

Auszug aus dem UVP-Bewertungshandbuch der Stadt Köln

Klima

- 1 Leitbild zur Qualität des Umweltbereichs Klima**
- 2 Umweltqualitätsziele zum Bereich "Klima"**
- 3 Bewertungsgrundlagen**
 - 3.1 Ventilationswirksame Flächen und Luftleitbahnen
 - 3.2 Klimafunktionskarte
- 4 Bewertungsmatrix**
- 5 Hinweise für die Stadtplanung**

Klima

1 Leitbild zur Qualität des Umweltbereichs Klima

Zwischen den Umweltbereichen "Luft" und "Klima" besteht aufgrund der gemeinsamen Abhängigkeit von atmosphärischen Prozessen ein enger sachlicher Zusammenhang. Neben der Vermeidung von Luftverunreinigungen ist im Kölner Stadtgebiet die Minderung negativer Auswirkungen des sogenannten Stadtklimas anzustreben, das gegenüber dem Klima des unbebauten Außenbereichs durch verringerten Horizontalaustausch in der Luftströmung (Anreicherung von Schadstoffen bei austauscharmen Wetterlagen), durch herabgesetzte relative Luftfeuchtigkeit und durch einen veränderten Strahlungshaushalt gekennzeichnet ist. Weiterhin ist

- eine Stadt aufgrund ihrer Oberflächenstrukturen ein Strömungshindernis
- eine Stadt aufgrund ihrer variablen Oberflächentypen ein räumlich begrenztes Gebiet mit einer unregelmäßig erhöhten Oberflächenrauigkeit
- eine Stadt als Ganzes im Gegensatz zum ländlichen Umland wegen der physikalischen Eigenschaften ihrer Baustoffe eine Wärmeinsel. Bei räumlich differenzierter Analyse löst sich diese Wärmeinsel in mehrere kleine Wärmezentren auf
- eine Stadt eine erhebliche Emissionsquelle, wobei neben Schadgasen auch Aerosole und anthropogen erzeugter Wasserdampf freigesetzt wird.

Die siedlungsbedingte Modifizierung des Klimas gegenüber der unbebauten Fläche ist durch aktive Maßnahmen zu begrenzen beziehungsweise zu vermindern. Zu diesem Zweck ist generell eine stärkere Berücksichtigung stadtklimatischer Erfordernisse bei Fragen der Standortwahl, der Baukörperanordnung und anderer im Rahmen der Bauleitplanung notwendig. Darüber hinaus sind bioklimatisch bereits ungünstig geprägte oder vorbelastete Gebiete von empfindlichen Nutzungen freizuhalten und laufend durch Begrünungs- oder Entsiegelungsmaßnahmen zu entlasten.

2 Umweltqualitätsziele zum Bereich "Klima"

- Die weitere Ausdehnung bioklimatisch ungünstig geprägter Gebiete (Zonen mit herabgesetzter Luftfeuchte, verändertem Strahlungshaushalt und verringertem Luftaustausch) ist nach Möglichkeit zu vermeiden.
- Die Erhaltung großer städtischer Flächen mit **Freiland-**, Wald- oder **Parkklima** muss angestrebt werden. Eingriffe oder Flächenumwidmungen in den genannten Flächen der Stadt Köln sollen nur dann möglich sein, wenn keine klimatische Verschlechterung bereits ungünstig geprägter oder vorbelasteter Gebiete zu erwarten ist.

3 Bewertungsgrundlagen

1993 wurde im Auftrag der Stadt Köln eine **Thermalbefliegung** als Grundlage für die Datenbeschaffung zum kommunalen UVP-Verfahren durchgeführt. Damit liegen meteorologische Informationen für eine sommerliche Hochdruckwetterlage in einem Umfang vor, der eine flächige Umsetzung in Form einer Klimafunktionskarte ermöglicht. In Abstimmung mit dem Amt für Umweltschutz der Stadt Köln wurde vom Büro für Umweltmeteorologie, Paderborn, ein Kartenkonzept entwickelt, das sowohl als Fachplan als auch als Öffentlichkeitskarte nutzbar ist.

Bestandteil dieser Klimaanalyse war die Interpretation vorliegender Thermalbilder. Weiterhin erfolgte die Auswertung von Klimadaten aus dem vorhandenen Kölner Messnetz für die Jahre 1993 und 1994, die Interpretation der im Sommer 1994 in verschiedenen Stadtteilen durchgeführten **Rauchschwadenexperimente**.

Hinzu kamen die Ergebnisse der **stationären Klimamessungen** und der **Tracergaskampagnen** in einem südöstlichen Untersuchungsgebiet, die von der Universität Essen 1995 und 1996 durchgeführt wurden.

Diese weitergehenden Untersuchungen erwiesen sich als unumgänglich, da das Bildmaterial aus dem genannten Thermalflug allein keine abschließenden Aussagen zur Verteilung und Ausprägung von Frischluftschneisen zulässt.

Da sich Bereiche von zum Teil erheblich differenzierter Oberflächentemperatur herausbilden, ist anhand der Thermalbilder zunächst lediglich die Verteilung und unterschiedliche Ausprägung von Wärmeinseln ablesbar, die aufgrund unterschiedlicher Versiegelungsgrade

beziehungsweise Grade der Vegetationsbedeckung im Zuge der täglichen Einstrahlung und der nächtlichen Ausstrahlung entstehen.

Am Zustandekommen der städtischen Wärmeinsel ist die Oberflächenstrahlungstemperatur in erheblichem Maße beteiligt. Sie ist unmittelbar mit der langwelligen Abstrahlung des Erdbodens verbunden. Die höchste Oberflächentemperatur im Laufe eines Tages, das heißt die stärkste langwellige Abstrahlung, wird kurz nach dem Termin des Sonnenhöchststandes (etwa 13:30 Uhr MESZ) erreicht. Der anschließende Abkühlungsprozess dauert in der Regel bis kurz nach Sonnenaufgang an.

Die Intensität von Erwärmung und Abkühlung der Oberflächen hängt sowohl von den meteorologischen Randbedingungen als auch von der Oberflächenbeschaffenheit ab.

An Tagen mit intensiver Sonneneinstrahlung steht grundsätzlich die meiste Energie zur Erwärmung der Oberflächen zur Verfügung. Von der Albedo der Oberfläche hängt es ab, wie viel von der Sonnenstrahlung absorbiert und welcher Anteil reflektiert wird. Während beispielsweise Asphalt 80 bis 90 Prozent der einfallenden Strahlung aufnimmt, beträgt dieser Anteil bei einer weißen Mauer nur 20 bis 35 Prozent. Außerdem wird die eingestrahelte Energie aber auch zur Erwärmung tieferer Bodenschichten, zur Verdunstung und nicht zuletzt zur Erwärmung der Luft verwendet. Diese Phänomene dämpfen den Tagesgang der Oberflächentemperatur teilweise erheblich.

Je höher die Oberflächentemperatur ist, umso stärker erwärmt sich die Luft über der Oberfläche. Nachts hingegen wird die Luft durch niedrige Oberflächentemperaturen intensiv abgekühlt. Somit findet ständig ein Wärmeaustausch zwischen Erdboden und Atmosphäre statt, der nachhaltig die Lufttemperatur bestimmt.

In den bisher der Stadtentwicklung zur Verfügung stehenden klimatologischen Ausführungen wurde die Erdoberfläche als horizontal homogen, das heißt als ebene Fläche verstanden. Diese Verhältnisse werden in der Stadt kaum angetroffen. Die unterschiedlichen Gebäudehöhen führen zu stark modifizierten Strahlungsverhältnissen. Senkrechte Fassaden oder geneigte Dachflächen nehmen zusätzlich Sonnenenergie auf und geben sie zum größten Teil in Form von langwelliger Strahlung wieder ab. In der Stadt steht somit im Vergleich zur freien Landschaft eine um ein Vielfaches erhöhte Oberfläche zur Verfügung, was die Lufttemperatur noch weiter steigen lässt. Vor allem nachts verzögert diese zusätzliche Wärmeabgabe die Abkühlung der Luft. Außerdem wird die Abstrahlung der horizontalen Flächen durch die Horizonteinengung, die von den Gebäuden verursacht wird, vermindert. Thermische Belastungen der Bevölkerung treten in der Stadt dementsprechend verstärkt während der Nacht auf.

Da die bioklimatische Bedeutung des Stadtklimas für den Menschen in der hier durchgeführten Untersuchung im Vordergrund steht, wurden die beiden Befliegungen in den Abend- und Morgenstunden während einer sommerlichen Schönwetterperiode durchgeführt. Die Wärmebilder stellen somit ein ausgezeichnetes Hilfsmittel dar, die Ausprägung der **städtischen Wärmeinsel** sowie **klimatische Ausgleichsräume (Kaltluftentstehungsgebiete)** zu dokumentieren. **Aussagen zur Dynamik sind jedoch den Wärmebildern nicht zu entnehmen.**

Im Jahr 1994 wurden weitere Untersuchungen innerhalb des Projektes Stadtklima Köln durchgeführt. In der Zeit vom 2. bis 4. August 1994 wurden im Stadtgebiet von Köln entlang von insgesamt fünf stadteinwärts gerichteten Grünzügen Rauchschwadenexperimente durchgeführt. Ziel der Untersuchungen war der Nachweis von nachts möglicherweise vorhandenen, thermisch induzierten Ausgleichsströmungen bei austauscharmen, hochsommerlichen Wetterlagen.

Die Ergebnisse der Rauchschwadenversuche ¹ machen deutlich, dass sich bei der vorhandenen austauscharmen Wetterlage mit extrem starker Erwärmung tagsüber und mäßig starker Abkühlung nachts **in allen untersuchten Ventilationsschneisen der Stadt episodisch stadtwärts gerichtete Ausgleichsströmungen nachweisen lassen.** Während die Strömung in direkter Bodennähe oftmals von kleinräumigen Besonderheiten geprägt ist, zeigt sich mit Erreichen der Obergrenze des Bewuchses in allen Fällen ein stadtwärts gerichteter Luftmassentransport, der zur Frischluftversorgung und zur Abkühlung der überwärmten Stadt beitragen kann.

Problematisch bei den genannten Rauchschwadenversuchen ist, dass sich die in Rede stehenden Strömungen lediglich im Bereich von 1 bis 2 Kilometern verfolgen lassen. Weiterhin konnte zum Untersuchungszeitpunkt 1994 die Installation von Klimamessgeräten noch nicht vorgenommen werden. Es wurden zunächst lediglich die Daten des weitmaschigen und inzwischen stillgelegten Kölner Klimamessnetzes ausgewertet.

Zum konsequenten Ausbau der bisher gewonnenen Erkenntnisse wurden 1995 Detailuntersuchungen in ausgesuchten Ventilationsschneisen durchgeführt. Hierbei sollte

¹ Die detaillierten Beschreibungen der Feldversuche sowie die ausführliche Interpretation der Daten sind den vorliegenden Gutachten zu entnehmen!

- die Funktion der Schneisen mittels `Tracergasen`² qualitativ und quantitativ bis in die Innenstadt nachgewiesen werden,
- und durch die Installation von Klimamessgeräten³ eine statistisch haltbare Aussage über längere Zeiträume ermöglicht werden.

Bei den oben genannten Untersuchungskampagnen wurde ein Gas freigesetzt, das normalerweise nicht in der Atmosphäre vorkommt, das sich aber relativ einfach und in geringen Spuren analytisch nachweisen lässt.

Um Aussagen über die statistische Verteilung der im Rahmen der `Tracergasversuche` gewonnenen Daten im Laufe eines Jahres machen zu können, war die Installation der oben genannten Klimamessgeräte über einen Zeitraum von 6 bis 8 Monaten erforderlich.

Inwieweit sich die Ergebnisse dann auf alle anderen Ventilationsbahnen übertragen lassen, war ebenfalls im Rahmen des Gutachtens zu klären. Aufgrund der relativ einförmigen Reliefierung des Kölner Stadtgebietes sind hier keine besonderen Abweichungen zu erwarten.

Die Vielzahl der bisher durchgeführten Stadtklimauntersuchungen hat erwiesen, dass zur kontinuierlichen bodennahen Erfassung meteorologischer Daten, für Stadtgebiete mit 50.000 bis 500.000 Einwohnern eine durchschnittliche Stationsanzahl von 10 bis 12 Feststationen benötigt wird. Damit liegen Informationen für die unterschiedlichen Stadtquartiere (Citybereich, Stadtrand, Gewerbeflächen, Parkflächen) und Freilandbereiche (landwirtschaftliche Flächen, Waldgebiete) vor.

Mit der Erfassung der Parameter Lufttemperatur, Luftfeuchte sowie des Windvektors im Rahmen des terrestrischen Messprogramms lassen sich die Phänomene für den thermischen Wirkungskomplex im Hochsommer relativ gut beschreiben. Aufgabe eines Bodennessprogrammes ist es, im Laufe der Jahreszeiten und der damit verbundenen unterschiedlichen Großwetterlagen die meteorologischen Bedingungen in einem Stadtgebiet herauszustellen. Dabei bekommt die Durchlüftung der Stadt im Vergleich zum alleinigen thermischen Wirkungskomplex eine höhere Bedeutung. Die Belüftungsverhältnisse einer Stadt hängen von unterschiedlichen Randbedingungen ab. Dazu gehört insbesondere die großräumige topographische Lage, die für das "Windangebot" verantwortlich ist. Je komplexer die Relief-

² Schwefelhexafluorid (SF₆) kommt zur Anwendung. Hierbei handelt es sich um ein chemisch und biologisch inertes Gas, welches in reiner Form ungiftig ist.

³ Hierzu wurden im Kölner Stadtgebiet für ein Jahr 10-14 Messstationen installiert, welche neben der bodennahen Ventilation auch die übergeordneten Windfelder erfassen!

formen innerhalb eines zu untersuchenden Stadtgebietes sind, umso aufwendiger muss das Messprogramm sein.

Problematisch ist innerhalb einer Stadt die Auswahl einer charakteristischen Messhöhe. In der Mehrzahl der Untersuchungen wird das Dachniveau als Messhöhe für den Windvektor favorisiert. Damit erreicht man zwar Informationen über die mittlere Überströmung der jeweiligen Untersuchungsgebiete, aber keine Informationen über das Windprofil. Zur Beurteilung der Be- und Entlüftung von Städten oder Stadtteilen ist die Aussagequalität dieser Untersuchungsmethode allerdings als gut zu bezeichnen.

Zur Untersuchung von regionalen Besonderheiten der Strömungsverhältnisse, die ihre Ursache in thermisch induzierten Windsystemen haben, ist die vertikale Struktur des Windfeldes unbedingt mit zu untersuchen. Hierbei hat sich der Einsatz von Fesselballonsystemen bewährt, mit deren Hilfe neben dem Windvektor auch Informationen über die vertikale Struktur des Temperatur- und Feuchtefeldes erhalten werden.

Die ideale Ergänzung zu der kontinuierlichen Erfassung der thermischen Verhältnisse ist die Durchführung von Temperaturmessfahrten bei ausgewählten Wetterlagen. Hiermit erreicht man kurzzeitig eine Verdichtung des Informationsgehaltes über die thermischen Verhältnisse im Stadtgebiet. Sie wurden im Rahmen des Gutachtens in einer Höhe von 2 Meter über Grund und einem Abstand von 1 Meter vor dem Messfahrzeug durchgeführt. Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass als Messzeitraum die Phase vom Temperaturmaximum (etwa 15 Uhr) bis zum Temperaturminimum (etwa 7 Uhr) für stadtklimatische Fragestellungen am interessantesten ist. Abkühlungs- und Erwärmungsraten sind häufig das Ergebnis von guter oder unzureichender Durchlüftung. Somit kann im Zusammenhang mit den Windmessungen eine qualitative Aussage zu Flächen mit überdurchschnittlicher beziehungsweise unterdurchschnittlicher Erwärmung/Abkühlung erfolgen.

Die Zusammenstellung sämtlicher Messergebnisse erfolgt qualitativ in der synthetischen Klimafunktionskarte. Sie wird in der Regel im Maßstab des Flächennutzungsplanes erstellt und lässt Aussagen für die Bauleit- und Grünplanung zu. Aus der Klimafunktionskarte sollten auch Flächen abzulesen sein, für die nach Meinung des Fachgutachters Detailuntersuchungen notwendig sind. Aussagen der verbindlichen Bauleitplanung erfordern neben den bisher genannten Informationsgrundlagen detaillierte Hinweise zu Art und Größe der Flächennutzungsänderung. Häufig reichen die Daten der gesamtstädtischen Klimaanalyse aus, um den kleinklimatischen Ist-Zustand ausreichend genau zu beschreiben. Die Interpretation der Daten auf mögliche Planzustände (Variantenvergleiche) ist allerdings in der Regel nur mit Simulationsrechnungen zu erreichen.

Mit der Erstellung eines Klimagutachtens für die Gesamtstadt steht eine Datengrundlage zur Verfügung, die - richtig angewandt - in der Stadtplanung zu einer klimagerechten Umsetzung von Vorhaben beitragen kann.

3.1 Ventilationswirksame Flächen und Luftleitbahnen

Innerhalb des Untersuchungsgebietes lassen sich vier Ventilationsflächen von zusammen rund 12 Quadratkilometer Größe nachweisen, die sich ausschließlich östlich des Gremberger Wäldchens im Umland konzentrieren und in ihrer Anordnung keine zusammenhängende, bis in den Stadtteil Deutz hineinreichende Ventilationsbahn bilden. Die Trennung der einzelnen Ventilationsflächen ist auf die windwirksamen Strömungshindernisse Autobahnkreuz Heumar, Industrie-/Gewerbegebiet Gremberghoven und den Stadtteil Rath/Heumar zurückzuführen. Aufgrund der Distanz zwischen der Deutzer Innenstadt und den Ventilationsflächen und der baulichen Barrieren, kann nicht von einer durchgehenden Luftleitbahn die Rede sein. Die vier Ventilationsflächen haben damit während austauscharmer Strahlungswetterlagen zunächst primäre Bedeutung für die sich jeweils direkt anschließenden, bebauten Gebiete im Umland, in die hinein ein kleinräumiger Kaltlufttransport vorstellbar ist.

Lokale Flurwinde

Anhand der Gutachtenergebnisse lässt sich festhalten, dass insbesondere während der ersten Nachthälfte ein Flurwind, der von den Umlandfreiflächen Kaltluft in die Deutzer Bebauung hinein transportiert, nicht auftritt. Die diffus auftretenden östlichen Windfelder an den Stationen Ostheim-Süd (3), Gremberghoven-Nord (4) und Station Deutz-Mitte (8) beweisen ebenso wie die Station Gremberg (6) mit ihrem hohen Calmenanteil, dass kein gerichteter Kaltlufttransport nach Deutz hinein erfolgen kann. Ursache ist die starke Kammerung des Gebietes und die entfernte Deutzer Randlage zu den Ventilationsflächen. Das Industriegebiet Gremberghoven und das über 10 Meter über Geländeoberkante liegende Autobahnkreuz Heumar sowie die wärmeinselbildenden Baggerseen im Bereich der Station Gremberghoven-Nord (4) dürften das Einströmen von Kaltluft aus den Ventilationsflächen I und II in die Ventilationsflächen III und IV verhindern, deren eigene Kaltluftproduktion zu gering ist, als dass die hier gebildete Kaltluft durch einen Flurwind über das Gremberger Wäldchen hinüber in die Innenstadt transportiert werden könnte. Dementsprechend kann ein Kaltlufttransport in den einzelnen vier Ventilationsflächen vor 02:00 MEZ nur in die jeweils direkt anschließenden Flächennutzungstypen erfolgen.

Das Ausbleiben des Flurwindes kann weiterhin anhand der Temperaturmessfahrt vom 19. auf den 20.07.1996 exemplarisch bestätigt werden, da die Auswertungen auf eine fehlende Kaltluftdynamik innerhalb des Untersuchungsgebietes hindeutet.

Aufgrund der regionalen Lage in der Kölner Bucht und der Hangfußlage am Bergischen Land sind neben einem Flurwind zwei weitere Windsysteme zu attestieren:

- Kaltluft, die aus dem Gebiet des östlich angrenzenden Hangfußes des Bergischen Landes (Königsforst) über die Umlandfreiflächen in die Stadt strömen (lokaler Hangwind) und
- Kaltluftströme, die aus dem südlichen Teil der Kölner Bucht kommend über die flachen, mäßig abfallenden Flussterrassen nach Nordwesten fließen (regionaler Bergwind)

Lokaler Hangwind

An den Stationen Rath (1) und Gremberghoven-Ost (2), die beide am Hangfuß des Königsforstes liegen, lässt sich eine stetige Windrichtung über die ganze Nacht beobachten, die vom Kaltluftabfluss aus dem Königsforst herrührt und am intensivsten in der zweiten Nachthälfte ist. Bei einem Calmenanteil von weniger als 11 Prozent wird dabei auf einen nahezu kontinuierlichen Kaltluftzufluss geschlossen.

Die lokalen Kaltluftabflüsse aus dem Königsforst sind hinsichtlich einer Innenstadtbelüftung vernachlässigbar, da sie nur bis in die äußeren Ventilationsflächen I und II vorstoßen.

Regionaler Bergwind

Einen entscheidenden Einfluss auf die Belüftung der Innenstadt hat offensichtlich ein regionales Windsystem welches nachfolgend „**Rheintalwind**“ genannt wird. Unter Berücksichtigung des Makroreliefs in der Kölner Bucht, strömen aufgrund der Buchtverengung in Richtung SO und dem nach NW abfallenden Rheintal regionale Kaltluftflüsse aus dem südlichen Teil der Kölner Bucht in den Kölner Bereich. Im Verlauf einer austauscharmer Sommernacht strömt aus dem relativ schmalen und tief eingeschnittenen Rheintal am Ende des Siebengebirges akkumulierte Kaltluft als Siebengebirgswind in die sich öffnende Kölner Bucht, in der bereits seit Beginn der Nacht unter den entsprechenden mikroklimatischen Voraussetzungen Kaltluft auf geeigneten Freiflächen gebildet wurde. Beide Kaltluftmassen beginnen in der fortgeschrittenen Nacht, gravitativ den leicht abfallenden Rheinterrassen folgend, talabwärts nach NW zu strömen. Der als „Rheintalwind“ bezeichnete Bergwind, bestimmt so das rheinparallele Windfeld an den Stationen des Untersuchungsgebietes.

Zur Beurteilung des Einflusses des Rheintalwindes auf die Belüftungsfunktion innerhalb des Gebietes 'KölnOst' wurden für die sommerlichen Strahlungsnächte und einzelnen Stationen

des gesamten Untersuchungsgebietes Windrosen der ersten und zweiten Nachthälfte erstellt (Kuttler et al, 1996). Dabei wird von der These ausgegangen, dass im Verlaufe einer Strahlungsnacht in der gesamten Kölner Bucht unter den entsprechenden mikroklimatischen Voraussetzungen auf geeigneten Freiflächen Kaltluft gebildet wird, die bei Erreichen einer bestimmten Mächtigkeit als „Rheintalwind“ talabwärts zu strömen beginnt. Im Rahmen des Gutachtens wurde nachgewiesen, dass im Verlaufe der Nacht der aus der südlichen Kölner Bucht kommende „Rheintalwind“ die lokalen Kaltluftflüsse überlagert. Nach Mitternacht schwenkte an den Messstationen der Wind auf eine Richtung ein, die je nach Lage der Stationen parallel zum Rhein verläuft. Der Einfluss des „Rheintalwindes“ konnte von Klaus et al. (1996) bestätigt werden. Es stellte sich heraus, dass bei autochthonen Strahlungswetterlagen der Wind im Verlauf der zweiten Nachthälfte an allen Stationen der Kölner Bucht von der jeweils vorherrschenden Windrichtung auf eine streng dem Rheintal folgende Windrichtung drehte.

Die durch den Stadtteil Rath/Heumar vor dem "Rheintalwind" geschützt liegende Station Rath (1) zeigt als einzige Station für die zweite Nachthälfte keine signifikante Windrichtungsveränderung gegenüber der ersten Nachthälfte, so dass dort während der ganzen Nacht ein Kaltluftabfluss aus dem Königsforst stattfinden könnte. Dieses wäre möglich, da einerseits aufgrund des mit seiner Ost-West-Ausrichtung quer zum Rheintalverlauf liegenden Ortsteils Rath/Heumar die Station Rath (1) im Windschatten des südöstlich verlaufenden Rheintalwindes liegt und andererseits durch die Hangfußlage der Station der reliefbedingte Kaltluftabfluss aus dem Königsforst während der gesamten Nacht aufrecht erhalten werden könnte.

Zur Ermittlung der Eindringtiefe des „Rheintalwindes“ in die dichte Bebauung der Deutzer Innenstadt wurde in einer austauscharmen Nacht, die unter dem Einfluss einer ausgeprägten Hochdruckwetterlage stand, eine Untersuchung der Kaltluftausbreitung mit SF₆-Tracergasen im Übergangsbereich zwischen Umland und Stadt durchgeführt. Trotz der dichten Bebauung wurde in der zweiten Nachthälfte dieser austauscharmen Sommernacht Kaltluft vom Umland in die Bebauung hinein bis an den Rhein transportiert. Für den Zeitraum der SF₆-Messung spiegeln die Windrosen an den ausgewählten, flussnahen Stationen die rheinparallele Strömung des bereits eingesetzten „Rheintalwindes“ wider. Die Größe der durch den „Rheintalwind“ belüfteten Fläche im dicht bebauten Bereich betrug etwa 7,1 Quadratkilometer.

Unter Berücksichtigung, dass während der ersten Nachthälfte ein Kaltlufttransport über das Gremberger Wäldchen wahrscheinlich nicht erfolgt, kann aus der SF₆-Konzentrationsverteilung geschlossen werden, dass der „Rheintalwind“ das einzig effiziente Belüftungssystem für die Deutzer Innenstadt darstellt: In Bodennähe wird die advehierte Kaltluft bis an den Rhein

transportiert. Dabei üben die rund 6 Meter hohen Gleisanlagen nördlich der Station Deutz-Mitte eine Leitfunktion auf die Kaltluft aus, die jedoch nicht verhindern, dass der „Rheintalwind“ einen großen Teil der Kaltluft über die Gleisanlagen bis weit hinter das Messegelände transportieren kann. Anhand der stark auf Südost konzentrierten Windrichtung der auf den Freiflächen um Rath, Gremberghoven und Ostheim gelegenen Stationen wird bestätigt, dass die in diesen Ventilationsflächen gebildete Kaltluft mit dem „Rheintalwind“ zusammen über die Baggerseen und das Gremberger Wäldchen transportiert wird.

Das Vertikalprofil des „Rheintalwindes“ zeigt eine deutlich ausgeprägte, **100 m mächtige** Bodeninversion mit einem vertikalen Temperaturgradienten von über 4 Kelvin/100 Meter, die das bodennahe Windfeld von der übergeordneten E-ESE-Strömung abkoppelt. Innerhalb dieser Schicht herrschen gegenüber der freien Atmosphäre Windgeschwindigkeiten < 5 Meter pro Sekunde vor, die zum Boden hin fast bis zur Windstille abnehmen. Dass es sich bei der Strömung innerhalb der Inversion um den „Rheintalwind“ handelt, wird anhand der Windrichtung deutlich. Der Wind dreht ausgehend von der Richtung ESE unterhalb der Inversionssperre in 100 Meter über Geländeoberkante auf SSE in Bodennähe ein.

Nicht nur für austauscharme sommerliche Hochdruckwetterlagen, sondern auch für die ausgewählten Winternächte kann das Auftreten des „Rheintalwindes“ durch eine Konzentrierung der Windrichtung auf SSE in der zweiten Nachthälfte nachgewiesen werden, obwohl die Unterschiede zwischen den beiden Nachthälften nicht so deutlich ausfallen. Da winterliche Kaltluft aufgrund ihrer niedrigeren Temperatur eine höhere Dichte und eine bekanntermaßen größere Zähigkeit hat, reagieren die in den lokalen Kaltluftproduktionsgebieten bereits vorhandenen Kaltluftmassen träger auf langsam advehierte Kaltluft. Wegen der starken Ausprägung des regionalen Systems gewährleistet der "Rheintalwind" auch in winterlichen Strahlungsnächten eine Belüftung der Deutzer Innenstadt.

Die Kaltluftentstehungsgebiete sowie die `Durchzugsbahnen` haben also einen wichtigen Einfluss auf die Belüftung der Stadt, sowohl hinsichtlich der bioklimatisch wichtigen Abkühlungsfunktion, als auch hinsichtlich der Lieferung von unbelasteter Luft, da gerade austauscharme Wetterlagen mit hohen Schadstoffkonzentration in der Innenstadt verbunden sind.

Die wichtigste Funktion als Belüftungsbahn für die Innenstadt während windschwacher Strahlungsnächte dürfte dem Rhein zukommen. Parallel hierzu verlaufende Bereiche mit geringer Oberflächenrauigkeit wie etwa die Schneise Südwest (Höningen bis Ringe), oder der Verschiebebahnhof Gremberghoven haben auch eine Bedeutung für die Belüftung der

Stadt, da der Rheintalwind als regionales Windsystem nicht auf den Wasserkörper des Rheins beschränkt bleibt. Es kann davon ausgegangen werden, dass zumindest in Höhe der Baumobergrenze bedingt durch den Rheintalwind ein Luftaustausch zwischen den für die Kaltluftproduktion relevanten Ackerflächen im Außenbereich entlang der Grünschneise östlich des Südfriedhofs, über den Vorgebirgspark bis zu den Ringen vorhanden ist.

In den anderen Ventilationsbahnen kommt es zwar episodisch zu stadteinwärts gerichteten Flurwinden, diese werden jedoch, wie ausgeführt, entweder durch das regionale Windsystem überlagert oder diese Flurwinde werden durch den Wärmeinseleffekt der Cityrandbereiche abgelenkt. Somit kommt diesen Schneisen zumindest eine Bedeutung für die Belüftung der Subzentren zu, ohne dabei für die eigentliche Kernstadt (innerhalb des inneren Grüngürtels) von Bedeutung zu sein.

3.2 Klimafunktionskarte

Die beiden Thermalaufnahmen liefern also insgesamt einen wertvollen Beitrag zur flächenhaften Beurteilung der thermischen Verhältnisse des Stadtgebietes. Für den Laien bergen sie jedoch die Gefahr, aus den gemessenen Oberflächentemperaturen leichtfertig auf Lufttemperaturen und Luftströmungen zu schließen. Aus diesem Grunde werden in fast allen stadtklimatologischen Gutachten vom Fachmann die Informationen der Thermalbilder in eine allgemeinverständliche Klimafunktionskarte "übersetzt". Die Aussagekraft der beiden Thermalaufnahmen wird durch ergänzende terrestrische Messungen erheblich verbessert. Außer dieser flächenhaften Aufteilung werden in der Klimatopkarte noch weitere Klimaeigenschaften dargestellt. Dies sind zum einen spezifische Klimaeigenschaften, die durch den Straßenverkehr hervorgerufen werden. Zum anderen werden sowohl die durch das terrestrische Messprogramm nachgewiesenen Kaltluftbahnen als auch die auf der Basis der Thermalbilder vermuteten Kaltluftbahnen als spezifische Klimaeigenschaften in die Klimatopkarte integriert. Bei der Ausweisung der Klimatope wurde grundsätzlich in die durch Siedlung beeinflussten Gebiete und in Freiflächen unterschieden.

Die **Siedlungsklimatope** wurden in Form einer 3-stufigen Skala klassifiziert. In einer Klasse wurden die Bereiche zusammengefasst, die starke bis sehr starke Abweichungen vom Freilandklima aufweisen. Sie zeigen in den beiden Thermalbildern durchweg hohe bis sehr hohe Oberflächenstrahlungstemperaturen. Grund dafür ist der hohe Versiegelungsgrad, der vor allem den Energiestrom der latenten Wärme stark herabsetzt. Damit gemeint ist die fehlende Transpirationsleistung der Vegetation. Von den versiegelten Flächen fließt zudem das Niederschlagswasser schneller ab als von natürlichem Boden, so dass auch die Evaporation

stark eingeschränkt ist. Daraus resultieren hohe Oberflächentemperaturen, die ihren Energiegehalt sowohl nach oben in die Luft als auch nach unten in das Erdreich bzw. die künstlichen Baumaterialien abgeben. Somit resultieren aus hohen Oberflächenstrahlungstemperaturen auch hohe bis sehr hohe Lufttemperaturen. Der Energiestrom der fühlbaren Wärme, die Konvektion, transportiert die Wärme von der Oberfläche in die Luft. Somit kommt es hier häufig im Sommer zu Hitzestress. Unter Hitzestress wird eine lange Andauer von überdurchschnittlich hohen Temperaturen verstanden. Vor allem in den Abend- und Nachtstunden, wenn der menschliche Organismus auf niedrigere Lufttemperaturen angewiesen ist, bleibt hier das hohe Lufttemperaturniveau lange Zeit erhalten. Neben den vertikalen Transportmechanismen findet eine zusätzliche Erwärmung der Luft durch die von den Gebäudefassaden abgestrahlte Energie statt. Diese kann nicht durch die Thermalscanner-Befliegung ermittelt werden, sondern zeigt sich in hohen Lufttemperaturen bei den durchgeführten Temperaturmessfahrten. Ein sehr negativer Bioklimafaktor ist somit die geringe nächtliche Abkühlungsrate.

Hinzu kommen die infolge der dichten Bebauung eingeschränkten horizontalen Austauschverhältnisse. Die Windgeschwindigkeit ist durch die erhöhte Bodenrauigkeit stark herabgesetzt, so dass bei großräumig windschwachen Wetterlagen in diesem Klimatop Situationen mit Windruhe relativ häufig sind. Zwar ist die relative Luftfeuchtigkeit aufgrund der höheren Lufttemperaturen in solchen Stadtquartieren etwas niedriger als im Freiland. Dennoch stellen diese Teilräume Zonen mit erhöhter Schwülehäufigkeit dar. Da Schwüle ein subjektives Maß des Menschen für den Wärmegehalt der Luft darstellt, hängt sie sowohl vom fühlbaren Wärmestrom (= Lufttemperatur), vom latenten Wärmestrom (= absolute Luftfeuchtigkeit) als auch von den Ventilationsverhältnissen (= Windgeschwindigkeit) ab.

Zusammenfassend ist dieses Klimatop in den Sommermonaten als thermischer Lastraum zu klassifizieren. Dazu gehören im Gebiet des Untersuchungsraumes in erster Linie der Kernstadtbereich, aber auch einige andere dicht versiegelte Stadtteile.

Als zweite Klasse wurde ein Klimatop ausgewiesen, in dem abends hohe, morgens allerdings mäßig niedrige Oberflächenstrahlungstemperaturen gemessen wurden. Diese Rahmenbedingungen des Wärmehaushaltes an der Erdoberfläche lassen darauf schließen, dass tagsüber relativ hohe Lufttemperaturen zu erwarten sind. Die mäßige, teilweise dichte Bebauung bei gleichzeitig mäßig hoher bis starker Versiegelung in den Stadtkernen führt zu teilweise erheblichen Abweichungen vom Freilandklima. Allerdings kommt es nur in seltenen Fällen tagsüber zum Auftreten von Hitzestress. Solch hohe Temperaturen sind in der Regel mit Wetterlagen verbunden, die aufgrund ihrer Luftmasseneigenschaften (trockenheiß oder

feuchtwarm) großflächig zu thermischen Belastungen führen. Im Einzelnen bedeutet dies, dass die zusätzliche Aufheizung der Luft tagsüber wesentlich geringer ausfällt als in den Kernbereichen von Köln. Die Lufttemperaturen liegen in der Regel während der Nachmittagsstunden zwar nur wenig unter den Beträgen innerhalb der Kernstadtbereiche, aber schon am frühen Abend setzt hier deutlich schneller als in der Innenstadt ein Rückgang der Lufttemperatur ein. Stärker als in den Citybereichen macht sich hier der Einfluss angrenzender Freilandklimatope bemerkbar. Handelt es sich dabei um landwirtschaftlich genutzte Flächen, unterstützen diese bei ausreichender Geländeneigung die Abkühlung. Bei angrenzenden Waldgebieten ist der Temperaturrückgang etwas schwächer ausgeprägt. Daraus folgt, dass in diesem Klimatop Flächen zusammengefasst werden, die im Einzelfall aus thermischer Sicht erhebliche Unterschiede aufweisen können, die aber dennoch in ihrer Gesamteinschätzung ähnliche bioklimatische Verhältnisse aufweisen. In den Nächten dominieren hier mäßige bis gute nächtliche Abkühlungsraten.

In einer dritten Klasse werden die Teilräume zusammengefasst, in denen infolge von geringem Versiegelungs- und Bebauungsgrad die Abweichungen vom natürlichen Klima gering ausfallen. Hierzu gehören im Untersuchungsraum Stadtrandlagen sowie dörfliche Strukturen. In diesem Teilraum sind die Oberflächenstrahlungstemperaturen in der Abendaufnahme mäßig hoch, zum Ende der Abkühlungsphase in der Morgenaufnahme jedoch mäßig niedrig bis niedrig. Hitzestress oder Schwüle treten hier seltener und insgesamt zeitlich kürzer auf als in den stärker versiegelten Bereichen. Mehrere Stunden vor Sonnenuntergang liegt das Temperaturniveau hier schon deutlich unter den Werten der Innenstadtbereiche. Verantwortlich dafür sind einerseits die relativ geringe Wärmespeicherung innerhalb der dörflichen Siedlungsstrukturen, aber auch die einsetzende Kaltluftproduktion auf den meist flächenmäßig dominierenden, angrenzenden Freiflächen. Dies bedeutet gute Abkühlungsraten bei meist günstigen Austauschverhältnissen. Negative bioklimatische Eigenschaften sind hier nicht signifikant vorhanden.

Bei den **Freilandklimatopen** wird grob unterschieden nach Bereichen mit geringer Klimafunktion für den Siedlungsraum und Gebieten mit entsprechend hoher Klimafunktion für den Siedlungsraum. Entsprechend der Datengrundlage aus dem Sommer steht auch hier die thermische Komponente des Stadtklimas im Vordergrund. Wie bereits bei der Auswertung der Thermalbilder festgestellt wurde, stellen die Waldgebiete einen klimatisch eigenständigen Teilraum dar. Im Gegensatz zu allen übrigen Klimatopen erlauben die Thermalscanner-Aufnahmen keine Informationen über die eigentliche Bodenoberflächentemperatur. Vielmehr stammen die Oberflächenstrahlungstemperaturen aus dem Kronenraum der jeweiligen

Waldgebiete. Trotzdem wird versucht, die Waldgebiete nach unterschiedlichen bioklimatischen Kriterien zu unterscheiden.

In der ersten Klasse werden die Waldgebiete des Untersuchungsraumes zusammengefasst, die großflächig abends mäßig hohe und morgens relativ niedrige, teilweise auch sehr niedrige Oberflächenstrahlungstemperaturen aufweisen. Der Bereich zwischen Boden und Kronenraum - der Bestandsraum - stellt tagsüber einen wertvollen bioklimatischen Gunstraum dar. Die tagsüber vorhandene thermische Ausgleichsfunktion ist während der Nachtstunden geringer, teilweise gar nicht mehr vorhanden. Vielmehr stellt der Waldinnenraum jetzt ein feuchtwarmes Klimatop dar. Der Luftpörper im Waldgebiet ist weitgehend von der Außenluft isoliert, was gleichzeitig stark eingeschränkte Austauschverhältnisse signalisiert. Diesem Teilraum kommt daher während der Abkühlungsphase eine eingeschränkte Kaltluftfunktion zu.

Neben dem **Waldklima** werden im Außenbereich zwei weitere Klimatope unterschieden. Hier existieren landwirtschaftlich genutzte Flächen, vorwiegend Wiesen und Weiden bzw. Ackerflächen. Diese Flächen haben im Untersuchungsraum aufgrund ihrer Lage eine hohe oder sogar sehr hohe thermische Ausgleichsfunktion für die Siedlungsräume. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen erreichen tagsüber mäßig hohe, nachts jedoch sehr niedrige Oberflächenstrahlungstemperaturen. Daraus resultieren für diesen Bereich sehr hohe Abkühlungsraten der Lufttemperatur, die mit guten Austauschverhältnissen verbunden sind.

Stehen die zuletzt genannten Flächen in unmittelbarem Kontakt zu thermisch belasteten Siedlungsbereichen, werden sie wegen ihrer besonderen Ausgleichsleistung in die sensibelste Stufe der Klimatope klassifiziert. Im Wesentlichen sind es jedoch dieselben Klimafunktionen, die bereits für die andere Klimatopklasse mit hoher Klimafunktion für die Siedlungsräume beschrieben wurden. Bei Planungshinweisen sind diese Flächen weitestgehend als Tabuzonen behandelt, das heißt negative Flächennutzungsänderungen sollten hier möglichst ganz unterbleiben, oder zumindest nur bei Erfüllung hoher klimaökologischer Auflagen zugelassen werden.

Offene **Wasserflächen** spielen im Gegensatz zu anderen Untersuchungsgebieten im Bereich der Stadt Köln hinsichtlich der klimatischen Besonderheiten eine sehr untergeordnete Rolle. Sie werden daher zwar als eigenes Klimatop ausgewiesen, haben aber über den Uferbereich hinaus in fast allen Fällen keine Auswirkungen auf die Klimafunktionen der angrenzenden Gebiete.

Entsprechend der durchweg hohen Oberflächentemperaturen wird der gesamte Innenstadtbereich als hoch belastetes Siedlungsklimatop dargestellt. Der **innerstädtische Grüngürtel** wird als **Parkklimatop** klassifiziert, er hat als klimatische Ausgleichsfläche **lokale Bedeutung**⁴.

Am östlichen Kartenrand sind die Freiflächen des Rheinparks als Kaltluftgebiet mit mäßig hoher Bedeutung für den Klimaausgleich dargestellt. Der Messebereich in Deutz gehört zum Klimatop 'thermisch hochbelastet', während der Siedlungsbereich von Deutz nur als thermisch mäßig belastet eingestuft wird. Im Außenbereich überwiegen bei den Siedlungsbereichen die thermisch mäßig belasteten Bereiche. Thermisch unbelastet sind hingegen die Siedlungsgebiete in den Stadtteilen Merheim und Brück. Alle in diesem Kartenausschnitt dargestellten Freiflächen sind als Klimatop mit sehr hoher thermischer Ausgleichsleistung klassifiziert, nicht zuletzt, da für diesen Raum nächtliche Ostwinde bereits nachgewiesen wurden.

Kaltluftdynamik

In den südlichen und östlichen Schneisen gab es stärkere thermische Unterschiede zwischen den Außenbereichen und den stadtnahen Flächen. Dieses hohe Temperaturgefälle bietet hier beste Voraussetzungen für die Entstehung von thermisch induzierten Windsystemen. Innerhalb der natürlichen Oberflächen wurden zwei Kategorien für die Freilandklimatope vergeben. Mehrheitlich handelt es sich dabei um landwirtschaftlich genutzte Flächen. Dabei umfasst der Typ I die Flächen mit den kältesten Oberflächen innerhalb der Außenbereiche. Auf ihnen wird während der Abkühlungsphase die Lufttemperatur am stärksten reduziert. Sie stellen somit die Quellgebiete für die Kaltluftversorgung dar. Zwischen diesen Flächen und dem eigentlichen Siedlungsrand befindet sich das Freilandklimatop Typ II mit etwas weniger niedrigen Oberflächentemperaturen. Auch hier dominiert die landwirtschaftliche Nutzung. Diese Flächen fungieren während der Nacht vorwiegend als Kaltluftdurchzugsgebiete, wobei die von außen heranströmende Luft ihre abkühlende Qualität behält. Flächen mit geschlossenem Waldbestand erscheinen zum Termin der Abendaufnahme relativ warm im Vergleich zu den beiden Freilandklimatopen. Bis zum morgendlichen Termin des Temperaturminimums hat sich eine so mächtige Kaltfluthaut gebildet, dass der Kronenraum innerhalb der Bodeninversionsschicht liegt. Die Waldgebiete stellen tagsüber aufgrund ihrer lufttemperatursenkenden Funktion wertvolle bioklimatische Flächen dar. Nachts tragen sie

⁴ Die unumstrittene Wohlfahrtswirkung soll hier ebenso wenig wie die lokalklimatische Ausgleichswirkung herab gewürdigt werden; Im Vergleich zu den großen Kaltluftentstehungsgebieten des Außenbereichs sowie den Flächen mit Bedeutung für den stadteinwärts gerichteten, radialen Lufttransport hat der Grüngürtel jedoch nur eine untergeordnete, lokal begrenzte Bedeutung!

zumindest während der ersten Nachthälfte nur eingeschränkt zur Kaltluftbildung bei. Ihre im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Flächen hohe Oberflächenrauigkeit bremst die bodennahe Luftbewegung, wodurch insbesondere während der Nacht die Kaltluftströme abgebremst werden können. Fließgewässer sowie ausgebaggerte Kieselseen werden als Gewässerklimate zusammengefasst. Die thermische Trägheit von Wasseroberflächen führt zu einer Dämpfung der Temperaturextreme über den Wasserflächen und im unmittelbaren Uferbereich. Eine Fernwirkung der insgesamt relativ kleinen Wasserkörper ist auszuschließen.

Andererseits erhalten nicht alle Freiflächen, von denen potentiell erst einmal in den Nachtstunden eine thermische Ausgleichsleistung erwartet werden kann, die Klimafunktion "klimaökologischer Ausgleichsraum". **Diese Klimafunktion wird nur dann als bedeutend eingestuft, wenn sie in Zusammenhang mit thermischen Lastflächen verfügbar ist.**

Wegen der Bedeutung für die Belüftung von thermisch und/oder lufthygienisch belasteten Räumen werden Bereiche, die als Kaltluft-/Frischluftleitbahnen fungieren, unterstützend zu ihrer flächigen Klimafunktion durch Pfeilsignaturen verdeutlicht. Hierbei wird unterschieden zwischen einzelnen lokalen Windsystemen und den regionalen reliefbeeinflussten Windsystemen. Die lokalen Windsysteme sind relativ schwache Luftbewegungen, die infolge des unterschiedlichen thermischen Verhaltens zwischen Stadt und Umland und den dadurch vorhandenen Druckgradienten auftreten. Die reliefbedingten Winde sind in Köln hauptsächlich der Rheintalwind und die von Ville und Königsforst durch den Hangabfluss bedingten Luftbewegungen. Die zuletzt genannten Windsysteme sind vorwiegend für die in den Hangfußlagen gelegenen Ortschaften von Bedeutung.

Oftmals sind am Ende solcher Kaltluftleitbahnen quer zur Strömungsrichtung stehende bauliche Anlagen als künstliche Barrieren vorhanden. Sie werden in der Klimafunktionskarte als "Kaltluftbarrieren" für die lokal auftretenden Windsysteme und die Hangabwinde eingetragen. Im Rahmen der Stadtplanung sollten hier alle Möglichkeiten genutzt werden, die Barrierewirkung zu minimieren.

4 Bewertungsmatrix

Mit Hilfe von standardisierten Bewertungsklassen soll eine Planung hinsichtlich ihrer Verträglichkeit zu der vorhandenen klimatologischen Situation bewertet werden (siehe Kapitel 1.8).

Hierbei fließen folgende Kriterien in die Beurteilung ein:

- Beitrag des Planbereiches zur Kaltluftentstehung
- Beitrag des Planbereiches zur Frischluftentstehung
- Ventilationswirkung des Planungsbereiches mit lokaler oder regionaler Bedeutung
- Im stark vorbelasteten Bereich: Klimaausgleichsfunktion des Planbereiches

Die Bewertung erfolgt dabei anhand der Auswertung der vorhandenen Daten (Thermalscanner-Befliegung, Klimafunktionskarte). In kritischen Situationen kann allerdings die Erstellung eines Gutachtens erforderlich werden.

Bewertungsmatrix

Im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen ist eine Planung vor dem Hintergrund der Veränderung der klimatologischen Situation folgendermaßen zu bewerten:

positiv	<ul style="list-style-type: none">• Die Planung bewirkt gegenüber dem Status Quo eine Verbesserung in Bezug auf Kaltluftentstehung, Frischluftentstehung oder Ventilationswirkung
unbedenklich	<ul style="list-style-type: none">• Durch die Planung wird die Kaltluftentstehung im Verhältnis zur Ausgangssituation nicht oder kaum spürbar verringert• Durch die Planung wird die Frischluftentstehung im Verhältnis zur Ausgangssituation nicht oder kaum spürbar verringert• Durch die Planung wird die Ventilationswirkung im Verhältnis zur Ausgangssituation auch auf lokaler Ebene nicht oder kaum spürbar verringert• Durch die Planung wird kein Bereich mit Klimaausgleichsfunktion innerhalb eines stark vorbelasteten Raumes in Anspruch genommen
vertretbar	<ul style="list-style-type: none">• Es kommt durch die Planung höchstens zu einer geringen Reduktion der Kaltluftentstehung• Es kommt infolge der Planung höchstens zu einer geringen Reduktion der Frischluftentstehung• Die Ventilationswirkung wird durch die Planung zwar auf lokaler Ebene verringert, jedoch ohne spürbare Auswirkungen auf die regionalen oder überregionalen Verhältnisse• Bei der Inanspruchnahme von zentralen Stadtbereichen bleibt eine vorhandene Klimaausgleichsfunktion weitestgehend erhalten

positiv	<ul style="list-style-type: none">• Die Planung bewirkt gegenüber dem Status Quo eine Verbesserung in Bezug auf Kaltluftentstehung, Frischluftentstehung oder Ventilationswirkung
bedingt vertretbar	<ul style="list-style-type: none">• Es kommt infolge der Planung voraussichtlich zu einer deutlichen Reduktion der Kaltluftentstehung• Es kommt infolge der Planung voraussichtlich zu einer deutlichen Reduktion der Frischluftentstehung• Es ist zu erwarten, dass es infolge der Planung zu einer starken Beeinträchtigung der Lokalwinde kommt• Bei der Inanspruchnahme von Freiflächen innerhalb eines stark vorbelasteten Raumes wird eine vorhandene ausgeprägte Klimaausgleichsfunktion zwar verringert, eine gewisse positive Wirkung bleibt aber beispielsweise infolge von guter Durchgrünung des Baugebietes noch erhalten
bedenklich	<ul style="list-style-type: none">• Es ist zu erwarten, dass es infolge der Planung zu einem fast vollständigen Verlust eines hohen Kaltluftentstehungspotentials kommt• Es ist zu erwarten, dass es infolge der Planung zu einem fast vollständigen Verlust eines hohen Frischluftentstehungspotentials kommt• Es ist zu erwarten, dass infolge der Planung Lokalwinde zum Erliegen kommen• der Wärmeinseleffekt in ohnehin stark vorbelasteten Gebieten (Stadtklima III) wird durch die Planung begünstigt beziehungsweise Flächen mit ausgeprägter Kalt- und Frischluftfunktion werden durch die Planung eingeschränkt

positiv	<ul style="list-style-type: none">• Die Planung bewirkt gegenüber dem Status Quo eine Verbesserung in Bezug auf Kaltluftentstehung, Frischluftentstehung oder Ventilationswirkung
sollte nicht realisiert werden	<ul style="list-style-type: none">• Als Folge der Planung ist zu erwarten, dass sich die Belüftungssituation der zentralen Stadtbereiche wesentlich verschlechtert (beispielsweise infolge der Überplanung größerer Flächen mit ausgeprägtem Freilandklimatop, deren Kaltluftabfluss in Richtung Innenstadt gerichtet ist)• es kommt infolge der Planung durch Verstärkung des Wärmeinseleffektes zu einer negativen Beeinflussung der regionalen Winde

5 Hinweise für die Stadtplanung

Diese Ergebnisse der klimatologischen Untersuchungen sollen eine Entscheidungsgrundlage für künftig durchzuführende Neuausweisungen von Bauland im Freiraum im Zuge von Flächennutzungsplanänderungen bilden.

In der Vergangenheit wurde der Bereich der Stadt- und Geländeklimatologie in der Stadtplanung selten ausreichend berücksichtigt. Inzwischen liegen für zahlreiche Städte klimatologische Fachgutachten vor, die von Planern und Umweltschützern in zunehmendem Maße genutzt werden. Die konsequente Umsetzung der Erkenntnisse der Stadtklimatologie kann über rechtsverbindliche Festsetzungen in der Bauleitplanung geschehen. Für die Untersuchung ergaben sich insbesondere folgende Fragen:

- Wo und in welchem Umfang existieren thermische Lastgebiete?
- Wo entsteht die für die Lüfterneuerung in der Stadt benötigte Frischluft?
- Existieren Leitbahnen, auf denen Kaltluft in das Stadtgebiet einfließen kann?
- Bestehen Behinderungen der Frischluftzufuhr und welche Möglichkeiten der Verbesserung gibt es?
- Sind konkrete Bauvorhaben klimaverträglich?

Das Umland der dichter besiedelten Bereiche ist großräumig landwirtschaftlich genutzt. Den landwirtschaftlich genutzten Flächen kommt bei der Versorgung mit Kaltluft ein besonders hoher Stellenwert zu, während sich Waldgebiete stärker zur Luftfilterung eignen.

Wiesen, Felder und Brachland produzieren aufgrund ihrer nächtlichen Auskühlung größenordnungsmäßig 10 bis 12 Kubikmeter Kaltluft pro Quadratmeter und Stunde. Bei fehlendem Abfluss steigt die Mächtigkeit der Temperaturinversion um 0,2 Meter pro Minuten an.

Entsprechend kann sich in einer Stunde eine 12 Meter hohe Kaltluftschicht bilden. Die **hohe Kaltluftproduktion landwirtschaftlicher Freiflächen** ist außerdem mit der Eigenschaft verbunden, dass die Oberflächenrauigkeit gering ist. Die hier gebildete Kaltluft kann also leicht verfrachtet werden.

Waldgebiete sind in **wesentlich geringerem** Umfang nächtliche **Kaltluftproduzenten**. An steil geneigten Hängen wird jedoch ein Abgleiten von Kaltluft oberhalb des Kronenraumes beobachtet. Es muss grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass durch die Agglomeration von Gebäuden und durch die Anlage der notwendigen Verkehrsflächen infolge der Veränderung der Temperatur und der Luftfeuchte ein irreversibler Trend zu thermischer Belas-

tung und gleichzeitig zum Verdunstungsdefizit besteht. Der bestehende politische Druck Bauland in großem Umfang verfügbar zu machen führt dazu, dass der Wunsch zur Umnutzung von stadtnahen Freiflächen zunimmt. Das heißt jedoch nicht, dass hier nicht jede Gelegenheit genutzt werden sollte, klimabelastende Strukturen zu verhindern.

Zur Abmilderung der bioklimatischen Belastungen innerhalb der Ballungsgebiete im Untersuchungsraum sind generell Maßnahmen zu treffen, welche die Aufheizung der Stadt während strahlungsreicher Wetterlagen im Sommerhalbjahr reduzieren. Dies gilt insbesondere für die Kernstadtbereiche von Köln, wo die urbane Wärmeinsel besonders deutlich ausgeprägt ist. Die Ergebnisse der sommerlichen Messfahrten zeigen hier sehr anschaulich die Ausbildung von Arealen mit deutlicher Überwärmung. Von dieser Überwärmung sind in erster Linie die hier wohnenden Menschen betroffen.

Hier sollten, soweit das möglich ist, Entsiegelungs- und sonstige Begrünungsmaßnahmen durchgeführt werden. Für Entsiegelungsmaßnahmen bieten sich die Innenhöfe an, die derzeit vorwiegend als Parkplatzraum genutzt werden. Eine sehr wirksame Methode ist für diesen Bereich die Anlage großflächiger Fassadenbegrünungen, wodurch die wärmeabsorbierende und wärmespeichernde Wirkung vorhandener Oberflächen gedämpft wird. In Arealen mit hoher Geschossflächenzahl kann die Wärmespeicherwirkung der Fassaden durch Begrünungsmaßnahmen ganz entscheidend verringert werden. Dadurch wird die thermische Trägheit während der Abkühlungsphase deutlich abgemildert, ohne dass der Luftaustausch beeinträchtigt wird. Die Blätter des Wilden Weins, der eine Fassade berankt, bilden in einigem Abstand von ihr eine fast geschlossene strahlungsabsorbierende und -reflektierende Oberfläche, die die direkte Bestrahlung des wärmespeichernden Fassadenmaterials verhindert. Der zwischen Fassade und Blattwerk eingeschlossene Luftraum wirkt dabei wärmeisolierend. Die Fassadenbegrünung sollte nicht nur auf den zum Innenhof exponierten Flächen erfolgen, sondern auch im Straßenraum Verwendung finden. Schmale Straßen lassen die Anpflanzung von Bäumen in der Regel nicht zu. Zumindest würde der notwendige Luftaustausch durch die Straßenzüge eingeschränkt, was einer thermischen Entlastung entgegenwirken würde. Platzsituationen sollten hingegen zum Anpflanzen von Bäumen genutzt werden. Wie die Fassadenbegrünung verhindern die Bäume die strahlungsbedingte Erhitzung der Straßen- und Wegebeläge. Dabei ist in allen Fällen aus klimatologischen Gründen **Laubbäumen** der **Vorzug** zu **geben**. Bei solchen Maßnahmen ist jedoch Vorsicht geboten, da zu dichter Baumbestand den Luftaustausch beeinträchtigen kann. Auf Plätzen darf es **keinesfalls** zum **Kronenschluss** kommen. In Straßenzügen sollten die Kronenquerschnitte möglichst nur ein Drittel, keinesfalls mehr als die Hälfte der

Straßenfläche einnehmen. Das sollte durch entsprechende Baumartenwahl und ausreichende Abstände erreicht werden, um Beschneidungsmaßnahmen unterlassen zu können. In nicht ausreichend breiten Straßenzügen, die nur eine einzeilige Baumanpflanzung zulassen, sollte die süd- oder südwestexponierte Straßenseite dafür gewählt werden. Wo durch die Gebäudekonfiguration die Belüftungsverhältnisse nicht ausreichen (in engen Straßen oder Innenhöfen), sollte unter Umständen ganz auf das Anpflanzen von Bäumen verzichtet werden oder sparsam mit diesem Instrument gearbeitet werden. Andernfalls besteht die Gefahr, dass durch Luftstau die Luftfeuchte ansteigt und dies nicht zu Entlastung sondern zu einer bioklimatischen Belastung wird. Völlig abzuraten ist aus klimatischer Sicht von Pflanzkübeln. Dadurch wird die strahlungsabsorbierende Oberfläche weiter vergrößert.

Im Gegensatz zur **Fassadenbegrünung**, die aus fachlicher Sicht uneingeschränkt **lokal klimaverbessernd** wirksam ist, sind thermische **Ausgleichsleistungen von Dachbegrünungen** in der Regel im Niveau der Straßenschluchten **kaum nachweisbar**. Anders sind die Verhältnisse zu beurteilen, wenn es sich um sehr niedrige Flachdächer handelt, die quasi dem Straßenniveau zuzurechnen sind. Dies gilt insbesondere für größere Garagenanlagen in Wohngebieten oder eingeschossige Werkshallen in Gewerbe- und Industriegebieten. In diesen Fällen stellen die Flachdächer, die sich meist infolge des zur Abdichtung verwendeten Materials bei intensiver Einstrahlung tagsüber stark aufheizen, unmittelbar wirksame Wärmequellen für den Lebensraum des Menschen im Straßenniveau dar. Die klimatische Effizienz ist nachhaltig nur dann gewährleistet, wenn das aufgetragene Substrat eine Begrünung auch während längerer sommerlicher Trockenperioden gewährleistet. Dafür sind sowohl eine hinreichende Mächtigkeit des Substrats als auch die mögliche Bewässerung notwendig. Die hier genannten Möglichkeiten führen in erster Linie zu einer Absenkung der Temperaturen während der Einstrahlungsphase. Zur Zeit der Abkühlung stellen Flachdächer, wie aus den Thermalaufnahmen zu entnehmen war, keine klimatischen Lastflächen dar, da sie aufgrund ihrer geringen Wärmespeicherfähigkeit schnell auskühlen.

Sowohl die Dachbegrünung als auch die vorher beschriebene Fassadenbegrünung können die bioklimatischen Gegebenheiten nur lokal beeinflussen. Eine Fernwirkung ist von Ihnen nicht zu erwarten.

Zur Dämpfung des Wärmeinseleffektes können die Parkanlagen in der Innenstadt kaum oder gar nicht beitragen, sie sind jedoch lokal wirksam.

Umso wichtiger ist es, Schneisen in Richtung Stadt für die Kaltluftversorgung frei zu halten. Neben dem Rheintal als Hauptventilationsachse sind Verbindungen aus dem Bereich des Bergischen Landes und der Ville notwendig, um die häufig wärme- und schwülebelasteten Bereiche der Großstadt Köln vor allem während der Nachstunden mit kühler Luft zu versorgen.

Daher sind die möglichen Maßnahmen noch einmal zusammengefasst:

- Neuanlage bzw. Ausbau von Grünflächen und Grünverbindungen als Ventilationsbahn, die nicht flächendeckend mit Bäumen und Gehölzen bestockt sein dürfen!;
- Förderung von Ventilation und ausreichender nächtlicher Abkühlung durch geeignete Anordnung der Baukörper bei Neubaumaßnahmen;
- Erhalt von Frischluftschneisen;
- Förderung von Dach-, Fassaden- und Hofbegrünungen.
- Vermeidung von Flächenversiegelung
- Intensive Straßen- und Parkplatzbegrünung durch Laubbäume ohne Kronenschluss

Insbesondere sind für zukünftige Baulandausweisungen die **Flächen tabu**, die sich als ausgeprägte Freilandklimatope darstellen (Kaltluftproduktion) und die zugleich über eine durchgängige Ventilationsschneise mit der Innenstadt verbunden sind.