industriestadt Stolberg ist mit ca 22.000 Arbeitsplätzen ein bedeutender Industriestandort des Kreises Aachen und zählt etwa 60.000 Einwohner. Im Untersuchungsgebiet überlagern sich zahlreiche Nutzungen, wie z. B. Wohnen, Dienstleistungen, Gewerbe und Straßenverkehr vor allem im nördlichen und mittleren Untersuchungsgebiet, während im südlichen Bereich ausgedehnte Industrieareale mit einer großen Bleiverhüttungsanlage auf der Talsohle angesiedelt sind (Stadt Stolberg 1990). Die Hänge des südlichen Untersuchungsgebietes (Abb. 1) und des Hinterlandes (Hürtgenwald/Nordeifel) zeichnen sich dagegen durch ausgedehnte kaltluftproduzierende Flächen aus.

Die Hauptsiedlungsachse ist die Sohle eines von SSE nach NNW verlaufenden engen Kerbsohlentales. Insbesondere im mittleren Abschnitt verengt sich die Talsohle auf etwa 200 m. Der sehr geringe, nach Norden gerichtete Neigungswinkel des Vichtbachtalles beläuft sich auf lediglich 0,4°. Der Höhenunterschied zwischen dem Talgrund und den Randhöhen beträgt maximal 90 m.

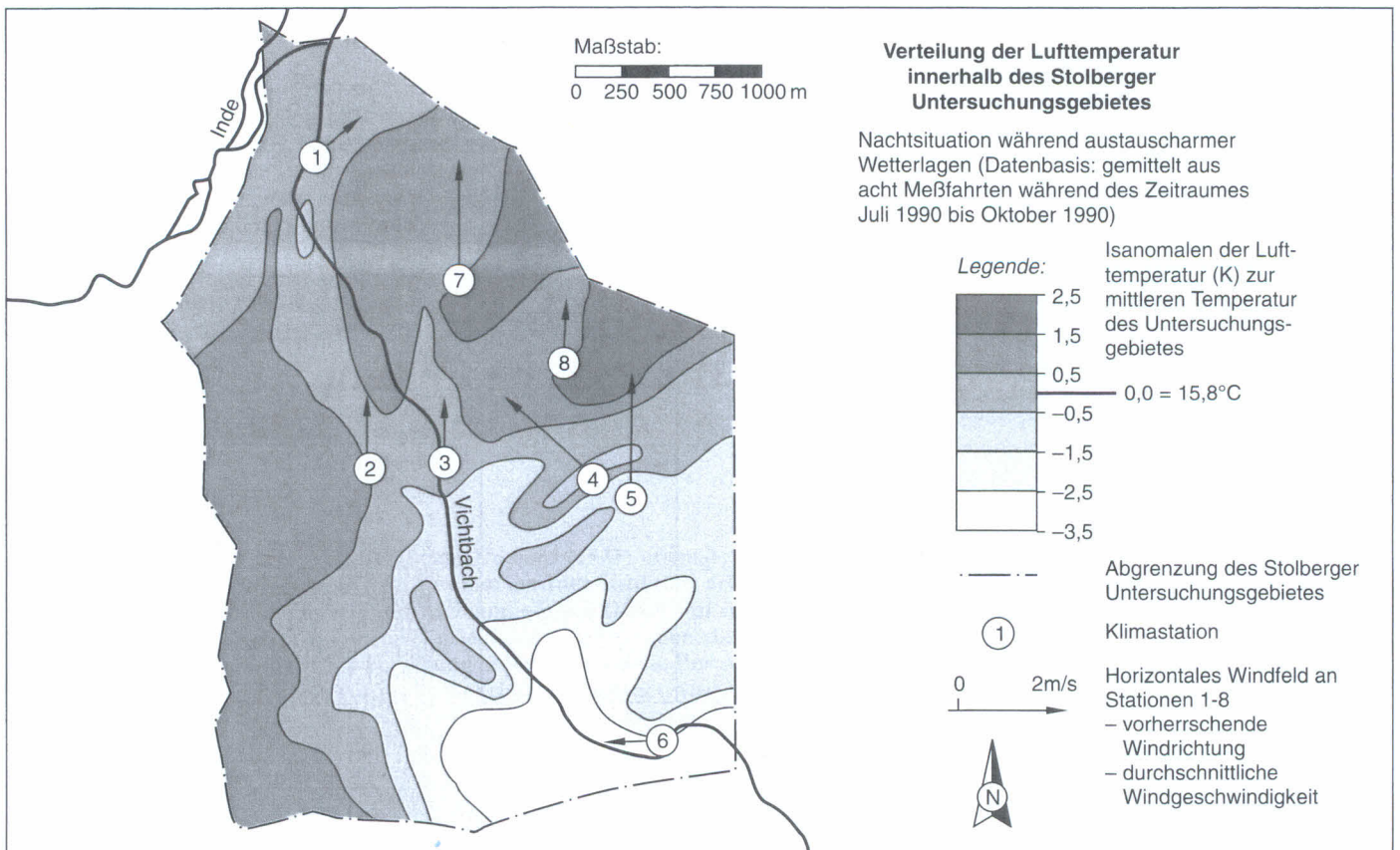
Es wird somit deutlich, daß die aus heutiger Sicht ungünstige Siedlungsstruktur, die auf einer historischen Entwicklung beruht, einer gründlichen Analyse darin auftretender klimatischer und auch lufthygischer Vorgänge bedarf.

### 3. Untersuchungsmethode

Entsprechende Messungen innerhalb des rund zehn km<sup>2</sup> großen Untersuchungsgebietes beruhen auf einem aus acht Klima- und Lufthygienestationen bestehenden temporären Meßnetz (Abb. 1), dessen mechanische Klimameßgeräte auf Stundenbasis die meteorologischen Größen Lufttemperatur, rel. Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und -geschwindigkeit registrierten. Als von lokalklimatischen Besonderheiten unbeeinflusster Referenzstandort diente die Klimastation des Deutschen Wetterdienstes in Aachen. Zum weiteren Nachweis lokalspezifischer Klimateigenschaften wurden Lufttemperaturmeßfahrten, Vertikalsondierungen

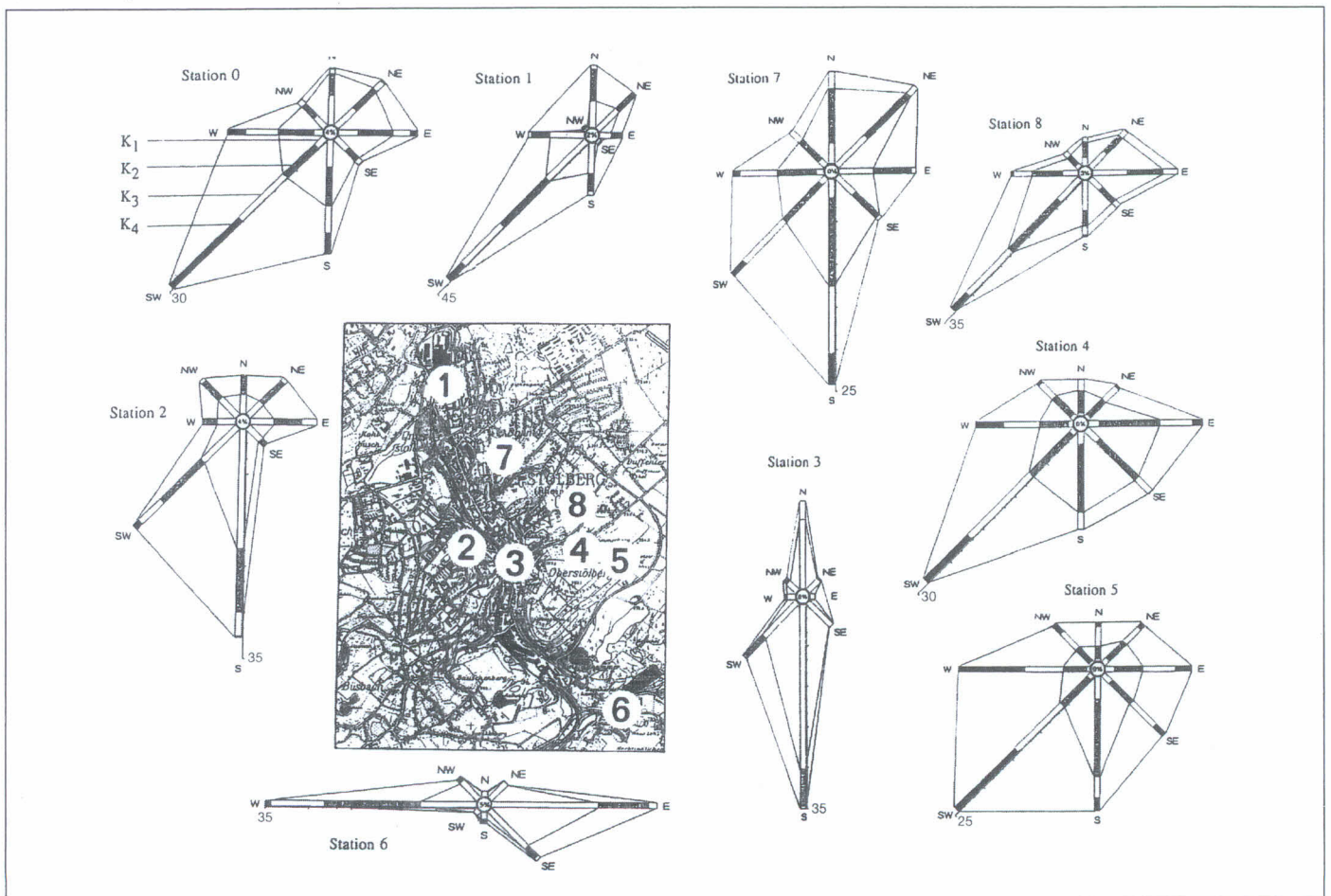
◀Abb. 1: Das Stolberger Untersuchungsgebiet sowie Standorte der Klima- und Lufthygienestationen; Quelle: Barlag (1993)





▲Abb. 2: Ergebnisse von Temperaturmessungen im Stolberger Untersuchungsgebiet; Quelle: Barlag (1993)

▼Abb. 3: Verteilung der Windrichtungen (%) bezogen auf den Berechnungszeitraum 12.07.1990 bis 15.04.1991 sowie der Windgeschwindigkeitsklassen ( $K_i$ ) auf die Windrichtungen (%) an der Station 0 in Aachen (DWD) und an den Stationen 1 bis 8 im Stolberger Untersuchungsgebiet.  $K_1 = 0,5-1,5$  m/s;  $K_2 = 1,6-3,0$  m/s;  $K_3 = 3,1-5,0$  m/s;  $K_4 > 5$  m/s, nach Klimaatlas Nordrhein-Westfalen (1989); 4 % = Windstille; DWD = Deutscher Wetterdienst; Quelle: Barlag (1993)



und Rauchausbreitungsversuche durchgeführt.

Angaben zu lufthygienischen Bestandteilen der bodennahen Atmosphäre resultieren primär aus Depositionsmessungen des Staubbiederschlages mit Bergerhoff-Geräten sowie der Analyse einiger Schwermetallinhaltsstoffe. Bedeutende Auswahlkriterien für die Meßpunkte waren: locker, dicht und unbebaute Talsohle, untere, mittlere und obere Hanglagen sowie die Kuppenlagen, womit sowohl stadtklimatische als auch geländeklimatische Faktoren Berücksichtigung fanden.

Die Messungen erfolgten innerhalb des Zeitraumes 15.04.1990 bis 15.04.1991 und wurden durch einige bereits vorliegende lufthygienische Gutachten ergänzt.

#### 4. Ergebnisse

Von den gemessenen klimatologischen Größen fällt der Lufttemperatur eine besondere Bedeutung zu, da sie über den Wärmehaushalt insbesondere nachts sehr empfindlich auf stadt- und geländespezifische Einflüsse reagiert. In diesem Zusammenhang stellt die flächenhafte Wiedergabe des bodennahen Temperaturfeldes eine bedeutende Interpretationshilfe dar.

#### 4.1 Darstellung des flächenhaften Temperaturfeldes

Auf der Basis einer aus acht nächtlichen Meßfahrten gemittelten Isanomalienkarte (Linien gleicher Temperaturabweichungen von dem Gebietsmittel) tritt eine Verteilung der Lufttemperatur auf, die bevorzugt während windschwacher Strahlungswetterlagen entsteht und auf einer überwiegend südlichen, durch Pfeile symbolisierte Windrichtungskomponente beruht (Abb. 2). Der ermittelte Temperaturunterschied von 6,0 K ist in 1,0 K Abständen differenziert.

Das südliche und südöstliche Stadtgebiet von Stolberg tritt im Vergleich zur Gebietsmitteltemperatur von 15,8 °C als großflächig untertemperierte Zone in Erscheinung. Der südliche Talbereich stellt großflächig ein Kaltluftammelgebiet dar. Im Bereich der unbebauten Hang- und Kuppenpartien des nordöstlichen und westlichen Untersuchungsgebietes sind Flächen mit erhöhten Lufttemperaturen (warme Hangzone) zu erkennen. Diese Temperaturverteilung ist auf natürliche Faktoren zurückzuführen.

Im Gegensatz dazu lassen die positiven Temperaturanomalien des dicht bebauten mittleren und nördlichen Talraumes anthropogene Einflußfaktoren erkennen. Im

Vergleich zu den warmen Hangzonen ist jedoch nur ein geringer Wärmeinseleffekt gegenüber der 0 K-Isanomalie von etwa 1,0 K auszumachen, dessen angenehmes thermisches Milieu offensichtlich durch die von Süden eindringenden Kaltluftzuflüsse (Pfeile) bestimmt wird. Das Kaltluftvorkommen in Stolberg sollte demnach im Hinblick auf thermische Aspekte positiv bewertet werden.

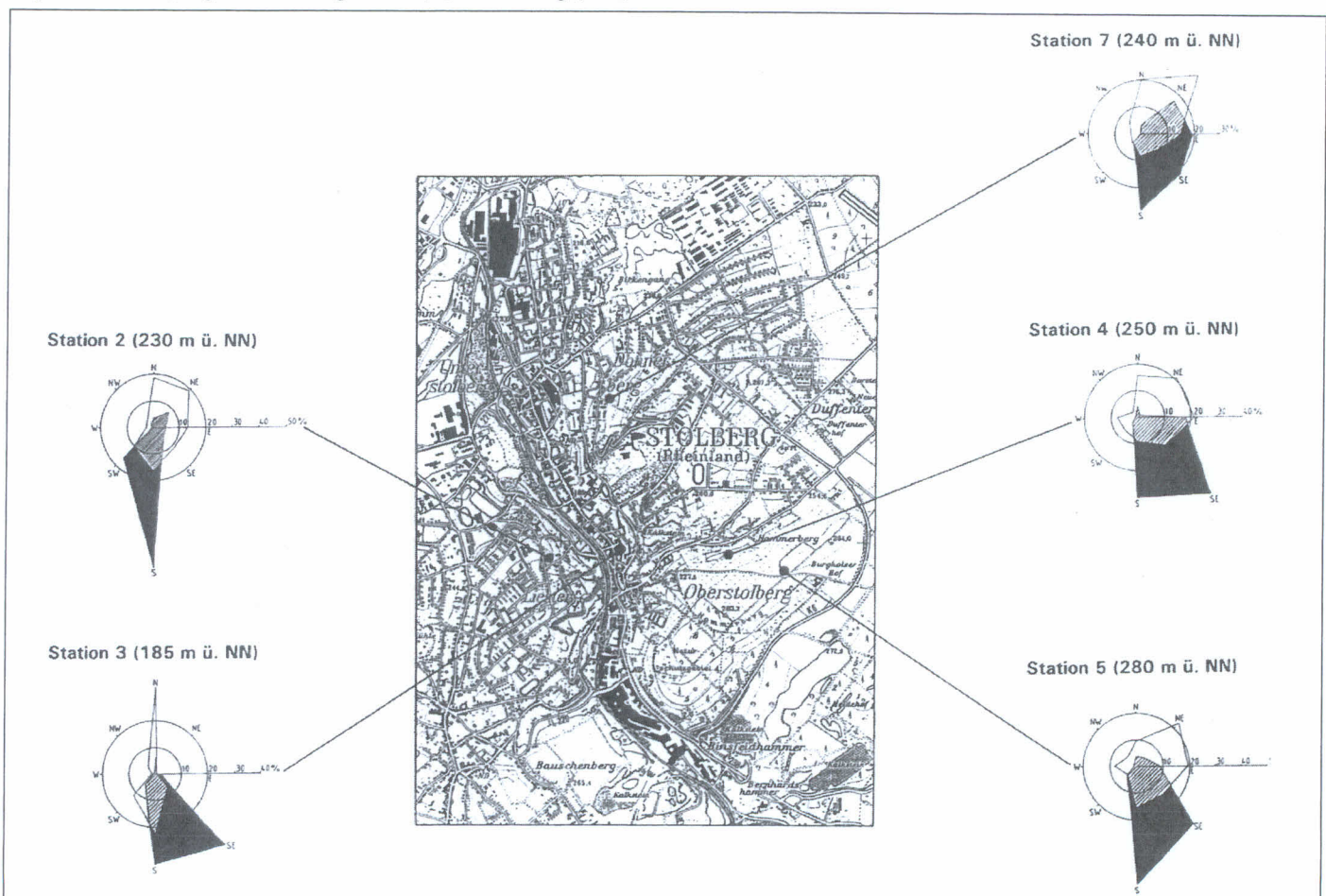
Eine zeitliche Differenzierung des flächenhaften Temperaturfeldes ergab jedoch, daß erst in der zweiten Nachthälfte eine Abnahme des Wärmeinseleffektes nachweisbar ist (Kutter et al. 1996). Nachfolgende Angaben zum bodennahen Windfeld und zur Kaltluftverlagerung geben Aufschluß über dieses für Planungsbelange bedeutende Ergebnis.

#### 4.2 Angaben zum bodennahen Windfeld

Einen weiteren Schwerpunkt der Untersuchung stellt die Analyse der Belüftungs- und Austauschverhältnisse in der Stadt Stolberg dar, weil die z. T. kompakte Überbauung, insbesondere jedoch die ausgeprägte Tallage, das Windfeld stark modifiziert.

Abb. 3 zeigt die Abhängigkeit des bodennahen Windfeldes von der Topographie

▼Abb. 4: Windrichtungsverteilung (%) an ausgewählten Stationen innerhalb des Stolberger Untersuchungsgebietes, aufgeteilt in Tag- (7.00 bis 18.00 h MEZ) und Nachtstunden. Die Daten sind 41 Strahlungstagen des Zeitraumes Juli 1990 bis April 1991 entnommen. Nachtwerte = schwarz, Tageswerte = weiß, Tag und Nacht = gestrichelt; Quelle: Barlag (1993)



und vom Überbauungsgrad. Dargestellt sind Stärkewindrosen, die für acht definierte Anströmrichtungen das jeweilige prozentuale Vorkommen von vier Windgeschwindigkeitsklassen an den einzelnen Stationsstandorten wiedergeben.

Deutlich wird, daß die Kuppen- und oberen Hanglagen (Station 5 und 4) eine überwiegend west-südwestliche Strömung aufweisen, die sich durch relativ hohe Windgeschwindigkeiten auszeichnet.

Der Einfluß des Vichtbachtals auf das Windfeld kommt mit zunehmender Annäherung an die Talsohle über die mittleren (Station 7) und unteren Hangbereiche (Station 2) durch eine immer stärker ausgeprägte Südkomponente zum Ausdruck. Ein regelrechter Kanalisierungseffekt ist an der Talsohle (Station 3 und 6) festzustellen, wo nur noch zwei durch den Talverlauf verursachte Richtungskomponenten zu erkennen sind. Ebenso ist eine auffallende Abnahme der Windgeschwindigkeiten – auch derjenigen der Hauptwindrichtungen – in Abhängigkeit von der Geländehöhe zu beobachten. Während auf dem Kamm des Hammerberges die Hauptwindrichtung Südwest lediglich zu 3 % des Meßzeitraumes Winde unter 1,5 m/s aufweist, traten an der Talsohle aus dem südlichen Richtungsmaximum diese nach dem Klimaatlas Nordrhein-Westfalen (1989) als Schwachwinde definierten Windstärken bis zu über 80 % auf.

Vor allem im Hinblick auf die Gefahr von Spurenstoffakkumulationen kommt diesem Ergebnis große Bedeutung zu.

### 4.3 Nachweis eines Berg- und Talwindsystems

Das Resultat einer tageszeitenabhängigen Auswertung der Windrichtung für austauscharme Wetterlagen zeigt Abb. 4.

Am Beispiel von fünf exemplarisch dargestellten Tag- und Nachtwindrosen wird eine diurnale, im Idealfall um 180° schwankende Richtungsänderung des Windes innerhalb des Vichtbachtals sichtbar. Dabei bedeuten die schwarz ausgefüllten Felder eine nächtliche – überwiegend südliche Strömungskomponente und die weiß gehaltenen Bereiche die tagsüber vorherrschende nördliche Windrichtung. Im mesoskaligen Bereich können während austauscharmer Strahlungswetterlagen auf thermisch induzierten Luftdruckunterschieden basierende, vom übergeordneten Strömungsregime abgekoppelte Windsysteme beobachtet werden, die bei Städten in ebenem Gelände als Flurwinde bezeichnet werden (*Barlag/Kuttler* 1991). Im vorliegenden Fall sind diese im Hinblick auf die lokale und regionale Reliefgestaltung dem Berg- und Talwindsystem zuzuordnen (*Freytag* 1988). Ein derartiges Windsystem ist durch nächtliche Berg- und tagsüber auftretende Talwinde gekennzeichnet und kann aufgrund seines Volumens Flurwinde und Kaltluftabflüsse überlagern (*Kuttler et al.* 1998).

Während dieses Ergebnis ein die Grundlagen- und Regionalklimaforschung betreffenden interessanten Aspekt darstellt, sollte in bezug auf die Planungsrelevanz eine zurückhaltende Einschätzung dieses Windsystems erfolgen, da insbesondere die niedrigen Geschwindigkeiten der nächtlichen Bergwinde lediglich eine geringe Belüftungseffektivität aufweisen. Hinzu kommt, daß innerhalb des Vichtbachtals große Grünlandflächen und Waldareale vorkommen, auf denen zeitgleich zum Auftreten des Bergwindes große Mengen an Kaltluft produziert werden, die bodennah abfließen. In Verbindung mit der Relief- und Bebauungsstruktur kann dadurch ein stagnierender Fließcharakter insbesondere an der Talsohle hervorgerufen werden. Dieses soll im folgenden verdeutlicht werden.

### 4.4 Bewertung des Volumenstroms innerhalb der Stadthindernisschicht

Eine Quantifizierung der im Vichtbachtal auftretenden Bergwindgeschwindigkeiten erfolgte anhand der Berechnung des Volumenstromes für die unteren 15 m ü. Gr. mithin der Stadthindernisschicht, die für die Vertikaldistanz Straßeneberfläche bis zum mittleren Dachniveau definiert ist (Tab. 2). Um darüber hinaus eine Bewertung der Bonität dieser Luftbewegungen vornehmen zu können, werden einige von *King* (1973) abgeleitete volumenstromfördernde geländespezifische Merkmale mit denen des Untersuchungsgebietes verglichen.

Danach sollte ein Kaltlufteinzugsgebiet mit klimaökologischer Relevanz eine minimale Reliefenergie von 50 m, einen Neigungswinkel der Hänge von 5° und eine Mindestgröße von drei km<sup>2</sup> aufweisen. Darüber hinaus wird für einen effektiven Weitertransport der Kaltluft eine Talneigung von mehr als 1° gefordert. Unter diesen Bedingungen sowie bei einer von *King* (1973) ermittelten durchschnittlichen Kaltluftproduktion von 12 m<sup>3</sup> m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> errechnete *Werner* (1979) einen Kaltluftabfluß von 10.000 m<sup>3</sup>/s, der nach Volumen und Fließgeschwindigkeit ein Mindestmaß eines klimaökologischen Volumenstromes darstellen soll.

Ein Vergleich mit den Eigenschaften des Untersuchungsgebietes ergibt, daß die

Kriterien bis auf die geringe Neigung des Vichtbachtals von weniger als 0,5° erfüllt werden. Das letztgenannte geländespezifische Merkmal hat jedoch zur Folge, daß für den Bereich der nördlichen (Station 1), der mittleren (Station 3) und der südlichen Talsohle (Station 6) ein für die Kaltluftverlagerung repräsentativer Volumenstrom von lediglich 3.600 m<sup>3</sup>/s berechnet werden konnte, so daß an der Talsohle des Vichtbachtals lediglich rund ein Drittel des o.g. Bewertungswertes erreicht wird. In Abhängigkeit vom Bebauungsgrad muß, wie am Beispiel der Innenstadt (Station 3) zu sehen ist, sogar mit Verminderungen bis zu 90 % gerechnet werden.

Eine Folge der geringen Verlagerungsgeschwindigkeit der bodennahen Kaltluft ist nicht nur, wie in Kapitel 4.1 dargestellt, eine Verzögerung des Abkühlungseffektes in der Innenstadt, sondern in Verbindung mit den im südlichen Tal liegenden Industrieanlagen, eine Schadstoffausbreitung, die für die auf der mittleren und nördlichen Talsohle angesiedelten Wohnbereiche negative Auswirkungen zeigt.

Eine Belastungswindrose (Abb. 5), die in Abhängigkeit von acht Richtungssektoren die jeweilige SO<sub>2</sub>-Konzentration wiedergibt, und deren Werte zwischen dem südlichen Industriegebiet und dem Innenstadtbereich im Jahre 1987 erfaßt worden sind, zeigt beispielhaft, daß die südliche, durch Kaltluftzuflüsse hervorgerufene Windrichtung mit Abstand die höchsten Konzentrationen aufweist, und diese mit Luftbeimengungen angereicherte Kaltluft langsam dem Gefälle folgend in den Innenstadtbereich transportiert wird.

Somit wird ersichtlich, daß aus lufthygienischer Sicht der Kaltluft in Stolberg ein ausgesprochen negativer Stellenwert zugesprochen werden muß.

### 4.5 Angaben zum Auftreten von Temperaturinversionen im Vichtbachtal

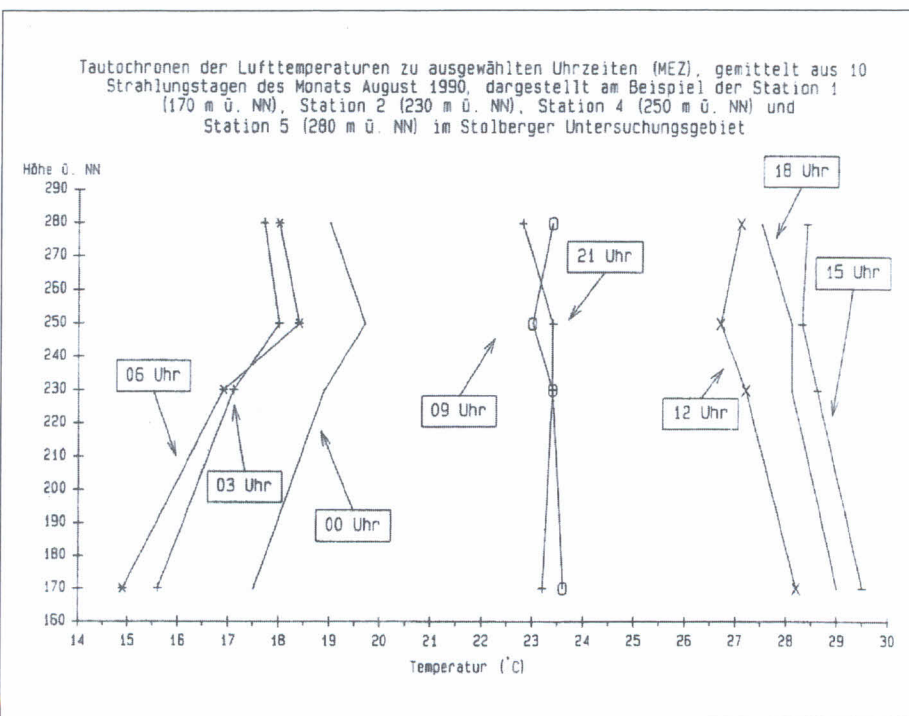
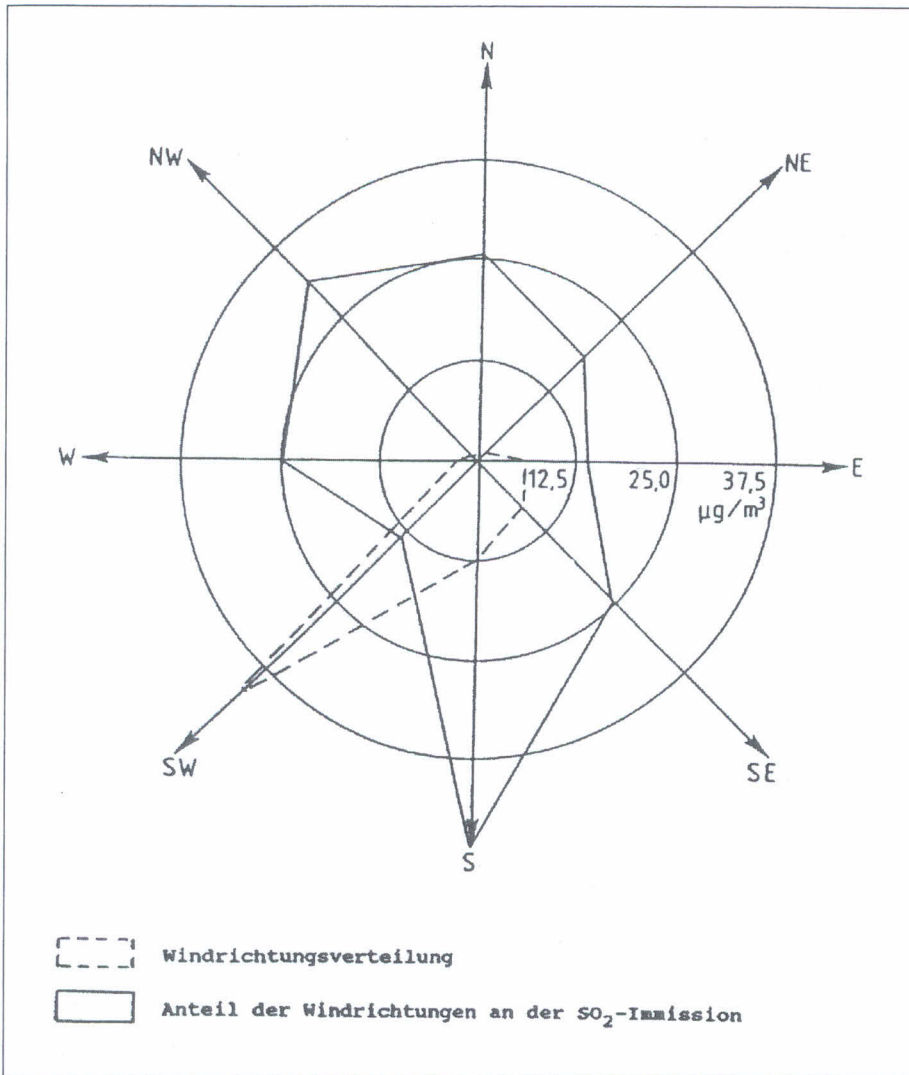
Das Kaltluftvorkommen hat darüber hinaus bedeutenden Einfluß auf die Häufigkeit des Auftretens und das räumliche Ausmaß von Temperaturinversionen. Temperaturumkehrungen zeichnen sich dadurch aus, daß kalte Luft unter warme Luft gelangt und die dazwischenliegende Grenzschicht den vertikalen Luftaustausch behindert.

▼Tab. 2: Eingangsdaten zur Berechnung des Volumenstroms von Kaltluftflüssen (in m<sup>3</sup>/s) verschiedener Talquerschnitte des im Stolberger Untersuchungsgebiet liegenden Vichtbachtals; Quelle: *Barlag* (1993)

Stadthindernisschicht	Querprofil Station 1	Querprofil Station 3	Querprofil Station 6	Ø aus Querprofilen Station 1, 3 und 6
Talbodenquerprofil	385 m	130 m	295 m	270 m
Querprofil in 15 m ü. Gr.	460 m	230 m	350 m	347 m
Höhendistanz	15 m	15 m	15 m	15 m
Fläche des Talquerschnitts	6.188 m <sup>2</sup>	2.550 m <sup>2</sup>	4.688 m <sup>2</sup>	4.475 m <sup>2</sup>
Fläche der Bebauung	1.250 m <sup>2</sup>	1.125 m <sup>2</sup>	–	792 m <sup>2</sup>
Bereinigte Fläche (Trapez)	4.938 m <sup>2</sup>	1.425 m <sup>2</sup>	4.688 m <sup>2</sup>	3.683 m <sup>2</sup>
Windgeschwindigkeit	1,2 m/s	0,8 m/s	0,8 m/s	0,9 m/s
Volumenstrom	5.925 m <sup>3</sup> /s	1.140 m <sup>3</sup> /s	3.750 m <sup>3</sup> /s	3.605 m <sup>3</sup> /s

▼Abb. 5 (oben): Belastungswindrose der durchschnittlichen Halbstundenmittelwerte der SO<sub>2</sub>-Konzentrationen (µg/m<sup>3</sup>) pro Windrichtungsklasse im Stolberger Untersuchungsgebiet. Meßzeitraum: Oktober 1987; Quelle: Barlag (1993)

▼Abb. 6 (unten): Darstellung des Auf- und Abbaus einer Talinversion im Stolberger Untersuchungsgebiet; Quelle: Barlag (1993)



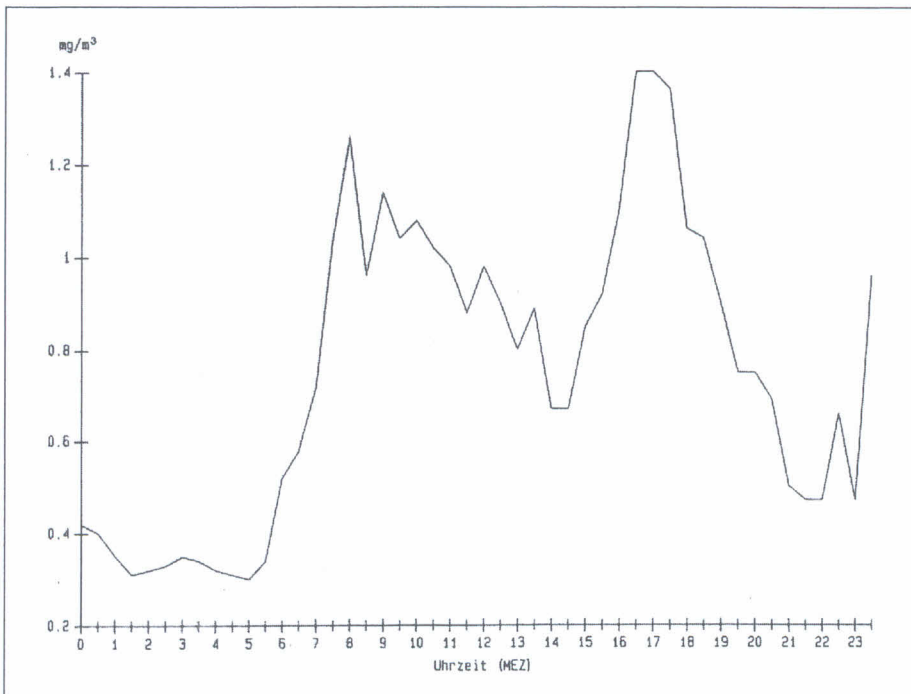
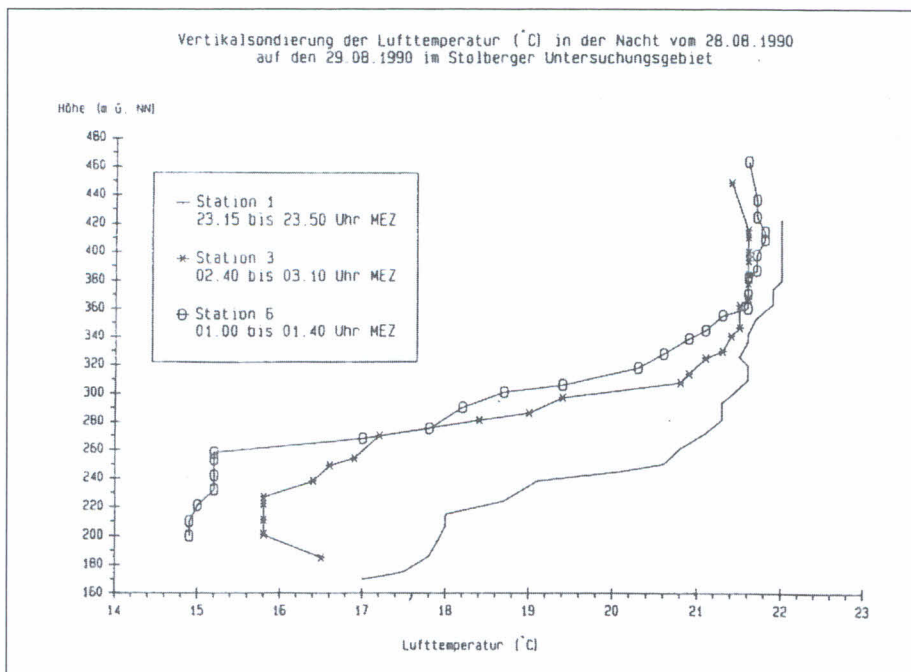
Im Vichtbachtal bildeten sich innerhalb des Meßzeitraumes bis zu 56 % Temperaturinversionen aus. Diese treten überwiegend nachts auf, lösen sich jedoch auch am Tage, besonders im Winter, häufig nur zögernd auf. Der tägliche Auf- und Abbau einer Inversion ist anhand Abb. 6 zu erkennen.

Unter Verwendung der Meßwerte von zehn Strahlungstagen eines Sommermonats wurde zu Zeiten der maximalen Abkühlung (6.00 Uhr) ein positiver Temperaturgradient von der Talsohle (Station 1) bis zur oberen Hanglage (80 m Höhendifferenz) von 2,5 K/100 m ermittelt, wodurch eine ausgeprägte Inversion zum Ausdruck kommt. Anhand der Tautochronen zeigt sich eine im weiteren Tagesverlauf allmählich abbauende Inversion, da um 9.00 Uhr kein positiver Temperaturgradient mehr zu beobachten ist und sich um 12.00 Uhr eine labile Schichtung innerhalb des Talraumes eingestellt hat. Etwa um 21.00 Uhr beginnt der erneute Aufbau einer Temperaturinversion innerhalb des Tales, die zeitlich mit der wieder einsetzenden Kaltluftproduktion korrespondiert.

Ferner veranschaulicht die Abbildung, daß während einer Inversion keine einheitliche Zunahme des Temperaturgradienten mit der Höhe zu verzeichnen ist. Vielmehr ist von der oberen Hanglage (Station 4, Hammerhang, 250 m ü. NN) an, eine Abnahme des positiven Temperaturgradienten zu beobachten. Daraus folgt, daß ab dieser Geländehöhe ein zunehmender vertikaler Luftaustausch erwartet werden kann und sich somit während entsprechender Witterungsabschnitte etwa 70 m über der Talsohle eine Grenzschicht zwischen kalter und warmer Luft ausbildet, die den vertikalen Luftaustausch im bodennahen Bereich erheblich behindert. Dieses Phänomen, das für Planungsbelange von größtem Interesse ist, konnte auch durch die Temperaturmeßfahrten, vor allem jedoch durch Fesselballonsondierungen bestätigt werden.

Abb. 7 zeigt entsprechende vertikale Temperaturverläufe in einer sommerlichen Strahlungsnacht. Die Aufstiege erfolgten von der nördlichen, locker bebauten Talsohle (Station 1), von dem dicht bebauten Innenstadtbereich (Station 3) und von der südlichen nicht bebauten Talsohle aus (Station 6).

Auch über den drei im Tallängsprofil liegenden Aufläorten ist in etwa 50 bis 70 m ü. Gr. eine deutlich ausgebildete Grenzschicht zu beobachten, die wie eine Sperrschicht wirkt und die Höhenlage der durch das temporäre Meßnetz definierten Grenzschicht bestätigt. Somit stellt sich eine Vertikalstruktur der Lufttemperatur im Untersuchungsgebiet ein, die in Verbindung mit den West- und Osthängen des Vichtbachtals den untersuchten Talraum nahezu vollständig isoliert. Gleichzeitig stattfindende Emissionsvorgänge dürften in dem verbleibenden kleinen Mischungsvolumen erhebliche Spurenstoffakkumulationen hervorrufen.



▲Abb. 7 (oben): Ergebnisse von Fesselballonaufstiegen im Stolberger Untersuchungsgebiet; Quelle: Barlag (1993)

▲Abb. 8 (unten): Mittlerer Tagesgang der CO-Konzentrationen ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) im Stolberger Untersuchungsgebiet. Meßzeitraum: Oktober 1987; Quelle: Barlag (1993)

## 4.6 Die lufthygienische Situation in Stolberg

So geben die lufthygienischen Untersuchungen deutliche Hinweise auf eine Immissionssituation, die durch das relativ hohe Emittentenaufkommen (Hausbrand, Kfz-Verkehr und Industrie) sowie durch die austauscharmen Ventilationsverhältnisse geprägt ist.

Die verkehrsbedingten Spurenstoffe Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) und Kohlenmonoxid (CO) zeigen in Abb. 8 exemplarisch anhand eines Tagesganges der CO-Konzentrationen eine deutliche

Abhängigkeit vom Kfz-Aufkommen durch Konzentrationsspitzen während der Hauptverkehrszeiten. Es wurden bezüglich der genannten Komponenten zwar keine Richt- und Grenzwertüberschreitungen beobachtet, jedoch lagen die gemessenen Werte von CO über denjenigen anderer Städte in Nordrhein-Westfalen; in Hinblick auf die relativ geringe Einwohnerzahl Stolbergs ein bemerkenswertes Ergebnis.

Die Messungen der schwermetallhaltigen Inhaltsstoffe des Staubniederschlages lassen dagegen Werte mit Grenzwertüberschreitungen von bis zu 150 % z. B. bei den

Blei-Depositionen erkennen (Abb. 9). Der Emittentenstruktur entsprechend weisen die Schwermetallbelastungen ein ausgesprochen deutlich ausgeprägtes Süd-Nord-Gefälle auf, wohingegen die Staubwerte keine räumliche Struktur erkennen lassen. Daraus können Hinweise auf eine produktionsbedingte Schwermetallbelastung im Untersuchungsgebiet gezogen werden. Es wird ersichtlich, daß emissionsmindernde Maßnahmen dringend erforderlich sind.

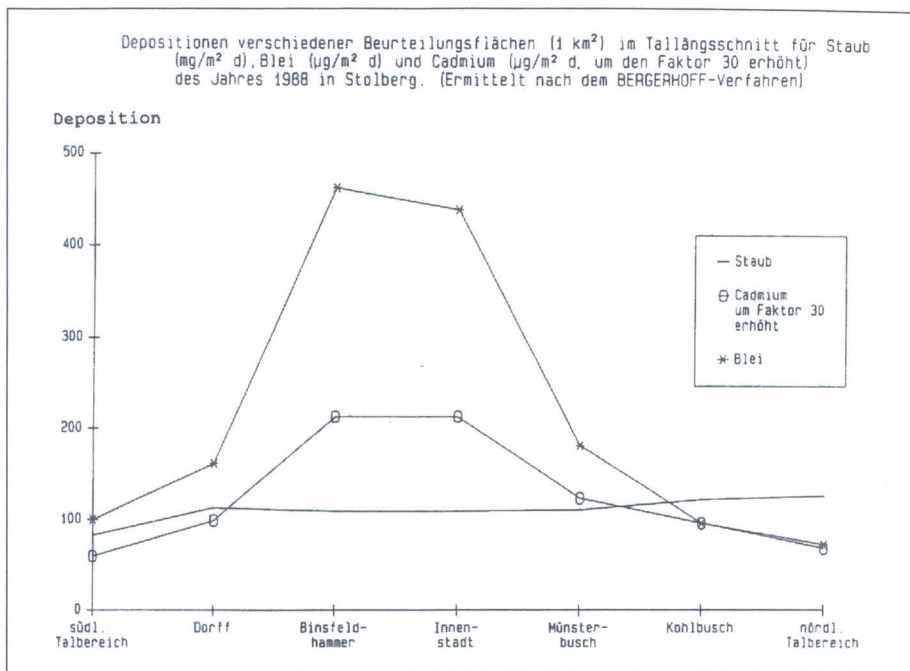
Die Ergebnisdarstellung hat gezeigt, daß die nicht unbedenkliche Immissionssituation aus klimatischer Sicht insbesondere durch die geringen Windgeschwindigkeiten an der Talsohle, das Kaltluftvorkommen an den Hängen und durch die damit verbundenen Talinversionen negativ beeinflusst wird. Daraus folgt, daß das Relief einen wesentlichen Einfluß auf die klimatische Situation in Stolberg ausübt, was für die Erarbeitung von Planungsmaßnahmen Konsequenzen hat.

## 5. Planungsrelevante Klimafunktionskarte von Stolberg

Die erarbeiteten Planungshinweise für die Stadt Stolberg sollen hier nicht näher erläutert werden, da sie in Barlag (1993) ausführlich beschrieben sind. Vielmehr wird eine Methode vorgestellt, in welcher Form Planungsempfehlungen dargestellt werden können. Praxisorientierte Stadtklimaanalysen, deren Ergebnisse auf zahlreichen Meßwerten beruhen, setzen eine Datenaufbereitung voraus, die einer Anwendung im Planungsprozeß entgegenkommt. In der Regel werden daher synthetische Klimafunktionskarten erstellt, womit eine Synthese der räumlichen und funktionalen immissionsklimatischen Zusammenhänge in kartographischer Form erreicht wird. Die räumlichen Faktoren Flächennutzung und Relief gliedern das Untersuchungsgebiet; die Klimatelemente beschreiben die Funktionen der Flächen innerhalb des gesamten Untersuchungsraumes.

Aufbauend auf den bewertenden Inhalten einer synthetischen Klimafunktionskarte werden häufig Planungshinweiskarten erstellt (z. B. Stock et al. 1991), wobei die darin enthaltenen Empfehlungen auf Bebauungsplanebene den Charakter von Rahmenvorgaben aufweisen. Für definierte Zonen werden Zielvorgaben erläutert, die in die Bebauungspläne einfließen sollten. Die generelle Absicht von Planungshinweiskarten beruht darauf, klimatisch lufthygienische Situationen zu schaffen, die extreme Belastungen vermeiden bzw. vorhandene Belastungen mindern. Ferner sollen günstige immissionsklimatische Verhältnisse planerisch gesichert werden. In der Praxis wird somit der immissionsklimatische Ist-Zustand und darauf bezogene Planungshinweise auf getrennten Kartenblättern dargestellt. Sinnvoll erscheint jedoch aus Anwendungs- und aus Verständnisgründen eine Wiedergabe beider Karteninhalte auf nur einem Blatt.





▲Abb. 9: Angaben zum räumlichen Gradienten der Staub-, Cadmium- und Blei-Depositionen im Stolberger Untersuchungsgebiet; Quelle: Barlag (1993)

Die „planungsrelevante Klimafunktionskarte“ für die Stadt Stolberg berücksichtigt diesen für den Anwendungsbereich bedeutenden Aspekt (Farbkarte auf der 3. Umschlagseite, Legende auf Seite 48).

Die Karte zeigt drei in jeweils einer Grundfarbe differenzierte Bereiche. Diese weisen im Gegensatz zu den bisherigen Klimafunktionskarten aufgrund des für Stolberg ausschlaggebenden Klimafaktors Relief geländeklimatische Raumeinheiten, z. B. die Talsohle (rot), die mittleren Hanglagen (blau) und die oberen Hang- und Kuppenlagen (grün) als Basisareale auf.

Erst in einem zweiten Schritt wird die Flächennutzung unter Berücksichtigung der Versiegelung und der mittleren Gebäudehöhe als weiteres Einteilungskriterium innerhalb der Raumeinheiten hinzugenommen, so daß zehn Klimatope gegeneinander abgegrenzt werden konnten. Aus der Tatsache, daß innerhalb eines Klimatops immissionsklimatische Prozesse nachweisbar sind, die für den jeweiligen Raum charakteristische Merkmale aufweisen (Leser 1984), folgt, daß diese mit speziell darauf ausgerichteten Planungsmaßnahmen beeinflusst werden können, die in anderen Klimatopen nicht sinnvoll wären. Aus diesem Grunde ist die Abgrenzung einzelner Planungsräume mit denen der Klimatope identisch und die Integration von flächenbezogenen Planungsaspekten in die Klimafunktionskarte möglich; ein Aspekt, der bisher keine Anwendung gefunden hat.

Aufbauend auf den als erste Kartenebene zu bezeichnenden **Klimatopen** werden weitere Ebenen, wie die **klimatopübergreifenden Klimateigenschaften** (z. B. große Kaltluftentstehungsgebiete), die **nicht klimatopgebundenen Klimafunktionen** (z. B. Klimaausgleichsfunktion der Parkanlagen)

und **dynamische Prozesse** (z. B. Kaltluftabflüsse) durch Rasterungen und Einzelsymbole kenntlich gemacht und in der Legende beschrieben. Den in insgesamt vier Ebenen dargestellten klimatischen Größen, Eigenschaften und Funktionen werden sodann darauf ausgerichtete Planungshinweise zugeordnet.

Diese Methode ist für die Erstellung planungsrelevanter Klimafunktionskarten anderer orographisch gegliederter Städte zu empfehlen, da das zugrundegelegte Konzept, die vier beschriebenen Kategorien als Darstellungsbasis zu verwenden, den klimatischen Besonderheiten reliefierter Untersuchungsgebiete Rechnung trägt. In Verbindung mit der auf einem Blatt erfolgenden Darstellung der immissionsklimatischen Situation und einem daraus abgeleiteten Handlungsbedarf stellt diese Karte ein Instrument dar, das zur weiteren Integration immissionsklimatischer Belange in den Planungsprozeß beitragen kann.

#### Literatur

- Barlag, A.-B. (1993): Planungsrelevante Klimanalyse einer Industriestadt in Tallage – dargestellt am Beispiel der Stadt Stolberg (Rhld.). (Essener Ökologische Schriften, Bd. 1). – Essen.
- Barlag, A.-B. (1997): Möglichkeiten der Einflußnahme auf das Stadtklima. – In: Umwelt und Klimabeeinflussung durch den Menschen. VDI-Berichte 1330. Düsseldorf. S. 127–146.
- Barlag, A.-B./Kuttler, W. (1991): The Significance of Country Breezes for Urban Planning. – In: Energy and Buildings 15–16, S. 291–297.
- Barlag, A.-B./Kuttler, W./Stock, P. (1989): Klimanalyse Stadt Bottrop. – Essen. (Planungshefte Ruhrgebiet, PO 23, Hrsg. Kommunalverband Ruhrgebiet).
- Baugesetzbuch (BauGB 1986): in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. Dez. 1986. (BGBl. I S. 2253).
- Baumgartner, A. (1963): Einfluß des Geländes auf Lagerung und Bewegung der nächtlichen Kaltluft. – In: Schnelle, F. (Hrsg.): Frostschutz im Pflanzenbau, Bd. 1: Die meteorologischen

und biologischen Grundlagen der Frostschausverbreitung, BLV-Verlagsgesellschaft, München/Basel/Wien, S. 151–194.

Beckröge, W./Stock, P. (1995): Klimaanalyse für die Landeshauptstadt Düsseldorf (Hrsg.: Landeshauptstadt Düsseldorf, Der Oberstadtdirektor).

Freytag, C. (1988): Atmosphärische Grenzschicht in einem Gebirgstal bei Berg- und Talwind. – München. (Wiss. Mitt. der Univ. München, Nr. 60).

Herzig, R./Hauser, E. (1991): Immissionsbelastung. In: Wanner, H. (Hrsg.): Studie Biel – Klima und Luftverschmutzung einer Schweizer Mittelstadt = Bienne – climat et pollution atmosphérique d'une ville suisse. – Bern/Stuttgart, S. 107–149.

Howard, L. (1833): Climate of London deduced from meteorological observations. – 3. Edition. London.

Hupfer, P. (1996): Unsere Umwelt: Das Klima: globale und lokale Aspekte. – Stuttgart/Leipzig.

Hupfer, P./Kuttler, W. (1998): Witterung und Klima. – 10. Aufl., begr. v. E. Heyer. – Leipzig.

King, E. (1973): Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftabflusses und der Frostgefährdung durch Straßenbauten. – Offenbach. (Ber. Deutsch. Wetterd., Nr. 130, Bd. 17).

KlimaAtlas Nordrhein-Westfalen (1989): Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW. – Düsseldorf.

Kuttler, W. (1996): Aspekte der Angewandten Stadtklimatologie. – In: Geowissenschaften 14, H. 6, S. 221–228.

Kuttler, W. (1998): Stadtklima. – In: Sukopp, H./Wittig, R. (Hrsg.): Stadtkologie, 2. Aufl., Stuttgart/Jena/New York, S. 125–167.

Kuttler, W./Barlag, A.-B./Roßmann, F. (1996): Study of thermal structure of a town in a narrow valley. – In: Atmospheric Environment 30, H. 3, S. 365–378.

Kuttler, W./Dütemeyer, D./Barlag, A.-B. (1998): Influence of regional and local winds on urban ventilation in Cologne, Germany. – In: Meteorologische Zeitschrift N. F. 7, S. 77–87.

Leser, H. (1984): Zum Ökologie-, Ökosystem- und Ökotypbegriff. – In: Natur und Landschaft, 59. Jg., S. 351–357.

Stadt Stolberg (Hrsg.) (1990): Stadt Stolberg, 5. Aufl., Stolberg: WEKA.

Stadt Stolberg (1992): Ökologische Sanierung Vichtbachtal/Stolberg, unveröffentl. Endbericht zum interdisziplinären Forschungsprojekt im Rahmen des experimentellen Städtebaus, gefördert durch das Bundesministerium für Bauwesen, Raumordnung und Städtebau, Bd. I, II und III. – Aachen.

Stock, P. (1992): Synthetische Klimafunktionskarte Ruhrgebiet. Essen. (Arbeitshefte Ruhrgebiet A040).

Stock, P./Beckröge, W./Barlag, A.-B. (1991): Klimaanalyse Stadt Bochum. Stadt Bochum (Hrsg.). – Bochum.

Sukopp, H./Trepl, L. (1995): Stadtkologie. – In: Kuttler, W. (Hrsg.) Handbuch zur Ökologie, 2. Aufl. – Berlin. S. 391–396.

UVP-Gesetz (1990): Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie des Rates vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten (85/337/EWG), (Bundesgesetzblatt vom 20. Feb. 1990, Nr. 6: S. 205–214).

Werner, G. (1979): Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. – In: Landschaft und Stadt, 11, H. 1., S. 17–25.

Wittig, R./Sukopp, H. (1998): Was ist Stadtkologie? In: Sukopp, H./Wittig, R. (Hrsg.): Stadtkologie, 2. Aufl., Stuttgart/Jena/New York, S. 1–12.

#### Anschrift des Verfassers:

Dr. Andreas-Bent Barlag, Institut für Ökologie, Abt. Landschaftsökologie der Universität-GH Essen, 45117 Essen

Zum Beitrag Barlag, Stadtklima (s. Seite 10–17)

## Planungsrelevante Klimafunktionskarte für das Stolberger Untersuchungsgebiet repräsentativ für austauscharme Wetterlagen

### Immissionsklimatische Situation

**Klimatop 1a:** – mäßige Austauschverhältnisse bei relativ offenem Talaustrag und überwiegend mittleren Gebäudehöhen – mäßige Immissionen bei hohen Emissionen – häufiges Auftreten von Hitzestreiß und Schwüle bei mittlerer bis hoher Versiegelung – tagsüber hohe Temperaturen, nachts relativ starke Abkühlung

**Klimatop 1b:** – sehr eingeschränkte Austauschverhältnisse bei enger Tallage sowie mittleren bis sehr hohen Gebäudehöhen – hohe Immissionen bei hohen Emissionen (insbesondere Hausbrand und Kfz-Verkehr, niedriges Quellniveau – häufiges Auftreten von Hitzestreiß und Schwüle bei sehr hoher Versiegelung – tagsüber sehr hohe Temperaturen, nachts mäßige Abkühlung

**Klimatop 1c:** – sehr eingeschränkte Austauschverhältnisse bei enger Tallage sowie hohen bis sehr hohen Gebäudehöhen – hohe Immissionen bei hohen Emissionen (insbesondere industrielle Emissionen) – häufiges Auftreten von Hitzestreiß und Schwüle bei hoher Versiegelung – tagsüber sehr hohe Temperaturen, nachts mäßige Abkühlung

**Klimatop 1d:** – eingeschränkte Austauschverhältnisse bei enger Tallage – hohe Immissionen (Kaltluftstagnationsgebiet) bei mittleren Emissionen – lokales Auftreten von Schwüle bei geringer bis mittlerer Versiegelung – tagsüber hohe Temperaturen, nachts sehr starke Abkühlung

### 2. Raumeinheit: mittlere Hanglagen – unterhalb bzw. innerhalb der Sperrschicht

**Klimatop 2a:** – gute Austauschverhältnisse bei offenem Talaustrag mit hohem Freiflächenanteil sowie mittleren Gebäudehöhen – geringe Immissionen bei mäßigen Emissionen – lokales Auftreten von Schwüle bei geringer bis hoher Versiegelung – geringe tägliche Temperaturamplitude

**Klimatop 2b:** – gute bis mäßige Austauschverhältnisse bei mäßiger bis starker Hangneigung sowie geringen Gebäudehöhen – geringe Immissionen bei mäßigen Emissionen – lokales Auftreten von Schwüle bei geringer bis mittlerer Versiegelung – geringe tägliche Temperaturamplitude

**Klimatop 2c:** – gute Austauschverhältnisse, da mittlere unbebaute Hanglagen – mäßige bis hohe, von der Windrichtung abhängige Immissionen – keine Schwüle bei unversiegelten Flächen – geringe tägliche Temperaturamplitude

### 3. Raumeinheit: obere Hanglagen – oberhalb bzw. innerhalb der Sperrschicht sowie Kuppenlagen

**Klimatop 3a:** – gute bis mäßige Austauschverhältnisse bei geringen bis mittleren Gebäudehöhen – geringe bis mäßige Immissionen bei geringen bis mäßigen Emissionen – keine Schwüle bei überwiegend mittlerer Versiegelung – geringe tägliche Temperaturamplitude

**Klimatop 3b:** – gute bis sehr gute Austauschverhältnisse bei hohem Freiflächenanteil – mäßige bis hohe, von der Windrichtung abhängige Immissionen – keine Schwüle bei geringer Versiegelung – geringe tägliche Temperaturamplitude

**Klimatop 3c:** – sehr gute Austauschverhältnisse, da keine Bebauung – geringe bis mäßige windrichtungshängige Immissionen – keine Schwüle bei unversiegelten Flächen – geringe tägliche Temperaturamplitude

### Planungshinweise

#### 1. Raumeinheit: Talsohle - unterhalb der Sperrschicht

– quer zum Tal verlaufende Hindernisse vermeiden – keine weiteren Schadstoffemittenten ansiedeln – Anschluß an das Fernwärmenetz bzw. an Blockheizkraftwerke – Reduzierung des Durchgangsverkehrs sowie bessere Auslastung der Gleisanlagen (Verminderung des Schwerlastverkehrs) – Parkanlage erhalten und mit anderen Grünflächen verbinden

– Sicherung und Erweiterung vorhandener Luftleitbahnen – quer zum Tal verlaufende Bebauung vermeiden, Baulücken offenhalten – Schaffung locker durchgrünter Querverbindungen unterhalb der innenstadtnahen Kaltluftproduzenten – keine weiteren Schadstoffemittenten ansiedeln – Anschluß an das Fernwärmenetz bzw. an Blockheizkraftwerke – Reduzierung des Durchgangsverkehrs; Ausweitung der Fußgängerzone – Entsiegelung sowie Anpflanzung schattenspendender Vegetation – Fassaden- und Dachbegrünung

– Sicherung und Ausbau vorhandener Luftleitbahnen – Senkung der industriellen Emissionen auf den Stand der Technik – ausschalten „diffuser Flächenquellen“; Schornsteine über Kammhöhe – keine weiteren Schadstoffemittenten ansiedeln – Reduzierung des Durchgangsverkehrs; Ausweitung der Fußgängerzone (Verminderung des Schwerlastverkehrs) – Entsiegelung und Bepflanzung industrieller Freiflächen unter Bevorzugung staubfilternder Vegetationsstrukturen – Fassaden- und Dachbegrünung

– quer zum Tal verlaufende Hindernisse vermeiden – ausschalten „diffuser Flächenquellen“; Schornsteine über Kammhöhe – Senkung der industriellen Emissionen auf den Stand der Technik – Vermeidung bodennaher Emissionen, da Kaltluftstagnationsgebiet

– ausschalten „diffuser Flächenquellen“; Schornsteine über Kammhöhe – Senkung der industriellen Emissionen auf den Stand der Technik – Bepflanzung industrieller Freiflächen unter Bevorzugung staubfilternder Vegetation – Erhaltung des Fettberges als innenstadtnaher Kaltluftproduzent – parkartige Begrünung der Halde Kohlbusch sowie eine Verbindung zum Park in Unterstolberg anstreben

– keine Ausweitung der Bebauung bei Verlust innenstadtnaher Kaltluftproduzenten – keine hangparallele Bebauung im Einflußbereich von Kaltluftabflußbahnen – Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs zur Vermeidung des motorisierten Individualverkehrs

– keine weiteren Schadstoffemittenten aufgrund der überwiegenden südlichen Belüftungskomponente ansiedeln – zusammenhängende Waldflächen erhalten (Filterfunktion für gas- und partikelgebundene Luftschadstoffe)

– größere zusammenhängende Freiflächen von Bebauung freigehalten – keine weitere Verdichtung der Bebauung im Bereich Prämiestraße/Konrad-Adenauer-Straße – Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs zur Vermeidung des motorisierten Individualverkehrs

– Ausbau der Wohn- und Mischbebauung oberhalb der Sperrschicht im Bereich Büsbach/Bauschenberg möglich – zusammenhängende Grünflächen zur lokalen Kaltluftproduktion erhalten (Donnerberg)

– Ausweisung von Wohnbebauung im Bereich Brockenberg möglich – zusammenhängende Waldflächen erhalten (Filterfunktion für gas- und partikelgebundene Luftschadstoffe)

### Klimatopübergreifende Klimateigenschaften

#### Große Kaltluftentstehungsgebiete:

○○○ – hohe Kaltluftproduktion, hohe Immissionsanreicherung möglich

#### Kleine und innenstadtnahe Kaltluftentstehungsgebiete

★★★ – geringe Kaltluftproduktion, jedoch aufgrund der Nähe zum Wirkungsraum u. U. belüftungseffektiv

#### Kaltluftstau

••••• – Kaltluftfluß wird durch natürliche oder anthropogene Barrieren behindert; Kaltluftstagnation und hohe Immissionen möglich

#### Warme Hangzonen / warme Kuppenzonen

⊕ – Gebiete, die überwiegend oberhalb der Sperrschicht liegen und ein günstiges Wohnklima aufweisen

#### Einflußbereich der Sperrschicht

— – geringer vertikaler Luftaustausch, u. U. erhöhte Immissionen

– Förderung zusammenhängender Waldareale

– derzeitige Nutzungsstruktur beibehalten

– anthropogene Barrieren durch längsgerichtete oder durch lockere Bauweise entschärfen

– empfehlenswertes Bauland, senkrecht zum Hang ausgerichtete Bauweise

– möglichst von Bebauung und Trassenführungen freigehalten

### Nicht Klimatopgebundene Klimafunktionen

#### Klimaausgleichsfunktion der Parkanlagen

⊕ – Ausgleich der tagsüber auftretenden Überwärmung und Schwüle im Talsohlenbereich

– derzeitige Nutzungsstruktur beibehalten; offene Übergänge zu tiefergelegenen bebauten Bereichen schaffen

#### Filterfunktion des Waldes

⊕ – Ad- und Absorption gas- und partikelgebundener Luftschadstoffe durch zusammenhängende Waldflächen

– derzeitige Nutzungsstruktur beibehalten; Förderung zusammenhängender Waldflächen

### Dynamische Prozesse

#### Bergwind

➔ – aus der Nordeifel herangeführte Kaltluft; Verursacher der nächtlichen überwiegend südlichen Windrichtung

– Kaltluftstauer und Emittenten im Talsohlenbereich vermeiden

#### Starker bzw. geringer nächtlicher Kaltluftabfluß

➔ – in Abhängigkeit von der Flächennutzung, der Größe und der Hangneigung des Kaltlufteinzugsgebietes

– bei Bebauungsvorhaben darauf achten, daß keine weiteren Kaltluftstagnationsgebiete entstehen können

#### Luftleitbahn

➔ – Fläche mit geringer Rauigkeit, die den horizontalen Luftaustausch fördert

– Rauigkeit gering halten, seitliche Begrenzungen vermeiden

#### Talquerbelüftung

↔ – Bebauung behindert Kaltluftzuflüsse von den Hängen

– Schaffung rauigkeitsarmer Zonen unterhalb innenstadtnaher kaltluftproduzierender Flächen

#### Vertikalaustausch

⊕ – Erhöhung des vertikalen Luftaustausches durch Konvektion

① Klima- und Lufthygienestationen

— Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Maßstab 0 100 200 300 400 500 m

Entwurf: A.-B. Barlag



