



DBProjekt
Stuttgart 21

Planfeststellungsunterlagen

Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart

**Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg
Bereich Stuttgart - Wendlingen mit Flughafenbindung**

Abschnitt 1.1

Talquerung mit Hauptbahnhof

Bau-km -0.4 -42.0 bis +0.4 +32.0

23 Klima und Lufthygiene

23.1 Erläuterungsbericht - NUR ZUR INFORMATION



DBProjekt GmbH
Stuttgart 21
Deutsche Bahn Gruppe
Wolframstraße 20
70191 Stuttgart

im Auftrag der



Projekt Stuttgart 21

- **Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart**
- **Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg**
Bereich Stuttgart - Wendlingen mit Flughafenbindung

Planfeststellungsunterlagen

PFA 1.1 Talquerung mit Hauptbahnhof

Anlage 23.1

Klima und Lufthygiene

Erläuterungsbericht

(Nur zur Information)

Vorhabensträger:

Deutsche Bahn AG,
vertreten durch
DBProjekt GmbH
Stuttgart 21
Wolframstraße 20
70191 Stuttgart

Bearbeitung:

UMWELT- UND LANDSCHAFTSPLANUNG
DR. SCHLIEBE, DR. SCHMIDT & DR. BOHMANN GbR
Oberdorfstr. 12
91747 Westheim

in Kooperation mit

ARGE Wasser ♦ Umwelt ♦ Geotechnik
Oberdorfstraße 12
91747 Westheim
und
Heilbronner Str. 81
70191 Stuttgart

Anlage 23.1: Klima und Lufthygiene

Erläuterungsbericht

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Vorbemerkungen	1
1.1 Ausgangslage und Vorhaben	1
1.1.1 Anlass und Planungsstand	1
1.1.2 Vorgaben und Rahmenbedingungen zur Planfeststellung	2
1.2 Aufgabenstellung	3
2 Grundlagen Klima und Lufthygiene	5
2.1 Stadt- und Geländeklima	5
2.1.1 Lokale und regionale Luftströmungen	5
2.1.2 Kaltluft	6
2.2 Lufthygiene	7
2.2.1 Emissionen	7
2.2.2 Immissionen	8
2.3 Hinweise zur Beschreibung der klimatischen und lufthygienischen Situation	8
2.3.1 Belastungs- und Ausgleichsräume	8
2.3.2 Spezifische Klimafunktionen	9
2.4 Methode zur Bewertung der klimatischen und lufthygienischen Situation	9
3 Klima und Lufthygiene im Untersuchungsraum	11
3.1 Untersuchungsraum	11
3.2 Allgemeiner Witterungsverlauf	12

	Seite
3.3 Beschreibung der klimatischen und lufthygienischen Situation	13
3.3.1 Klima	13
3.3.2 Lufthygiene	15
3.4 Bewertung der klimatischen und lufthygienischen Situation	16
4 Beeinträchtigungen durch projektbedingte Eingriffe	18
4.1 Baubedingte Beeinträchtigungen	18
4.2 Anlagebedingte Beeinträchtigungen	18
4.3 Betriebsbedingte Beeinträchtigungen	18
5 Zusammenfassung	19
6 Literatur und verwendete Unterlagen	20

Anhang

Anhang 1: Glossar	24
Anhang 2: Belastungs- und Ausgleichsräume, spezifische Klimafunktionen	29

Anlagenverzeichnis

Anlage 23.2.1.: Schutzgüter Klima und Luft - Bestand -	M 1 : 5.000
---	-------------

1 Vorbemerkungen

1.1 Ausgangslage und Vorhaben

1.1.1 Anlass und Planungsstand

Die Deutsche Bahn Netz AG hat zwischen Stuttgart und Augsburg eine Hochgeschwindigkeitsstrecke zu realisieren. Hierzu wird auch der Eisenbahnknoten Stuttgart 21 neu gestaltet.

Die grundsätzlichen Fragen des Projektes Stuttgart 21 wurden im Rahmen einer Machbarkeitsstudie untersucht. Das Ergebnis der Machbarkeitsstudie wurde im Januar 1995 von der DB AG, dem Bundesverkehrsministerium, dem Land Baden-Württemberg und der Stadt Stuttgart vorgestellt.

Aus den Überlegungen und dem Ergebnis der Machbarkeitsstudie heraus wurden Streckenführungen im Stadtbereich von Stuttgart entwickelt und in einem Vorprojekt untersucht. Wesentliches Ziel war dabei, die Streckenführung im Stadtbereich von Stuttgart zu optimieren und wirtschaftliche, betriebstechnische, städtebauliche und ausführungstechnische Vorteile gegenüber der Machbarkeitsstudie herauszuarbeiten. Des Weiteren wurde in Abstimmung mit dem Arbeitskreis Wasserwirtschaft ein Aufschluss- und Untersuchungsprogramm (zweites Erkundungsprogramm, 2. EKP) konzipiert, durchgeführt und ausgewertet, um die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse zu erkunden und Aussagen zur möglichen Realisierung des Projektes Stuttgart 21 treffen zu können. Auch wurden im Rahmen des Vorprojektes eine umfangreiche historische Erkundung der Bahnbetriebsflächen durchgeführt sowie Aussagen zu Umweltaspekten und zum Immissionsschutz gemacht. Die Ergebnisse des Vorprojektes wurden im November 1995 mit dem Synergiekonzept Stuttgart 21 vorgestellt.

Das Projekt Stuttgart 21 wird in 6 Planfeststellungsabschnitte (PFA) eingeteilt. Im einzelnen sind dies:

- PFA 1.1 Talquerung mit Hauptbahnhof,
- PFA 1.2 Fildertunnel,
- PFA 1.3 Filderbereich mit Flughafenanbindung,
- PFA 1.4 Filderbereich bis Wendlingen,
- PFA 1.5 Zuführung Feuerbach/Bad Cannstatt, S-Bahn-Anbindung,
- PFA 1.6 Zuführung Ober-/Untertürkheim, Wartungsbahnhof.

Gegenstand der vorliegenden Unterlagen ist der PFA 1.1 (Talquerung mit Hauptbahnhof) von Bau-km -0.4-42 bis Bau-km +0.4+32 im Bereich der Innenstadt von Stuttgart.

1.1.2 Vorgaben und Rahmenbedingungen zur Planfeststellung

Schienenwege für Eisenbahnen einschließlich der für den Betrieb notwendigen Anlagen und Bahnstromfemleitungen dürfen nur gebaut oder geändert werden, wenn der Plan zuvor festgestellt worden ist (§ 18 Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG)). Aussagen zum Ablauf des Planfeststellungsverfahrens enthält § 20 AEG.

Das Abwägungsgebot schreibt neben der Beachtung der Interessen der betroffenen Bürger insbesondere die Beachtung folgender Belange vor:

- Betriebs- und Verkehrssicherheit,
- Wirtschaftlichkeit,
- Umwelt, und zwar Auswirkungen des Vorhabens auf
 - > Menschen, Tiere und Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft einschließlich der jeweiligen Wechselwirkungen,
 - > Kultur- und sonstige Sachgüter,
- Denkmalpflege
- andere Verkehrsträger.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung ist als unselbständiger Teil der Planfeststellung durchzuführen.

1.2 Aufgabenstellung

Für den Bau oder die Änderung von Anlagen der Eisenbahn des Bundes, die einer Planfeststellung nach dem Allgemeinen Eisenbahngesetz bedürfen, ist nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG 1990) eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen (§ 3 und Anlage 1 zu § 3). Zur Sicherung einer wirksamen Umweltvorsorge nach einheitlichen Grundsätzen (§ 1) sind bei dem geplanten Vorhaben die Auswirkungen auf die Schutzgüter Klima und Luft einschließlich möglicher Wechselwirkungen zu ermitteln und zu beschreiben (§ 2), zusammenfassend darzustellen (§ 11) und zu bewerten (§§ 2, 12). Maßnahmen, mit denen erhebliche Beeinträchtigungen vermieden, vermindert oder soweit möglich ausgeglichen werden, sind darzulegen (§ 6).

Ergänzend hierzu regelt das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG 1990) den vorbeugenden Schutz der Atmosphäre und somit des Klimas und der Luft vor schädlichen Umwelteinwirkungen (§ 1) durch den Bau von Eisenbahnen (§ 2).

Zur Ermittlung der klimatischen und lufthygienischen Situation wird das Untersuchungsgebiet anhand der topographischen Gegebenheiten und der Landnutzung abgegrenzt. Die heutigen klimatischen und lufthygienischen Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet werden beschrieben und bewertet. Grundlage hierfür sind die Ergebnisse des Raumordnungsverfahrens, Fachanalysen, Messungen, Modellsimulationen und Berechnungen.

Relevante Beeinträchtigungen des Klimas und der Luft sind in erster Linie in klimatisch sensiblen Bereichen mit bestehender lufthygienischer Belastung zu erwarten. Aufgrund der komplexen Geländestruktur des Talkessels in Verbindung mit der städtebaulichen und verkehrlichen Nutzung ist der Innenstadtbereich von Stuttgart in seiner Gesamtheit als klimatisch und lufthygienisch belasteter Bereich einzustufen, der eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Eingriffen aufweist.

Die Beschreibung und die Darstellung der klimatischen und lufthygienischen Situation im Untersuchungsgebiet erfolgt in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1 (1997) durch die Ausweisung von Klimatopen und durch die Ausweisung spezifischer Klimafunktionen.

Die Bewertung der klimatischen Situation erfolgt verbal argumentativ. Die Bewertung der lufthygienischen Situation erfolgt anhand der Grenzwerte der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft 1986) und der Konzentrations- bzw. Prüfwerte der 22. und 23. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (22. BImSchV 1993 und 23. BImSchV 1996).

In dem vorliegenden Erläuterungsbericht werden die Auswirkungen des Vorhabens auf das Klima und die Lufthygiene erfasst, beschrieben und bewertet. Die Ergebnisse des Erläuterungsberichtes bilden die Grundlage für die Betrachtungen der Schutzgüter Klima und Luft im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie und des Landschaftspflegerischen Begleitplanes.

2 Grundlagen Klima und Lufthygiene

2.1 Stadt- und Geländeklima

Klima ist definiert als die Gesamtheit der atmosphärischen Zustände eines Ortes über einen Zeitraum von mehreren Jahren. Es wird bestimmt durch die räumliche und zeitliche Verteilung der einzelnen Klimaelemente und die Wechselwirkungen des gesamten Klimasystems mit der Umwelt. Beim Klima handelt es sich um einen dauernd wirksamen und bedeutungsvollen Umweltfaktor, auf den sich Menschen bezüglich ihres Lebens- und Arbeitsbereichs, aber auch ihrer räumlichen Planung einzustellen haben.

Für die klimatologische Untersuchung sind Kenntnisse der natürlichen Faktoren Relief und Landnutzung von großer Bedeutung. Sie spielen vor dem Hintergrund des allgemeinen Witterungsverlaufs für die lokale Bildung von Kaltluft und horizontale Luftaustauschprozesse eine wesentliche Rolle. Das Stadtklima wird zudem durch die anthropogenen Faktoren Versiegelung und Bebauung modifiziert. Mikroklimatische Gegensätze zwischen Freiland und Stadt treten bei autochthonen Wetterlagen besonders deutlich in Erscheinung. Diese Wetterlagen entwickeln sich häufig unter Hochdruckeinfluss und zeichnen sich durch geringe bodennahe Windgeschwindigkeiten sowie eine geringe Bewölkung und somit optimale Ein- bzw. Ausstrahlungsverhältnisse aus. Die Entstehung von Kalt- und Frischluft, die Abfluss- und Strömungsverhältnisse und das Wirkungspotential in klimatisch und lufthygienisch belasteten Bereichen stehen bei der Analyse der klimatischen Aspekte im Vordergrund (Erläuterungen zu Fachbegriffen im Glossar, Anhang 1).

2.1.1 Lokale und regionale Luftströmungen

Lokale und regionale Windsysteme, ein wesentlicher Aspekt des Stadtklimas, sind nicht ausschließlich auf großräumige Luftdruckunterschiede zurückzuführen, sondern sind in erster Linie durch Unterschiede des Reliefs und der Landnutzung bedingt. Diese führen zu unterschiedlichen Wärmebilanzen und damit zu voneinander abweichenden Mikroklimaten, die dynamische Ausgleichsströmungen in Bodennähe induzieren (KRdL 1988). Inwiefern die einzelnen o. g. Komponenten das Klima eines Ortes bestimmen, hängt maßgeblich von der Wetterlage ab.

Allochthone (fremdbürtige) Wetterlagen sind geprägt durch großräumige Druckunterschiede, die deutliche Windbewegungen induzieren. Die Eigenschaften der herangeführten Luftmassen und nicht der Energieumsatz an der Oberfläche bestimmen die Klimaelemente in Bodennähe. Sie führen zu einem weitgehenden Ausgleich zwischen den einzelnen Mikroklimaten, unabhängig von der Landnutzung und Topographie.

Bei autochthonen (eigenbürtigen) Wetterlagen bilden sich im Gegensatz hierzu zwischen den einzelnen Mikroklimaten deutliche Unterschiede aus, v. a. in windschwachen und wolkenarmen Nächten, sogenannten austauscharmen Strahlungsnächten.

Lokalwinde können auch in ebenen Bereichen ohne direkten Reliefeinfluss entstehen. Als eine lokale Ausgleichsströmung werden Flurwinde durch Temperaturgegensätze zwischen Stadt und Umland und daraus resultierenden Druckunterschieden induziert. Sie treten meist in den Abend- und Nachtstunden auf, sind zum Bereich höherer Temperatur gerichtet und erfolgen häufig schubweise. Ihre Reichweite bleibt mit einigen hundert Metern meist auf die peripheren Siedlungsbereiche beschränkt. Ihre Mächtigkeit umfasst i.d.R. wenige Dekameter. Flurwinde sind im Bereich der Stadtklimatologie eine Möglichkeit, bioklimatische Belastungen durch unerwünscht hohe Temperaturen oder lufthygienische Probleme in bebauten Strukturen abzuschwächen.

In Bereichen mit Reliefeinfluss kommt es zum Abfluss von Kaltluft. Kaltluft- bzw. Frischluftabflüsse treten nach GERTH (1986) bereits bei Hangneigungen von 2° auf, so dass diesen Lokalwinden auch in gering geneigtem Gelände eine klimatische und lufthygienische Bedeutung zukommt.

2.1.2 Kaltluft

Als Kaltluft wird in der Klimatologie Luft bezeichnet, die kälter ist als ihre Umgebungsluft. Sie entsteht nachts am Erdboden oder im Kontakt mit bereits durch langwellige Ausstrahlung abgekühlten Oberflächen. Diese entziehen der Luft Wärme, Kaltluft entsteht (HÄCKEL 1990). Die entstehende Kaltluftmenge ist abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit. Die Kaltluftproduktionsrate wird in Kubikmeter pro Quadratmeter und Stunde gemessen.

Freiflächen besitzen eine Kaltluftproduktionsrate von $12 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ (KING 1973). Die Angaben zur Kaltluftbildung von Wäldern sind uneinheitlich und schwanken zwischen $0,6 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ (GERTH 1986) und $42 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ (GROSS 1985, 1987). Angaben des Deutschen Wetterdienstes liegen bei rd. $1,0 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$. Über die Qualität der Kaltluft und ihr Abkühlungs- und Wirkungsvermögen in Siedlungsbereichen sagen diese Zahlen jedoch wenig aus.

Über Flächen mit geringer Rauigkeit und ausreichendem Gefälle, insbesondere an unbewaldeten und unbebauten Hängen fließt die Kaltluft flächenhaft als Hangabfluss oder linienhaft entlang von Kaltluftabflussbahnen hangabwärts, da sie aufgrund ihres größeren spezifischen Gewichts schwerer ist, als die Umgebungsluft (BAUMGARTNER 1963, BARTHOLME 1994). Da der Fließvorgang durch die Bodenreibung behindert wird, erfolgt der Kaltluftabfluss oft schubweise (FRANKE und TETZLAFF 1987). Die Fließgeschwindigkeit der Kaltluft schwankt je nach Neigung des Geländes und der Bodenrauigkeit zwischen 0,5 und 2 m/s.

Konkave Geländeformen (Mulden oder Senken) fungieren als Kaltluftsammelgebiete, autochthon gebildete und allochthon herangeführte Kaltluft akkumuliert und bildet einen Kaltluftsee (PLAETSCHKE 1953). Der vertikale und horizontale Austausch von Luftmassen ist hier eingeschränkt, die Frostgefahr ist erhöht. Bei einem Eintrag von Luftschadstoffen besteht die Gefahr erhöhter Konzentrationen.

Kaltluftseen können auch durch Kaltluftstau an Hindernissen, vor Hecken, Wäldern oder Dämmen entstehen. Die Frostgefährdung und die Nebelhäufigkeit ist hier im Vergleich zur Umgebung erhöht (HORNEY 1969). Die vertikale Mächtigkeit der Kaltluft in diesen Bereichen wächst im Laufe der Nacht weiter an, wobei es zur Ausbildung von Sperrschichten (Temperaturinversionen) kommt, die den vertikalen Luftaustausch stark behindern.

Bei autochthonen Wetterlagen kommt nächtlichen Kaltluftabflüssen eine hohe Bedeutung für den thermischen Ausgleich wärmebelasteter Siedlungsgebiete zu, da sich dort die Luft aufgrund des gegenüber dem Freiland stark veränderten Wärmehaushaltes der Bodenoberflächen weit weniger abkühlt. Dieser Wärmeinseleffekt führt in Sommernächten mitunter zu bioklimatischen Belastungen.

2.2 Lufthygiene

Lufthygiene befasst sich mit den Auswirkungen der Beschaffenheit und des Reinheitsgrades der Luft. Im Vordergrund stehen hierbei vor allem der Gehalt an anthropogenen gasförmigen, flüssigen und festen Luftbestandteilen und die Auswirkungen dieser Schadstoffbelastung der Luft auf die Gesundheit des Menschen (KRdL 1993). Die räumlich und zeitlich schwankenden Konzentrationen der einzelnen Luftschadstoffkomponenten werden einerseits durch die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen und andererseits durch die Verteilung der Schadstoffquellen und -senken und deren Intensität bzw. Wirksamkeit bestimmt.

2.2.1 Emissionen

Die Emission von Luftschadstoffen bezeichnet den Übertritt von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen von einer Quelle in die Luft. Zu den Quellen von Luftschadstoffen zählt der Kfz-Verkehr (z. B. NO_x , Benzol, Ruß), Hausbrand (z. B. NO_x , SO_2 , Ruß), Gewerbe und Industrie (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1996). Im städtischen Umfeld ist im Vergleich zum Freiland die Anzahl der Schadstoffquellen erhöht. Darüber hinaus ist die Durchlüftung des städtischen Raumes aufgrund der höheren Oberflächenrauigkeit gegenüber dem Freiland reduziert. In bebauten Gebieten stellt sich daher i. d. R. eine höhere Schadstoffbelastung als im Freiland ein.

2.2.2 Immissionen

Die Immission von Luftschadstoffen bezeichnet den Übertritt von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen aus der Luft auf einen Akzeptor. Zu den Akzeptoren zählt die belebte und die unbelebte Umwelt, insbesondere Menschen, Tiere, Pflanzen, der Erdboden, Gewässer oder Sachgüter. Immissionen sind abhängig von der Verteilung und Konzentration der Luftverunreinigungen in der Atmosphäre unter dem Einfluss meteorologischer, physikalischer und chemischer Vorgänge (KRdL 1993). So können z. B. Wälder oder Gehölze durch ihre Funktion als Filter und Senke für Luftschadstoffe wirksam zur Reduktion der Schadstoffkonzentration der Luft beitragen. Im städtischen Umfeld ist im Vergleich zum Freiland die Anzahl der Schadstoffsenken reduziert.

Aussagen zur lufthygienischen Situation bedürfen konkreter Kenntnisse der regionalen und lokalen klimatischen Verhältnisse. Des Weiteren sind Informationen über die Schadstoffvorbelastung im Untersuchungsgebiet und die im Verlaufe der Realisierung des Vorhabens durch bau- oder betriebsbedingte Emissionen zu erwartenden Zusatzbelastungen nötig.

2.3 Hinweise zur Beschreibung der klimatischen und lufthygienischen Situation

Die Beschreibung der klimatischen und lufthygienischen Situation erfolgt in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 (1997) durch die Ausweisung von Klimatopen und spezifischen Klimafunktionen (vgl. Anhang 2). Klimatope bezeichnen Räume, in denen sich ein vergleichbares Mikroklima ausbildet. Die einzelnen Klimatope unterscheiden sich nach dem thermischen Tagesgang und der horizontalen Austauschkapazität von Luftmassen. Sie werden in Belastungs- und Ausgleichsräume differenziert. Spezifische Klimafunktionen umfassen die regionalen und lokalen Luftströmungen.

2.3.1 Belastungs- und Ausgleichsräume

Zur Beschreibung der klimatischen und lufthygienischen Situation im Untersuchungsraum können die in der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 (1997) festgeschriebenen Klimatope generalisiert werden. Im Zusammenhang bebaute Strukturen werden als Belastungsräume ausgewiesen und differenziert in folgende Gebiete:

- Klima der lockeren Bebauung,
- Klima der Bahnanlagen,
- Klima der dichten Bebauung und
- Klima der Hauptverkehrsstraßen mit Luftschadstoffemissionen.

Überwiegend unbebaute Strukturen werden als Ausgleichsräume ausgewiesen und differenziert in:

- Kaltluftentstehungsgebiete,
- Kaltlufteinzugsgebiete,
- Gebiete mit Klimavielfalt,
- Gebiete mit Waldklima und
- Gebiete mit Gewässerlima.

Die im Untersuchungsraum ausgewiesenen Belastungs- bzw. Ausgleichsräume sind in Anhang 2 charakterisiert.

2.3.2 Spezifische Klimafunktionen

Spezifische Klimafunktionen beschreiben regionale und lokale Luftströmungen innerhalb der Belastungs- und Ausgleichsräume. Im Untersuchungsraum von Bedeutung sind:

- Kaltluftabflüsse (linien- oder flächenhaft, z. T. verzögert),
- Ventilationsbahnen (lokal oder regional).

Die im Untersuchungsraum ausgewiesenen spezifischen Klimafunktionen sind in Anhang 2 charakterisiert.

2.4 Methode zur Bewertung der klimatischen und lufthygienischen Situation

Die Bewertung der klimatischen Situation erfolgt in Ermangelung gesetzlicher Grenz-, Richt- oder Leitwerte verbal argumentativ. Sie orientiert sich an der Zielvorstellung des "idealen Stadtklimas". Die Arbeitsgemeinschaft "Bioklima in der Stadt" innerhalb des Fachausschusses BIOMET der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft einigte sich am 26. Oktober 1988 auf folgende Definition:

"Ideales Stadtklima ist ein räumlich und zeitlich variabler Zustand der Atmosphäre in urbanen Bereichen, bei dem sich möglichst keine anthropogen erzeugten Schadstoffe in der Luft befinden und den Stadtbewohnern in Gegendnähe (charakteristische Länge 150 m) eine möglichst große Vielfalt an Atmosphärenzuständen (Vielfalt der urbanen Mikroklimata) unter Vermeidung von Extremen geboten wird" (DMG 1989).

Die Bewertung der lufthygienischen Situation erfolgt anhand der Grenzwerte der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft 1986), der Konzentrationswerte der Zweiundzwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (22. BImSchV 1993) und der Prüfwerte der Dreiundzwanzigsten Verordnung zur

Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (23. BImSchV 1996). Unter Berücksichtigung der vorhandenen großräumigen Vorbelastungen und der Zusatzbelastung durch lokale Emissionen aus Verkehr, Gewerbe, Industrie und Hausbrand wird die Gesamtbelastung mit dem Luftverunreinigungsindex bewertet. Dieser beinhaltet sämtliche Luftschadstoffe, für die in der TA Luft Grenzwerte ausgewiesen sind, zuzüglich Benzol und Ozon.

Der enge räumliche und funktionale Zusammenhang zwischen dem Stadt- und Geländeklima einerseits und der sich ausprägenden lufthygienischen Situation andererseits erlaubt eine zusammenfassende Bewertung beider Aspekte.

Für die Bestandsbewertung der klimatologischen und lufthygienischen Gegebenheiten im Untersuchungsraum ist maßgebend:

- die klimatische und lufthygienische Gesamtbelastung,
- die Bedeutung der Ausgleichs- und Belastungsräume,
- die Bedeutung der spezifischen Funktionen (lokal und regional),
- ihre Bedeutung für die Erhaltung der Wirkungszusammenhänge,
- die Empfindlichkeit gegenüber zu erwartenden Projektwirkungen und
- ihre Leistungsfähigkeit.

3 Klima und Lufthygiene im Untersuchungsraum

3.1 Untersuchungsraum

Die Lage und Ausdehnung des Untersuchungsraumes ist durch die Trassenführung des geplanten Vorhabens festgelegt. Er umfasst ein Gebiet beidseits der Trasse und erstreckt sich bis zu 1 km in west-östlicher Richtung und bis zu 1,5 km in nord-südlicher Richtung. Das Untersuchungsgebiet beinhaltet den bestehenden Hauptbahnhof, Teile der sich nach Nordosten anschließenden Bahnanlagen, den Mittleren und den Unteren Schloßgarten sowie Bereiche der sich randlich anschließenden Bebauung.

Die Grenze des Untersuchungsgebietes verläuft im Norden entlang der Cannstatter Straße und der Wolframstraße, im Westen entlang der Heilbronner Straße, der Türlen-, Birkenwald-, Ossietzky-, Kriegsberg-, Kronen- und der Königstraße. Im Süden verläuft sie jenseits des Schloßplatzes, folgt im Osten der Konrad-Adenauer-Straße bis zum Gebhard-Müller-Platz. Anschließend verläuft sie weiter entlang der Urbanstraße, über den Kemerplatz hinweg, der Kernerstraße und der Straße Am Neckartor folgend, bis zur Cannstatter Straße, dem Ausgangspunkt (vgl. Anlage 23.2.1).

Der Untersuchungsraum liegt in der naturräumlichen Einheit Stuttgarter Bucht (MEYNEN, SCHMITHÜSEN 1955). Die Höhe des Mittleren Schloßgarten liegt etwa bei 240 m NN. Außerhalb des Untersuchungsgebietes steigt die Höhenlage mit Ausnahme des nach Nordosten orientierten Nesenbachtals zu allen Seiten des Stuttgarter Talkessels an. Die topographische Lage in dem Talkessel und die daraus resultierenden klimatischen Einflüsse werden von der Abteilung Stadtklimatologie im Amt für Umweltschutz wie folgt beschrieben (LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 1997b):

Der Stuttgarter Talkessel umfasst außer dem von Südwest nach Nordost orientierten, langgestreckten Nesenbachtal noch den sogenannten Westkessel. Die beiden Talbereiche sind durch einen Geländevorsprung voneinander getrennt, der sich vom Birkenkopf (511 m NN) über den Hasenberg (457 m NN) zur Karlshöhe (343 m NN) senkt und schließlich bei der Silberburg (287 m NN) ausläuft. Dieser Geländevorsprung bildet die südliche Umrandung des entsprechend windabgeschatteten Westkessels. Auf die Windverhältnisse der im Zuge des Nesenbachtals gelegenen Bereiche des Stuttgarter Talkessels, wozu auch das Stadtzentrum gehört, übt der Geländevorsprung hingegen eine stark kanalisierende Wirkung aus.

Von lokalklimatischer Bedeutung für das Plangebiet ist außer der Tallängsachse des Nesenbachtals auch der Höhenrücken, durch den

der Stuttgarter Talkessel vom nordwestlich parallel verlaufenden Feuerbacher Tal getrennt wird. Dieser Ausläufer des Glemswaldes beginnt ebenfalls beim Birkenkopf und reicht bis zum Neckar. Unterbrochen wird er vom Pragsattel (305 m NN). Vom Killesberg fallen die Geländeeinschnitte der Wartberg- und Steinbergklinge zur Heilbronner Straße ab. Im Zuge des ehemaligen Störzbachtales kann diese Geländemulde entlang der Ehmannstraße bis in den Unteren Schloßgarten weiterverfolgt werden. Das heute teilweise überbaute Störzbachtal bildet die Grenze zum Rosensteinpark. Außer dem Störzbachtal gibt es weitere vom erwähnten Höhenrücken zum Nesenbachtal abfallende Geländeeinschnitte mit lokalklimatischer Bedeutung, so die Eckartshalde, die beim Pragfriedhof einmündet und die Mönchhalde, die vom vorspringenden, den Talkessel stark einengenden Kriegsberg (365 m NN) über die Türlenstraße und die Wolframstraße zu verfolgen ist.

3.2 Allgemeiner Witterungsverlauf

Der Witterungsverlauf im Untersuchungsraum ist maritim geprägt und unterliegt interannuell starken Schwankungen. Er wird wesentlich von der Verteilung und Dauer der Wetterlagen geprägt. Wenn die Witterung in Südwestdeutschland auch ausgeglichener Züge als beispielsweise in Nordwestdeutschland aufweist, so ist die Wechselhaftigkeit doch ein charakteristisches Merkmal.

Klimatisch gehört das Untersuchungsgebiet zum Klimabezirk Südwestdeutschland und liegt an der Grenze der beiden Klimabereiche Oberes Neckarland sowie Kraichgau und Neckarbecken. Diese Einteilung, durch die großen Landschaftsformen vorgezeichnet, zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Höhe über dem Meeresspiegel. In Relation zur Orographie zeigen auch die Klimaelemente starke Schwankungen.

Im Raum Stuttgart herrschen Luftströmungen aus südwestlichen Richtungen vor, nur geringfügig seltener sind Winde aus Nordwest und West. Ein weiteres Häufigkeitsmaximum bilden nordöstliche Windrichtungen. Im Sommer dominieren Winde aus nordwestlichen Richtungen, im Winter aus südwestlichen Richtungen. Stunden mit Windstille (Calmen) erreichen ganzjährig einen Anteil von rd. 2 %. Dieser ist im Sommerhalbjahr gegenüber dem Winterhalbjahr und in der Nacht gegenüber dem Tage signifikant erhöht (DWD 1989).

Im mittleren Jahresverlauf treten im Untersuchungsraum Westwetterlagen am häufigsten auf, besonders in den Wintermonaten Dezember bis Februar. Feuchte, verhältnismäßig milde Meeresluft bringt z. T. ergiebige Niederschläge und führt zu Tauwetter. Wird im Winter auf der Südseite eines Hochdruckgebietes über Nord- und Osteuropa Kaltluft nach Westen herangeführt, kann es zu längeren Frostperioden kommen. Das Frühjahr (März bis Mai) ist durch zunehmend wärmere Luftmassen geprägt. Kühles Schauerwetter und Erwärmungen werden durch den Wechsel von Kaltluftereinbrüchen aus Norden und südlichen Luftströmungen bedingt. Während der Sommermonate Juni bis August führen ver-

hältnismäßig kühle Nordwestströmungen feuchte Meeresluft heran und es kommt zu Schauern und Gewittern. Setzt sich demgegenüber Hochdruckeinfluss durch, folgt warmes und trockenes Wetter, welches mitunter auch Hitzeperioden nach sich ziehen kann. Im Herbst (September bis November) treten häufig Hochdrucklagen auf. Bei südlicher Luftzufuhr wird es tagsüber noch recht warm, nachts sinkt die Lufttemperatur jedoch bald ab und es kann in den Niederungen zur Nebelbildung kommen (DWD 1953).

Im langjährigen Mittel des Zeitraumes 1951-1980 wurden an der Station Stuttgart des Deutschen Wetterdienstes folgende Kennzahlen ermittelt (MÜLLER-WESTERMEIER 1990): Die mittlere jährliche Lufttemperatur betrug 10,0°C. Sie schwankte zwischen 1,3°C im Januar und 18,8°C im Juli. Die mittlere Anzahl der Frosttage, mit einem Minimum der Lufttemperatur unter 0°C, betrug 62, an 15 Tagen wurde dieser Temperaturwert auch vom Tagesmaximum nicht erreicht (Eistag). In den Sommermonaten April bis Oktober wurden durchschnittlich 39 Sommertage, mit einem Maximum der Lufttemperatur von 25°C oder darüber, registriert.

Niederschlag fiel in Stuttgart während des o. g. Zeitraumes im Durchschnitt an rd. 110 Tagen, überwiegend in den Sommermonaten. Die Niederschlagssumme erreichte Werte von rd. 675 mm pro Jahr.

Die Sonnenscheindauer summierte sich im Jahresverlauf auf über 1600 Stunden, die Bewölkung entsprach im Mittel etwa 66 %.

3.3 Beschreibung der klimatischen und lufthygienischen Situation

3.3.1 Klima

Die klimatische Situation im Untersuchungsgebiet ergibt sich aus der Lage und der Verteilung der Ausgleichs- und Belastungsräume. Vor dem Hintergrund des allgemeinen Witterungsverlaufs im Raum Stuttgart (vgl. Kap. 3.2) und den über das Untersuchungsgebiet hinausgehenden Wirkungszusammenhängen (vgl. Kap. 3.1) kann sie folgendermaßen beschrieben werden (vgl. Anlage 23.2.1):

Die beiden größeren Seen im Mittleren und Oberen Schloßgarten bilden ein **Gewässerklima** aus. Sie optimieren die Durchlüftung angrenzender Bereiche während allochthoner oder autochthoner Wetterlagen und sind Bestandteil der in diesen Bereichen ausgewiesenen Ventilations- und Kaltluftabflussbahnen.

Der Mittlere und der Obere Schloßgarten sind **Gebiete mit Klimavielfalt**. Die innerstädtischen Grünflächen, kleinräumig strukturiert und frei von Bebauung bilden eine Reihe unterschiedlicher Mikroklimata aus. Die

einfallende Strahlung schwankt je nach Jahreszeit, Neigung und Orientierung des Geländes. Die Summe der auf eine ebene unbeschattete Fläche eingestrahlt Energie beträgt im Jahr rd. 1200 kWh/m². Im Januar sind es rd. 40 kWh/m², im Juli rd. 175 kWh/m². Die sich hieraus ergebenden Oberflächentemperaturen wurden während einer austauscharmen Strahlungswetterlage im Sommer abends mit rd. 17°C und morgens mit rd. 14°C gemessen. Das Jahresmittel der Lufttemperatur liegt im Schloßgarten bei rd. 10°C, die Anzahl der Tage mit Hitzestress bei rd. 20 - 24 Tagen. Nach Einsetzen der Abkühlung mit Umkehr der Strahlungsbilanz bildet sich im Schloßgarten Kaltluft. Die Mächtigkeit dieser vertikalen Kaltluftschicht beträgt nach einer Stunde etwa 20 m, nach vier Stunden etwa 70 m. Entsprechend dem Gefälle fließt die Kaltluft entlang des Nesenbachtals Richtung Neckar ab. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft liegt unter 0,5 m/s, die Volumendichte bei rd. 20 m³/(s·m).

Der Schloßgarten wirkt aufgrund seiner Ausrichtung, Lage und Dimensionierung bei allochthonen Wetterlagen als **Ventilationsbahn** und bei autochthonen Wetterlagen als Kaltluftentstehungsgebiet, in erster Linie jedoch als **Kaltluftabflussbahn**. Die Windgeschwindigkeit liegt im Jahresmittel bei rd. 1,3 m/s, die Schwachwindhäufigkeit bei 67 % (LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 1996, 1997a).

Ebenfalls als **Gebiete mit Klimavielfalt** sind die Hangbereiche des Mittleren Kriegsberg ausgewiesen. Bei ausreichender Hangneigung kommt es hier zu flächenhaften Kaltluftabflüssen. Diese sind aufgrund der Rauigkeit der angrenzenden Bebauung z. T. verzögert.

Das Klima der lockeren Bebauung bildet sich in Bereichen der Einzel- und Reihenhausbebauung zwischen der Heilbronner Straße und der Birkenwaldstraße. Der Raum ist im Vergleich zu den Gebieten mit Klimavielfalt stark versiegelt, entsprechend überwärmt und bioklimatisch belastet. Die autochthone Kaltluftproduktion ist reduziert. Die Durchlüftung und die Versorgung mit Kaltluft ist aufgrund der Rauigkeit eingeschränkt, der flächenhafte Kaltluftabfluss in den Hanglagen des Kriegsberg stark verzögert.

Das Klima der Bahnanlagen bildet sich im Bereich des bestehenden Gleiskörpers aus (NBV 1992). Der Raum ist durch starke Temperaturschwankungen gekennzeichnet. Tagsüber stark erwärmt, kühlt sich die Luft in Bodennähe nachts vergleichsweise stark ab. Die mittlere Windgeschwindigkeit, die Schwachwindhäufigkeit und die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft sind mit den Daten des Mittleren Schloßgarten vergleichbar. Lediglich die Kaltluftvolumendichte ist demgegenüber reduziert. Aufgrund ihrer Ausrichtung, Lage, Dimensionierung und Rauigkeit wirken die Bahnanlagen bei allochthonen Wetterlagen als **Ventilationsbahn** und bei autochthonen Wetterlagen als **Kaltluftabflussbahn**.

Die **Hauptverkehrsstraßen** zeichnen sich durch eine fast vollständige Versiegelung aus, die eine starke Überwärmung und bioklimatische Belastung bedingt. Aufgrund der geringen Rauigkeit wirken sie entsprechend ihrer Ausrichtung, Lage und Dimensionierung während allochthoner Wetterlagen als **Ventilationsbahn**. Kanalisierte Luftströmungen wer-

den jedoch in Abhängigkeit von der Emissionssituation mit Luftschadstoffen angereichert (vgl. Kap. 3.3.2).

Das Klima der dichten Bebauung bildet sich in den verbleibenden Räumen des Untersuchungsgebietes aus. Diese sind stark versiegelt, entsprechend überwärmt und bioklimatisch stark belastet. Die Durchlüftung und die Versorgung mit Kaltluft ist aufgrund der Rauhigkeit eingeschränkt.

3.3.2 Lufthygiene

Die lufthygienische Situation im Untersuchungsgebiet ergibt sich aus der großräumigen Vorbelastung, der Verteilung der Schadstoffquellen und -senken im Untersuchungsgebiet und der Durchlüftung.

Schadstoffquellen sind die Bereiche mit lockerer und dichter Bebauung aufgrund der Emissionen aus Hausbrand, Gewerbe und Industrie. Eine wesentliche Schadstoffquelle im Untersuchungsgebiet ist der Kfz-Verkehr entlang der Hauptverkehrsstraßen.

Schadstoffsenken sind die Gebiete mit Klimavielfalt einschließlich der Gewässer sowie die Bahnanlagen. Erstgenannte wirken aktiv als Filter für Luftschadstoffe, die beiden letztgenannten verbessern die lufthygienische Situation indirekt, indem sie die vertikale und horizontale Durchmischung verstärken.

Die gemessenen bzw. berechneten Schadstoffkonzentrationen hängen neben den Schadstoffemissionen auch von den meteorologischen Bedingungen ab. Günstige Ausbreitungsbedingungen führen zu niedrigen Immissionen (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1996). Um Überschreitungen von Grenzwerten der TA Luft (1990) oder der 22. BImSchV (1993) bzw. von Prüfwerten der 23. BImSchV (1996) zu vermeiden, ist eine gute Durchlüftung des Gesamttraumes erforderlich. Diese ist aufgrund der geschilderten klimatischen Situation nur bedingt gegeben (vgl. Kap. 3.3.1).

Anhand kontinuierlicher Messungen einer Vielzahl von Luftschadstoffkomponenten im Großraum Stuttgart kann die Belastung an den jeweiligen Messpunkten und ihre zeitliche Entwicklung abgelesen werden (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG 1996).

Modellberechnungen weisen gegenüber den genannten Messungen zwei wesentliche Vorteile auf. Zum einen kann die Luftschadstoffbelastung flächenhaft dargestellt werden, zum anderen sind Prognoseberechnungen möglich. Berechnungen für das Jahr 1995 haben im gesamten Untersuchungsgebiet hohe Schadstoffbelastungen ergeben (LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 1997c). Ausgehend von den Hauptverkehrsstraßen nimmt die Belastung auch in den angrenzenden Strukturen nur langsam ab.

Im Mittleren Schloßgarten beträgt z. B. die Benzolkonzentration im Jahresmittel rd. $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Prüfwert der 23. BImSchV: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Belastung mit Stickstoffdioxid liegt im Jahresmittel bei rd. $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert TA Luft: $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$), die Kurzzeitbelastung durch Stickstoffdioxid (98-Perzentil) liegt bei rd. $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Prüfwert der 23. BImSchV: $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Belastung durch Ruß liegt im Mittleren Schloßgarten bei rd. $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Prüfwert der 23. BImSchV: $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Neuere Prognoseberechnungen zeigen für die genannten Luftschadstoffe rückläufige Werte (LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 1997b, 1997c). Die erwartete Reduktion der Immissionen liegt im Mittleren Schloßgarten zwischen rd. 15 und 30 % für die Schadstoffe Benzol, Stickstoffdioxid (Jahresmittelwert) und Ruß. Lediglich für die Kurzzeitbelastung durch Stickstoffdioxid (98-Perzentil) wird eine geringere Entlastung in der Größenordnung von rd. 5 % errechnet.

Die genannten Untersuchungen beinhalten keine Berechnungen zur Belastung und zum Ausbreitungsverhalten natürlicher und anthropogener Stäube. Messungen an der Station Stuttgart-Mitte (Amulf-Klett-Platz) im Zeitraum November 1995 bis Oktober 1996 haben eine Staubbela-stung von $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel (Grenzwert TA Luft: $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und eine Kurzzeitbelastung (98-Perzentil) von $176 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert TA Luft: $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ergeben (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG 1996). Der 24h-MIK-Wert für Schwebstaub von $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde an dieser Verkehrsmessstation während eines Tages ($293 \mu\text{g}/\text{m}^3$) überschritten. Die Bleikonzentration im Schwebstaub erreicht 4 % des Grenzwertes der TA Luft, die Cadmiumverbindungen im Schwebstaub erreichen 59 % des Orientierungswertes.

3.4 Bewertung der klimatischen und lufthygienischen Situation

Der Untersuchungsraum ist aufgrund seiner Lage in einem Talkessel, der hohen Bebauungsdichte klimatisch stark belastet. Die lufthygienische Belastung resultiert in erster Linie aus den Emissionen aus dem Kfz-Verkehr. Im Stadtzentrum ergibt sich, bewertet anhand des Luftverunreinigungsindex, sowohl für die Langzeitbelastung, als auch für die Kurzzeitbelastung, eine mittlere Luftverunreinigung.

Für den Erhalt und die Verbesserung der klimatischen und lufthygienischen Situation ist die Versorgung der Innenstadt mit Frisch- und Kaltluft von herausragender Bedeutung. Die Durchlüftung der Belastungsräume wird durch Ventilations- und Kaltluftabflussbahnen unterstützt. Diesen spezifischen Klimafunktionen kommt aufgrund der klimatischen und lufthygienischen Leistungsfähigkeit, des räumlichen Bezuges zu den Belastungsräumen sowie der bestehenden klimatischen und lufthygienischen Vorbelastung eine besondere Bedeutung und Schutzwürdigkeit zu.

Für die in Kapitel 3.3 beschriebenen Ausgleichsräume ergeben sich folgende Bewertungen:

Ein Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung ist das Gebiet mit Klimavielfalt an den Hangbereichen des Mittleren Kriegsberg aufgrund der autochthonen Kaltluftproduktion und der flächenhaften Kaltluftabflüsse. Die Bahnanlagen, ausgewiesen als Belastungsgebiet, besitzen aufgrund ihrer spezifischen Funktion als Ventilations- und Kaltluftabflussbahn ebenfalls eine hohe Bedeutung.

Ein Ausgleichsraum mit sehr hoher Bedeutung ist der gesamte Mittlere und Obere Schloßgarten als Gebiet mit Klimavielfalt bzw. mit Gewässerklima in Verbindung mit den spezifischen Funktionen als Ventilations- und Kaltluftabflussbahn (vgl. Anlage 23.2.1).

4 Beeinträchtigungen durch projektbedingte Eingriffe

4.1 Baubedingte Beeinträchtigungen

Baubedingte Beeinträchtigungen der klimatischen Situation im Untersuchungsgebiet erfolgen durch die temporäre Inanspruchnahme unversiegelter Flächen im Bereich des Mittleren Schloßgartens durch Baustraßen, Baustelleneinrichtungs- oder Ablagerungsflächen. Die Beeinträchtigungen werden als gering eingestuft.

Baubedingte Beeinträchtigungen der lufthygienischen Situation ergeben sich durch die Emission von Luftschadstoffen und Stäuben entlang der Baustraßen und im Bereich der Baustelleneinrichtungsflächen. An Emissionen durch Baufahrzeuge und -maschinen sind in erster Linie die Luftschadstoffleitkomponenten Stickstoffdioxid, Benzol und Ruß zu erwarten. Die Staubbelastung wird baubedingt zunehmen. Die Beeinträchtigungen werden als mittel eingestuft.

4.2 Anlagebedingte Beeinträchtigungen

Anlagebedingte Beeinträchtigungen der klimatischen Situation ergeben sich im Mittleren Schloßgarten. Hier werden durch die Bahnhofshalle Freiflächen versiegelt und überbaut. Die Kaltluftentstehung wird reduziert. Die geplante Bahnhofshalle mit einer rd. 8 m hohen Geländemodellation bildet für bodennahe Kaltluftabflüsse ein Hindernis. Es kommt zum Stau und zum verzögerten Abfluss der Kaltluft. Zudem wird die Ventilationsbahn beeinträchtigt. Weitere Veränderungen des Reliefs und Veränderungen der Rauigkeit verstärken diese Umweltauswirkungen. Die Beeinträchtigungen werden als mittel eingestuft.

Anlagebedingte Beeinträchtigungen der lufthygienischen Situation ergeben sich durch die Überbauung von Gehölzen im Mittleren Schloßgarten. Die Filterfunktion für Luftschadstoffe und Stäube wird herabgesetzt. Die Beeinträchtigung der Durchlüftung im Mittleren Schloßgarten durch die Bahnhofshalle als Strömungshindernis für bodennahe Luftbewegungen führt zu indirekten Auswirkungen auf die lufthygienische Situation. Die Beeinträchtigungen werden als gering eingestuft.

4.3 Betriebsbedingte Beeinträchtigungen

Betriebsbedingt sind keine relevanten Beeinträchtigungen der klimatischen und lufthygienischen Situation im Untersuchungsraum zu erwarten.

5 Zusammenfassung

Der vorliegende Erläuterungsbericht Klima und Lufthygiene beschreibt und bewertet die klimatische und lufthygienische Situation im Untersuchungsgebiet auf der Basis aktueller Untersuchungen, Messungen, Modellsimulationen und Berechnungen zur Kaltluftsituation, zum Windfeld und zur Schadstoffbelastung. Vor dem Hintergrund der gesetzlichen Grenzwerte, Vorschriften und Regelwerke wird die klimatische und lufthygienische Situation bewertet und mögliche bau-, anlage- und betriebsbedingte Beeinträchtigungen aufgezeigt.

Der Untersuchungsraum des Planfeststellungsabschnitts 1.1 ist aufgrund seiner Lage im Stadtgebiet, der Topographie, der Bebauungsdichte und der Verkehrsbelastung in seiner Gesamtheit klimatisch und lufthygienisch stark belastet. Für eine langfristige Sicherung und Verbesserung der klimatischen und lufthygienischen Situation ist der Erhalt des Mittleren Schloßgartens als ein Gebiet mit Klimavielfalt, als Ventilations- und als Kaltluftabflussbahn von Bedeutung.

Der Mittlere Schloßgarten weist eine hohe Empfindlichkeit gegenüber bau- und anlagebedingten Beeinträchtigungen auf. Zu nennen ist die Errichtung des neuen Hauptbahnhofs und die damit verbundene temporäre Inanspruchnahme unversiegelter Flächen durch Baustraßen, Baustelleneinrichtungs- oder Ablagerungsflächen sowie die Emission von Luftschadstoffen und Stäuben während der Bauphase.

Anlagebedingt kommt es zu einer Versiegelung und Überbauung von Freiflächen. Die Kaltluftentstehung wird reduziert. Die Funktion des Schloßgartens als Ventilations- und Kaltluftabflussbahn sowie als Filter für Luftschadstoffe und Stäube wird eingeschränkt.

Betriebsbedingt sind keine relevanten Beeinträchtigungen der klimatischen und lufthygienischen Situation zu erwarten.

Die Ergebnisse des Erläuterungsberichtes Klima und Lufthygiene sind die Grundlage für die Betrachtungen zu den Schutzgütern Klima und Luft im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie (vgl. Anlage 15) und des Landschaftspflegerischen Begleitplanes (vgl. Anlage 18).

6 Literatur und verwendete Unterlagen

22. BImSchV (1993):

Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über Immissionswerte. 26. Oktober 1993, BGBl. I S. 1819.

23. BImSchV (1996):

Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten. 16. Dezember 1996, BGBl. I S. 1950.

AEG – ALLGEMEINES EISENBAHNGESETZ (1993):

Vom 27. Dezember 1993, BGBl. I, S. 2396, geändert durch Artikel 14 des Gesetzes vom 27. Juli 2001 (BGBl. I 1950).

BARTHOLME, P. (1994):

Untersuchung von nächtlichen Kaltluftabflüssen (Fallstudie). Meteorologische Zeitschrift, N. F. 3, 104-107.

BAUMGARTNER, A. (1963):

Einfluss des Geländes auf die Lagerung und Bewegung der nächtlichen Kaltluft, Ed. F. Schnelle. Frostschutz im Pflanzenbau Bd. I, 151-194, München.

BImSchG – BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZ (1990):

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen oder ähnliche Vorgänge. 14. Mai 1990, BGBl. I. S. 880.

BSchwAG – BUNDESSCHIENENWEGEAUSBAUGESETZ (1993):

Gesetz über den Ausbau der Schienenwege des Bundes vom 15. November 1993, Bundesgesetzblatt; Teil I, Seite 1874-1876.

BVWP - BUNDESVERKEHRSWEGEPLAN (1992):

Beschluss der Bundesregierung vom 15. Juli 1992.

DBProjekt GmbH (1996):

Abstimmung mit Belangen der Raumordnung. Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg; Bereich Stuttgart - Wendlingen mit Flughafenbindung und Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart. Stuttgart.

DBProjekt GmbH (1997):

Unterlagen zur Planfeststellung. Vorschlag zum Untersuchungsrahmen (Scoping-Papier). Projekt Stuttgart 21. Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg; Bereich Stuttgart - Wendlingen mit Flughafenbindung und Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart. Stuttgart.

DEFANT, F. (1949):

Zur Theorie der Hangwinde, nebst Bemerkungen zur Theorie der Berg- und Talwinde. Archives for Meteorology, Geophysics and Bioclimatology A1, 421-450.

DMG – DEUTSCHE METEOROLOGISCHE GESELLSCHAFT (1989):

Mitteilungen der DMG 3, 51-53.

DWD - DEUTSCHER WETTERDIENST (1953):

Klimaatlas von Baden-Württemberg. Bad Kissingen.

DWD (1989):

Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 147. Offenbach.

FRANKE, J., TETZLAFF, G. (1987):

Zum Auftreten interner Schwerewellen im Kaltluftabfluss. Meteorologische Rundschau 40, 118-126.

GERTH, W.-P. (1986):

Klimatische Wechselwirkungen in der Raumplanung bei Nutzungsänderungen. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 171. Offenbach.

GROSS, G. (1987):

Veränderungen des regionalen Klimas durch Rodung und Bepflanzung. Promet 3-4, 24-28.

HÄCKEL, H. (1990):

Meteorologie. Stuttgart.

HORNEY, G. (1969):

Wettererscheinungen in ausströmender Kaltluft - Ein Beitrag zur Frage des Kaltluftflusses in Strahlungsnächten im orographisch gegliederten Gelände. Meteorologische Rundschau 4, 106-113.

KAPS, E. (1955):

Zur Frage der Durchlüftung von Tälern. Meteorologische Rundschau 3/4, 61-65.

KING, E. (1973):

Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefährdung durch Straßenbauten. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 113. Offenbach.

KOCH, H. G. (1961):

Die warme Hangzone. Neue Anschauungen zur nächtlichen Kaltluftschicht in Tälern und an Hängen. Zeitsch. f. Met. 1-6, 151-171.

KRdL - KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN (Hrsg.) (1988):

Stadtklima und Luftreinhalteung - Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung. Düsseldorf.

KRdL (Hrsg.) (1993):

Lufthygiene und Klima - Ein Handbuch zur Stadt- und Regionalplanung. Düsseldorf.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG
(1996):

Die Luft in Baden-Württemberg - Jahresbericht 1995. Karlsruhe.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG
(1997):

Windstatistiken Baden-Württemberg. Interaktive Windrosenkarte. Karlsruhe.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ,
ABT. STADTKLIMATOLOGIE (1996):

Stadtklima 21. Grundlagen zu Klima, Luft und Lärm für die Planung "Stuttgart 21". Loseblattsammlung. Stuttgart.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ,
ABT. STADTKLIMATOLOGIE (1997a):

Kaltluft- und Windfeldberechnungen für Stuttgart. Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 1. Stuttgart.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ,
ABT. STADTKLIMATOLOGIE (1997b):

Stadtklima 21. Grundlagen zum Stadtklima und zur Planung "Stuttgart 21". CD-Rom. Stuttgart.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ,
ABT. STADTKLIMATOLOGIE (1997c):

Verkehrsbedingte Schadstoffbelastung im Zusammenhang mit der Planung "Stuttgart 21". Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 2. Stuttgart.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ,
ABT. STADTKLIMATOLOGIE (1997d):

Kleinskalige klimatisch-lufthygienische Untersuchungen für das Gebiet A der Planung „Stuttgart 21“ - Entwürfe Jodry und Trojan -. Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 8. Stuttgart.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ,
ABT. STADTKLIMATOLOGIE (1998a):

Prognosen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung im Zusammenhang mit der Planung "Stuttgart 21". Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 9. Stuttgart.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ,
ABT. STADTKLIMATOLOGIE (1998b):

Klima-Messungen in Plangebiet Stuttgart 21. Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 12. Stuttgart.

**LANDESHAUPTSTADT STUTTGART, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ,
ABT. STADTKLIMATOLOGIE (1998c):**
Kleinskalige klimatisch-lufthygienische Untersuchungen für das Gebiet A der Planung „Stuttgart 21“. Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 13. Stuttgart.

LANDESVERMESSUNGSAMT BADEN-WÜRTTEMBERG:

Topographische Karte, Maßstab 1: 25.000

Blatt 7121 Stuttgart-Nordost (1993)

Blatt 7221 Stuttgart-Südost (1990)

MEYNEN, E., SCHMITHÜSEN, J. (1955):

Handbuch zur naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Remagen.

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (1996):

Immissions- und Wirkungsuntersuchungen im Großraum Stuttgart 1996. Stuttgart.

MÜLLER-WESTERMEIER (1990):

Klimadaten der Bundesrepublik Deutschland. Zeitraum 1951-1980. Offenbach.

NBV - NACHBARSCHAFTSVERBAND STUTTGART (1992):

Klimaatlas. Klimauntersuchungen für den Nachbarschaftsverband Stuttgart und angrenzende Teile der Region Stuttgart. Stuttgart.

PLAETSCHKE, J. (1953):

Zur Bildung von Kälteseen in Tälern und Mulden. Zeitschrift für Meteorologie, 11, 346-347.

REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTTGART (1997):

Raumordnerische Beurteilung. Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg; Bereich Stuttgart - Wendlingen mit Flughafenbindung und Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart. Stuttgart.

SUKOPP, H. (1990):

Stadtökologie: Das Beispiel Berlin. Berlin, Heidelberg, New York.

TA LUFT (1986):

Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz -Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA-Luft. Dritte aktualisierte und erweiterte Auflage. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

UVPG (1990):

Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung. 12. Februar 1990 (BGBl. I. S. 205), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 27. Juli 2001 (BGBl. I 1950).

VDI-RICHTLINIE 3787 Blatt 1 (1997):

Umweltmeteorologie, Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 1b, Düsseldorf.

Anhang 1: Glossar

Advektion

bezeichnet den horizontalen Transport von Luftmassen.

Aerosol

bezeichnet eine Gruppe von Kolloiden aus festen oder flüssigen Substanzen, die in einem Gas dispergiert sind. Aerosole sind z. B. natürlicher oder künstlicher Staub in der Luft oder Verbrennungsrückstände von Gasen. Die Größenordnung liegt allgemein zwischen 10^{-8} und 10^{-2} cm.

Allochthone Witterung

tritt überwiegend bei zyklonalen Großwetterlagen auf und wird durch die horizontale Verfrachtung fremdbürtiger Luftmassen bestimmt. Diese überlagern die lokalklimatischen Eigenheiten.

Ausgleichsräume

sind bioklimatisch und lufthygienisch nicht belastete Freiflächen, die Kalt- und Frischluft produzieren. Zu ihnen zählen Wald- und Gewässerflächen, Kaltluftentstehungsgebiete und -einzugsgebiete sowie Gebiete mit Klimavielfalt.

Austauscharme Wetterlagen

sind Perioden bei denen der durch turbulente Vertikalbewegung bewirkte Austausch von Impuls, Wärme oder Feuchte weitgehend unterbunden ist. Geringe bodennahe Windgeschwindigkeiten und stabile Temperaturschichtung zeigen diese an.

Autochthone Witterung

tritt vorwiegend bei antizyklonalen Großwetterlagen auf und wird durch die lokalen Klimafaktoren und die an Ort und Stelle herrschenden Ein- und Ausstrahlungsverhältnisse geprägt. Lokalklimatische Gegebenheiten erreichen ihre größten Gegensätze, die Klimaelemente einen ausgeprägten Tagesgang.

Belastungsräume

sind bioklimatisch und lufthygienisch belastete und überwiegend versiegelte Flächen. Zu ihnen zählen Gebiete mit lockerer und dichter Bebauung einschließlich Bahnanlagen.

Emission

bezeichnet den Übertritt von Stoffen, Strahlen, Geräuschen oder Erschütterungen von einer Quelle in ein Medium. In der Lufthygiene wird in erster Linie die Freisetzung von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen anthropogenen oder natürlichen Ursprungs als Emission bezeichnet.

Flurwind

ist eine lokale Ausgleichsströmung geringer Reichweite und Mächtigkeit (Lokalwind), die durch Temperaturgegensätze zwischen Stadt und Umland und daraus resultierenden Druckunterschieden induziert wird. Flurwind treten meist in den Abend- und Nachtstunden auf, sind zum Bereich höherer Temperatur gerichtet und erfolgen mitunter schubweise.

Grenzwerte / Prüfwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die i. d. R. nicht überschritten werden dürfen. Prüfwerte sind Beurteilungsmaßstäbe z. B. für Benzol und Ruß, da für diese Stoffe aus wissenschaftlicher Sicht keine Werte angegeben werden können, ab deren Unterschreiten eine Unbedenklichkeit angenommen werden kann. Vorsorgewerte beschreiben Konzentrationen unterhalb der Grenz- oder Prüfwerte und ermöglichen eine qualifizierte Beurteilung der Luftqualität.

Immission

bezeichnet den Übertritt von Stoffen, Strahlen, Geräuschen oder Erschütterungen von einem Medium auf einen Akzeptor. In der Lufthygiene wird in erster Linie die Aufnahme von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen anthropogenen oder natürlichen Ursprungs durch die belebte und unbelebte Umwelt als Immission bezeichnet.

Inversion

ist eine Schicht in der Atmosphäre, in der die Temperatur mit zunehmender Höhe, im Gegensatz zum Normalverlauf, zunimmt. Der vertikale Luftmassenaustausch wird durch diese Sperrschicht nahezu unterbunden. Das Auftreten von Inversionen ist abhängig von den meteorologischen und topographischen Bedingungen sowie der Jahres- und Tageszeit.

Kaltluft

ist Luft, die kälter ist als ihre Umgebungsluft. Ist die Strahlungsbilanz des Erdbodens negativ, entzieht er den darüber liegenden Luftschichten fühlbare und latente Wärme. Diese kühlen sich ab, Kaltluft entsteht in Form einer seichten Kaltluftschicht, als -kissen, -polster oder als -schicht.

Kaltluftabfluss

findet insbesondere an unbewaldeten und un bebauten Hängen mit ausreichendem Gefälle (i.d.R. $>2^\circ$) statt. Der Schwerkraft folgend fließt die im Einzugsgebiet entstandene Kaltluft flächenhaft oder entlang von Kaltluftabflussbahnen talwärts. Ist die Kaltluftschichtdicke und die Volumenstromdichte bekannt, kann der Kaltluftabfluss quantifiziert werden.

Kaltluftabflussbahnen

sind natürliche oder künstliche Schneisen mit Gefälle. Sie kanalisieren die über bewaldeten und un bebauten Hängen entstandene Kaltluft und leiten sie im Idealfall aus dem Kaltlufteinzugsgebiet in einen bioklimatisch und lufthygienisch belasteten Wirkungsraum.

Kaltlufteinzugsgebiete

sind überwiegend unversiegelte und geneigte Freiflächen, über denen aufgrund der nächtlichen Energiebilanz eine starke Abkühlung der Luft erzielt wird. Die hier produzierte Kaltluft wird durch linien- oder flächenhaften Kaltluftabfluss aus dem Gebiet heraus wirksam.

Kaltluftentstehungsgebiete

bezeichnen unversiegelte Flächen, die durch ihre negative Strahlungsbilanz die auf ihr lagernde Luft abkühlen und damit Kaltluft produzieren. Aufgrund unzureichender Geländeneigung verbleibt die autochthon gebildete Kaltluft an Ort und Stelle.

Kaltluftammelgebiete

sind Mulden oder Senken, in denen autochthon gebildete oder allochthon herangeführte Kaltluft akkumuliert und durch die Ansammlung von Kaltluft in konkaven Geländeformen oder durch Kaltluftstau an Hindernissen ein Kaltluftammelgebiet bildet. Die Frostgefährdung, die Nebelhäufigkeit und die Gefahr der Akkumulation von Luftschadstoffen ist hier vergleichsweise erhöht.

Kaltluftstau, -see

beschreibt eine Ansammlung von Kaltluft vor einem natürlichen Hindernis (z.B. Hecke, Wald) oder vor künstlichen Hindernissen (z. B. Damm, Bebauung). Für die Ausdehnung des Kaltluftstaus bzw. -sees sind das Relief, die Größe des zugehörigen Kaltlufteinzugsgebietes und die Hindernishöhe entscheidend.

Klima

ist der langfristige Aspekt des Wetters. Das Klima kann durch die Klimaelemente beschrieben werden. Zur Charakterisierung des Klimaregimes bedarf es langjähriger Beobachtungen und statistisch abgesicherter Kenngrößen (Mittelwerte, Maxima, Minima, etc.).

Klimaelemente

Klimaelemente lassen sich durch statistische Kenngrößen beschreiben und bilden in ihrer Gesamtheit das Klima eines Ortes. Wichtige Klimaelemente sind Strahlung, Luftdruck, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlag, Verdunstung etc.

Klimafunktion

beschreibt die dynamischen Eigenschaften und ihre Klimawirksamkeit eines klimatisch homogenen Areals (Klimatop) in bezug auf angrenzende Strukturen und Wirkungsräume. Beispiele für Klimafunktionen sind die Belüftungsfunktion von Gewässern oder die Filterfunktion von Wäldern, Gehölzen oder Freiflächen.

Klimatope

sind räumliche Einheiten, in denen sich aufgrund der Klimafaktoren Relief, Landnutzung, Lage, Höhe, Exposition und Oberflächenbeschaffenheit ein vergleichbares Kleinklima ausbildet. Die Übergangsbereiche zwischen den Klimatopen lassen sich nicht trennscharf definieren. Je nach Ausprägung der Klimafaktoren und Klimaelemente finden mehr oder weniger deutliche Übergänge statt.

Lokale Windsysteme

sind in der Regel thermisch bedingt und entstehen durch die unterschiedliche Erwärmung der Oberfläche und die dadurch erzeugten horizontalen Temperatur- und Luftdruckunterschiede in einem begrenzten Raum. Hierzu zählen z. B. Flurwinde oder Hangwinde.

Lufthygiene

befasst sich mit den Auswirkungen von Beschaffenheit und Reinheitsgrad der Luft (Gehalt an anthropogenen, gasförmigen, flüssigen und festen Schadstoffen in der Luft) auf die Gesundheit des Menschen.

Luftverunreinigungen

sind Stoffe bzw. Stoffgemische, die infolge menschlicher Tätigkeit oder natürlicher Vorgänge in die Atmosphäre gelangen bzw. dort entstehen und nachteilige Wirkungen auf den Menschen und seine Umwelt haben können.

Nebel

wird definiert durch die horizontale Sichtweite, die infolge von schwebenden Wassertröpfchen geringer als 1000 m ist. Bei Sichtweiten von 1000 bis 8000 m liegt Dunst vor.

Regionalwindsysteme

sind mesoskalige, überwiegend thermisch bedingte Luftströmungen, die bei Strahlungswetter in orographisch gegliedertem Gelände auftreten können.

Schwachwinde

sind Luftströmungen, die in 10 m über Grund eine Windgeschwindigkeit von rd. 1,5 m/s nicht überschreiten.

Smog

ist eine Verknüpfung von Rauch (engl. smoke) und Nebel (engl. fog). Er bezeichnet die sichtbaren Verunreinigungen der Atmosphäre in städtischen oder industriellen Ballungsräumen und entsteht i.d.R. bei austauscharmen Wetterlagen unterhalb der Inversion.

Stadtklima

ist das durch Wechselwirkungen mit der Bebauung und deren Auswirkungen modifizierte Klima (einschließlich der Abwärme und der Emission von luftverunreinigenden Stoffen). Typische Erscheinungen des Stadtklimas sind z. B. der Wärmeinseleffekt (Überwärmung), verringerte Windgeschwindigkeiten (jedoch erhöhte Turbulenz).

Transmission

bezeichnet alle Vorgänge, in deren Verlauf sich die räumlich Lage, Verteilung und Konzentration von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre unter dem Einfluss meteorologischer oder anderer Vorgänge ändern. Bezogen auf die Lufthygiene bzw. auf Luftverunreinigungen ist die Transmission das Bindeglied zwischen Emission und Immission.

Ventilationsbahnen

sind durch Ausrichtung, Oberflächenbeschaffenheit und Breite bevorzugte Flächen für den bodennahen Luftmassentransport. Ventilationsbahnen, auch als Luftleitbahnen oder Durchlüftungsbahnen bezeichnet, sollten durch geringe Rauigkeit (keine hohen Gebäude, nur einzeln stehende Bäume), möglichst gradlinige oder nur leicht gekrümmt Ausrichtung und größere Breite (möglichst mehr als 50 m) horizontale Luftaustauschvorgänge erleichtern. Ventilationsbahnen sind z. B. breite Flussauen. Auch breite, geradlinige Straßen wirken u. U. als Ventilationsbahnen - allerdings mit meist hoher Luftbelastung.

Vorbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Vorbelastung bezeichnet die großräumig vorhandene Belastung mit Luftschadstoffen aus dem Straßenverkehr, dem Gewerbe und der Industrie. Als Zusatzbelastung wird die projektbedingte Emission durch den Bau, die Anlage oder den Betrieb bezeichnet. Die Vor- und die Zusatzbelastung ergeben zusammen die Gesamtbelastung. Sie kann anhand der gesetzlichen Grenz-, Prüf- und Vorsorgewerte beurteilt werden.

Wärmeinsel

ist ein städtischer Raum, der aufgrund der physikalischen Eigenschaften seiner Bodenoberfläche ein höheres Temperaturniveau als seine Umgebung aufweist. In austauscharmen Strahlungsnächten kann die Temperaturdifferenz zum Umland in Abhängigkeit von der Größe und Art der Siedlungsstruktur bis zu 10°C betragen.

Wetter

bezeichnet den augenblicklichen Zustand der Atmosphäre. Es wird gekennzeichnet durch die meteorologischen Elemente Luftdruck, Lufttemperatur, Wind, Bewölkung, Niederschlag und Strahlung.

Witterung

ist der Ablauf des Wetters während eines mehrtägigen Zeitraums.

Anhang 2: Belastungs- und Ausgleichsräume, spezifische Klimafunktionen

In Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 (1997) werden im Untersuchungsgebiet Klimatope (Belastungs-, Ausgleichsräume) und spezifische Klimafunktionen unterschieden. Die allgemeinen Veränderungen der Klimaelemente in Belastungsräumen im Vergleich zu Ausgleichsräumen (z. B. Freilandverhältnissen) können folgendermaßen charakterisiert werden (SUKOPP 1990).

Die Globalstrahlung ist aufgrund des erhöhten Aerosolgehaltes und der Horizontabschirmung im Jahresmittel bis zu 20 % verringert, die Sonnenscheindauer bis zu 15 %. Die Lufttemperatur ist wegen der starken Versiegelung im Jahresmittel 0,5 bis 1,5°C höher, während austauschbarer Strahlungswetterlagen kann die Temperaturdifferenz zum Freiland bis zu 10°C betragen ("Wärmeinseleffekt"). Die Niederschlagsmenge ist aufgrund des erhöhten Anteils von Kondensationskernen und verstärkter Konvektion in Belastungsräumen im Vergleich zu Freilandverhältnissen um bis zu 10 % erhöht, gleichzeitig fällt aber weniger Niederschlag als Schnee. Die Windgeschwindigkeit ist im Jahresmittel bis zu 20 % reduziert, gleichzeitig ist der Calmenanteil um bis zu 20 % erhöht. Die Luftverschmutzung beinhaltet neben den bereits erwähnten Kondensationskernen, die etwa um den Faktor 10 erhöht sind, auch gasförmige Verunreinigungen. Ihr Anteil ist im Mittel 5 bis 25 mal höher, als im Freiland.

Folgende Belastungs- und Ausgleichsräume bzw. spezifische Klimafunktionen werden ausgewiesen:

Klima der lockeren Bebauung

Der Bereich lockerer Bebauung fasst die Klimatope Stadtrand und Gartenstadt zusammen. Er bezeichnet den Übergangsbereich zwischen dem gering beeinflussten Klima unversiegelter Flächen und dem durch die anthropogenen Einflüsse Versiegelung und Bebauung stark modifizierten Klima der dichten Bebauung. Der Versiegelungsgrad in diesen Strukturen liegt unter 50 %, die Bebauung ist überwiegend offen und übersteigt nur selten drei Geschosse. Die klimatischen Beeinträchtigungen durch Überwärmung einerseits und verringertem Austausch andererseits sind in Bereichen lockerer Besiedlung höher als im Freiland aber deutlich geringer als in dichter Bebauung. Dennoch sind Bereiche mit lockerer Bebauung bioklimatisch und lufthygienisch belastet und somit Zielräume für eine planungsorientierte Klimatologie.

Klima der dichten Bebauung

Der Bereich dichter Bebauung fasst die Klimatope Verdichtete Stadtbauung, Stadtkernklima und die Klimate der Industrie- und Gewerbegebiete zusammen. Er zeichnet sich durch einen Versiegelungsgrad von mehr als 50 % und durch mehrgeschossige Wohn-, Block- oder Kernbauung aus. Die klimatischen Beeinträchtigungen durch Überwärmung

einerseits und verringerten Austausch andererseits sind deutlich höher als in den Bereichen mit lockerer Bebauung. Die nächtliche Temperaturerhöhung in diesen Strukturen kann in Abhängigkeit von der Größe und der Art der Siedlung vergleichbare Freilandtemperaturen um bis zu 10°C übersteigen. Das Windfeld, insbesondere die Windgeschwindigkeit werden verändert. Der Austausch thermisch und lufthygienisch belasteter Luftmassen ist stark eingeschränkt. Bioklimatisch ist dieser Raum häufig und z. T. stark belastet. Bereiche dichter Bebauung sind somit primäre Zielräume für dynamische und klimatisch ausgleichende Prozesse, die zur Optimierung des Luftaustausches und zur Vermeidung extremer Belastungseffekte beitragen.

Klima der Hauptverkehrsstraßen

Klimatisch zeichnen sich Hauptverkehrsstraßen durch einen hohen Grad der Versiegelung (> 90 %) und eine geringe Rauigkeit aus. Sie tragen somit einerseits zu Überwärmung der bodennahen Luftschichten bei, andererseits können sie aber auch den Austausch belasteter Luft fördern, indem sie als Ventilationsbahn mit lokaler Bedeutung wirken. Hauptverkehrsstraßen sind durch die Emissionen des Kfz-Verkehrs lufthygienisch stark belastet.

Klima der Bahnanlagen

Das Klima der Bahnanlagen wird im wesentlichen von den physikalischen Eigenschaften des Schotterkörpers bestimmt. Tagsüber erwärmt sich dieser stark, kühl nachts aber auch, z. B. im Vergleich zu den Oberflächen der Hauptverkehrsstraßen, stark ab. Gleichzeitig sind Bahnanlagen aufgrund ihrer geringen Rauigkeit windoffen. Lufthygienisch sind sie nur sehr gering belastet, da der Transport von Personen und Gütern auf der Schiene überwiegend elektrisch betrieben wird. Bahnanlagen eignen sich somit gut als Ventilationsbahn oder als Leitbahn für Kaltluft. Durch ihre Lage in unmittelbarer Nähe zu bioklimatisch und lufthygienisch stark belasteten Innenstadtbereichen kommt ihnen als Bindeglied zwischen Ausgleichs- und Belastungsräumen eine hohe Bedeutung zu.

Kaltluftentstehungsgebiete

Kaltluftentstehungsgebiete sind Freilandstrukturen mit einem Versiegelungsgrad < 10 % und einem ausgeprägten Tages- und Jahresgang der Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur und -feuchte. Kaltluftentstehungsgebiete induzieren aufgrund ihrer Oberflächenstruktur und ihrer Hangneigung keinen aktiven Kaltluftabfluss. In flachen Mulden oder Senken der Kaltluftentstehungsgebiete kann es zur Kaltluftsammlung und zur Bildung von Kaltluftseen kommen. Klimatisch beeinträchtigen Kaltluftsammelgebiete durch ihre größere Frostgefährdung die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen. Gleichzeitig besitzen sie jedoch auch ein klimatisches Potential, da die gebildete Kaltluft bei allochthonen Wetterlagen in belasteten Siedlungsbereichen wirksam werden kann.

Kaltlufteinzugsgebiete

Kaltlufteinzugsgebiete sind gut durchlüftete Freilandstrukturen, die aufgrund ihrer Oberflächenstruktur und ihrer Hangneigung aktive Kaltluftabflüsse induzieren. Kaltlufteinzugsgebiete stehen in enger funktionaler Verknüpfung zu den Kaltluftabflussbahnen.

Gebiete mit Klimavielfalt

Gebiete mit Klimavielfalt sind überwiegend unversiegelte (Versiegelungsgrad < 20 %) und kleinräumig gegliederte Bereiche einer Mindestgröße von 1 ha. Zu ihnen zählen Brach- und Sukzessionsflächen ebenso wie innerstädtische Grün- und Parkanlagen mit Gehölzen, Rasen- und kleineren Gewässerflächen. Die Boden- und Vegetationsoberfläche beginnt bereits am späten Nachmittag abzukühlen und entzieht den darüber liegenden Luftschichten Wärme, Kaltluft entsteht. In Gehölzen ist dieser Prozess z. T. von der Bodenoberfläche abgekoppelt und in das Kronenniveau verlagert. Bei vorhandener Hangneigung setzt sich die Kaltluft im Laufe des Abends in unregelmäßigen Abständen der Schwerkraft und dem Gefälle folgend in Bewegung und wird flächenhaft oder linienhaft über Kaltluftabflussbahnen horizontal verfrachtet. Sie wird vor Ort durch relativ wärmere Luft aus höheren Luftschichten ersetzt, die nun ihrerseits durch den direkten Kontakt mit der abkühlenden Oberfläche schneller abkühlen kann, um zu gegebener Zeit abzufließen. In flachen Mulden oder Senken der Gebiete mit Klimavielfalt kann es zu Sammlung von Kaltluft und zur Bildung von Kaltluftseen kommen. Neben der autochthon am Ort gebildeten Kaltluft akkumuliert in diesen Bereichen u. U. auch horizontal verfrachtete Kaltluft aus angrenzenden Gebieten. Gebiete mit Klimavielfalt besitzen ein hohes klimatisches und lufthygienisches Potential. Bei allochthonen Wetterlagen wird die hier in begrenztem Umfang gebildete Kaltluft horizontal verfrachtet und kann in belasteten Siedlungsbereichen wirksam werden, gleichzeitig wird die Luftqualität aufgrund der Filterfunktion von Bäumen, Gehölzen u. ä. erhöht. Gebiete mit Klimavielfalt stehen somit in enger funktionaler Verknüpfung mit Ventilationsbahnen oder Kaltluftabflussbahnen. Beide sind lokalklimatisch bedeutsame Elemente zur Versorgung belasteter Siedlungsbereiche mit Frisch- und Kaltluft.

Gebiete mit Gewässerklima

Wasserflächen einer Mindestgröße von rd. 1 ha bilden ein Gewässerklima aus. Das Gewässer- und Seenklima zeichnet sich gegenüber der Umgebung durch seinen ausgleichenden thermischen Einfluss in Form schwach ausgeprägter Tages- und Jahresgänge der Temperatur aus. Während thermisch belastender Wetterlagen im Sommer ist die Lufttemperatur über der Wasseroberfläche tagsüber geringer und nachts höher, als die der Umgebung. Dabei bleibt der Einfluss meistens auf den unmittelbaren Uferbereich beschränkt. Aufgrund der geringen Rauigkeit der Gewässeroberfläche ist die Windgeschwindigkeit hier erhöht. Der Austausch von Luftmassen ist aufgrund der geringen Rauigkeit begünstigt. Wasserflächen eignen sich daher gut als Ventilations- oder Kaltluftabflussbahn.

Waldklima

Das Waldklima bildet sich in Waldgebieten größer 1 ha aus. Diese lassen sich vertikal in einen Stammraum- und einen Kronenbereich unterteilen. Die Strahlungsabsorption findet überwiegend im Kronenbereich statt. Das Klima des Stammraumes zeichnet sich durch stark gedämpfte Tages- und Jahresgänge der Temperatur, Feuchte und Windgeschwindigkeit aus. Waldflächen sind nicht zu unterschätzende Produzenten von Kaltluft. Diese entsteht überwiegend im bzw. oberhalb des Kronenraums, sackt aufgrund der größeren Dichte in den Stammraum ein und

verbleibt dort. Nur bei entsprechend offen gestalteten Waldrändern und einem Mindestmaß an Reliefenergie vermag die Kalt- und Frischluft aus dem Stammraum auszutreten. Bei größerer Neigung findet der Kaltluftabfluss oberhalb des Kronenraums statt. Aufgrund der sehr hohen Rauigkeit können Wälder von außen ankommende Kaltluftflüsse und lokale oder regionale Windsysteme behindern. Ihre Wirkung auf das lokale Klima kann sowohl positive als auch negative Auswirkungen nach sich ziehen und muss von Fall zu Fall kritisch geprüft werden. Wälder wirken zudem als Filter für Luftschadstoffe.

Kaltluftabflüsse (linien- oder flächenhaft, z. T. verzögert)

Ein linien- oder flächenhafter Kaltluftabfluss entsteht, wenn autochthon gebildete dichte und schwere Luft bei ausreichender Neigung (i. d. R. größer 2°) dem Gefälle folgend hangabwärts fließt. Erreichen Kaltluftabflüsse ein Siedlungsgebiet, so können sie dort in den Sommermonaten zu einer wünschenswerten Verminderung der Überwärmung und somit der bioklimatischen Belastung beitragen. Durch Frischluft, unbelastete Kaltluft, kann gleichzeitig die lufthygienische Belastung in bebauten Strukturen verringert werden. Angereichert mit Luftschadstoffen können Kaltluftabflüsse aber auch negative lufthygienische Auswirkungen in Siedlungen erzielen.

Ventilationsbahnen (lokal oder regional)

Bei allochthonen (fremdbürtigen) Wetterlagen können bodennah auftretende Winde entlang von Ventilationsbahnen in Siedlungsbereiche eindringen und diese be-, durch- und entlüften. Ventilationsbahnen liegen parallel zur Hauptwindrichtung an der Luvseite der klimatisch und lufthygienisch belasteten Siedlungsbereiche. Ihre klimatische und lufthygienische Funktion wird optimiert, wenn sie eine geringe Rauigkeit, eine geringe Versiegelung und keine Emissionen von Luftschadstoffen aufweisen.