15. DAS PROJEKT „STADTKLIMA 21 -STUTTGART-"

Baumüller J., Hoffmann U., Reuter U.
Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie

15.1 Einleitung

Nicht ohne Grund hat man in Stuttgart den klimatischen und lufthygienischen Merkmalen der Stadt schon früh Aufmerksamkeit gewidmet. So dürfen die einmalig schöne landschaftliche Lage Stuttgarts und die thermische Gunst dieser Klimaregion nicht über besondere Probleme des Stadtklimas hinwegtäuschen:

Sie ergeben sich aus der Lage des Stadtkernes in einem Talkessel mit hoher Bebauungsdichte. Dadurch wird die im Südwesten Deutschlands ohnehin niedrige Windgeschwindigkeit noch weiter geschwächt. Dies bringt Nachteile für die Belüftung der Stadt und den Abtransport von Luftverunreinigungen. Auch begünstigt die schwache Ventilation die Entstehung bodennaher Temperaturinversionen, was den Luftaustausch zusätzlich herabsetzt (**Abb. 1-1**)

Die starke topographische Gliederung des Stadtgebietes mit Höhenunterschieden von mehr als 300 m verursacht bei ruhigem Wetter lokale, thermisch bedingte Windsysteme, die zur Belüftung und damit zur Luftverbesserung beitragen. Die Kenntnis der bevorzugten Bahnen des Luftaustausches und der Frischluftschneisen bedeutet in Stuttgart eine wesentliche Grundlage für die Stadtplanung.

Im Zusammenhang mit der geplanten Umnutzung eines fast 100 ha großen Bahngeländes im klimatisch sensiblen Innenstadtkessel (KLIMAATLAS, 1992) ist es erforderlich, klimatische und lufthygienische Grundlagen bereitzustellen und möglichst frühzeitig in die Planung einzubringen. Der knappe Zeitrahmen des Ablaufplans bedingt, daß zum Beginn der städtebaulichen Entwurfsplanung noch nicht alle stadtklimatischen und schalltechnischen Untersuchungen abgeschlossen sind. Man sollte dabei berücksichtigen, daß allein die Durchführung meteorologisch-lufthygienischer Messungen ein Jahr in Anspruch nimmt. Die gewählte Form einer Loseblattsammlung gestattet es, die Zusammenstellung von Untersuchungsergebnissen nach Bearbeitungsfortschritt zu vervollständigen und gegebenenfalls zu aktualisieren. Die folgende Aufstellung gibt einen Überblick der im März 1996 in Arbeit befindlichen Untersuchungen.

- Betrieb einer Luftmeßstation zur Erfassung von Luftschadstoffen und meteorologischen Parametern. Standort: Salucci-Allee / Ehmannstraße beim Paketpostamt.
- Flächenhafte Berechnung der Windverhältnisse für den Ist-Zustand unter Berücksichtigung von Kaltluftabflüssen (Anwendung eines diagnostischen Windfeldmodells für die Berechnung bei dynamisch dominiertem Windsystem sowie eines Kaltluftmodells für windschwache Strahlungsnächte).
- Amtliches Gutachten des Deutschen Wetterdienstes zu den lokalen Wind- und Temperaturverhältnissen im Planungsgebiet (Ist-Zustand) unter Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen urbanen Klimamodells mit Darstellung des Grades der thermischen Behaglichkeit (PMV, Predicted Mean Vote).

- Schallimmissionspläne für den öffentlichen Straßenverkehr, den Schienenverkehr und zwei Transportgewerbebetriebe für DB-Stückgut.
- Berechnung der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung (Ausbreitungsrechnung für die Abgasimmission) am Rand verkehrsreicher Straßen und flächenhaft im Plangebiet Stuttgart 21.

Die auf Rechenmodellen beruhenden Untersuchungen berücksichtigen mit den Datensätzen des Landesvermessungsamtes (digitales Höhenmodell, DHM) und des Stadtmessungsamtes (Grundstücks- und Gebäudedaten, digitale Stadtkarte) den heutigen Ist-Zustand. Sie bilden damit zugleich die Grundlage, um mit entsprechend veränderten Eingangsparametern die klimatischen Merkmale städtebaulicher Entwürfe, bzw. von Planvarianten simulieren zu können.

15.2 Topographie

15.2.1 Gesamtgebiet Stuttgart

Das milde und windarme Klima Stuttgarts wird neben anderen klimaprägenden Faktoren entscheidend durch seine abgeschirmte Lage im Neckarbecken bestimmt. Im Westen ist der Schwarzwald vorgelagert, im Süden die Schwäbische Alb, im Osten der Schurwald und das Strom- und Heuchelberggebiet im Nordwesten. Die Vielfalt des Stuttgarter Landschaftsbildes spiegelt die geologischen Verhältnisse wider. Im Norden liegen die fruchtbaren Ackerflächen der Gäulandschaft, der im Süden das bewegte Keuperbergland folgt, das weiter südlich in die Filderebene übergeht. Das von Süden nach Norden verlaufende Tal des Neckars bedeutet in der Abfolge der Landschaftsteile einen markanten Einschnitt. Innerhalb des topographisch stark gegliederten Stuttgarter Stadtgebietes ergeben sich Höhenunterschiede von mehr als 300 m.

Das Zentrum von Stuttgart mit dem eigentlichen Talkessel liegt abseits des Neckars in einer Keupersenke (Marktplatz 245 m ü. NN), die vom Nesenbach und seinen Zuflüssen ausgeräumt wurde. Von Kaltental kommend durchfließt der Nesenbach ein 2 km langes, enges Tal und tritt bei Heslach in den Stuttgarter Talkessel ein. Die Randhöhen erheben sich bei Hangneigungen von 5 bis 10 Grad um 100 m bis 240 m über den ca. 6 km langen in südwest-nordöstlicher Richtung verlaufenden Stuttgarter Talkessel, der nordöstlich der Karlshöhe das bis zu 2,5 km breite Stadtzentrum bildet. Zwischen Kriegsberg und Uhlandshöhe erfährt das Nesenbachtal wieder eine starke Einengung auf ca. 1 km Breite und mündet bei Bad Cannstatt in das Neckartal ein. Für die Belüftung Stuttgarts hat das Nesenbachtal eine vergleichbare Bedeutung wie das Dreisamtal mit dem "Höllentäler" (Bergwindsystem) für die Stadt Freiburg im Breisgau.

Die **Abbildung 2-1** zeigt die topographische Situation des gesamten Stadtgebietes von Stuttgart mit seinen räumlichen Besonderheiten als Schattenrelief. Das Plangebiet ”Stuttgart 21” ist besonders gekennzeichnet. Die Abbildung wurde, wie die Abbildung 2-2 und Abbildung 2-3 unter Zuhilfenahme des digitalen Höhenmodells (DHM) des Statistischen Landesamtes von Baden-Württemberg erstellt.

15.2.2 Innenstadt mit Plangebiet Stuttgart 21

In den nachfolgenden Abbildungen ist die Topographie des Stuttgarter Talkessels mit dem besonders markierten Plangebiet ”Stuttgart 21” aus verschiedenen Blickrichtungen dargestellt. Das Plangebiet flankiert die Längsachse des Nesenbachtales nahe seiner Einmündung in das Neckartal.

Der Stuttgarter Talkessel umfaßt außer dem von Südwest nach Nordost orientierten, langgestreckten Nesenbachtal noch den sog. Westkessel. Die beiden Talbereiche sind durch einen Geländevorsprung voneinander getrennt, der sich vom Birkenkopf (511 m ü. NN) über den Hasenberg (457 m) zur Karlshöhe (343 m) senkt und schließlich bei der Silberburg (287 m) ausläuft. Dieser Geländevorsprung bildet die südliche Umrandung des entsprechend windabgeschatteten Westkessels. Auf die Windverhältnisse der im Zuge des Nesenbachtales gelegenen Bereiche des Stuttgarter Talkessels, wozu auch das Stadtzentrum gehört, übt der Geländevorsprung hingegen eine stark kanalisierende Wirkung aus (**Abb. 2-2** und **Abb. 2-3**)

Von lokalklimatischer Bedeutung für das Plangebiet ist außer der Tallängsachse des Nesenbachtales 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), einer wichtigen nördlichen Passage des städtischen Verkehrs. Vom Killesberg fallen die Geländeeinschnitte der Wartberg- und Steinbergklinge (als IGA-Gelände Teil des ”Grünen U”) zur Heilbronner Straße ab. Im Zuge des ehemaligen Störzbachtales kann diese Geländemulde entlang der Ehmannstraße bis in den unteren Schloßgarten weiterverfolgt werden. Das heute vom Bahnbetriebswerk und Paketpostamt teilweise überbaute Störzbachtal tangiert das Plangebiet Stuttgart 21 im Norden und bildet die Grenze zum Rosensteinpark. Außer dem Störzbachtal gibt es weitere vom erwähnten Höhenrücken zum Nesenbachtal abfallende Geländeeinschnitte mit lokalklimatischer Bedeutung für das Plangebiet: die Eckartshalde, die beim Pragfriedhof einmündet und die Mönchhalde, die vom vorspringenden, den Talkessel stark einengenden Kriegsberg (365 m) über die Türlenstraße und die Wolframstraße zu verfolgen ist.

15.3 Strahlung

Die Sonnenstrahlung stellt unter stadtklimatischen Gesichtspunkten einen bedeutsamen Klimaparameter dar. Dies gilt insbesondere in orographisch stark gegliederten Städten wie Stuttgart. Hier können die Strahlungsverhältnisse im Stadtgebiet auf relativ kurzen Entfernungen große Unterschiede aufweisen, wobei insbesondere die Hangneigung und -orientierung eine wesentliche Rolle spielen. **Abbildung 3-1** zeigt die mittleren Jahreswerte der Globalstrahlung in Stuttgart, die **Abbildung 3-2** die kleinräumige Situation im Bereich des Plangebietes. Die Berechnungen basieren auf den monatlichen Meßwerten der Globalstrahlung in Stuttgart. Berücksichtigt wurden auf der Basis des digitalen Höhenmodells des Landesvermessungsamtes die Orientierung, Neigung und Verschattung des Geländes (GORETZKY, 1995). Es können zusätzlich monatliche Auswertungen sowohl für die Globalstrahlung als auch für die direkte Sonnenstrahlung und die Himmelsstrahlung zur Verfügung gestellt werden.

In den Abbildungen treten die strahlungsbegünstigten vor allem nach Süden gerichteten Hanglagen hervor, die in Stuttgart den Anbau von Wein ermöglichen, der auf besonders sonnige, warme und möglichst frostfreie Mikroklimalagen angewiesen ist. Die lokalen Strahlungsverhältnisse haben jedoch auch Bedeutung im Zusammenhang mit einer energiegerechten Bauleitplanung (BAUMÜLLER et al., 1993). Vor dem Hintergrund des globalen Treibhauseffektes und der Notwendigkeit, die CO_2-Emissionen deutlich zu senken, ist die Nutzung regenerativer Energiequellen sehr wichtig. Dabei geht es insbesondere um die passive Sonnenenergienutzung, wobei die Sonnenwärme zur Unterstützung der Gebäudeheizung und der Warmwasserbereitung mit dem Ziel verwendet wird, einen möglichst großen Teil des Wärmebedarfs zu decken. Die **Abbildung 3-1** verdeutlicht die großen lokalen Unterschiede im Solarstrahlungsangebot, das je nach Lage des (Bau)gebietes in Stuttgart bis zu ca. 60 % differieren kann. Unabhängig von der topographischen Situation kann der solare Strahlungsgewinn durch die Gebäudeorientierung und Fensteranordnung sowie die Vermeidung gebäudebedingter Verschattung noch optimiert werden. Dieser Gesichtspunkt gilt auch für Bebauung im ebenen Gelände. In der Vergangenheit sind die Strahlungsaspekte in der Planung zum Teil zu wenig beachtet worden. Sie sollten in Zukunft bei allen Planungen ein wichtiger Gesichtspunkt sein.

15.4 Thermische Situation

15.4.1 Thermalaufnahmen

Mit der Infrarot-Thermographie erhält man ein Bild der momentanen Temperaturverteilung an der Erdoberfläche. Das Meßprinzip beruht darauf, daß die Oberflächentemperatur eines Körpers berührungslos aus der Ferne durch Messung seiner infraroten Wärmestrahlung ermittelt werden kann. Die Verwendung eines Meßflugzeugs mit einem Scanner als Detektor für das thermische Infrarot ermöglicht die Aufnahme hoch aufgelöster Wärmebilder für ganze Stadtregionen.

Im vorliegenden Fall beträgt die Auflösung bei einer Flughöhe von 3000 m über Grund 7,5 m mal 7,5 m. Die Meßanordnung erfaßt Temperaturdifferenzen der Erdoberfläche von 0,05 K. Die Thermalkartierung vom 18./19. August 1988 wurde jedoch aus praktischen Gründen in Temperaturstufen von 1 K ausgewertet, welche den Bereich von 8 °C bis 23 °C umfassen. Die entsprechende 15-stufige Temperaturfarbskala ist in der **Abbildung 4-1** und **Abbildung 4-2** angegeben. Sie ist für beide Meßtermine identisch und gilt auch für die **Abbildung 4-3** und **Abbildung 4-4.**

Auf diese Weise können die siedlungsbedingten Unterschiede von Temperaturstrukturen im Stadtgebiet auch bezüglich des nächtlichen Abkühlungsverlaufs dargestellt werden. Ziel der Auswertung ist, Hinweise auf Luftaustauschprozesse bzw. auf die Gebiete der Stadtlandschaft zu erhalten, die für die Ausbildung lokaler Windsysteme eine wichtige Funktion haben. Die gegenüber der freien Landschaft höhere Temperatur der Stadt beruht auf dem sog. Wärmeinsel-Effekt der Bebauung. Die dortigen Oberflächenmaterialien, die Bodenversiegelung, das Fehlen von Vegetation, das Vorherrschen senkrechter Oberflächen, die Erzeugung künstlicher Wärme, veränderte Strahlungsströme und Windverhältnisse - um nur die wichtigsten Faktoren zu nennen - bedingen einen insbesondere zur Nachtzeit ausgeprägten Temperaturüberschuß bebauter Gebiete. In Stuttgart wird dieser Effekt durch die Kessellage verstärkt. Andererseits kann nachts auf den umliegenden freien Randhöhen pro-

duzierte Kaltluft über die Hänge und Taleinschnitte in die Stadtbebauung einströmen und dort zum thermischen Ausgleich beitragen. Die Auswertung der Infrarot-Thermographie hat diesen Sachverhalt anschaulich belegt.

Abend-Situation (Abbildung 4-1)

Eine Stunde nach Sonnenuntergang an diesem windarmen, strahlungsreichen Sommertag ist die Abkühlung der Erdoberfläche bereits in vollem Gange und je nach Bodenbeschaffenheit, Bewuchs und Bebauung unterschiedlich fortgeschritten. Eine Orientierungshilfe im Wärmebild bietet das Straßennetz, das zu dieser Tageszeit mit seinen höheren Oberflächentemperaturen einen deutlichen Kontrast bildet. Asphaltflächen, Mauern und Gewässer haben tagsüber die Wärme gespeichert und geben sie langsam wieder ab. In den gelb-roten Flecken herrscht noch eine Oberflächentemperatur von 18 bis 22 °C. Erheblich kühler ist es im geringer besiedelten Umland. An manchen Stellen besteht dort eine Temperatur von nicht einmal 10 °C. Aus dem Luftbild kann unter anderem abgelesen werden, wo sich Frischluftschneisen befinden. Ein Musterbeispiel liefert das Feuerbacher Tal im nordwestlichen Bildausschnitt. Auch in den Stadtteilen Kaltental und Heslach hat sich eine stärkere Abkühlung ergeben - ein Hinweis auf die durch das Nesenbachtal in die Innenstadt abfließende Kaltluft. In der Innenstadt, die sich als wahrer Speicherofen präsentiert, haben sich zunächst Grünanlagen, aber auch Dachflächen - besonders auffallend beim Hauptbahnhof - stärker abgekühlt, während der durch Bebauung begrenzte Straßenraum die Wärme speichert. Ein Warmluftpolster im Kronenraum dicht belaubter Wälder in Kuppenlage bewirkt im Wärmebild einen ähnlichen, klimatisch jedoch ganz anders zu bewertenden Effekt.

Morgen-Situation (Abbildung 4-2)

Das Stadtgebiet präsentiert sich hier vor Sonnenaufgang in der Endphase der nächtlichen Abkühlung, die nur durch das thermische Eigenverhalten der Stadtlandschaft beeinflußt wurde. Wärmer als 16 °C erscheinen nur noch verschiedene innerstädtische Straßenbereiche. Die temperaturträgen Gewässer haben die nächtliche Abkühlung nicht mitvollzogen und sind nun die wärmsten Bildelemente. Auch heben sich die bewaldeten Randhöhen von den durch bodennahe Kaltluft geprägten Tälern und Senken ab. Ein Vergleich der im Nesenbachtal gelegenen stark abgekühlten Stadtquartiere mit dem zentralen Bereich des Westkessels veranschaulicht die Wirkung der im Nesenbachtal dominierenden Kaltluft. Besonders stark abgekühlt haben sich ausgedehnte Dachflächen von Hallenbauwerken (vgl. Hauptbahnhof und Paketpostamt) sowie die ausgedehnten Bahnanlagen im Vorfeld des Hauptbahnhofs mit der Gleisharfe des Abstellbahnhofs.

Betrachtung des Innenstadtausschnitts (Abb. 4-3 und Abb. 4-4)

Wie aus der **Abb. 1-1** hervorgeht, engen Kriegsberg und Uhlandshöhe den Talkessel in der Nähe des Hauptbahnhofes merklich ein, und der Talverlauf nordöstlich davon öffnet sich flacher und weitläufiger zum Neckartal. Der abendliche Meßflug (**Abb. 4-3**) bildet die bebauten Zonen dieses Gebietes ebenso warm ab wie den inneren Teil des Talkessels. Zum Morgen hin ist aber in diesem nordöstlichen Teil die Abkühlung weiter vorangeschritten, da hier ausgedehntere Frei- und Grünflächen vorhanden sind, die im morgendlichen Wärmebild (**Abb. 4-4**) drei Bebauungszentren voneinander trennen: Das Gebiet an der Heilbronner Straße zwischen Türlen- und Friedhofstraße, das Baugebiet zwischen Nordbahnhof und Rosensteinstraße sowie das Gebiet zwischen Neckartor, Unterem Schloßgarten und Villa Berg .

Im morgendlichen Wärmebild fallen die Geländeeinschnitte Eckartshalde (ehem. Stadtgärtnerei) sowie die Wartberg-/Steinberg-Klinge im Stuttgarter Norden als kühle Flächen und Frischluftschneisen auf. Ihre besondere Bedeutung liegt darin, daß sie die Verbindung herstellen zwischen größeren Grünflächen der Feuerbacher Heide und des Höhenparks Killesberg und dem tiefer gelegenen Gebiet an der Heilbronner Straße mit dem Pragfriedhof und dem Rosensteinpark. Die Kaltluftwirksamkeit dieser Geländeeinschnitte, insbesondere auch der vom Kriegsberg nahe dem Hauptbahnhof ausgehenden Mönchhalde ist im Wärmebild an dem örtlich nahezu ausgelöschten oder stark verwischten Straßenschema abzulesen. Das Fehlen weiterer klimaktiver Hangflächen wird hier im Stuttgarter Norden kompensiert durch die Vegetation der Schloßgartenanlagen, des Rosensteinparks, des Pragfriedhofes sowie des Parkgeländes Villa Berg (zu Stuttgart-Ost gehörend).

Die Gleisanlagen im Dreieck zwischen Rosensteinstraße, Rosensteinpark und Unterem Schloßgarten zeichnen sich im Vergleich zum Pragfriedhof beim morgendlichen Meßflug als ausgekühlte Zone ab. Die schnelle Abkühlung der Gleisanlagen ist im Gegensatz zu den Straßenflächen auf das große Porenvolumen des Schotterbettes unter den Eisenbahnschienen zurückzuführen. Das große Porenvolumen isoliert den Gleiskörper als Ganzes thermisch vom Erdboden, desgleichen auch die einzelnen Schottersteine untereinander, so daß nur eine dünne Schicht der Steinpackung am Tage durch die Sonneneinstrahlung erwärmt wird. Bei der nächtlichen Wärmeausstrahlung erhält diese Schicht keinen Wärmenachschub vom Unterbau her, und das Schotterbett kühlt entsprechend schnell ab.

Damit wird in unmittelbarer Nachbarschaft zur Innenstadt und im Bereich des wichtigen Nesenbachtals eine beträchtliche Temperaturdifferenz als auslösendes Moment für Luftbewegungen aufrechterhalten. Zudem kann das heutige Bahngländе - obgleich ein künstliches, das Relief des Talbodens stark veränderndes Bauwerk - aufgrund seiner Hindernisstruktur vom Wind leicht überströmt werden, so daß es sich bei den Gleisanlagen um eine für den innerstädtischen Luftaustausch wichtige Zone handelt.

Diese Feststellung gibt Anlaß zur Frage nach den klimatischen Eigenschaften ausgedehnter Bahnanlagen. Dazu hat der Deutsche Wetterdienst an Rangierbahnhöfen in München umfangreiche Untersuchungen angestellt (DWD, 1994): Gleisanlagen kühlen danach - wie oben schon dargestellt - nachts stärker ab als Siedlungen. Sie bleiben jedoch wärmer als innerstädtische Parkanlagen oder freie Wiesengrundstükke. Rangierbahnhöfe lassen keinen so starken Wärmeinseleffekt erwarten, wie er in dichter bebauten Stadtbereichen möglich ist. Gegenüber zuvor landwirtschaftlich genutzten Bereichen würde die Einrichtung von Gleisanlagen nur untergeordnete Auswirkungen auf den Temperaturhaushalt haben. Auch für die Luftfeuchtigkeit ergaben sich im Monatsmittel keine meßbaren Abweichungen zur landwirtschaftlich genutzten Umgebung. Kleinräumige Zirkulationssysteme ausgehend von dem Gelände des Rangierbahnhofs waren ebensowenig nachzuweisen wie eine Behinderung von Windsystemen durch die Gleisanlagen. Aufgrund dieser Befunde ähneln Bahnanlagen mehr dem Klimatop der Freiflächen als dem städtischer Bebauung.

Zählt man das Vogelsangtal im Stuttgarter Westen, die Hangpartien des Hasenbergs sowie die Einmündung des Nesenbaches in Heslach zu den Frischluftschneisen der südöstlichen Talumrandung hinzu, erhält man im Zusammenhang mit dem Zentrum der städtischen Wärmeinsel zwischen Silberburg und Kriegsberg die Vorstellung ei-

nes von Südwest über Süd und Südost zur Innenstadt orientierten bodennahen Luftaustausches.

15.4.2 Bioklima

15.4.2.1 Tage mit Wärmebelastung

Über seinen Wärmehaushalt ist der Mensch am engsten mit den atmosphärischen Umweltbedingungen verknüpft. Diese umfassen die meteorologischen Elemente Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwellige Strahlung, die thermophysiologische Auswirkungen auf den Menschen besitzen. Die gesundheitliche Bedeutung hängt mit der Vernetzung von Thermo- und Kreislaufregulation zusammen.

Der Mensch paßt sich über die Variation seiner Bekleidung im Jahresgang weitgehend an die thermischen Umgebungsbedingungen an. Während einer großen Zahl von Tagen im Jahr kann so optimale Behaglichkeit erreicht werden. Wärmebelastung trotz Sommerkleidung und Kältereiz trotz Winterkleidung liegen vor, wenn bestimmte Schwellen überschritten werden. Die Thermoregulationsmechanismen des Organismus werden dann zunehmend gefordert. Die damit verbundene Veränderung der Durchblutung mit verstärktem Schwitzen bei Wärme bzw. Erhöhung des Energieumsatzes z. B. durch Zittern bei Kälte weisen auf die Belastung des Herz-Kreislauf-Systems und der Atmung hin. Während eine Behinderung der Wärmeabgabe immer eine Belastung bedeutet, ist Kälte dagegen ambivalent. Sie kann sowohl eine Belastung darstellen als auch einen erwünschten Umweltreiz, der die Anpassungsfähigkeit des Organismus trainiert.

Abbildung 4-5 enthält eine Darstellung der mittleren jährlichen Anzahl von Tagen mit Wärmebelastung in Stuttgart. **Abbildung 4-6** zeigt einen Ausschnitt für das Gebiet Stuttgart 21 und die nähere Umgebung. Man erkennt große Unterschiede mit bis zu über 30 Tagen mit Wärmebelastung im Jahr in der Kessellage der Stuttgarter Innenstadt und den im Neckartal gelegenen Stadtteilen. Hingegen finden sich in der Umgebung, insbesondere im Filderraum vielfach auch innerhalb der Bebauung weniger als 20 Tage mit Wärmebelastung, in den Waldgebieten unter 10 Tage (JENDRITZKY, 1995). Das Plangebiet Stuttgart 21 weist heute etwa 30 Tage jährlich mit Wärmebelastung auf. Die positive Wirkung von Freiflächen und Grünanlagen ist daran erkennbar, daß hingegen der benachbarte Rosensteinpark und der Schloßgarten sowie der Pragfriedhof nur etwa 22 Tage mit Wärmebelastung verzeichnen.

15.4.2.2 Kleinräumige Modellierung

Aus den städtebaulichen Planungen im Zusammenhang mit dem Projekt Stuttgart 21 wurde für das südliche Teilgebiet ein Bebauungsplan entwickelt. Für das Teilgebiet A nördlich des Stuttgarter Hauptbahnhofes, das durch die Heilbronner Straße, die Wolframstraße, den Schloßgarten und das Bahnhofsgebäude begrenzt wird, wurden kleinklimatische Modellierungen zu den Themen Windkomfort und Durchlüftung, lufthygienische Verhältnisse, bioklimatische Verhältnisse sowie Beschattungsverhältnisse im Bereich der geplanten wie auch der angrenzenden bestehenden Be-

bauung durchgeführt (BLAZEK et al, 1998). Modellierungen erfolgten insbesondere auch im Bereich des zu ändernden Hauptbahnhofs.

Aufgrund der Komplexität der Strömungsverhältnisse erfolgten einige der kleinräumigen Untersuchungen im Windkanal (**Abb. 4-7**). Die lufthygienischen Auswirkungen der städtebaulichen Planung wurde mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM durchgeführt. Dabei konnten die für das Modell erforderlichen Parameter anhand der Ergebnisse der Windkanalmodellierungen optimiert werden.
Die **Abbildung 4-8** und **Abbildung 4-9** zeigen beispielhaft Ergebnisse der mit MISKAM durchgeführten Schadstoffberechnungen für den Bereich um den Hauptbahnhof. Neben dem heutigen Zustand (**Abb. 4-8**) wurde auch der Planungszustand (**Abb. 4-9**) im Jahre 2010 prognostiziert.

Im Istzustand finden sich im Bereich um den Hauptbahnhof relativ hohe Benzolkonzentrationen. Der Prüfwert der 23. BImSchV von 10 µg Benzol/m^3 wird an einem Gebäude an der Ostseite der Friedrichstraße deutlich überschritten. Der Planzustand zeigt ein deutlich geringeres Immissionsniveau. Die höchsten Konzentrationen an der Bebauung nahe der Heilbronner Straße liegen bei etwa 4.5 ug/m^3 Benzol. Dies kommt durch die besseren Abgaswerte der Fahrzeuge und der reduzierten Verkehrsmenge zustande.

15.5 Windverhältnisse

15.5.1 Windmessungen

Der Wind, charakterisiert durch Windgeschwindigkeit und Windrichtung, übt Druck- und Sogkräfte aus, transportiert Teilchen, bewirkt infolge Turbulenzerzeugung Mischung, Lüftung, Verwehung, Wärmeübergang und verursacht auch Geräusche. Er bestimmt die Ausbreitung von Luftschadstoffen und ist deshalb sehr bedeutsam für die lufthygienischen Verhältnisse der Städte.

Ein wesentliches Merkmal des Stuttgarter Klimas ist seine Windarmut, die nicht allein auf die Lage der Stadt in zwei Stufenrandbuchten der Keuperhöhen zurückzuführen ist. Die gesamte Region des Neckarbeckens ist für niedrige Windgeschwindigkeiten bei großer Häufigkeit von Windstillen bekannt. Dies ergibt sich durch die großräumige Luftdruckverteilung in Süddeutschland und die Abschattung durch den Schwarzwald, die Schwäbische Alb, den Schurwald und den Schwäbisch-Fränkischen Wald.

Bedingt durch die Orographie kann für Stuttgart keine einheitliche Windrose angegeben werden. Am ehesten ist noch die Windrose für den Flughafen Stuttgart geeignet, den regionalen Wind zu beschreiben. Die Richtung der im Mittel mit 21 Prozent häufigsten und auch stärksten Winde ist hier 240° (West-Südwest). Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt am Flughafen 2,5 m/s und ist somit sehr niedrig, so daß lokale Luftaustauschbewegungen gegenüber norddeutschen Städten größere Bedeutung erlangen.

Vom Plangebiet Stuttgart 21 selbst liegen bislang keine Windmessungen vor, wohl aber von der etwa 2 km entfernt in der Talachse des Nesenbachtales gelegenen stadteigenen Meßstation Schwabenzentrum. Die Windmessungen erfolgen dort über

Dachniveau in einer Höhe von 25 m über Grund. Aufgrund der topographischen Gegebenheiten können diese Messungen auf das Plangebiet Stuttgart 21 näherungsweise übertragen werden, da sie für die Windverhältnisse im Zuge des Nesenbachtals charakteristisch sind.

Nach diesen Messungen beträgt die mittlere Windgeschwindigkeit in der Kessellage der Innenstadt und damit auch im Plangebiet Stuttgart 21 etwa 2 m/s. Sie fällt damit noch niedriger aus als am Flughafen.

Die **Abbildung 5-1** und **Abbildung 5-2** geben die Windrichtungsverteilungen getrennt für die Tag- bzw. Nachtstunden wieder. Man erkennt in beiden Darstellungen die insgesamt größere Häufigkeit südwestlicher Winde, wie dies aufgrund der Hauptwindrichtung für die Region Stuttgart typisch ist. Die von Südwest nach Nordost orientierte Achse des Nesenbachtales übt dabei noch eine kanalisierende Wirkung aus, so daß in dem Teil des Stuttgarter Talkessels, der im Zuge des Nesenbachtales liegt, talparallele Windrichtungen weitaus vorherrschen.

Da die Windrichtung eine der wenigen meteorologischen Größen ist, die gewöhnlich keinem Tagesgang unterliegt, deutet der Sachverhalt unterschiedlicher Windrosen für die Tag- bzw. Nachtstunden auf ein tagesperiodisches lokales Windsystem. Die wesentlich häufigeren Südwestwinde in der Nacht (38 % gegenüber 19 % am Tag) sind auf den sich im Nesenbachtal ausbildenden nächtlichen Bergwind zurückzuführen, wobei die nachts auf den Freiflächen im Filderraum und Glemstal produzierte Kaltluft als ”Nesenbächer” durch das Nesenbachtal abfließt. Tagsüber versiegt der Kaltluftfluß, und mit der Erwärmung des Tales kommt es häufig infolge des Talwindes zu einer Umkehr der Windrichtung. Die abgebildeten Windrosen geben die Verhältnisse wieder, die sich durch die Überlagerung des lokalen Kaltluftflusses mit den regional ”aufgeprägten” Windverhältnissen ergeben. Man muß davon ausgehen, daß der Einfluß des nächtlichen Bergwindes über den Meßpunkt Schwabenzentrum hinaus bis zum Neckartal zu verfolgen ist.

Bei der herrschenden Windarmut bzw. Austauscharmut sind diese lokalen Windsysteme für die Belüftung und zum thermischen Ausgleich im lufthygienisch und thermisch belasteten Stadtkessel sehr erwünscht. Die notwendige Erhaltung dieses lokalen Windsystems, das zusätzlich von den Hängen mit ihren klingenartigen Geländeeinschnitten gespeist wird, ist eine Grundforderung der Stadtklimatologie. Dies setzt auch die langfristige Sicherung der zugehörigen Kaltlufteinzugsgebiete voraus.

15.5.2 Kaltluftfluß

Der Abschirmungseffekt der umgebenden Höhenzüge hat zur Folge, daß die speziell an den Hängen und in den Tälern häufig sich entwickelnden lokalen Windsysteme sehr deutlich in Erscheinung treten. Sie erreichen zwar keine hohen Windgeschwindigkeiten, aber für die lokale Belüftung der Stadtteile übernehmen sie eine wichtige Rolle. Die **Abbildung 5-3** zeigt Modellberechnungen (SCHÄDLER, 1996) der sich aus dem Kaltluftfluß ergebenden Windgeschwindigkeiten in Stuttgart (Schichthöhe 0-50 m). Die höchsten Geschwindigkeiten der Kaltluft treten an den steileren Hängen sowie im Nesenbachtal und Rohrackertal auf und erreichen im Maximum bis zu 3 m/s.

Entscheidender als die Geschwindigkeit der Kaltluftströme sind jedoch die Mengen an Kaltluft. In der **Abbildung 5-4** (Gesamtstadt) und **Abbildung 5-5** (Innenstadt mit Plangebiet) ist deshalb die Kaltluftvolumenstromdichte dargestellt. Im vorliegenden Fall ist die Kaltluftvolumenstromdichte diejenige Kaltluftmenge im m^3, die pro Sekunde durch einen 1 m breiten Streifen zwischen Erdoberfläche und 50 m über Grund (senkrecht zur Strömung) fließt. Ihre Einheit ist m^3/ms bzw. m^2/s.

Die Ergebnisse der Kaltluftflußberechnung berücksichtigen allein die für Entstehung, Abfluß und Bilanzierung maßgebenden Parameter. In diesem Modellierungsschritt nicht enthalten ist die Überlagerung mit dynamischen Windfeldkomponenten, d.h. durch das Relief bedingte Veränderungen der großräumigen Windverhältnisse sind darin nicht enthalten. Im folgenden Kapitel werden deshalb die berechneten dynamischen Windfeldkomponenten dargestellt und in einem weiteren Bearbeitungsschritt mit den Kaltluftflüssen zu statistischen Windrichtungsverteilungen (Windrosen) überlagert.

Die in Kapitel 4 behandelte Infrarot-Thermographie basiert auf Messungen und Auswertungen während einer Strahlungswetterlage mit geringem überregionalem Wind. Damit stellen die ”Wärmebilder” des Stadtgebietes eine thermische Situation dar, die den Grundlagen der Berechnung der Kaltluftflüsse entspricht. Somit empfiehlt es sich, beide Auswertungen im Zusammenhang zu betrachten.

Die Zufuhr von Luft über Vegetationsflächen hinweg gestaltet sich im Stuttgarter Westen sehr schwierig, da nur wenig ausgedehnte Einzugsgebiete für den Nachschub reiner Luft sorgen können. Vom Birkenkopf und Hasenberg ausgehend ist vor allem über das Vogelsangtal ein Beitrag zur Belüftung des Westkessels zu erwarten. Das Einströmen der Luft in Bodennähe wird in diesem Bereich durch das Vorhandensein von Grün- und Freiflächen begünstigt. Im Gegensatz zum Westkessel hat das Nesenbachtal bessere Durchlüftungsmöglichkeiten. Dafür sprechen die Zugänglichkeit des Tales für vorherrschende Windströmungen, die Ausbildung der Talsohle als breiter Verkehrsweg sowie die Existenz der Schloßgartenanlagen am Talausgang. Für die Ausbildung eines lokalen Luftaustausches über die Hänge hinweg bestehen durch ausgedehntere, zusammenhängende Grünflächen im Süden und Südosten der Innenstadt vorteilhafte Voraussetzungen. Die starke Gliederung der Hänge in oft schluchtartigen Taleinschnitten bietet der kühleren Hangluft bevorzugte Abflußmöglichkeiten zum innerstädtischen Bereich.

In Bezug auf die Planungen von Stuttgart 21 sind, wie die **Abbildung 5-5** verdeutlicht, folgende Gebiete mit Kaltluftflüssen von Bedeutung:

- Wartberg-/Steinberg-Klinge
- Eckartshalde
- Mönchhalde

Wie die Modellberechnungen ergeben haben, finden diese hangseitigen Strömungen nur in Bodennähe statt und erreichen als Hangabwinde Höhen von bis zu ca. 15 m.

Ferner erfolgt ein starkes Einströmen von Kaltluft bei der Talverengung zwischen Uhlandshöhe und Kriegsberg im Zusammenhang mit dem ”Nesenbächer” bis zum ”Unteren Schloßgarten”. Eine entgegengerichtete Strömung aus Nordosten hat ihren Ursprung im Rosensteinpark und im Neckartal. Diese Strömungen sind wesentlich

mächtiger als die Kaltluftflüsse über die Hänge und kleinen Klingen des Kesselrandes und erreichen Höhen von über 50 m. Für den Luftaustausch des Innenstadt-Kessels sind diese Strömungen von großer lufthygienischer Bedeutung, während die bodennahen Kaltluftströme mehr kleinräumige Auswirkungen in lufthygienischer bzw. bioklimatischer Sicht haben.

15.5.3 Windfeld reliefbedingt

Neben den Kaltluftflüssen ist in einem Gebiet mit ausgeprägtem Relief die kleinräumige dynamische Veränderung des überregionalen Windes von Bedeutung. So kommt es in den Tälern zu Kanalisationseffekten der Windrichtung und an den Hügeln z. T. zu starken Veränderungen der Windgeschwindigkeit. Während in den Kuppenlagen durch Düseneffekte höhere Windgeschwindigkeiten auftreten, sind im Windschatten die Windgeschwindigkeiten deutlich gemindert.

Die diagnostische Windfeldmodellierung mit dem Rechenmodell DIWIMO (SCHÄDLER 1996) gestattet es, die oben genannten Effekte im Stadtgebiet von Stuttgart zu berechnen.

Für Stadtklima 21 wurde der Einfluß des Reliefs auf das Windfeld für die acht Hauptwindrichtungen (N, NO, O, SO, S, SW, W, NW) untersucht. Dabei wurde eine neutrale bis leicht stabile Schichtung der Atmosphäre vorausgesetzt, da dies in etwa den mittleren Verhältnissen in Stuttgart entspricht.
Bei den Berechnungen wurde eine einheitliche Anströmung in einer Höhe von 700 m ü.NN angenommen, wobei die Windgeschwindigkeit dort auf 10 m/s gesetzt wurde. Die berechneten Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten gelten für eine Höhe von 10 m über dem Boden.

In der **Abbildung 5-6** ist das Strömungsfeld von Stuttgart für die Windrichtung (Anströmrichtung) NW dargestellt. Die **Abbildung 5-7**, **Abbildung 5-8** und **Abbildung 5-9** zeigen für das engere Plangebiet die Situation für die Windrichtungen SW, O und NW. Man erkennt jeweils deutlich die höheren Windgeschwindigkeiten auf den Kuppenlagen (Uhlandshöhe, Kriegsberg) und die stark reduzierten Geschwindigkeiten im Stadtkessel und im Lee der Hügel.

Überlagert man die Ergebnisse der Windfeldberechnungen mit denen der Kaltluftflüsse, unter Einbeziehung der Häufigkeiten der Einzelsituationen, ergeben sich die Windrosen wie sie in Kapitel 5-4 dargestellt sind.

15.5.4 Berechnete Windrosen

Die Darstellung der flächenhaften Verteilung der Windstatistiken (Windrosenbeete) liefert einen guten Überblick über die mittleren Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet.

Berechnet wurden die synthetischen Windrosen durch die Kombination der Windfeldmodellierung (Kapitel 5-3), der Berechnung der Kaltluftflüsse (Kapitel 5-2) sowie der Einbindung von gemessenen Windrosen. Diese synthetischen Windrosen gestatten einen direkten Vergleich mit gemessenen Windrosen.

Die **Abbildung 5-10** zeigt eine Auswahl synthetischer Windrosen im Raum Stuttgart, während in der **Abbildung 5-11** Windrosen des näheren Bereichs der Planung Stuttgart 21 dargestellt sind. Deutlich wird die bekannte Tatsache, daß in Stuttgart, abhängig vom jeweiligen Standort, sehr unterschiedliche Windrosen auftreten.

Insbesondere läßt **Abbildung 5-10** die starke Kanalisierung der Windverhältnisse im Nesenbachtal erkennen. Hier dominieren südwestliche und nordöstliche Windrichtungen, während an relativ nahe gelegenen anderen Standorten auch andere Windrichtungen häufiger auftreten.

Im Plangebiet Stuttgart 21 (**Abbildung 5-11**) ist die Kanalisierung des Nesenbachtals nicht mehr zu erkennen. Diese ist eng auf die Talachse begrenzt. Die im Plangebiet berechneten Windrosen sind in allen Windrichtungen häufiger belegt. Am östlichen Rand des Plangebietes dokumentiert sich der Einfluß von aus dem Nekkartal einfließender Kaltluft. Auch die von den westlichen Höhen (Kriegsberg) abfließende lokale Kaltluft hat Einfluß auf die dortige Windverteilung.

15.5.5 Windfeld bebauungsbedingt

Mit dem Modell MULIMO-3 wird durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) die klimatische Situation an einem Sommertag zu drei Terminen (15h, 21h und 03h) näher untersucht und dies sowohl für den Istzustand als auch für die Planung 2010. Diese Untersuchungen, die auch das Windfeld einschließen, sind derzeit noch nicht abgeschlossen. Die **Abbildung 5-12** dient deshalb hier nur als Beispiel.

15.6 Emissionen

Aktuelle Angaben zu den Emissionen im Plangebiet Stuttgart 21 und in der Umgebung lagen zu Beginn der Untersuchungen leider nicht vor. Das als Grundlage für den Luftreinhalteplan Stuttgart erhobene Emissionskataster basiert auf dem Jahr 1985. Die Katasterfortschreibung ist inzwischen abgeschlossen und wird Anfang 1999 zur Verfügung stehen.

Während die Emissionen einiger Schadstoffkomponenten inzwischen deutlich abgenommen haben (z. B. Schwefeldioxid, Staubniederschlag und Blei) und kein lufthygienisches Problem mehr darstellen, kann davon ausgegangen werden, daß die Stickoxidemissionen sich bislang nur relativ wenig verändert haben. Sie stammen zu einem großen Teil aus dem Kraftfahrzeugverkehr und repräsentieren somit die in heutiger Zeit für die Schadstoffbelastung bedeutendste Quellengruppe. Eine weiteres Problem stellen Benzol und Ruß in Straßenräumen dar (s.a. Kap. 15.7).

In der **Abbildung 6-1** sind die Stickoxidemissionen je Quadratkilometer für das Plangebiet und die Umgebung dargestellt. Sie variieren zwischen knapp 300 t/a je km² im Innenstadtbereich und etwa 7 t/a und km² am Ortsrand von Gablenberg. Im unmittelbaren Plangebiet betragen die Stickoxidemissionen etwa 70 bis 130 t/a und km².

Das Emissionskataster läßt zudem erkennen, daß die Stickoxidemissionen zu einem großen Anteil der Quellengruppe Kraftfahrzeugverkehr entstammen. Nur relativ geringe Anteile sind dem Hausbrand zuzuordnen. Der Beitrag der Quellengruppe Industrie und Gewerbe ist noch geringer und auf wenige der betrachteten Flächen begrenzt.

15.7 Immissionen

15.7.1 Flächige Luftbelastung

Die im Stadtgebiet Stuttgart flächendeckend vorliegenden Erhebungen der Luftschadstoffkonzentrationen basieren auf den Jahren 1985/1986. Zwischenzeitlich haben sich hier aufgrund der zahlreichen Maßnahmen zur Luftreinhaltung zum Teil gravierende Veränderungen ergeben, so daß die genannten Daten heute nicht mehr als repräsentativ angesehen werden können. Das Land Baden-Württemberg hat deshalb die Fortschreibung des Immissionskatasters veranlaßt, wobei Ergebnisse jedoch erst im Laufe des Jahres 1997 zu erwarten waren.

Um dennoch Angaben zur Grundbelastung des Gebietes Stuttgart 21 machen zu können, wird auf die im Landesmeßnetz betriebenen Meßstationen Stuttgart-Mitte und Stuttgart-Bad Cannstatt sowie auf die Meßstation Schwabenzentrum des Amtes für Umweltschutz zurückgegriffen. Durch Mittelung der an diesen Stationen im Jahr 1995 gemessenen Konzentrationen lassen sich näherungsweise für das Plangebiet Stuttgart 21 mittlere Luftbelastungswerte angeben. Sie sind in der Tabelle 7-1 aufgelistet. Dabei bedeutet I_1 die mittlere Jahresbelastung; I_2 als 98-Perzentil ist ein Maß für mittlere Spitzenbelastungen. Die Tabelle enthält zusätzlich die vom Gemeinderat der Landeshauptstadt Stuttgart beschlossenen Umweltqualitätsziele Luft (Zieljahr 1997 für flächenhafte Einhaltung der Zielwerte; Zielwert 2).

Die Tabelle 7-1 läßt erkennen, daß im Plangebiet für die wesentlichen Schadstoffe die Zielwerte 2 sowohl hinsichtlich der mittleren Belastung als auch hinsichtlich der mittleren kurzfristigen Spitzen eingehalten sind. Lediglich der I_2-Wert für Ozon liegt knapp über dem Zielwert von 120 µg/m³.

Um detaillierte (örtlich repräsentativere) Daten über die Luftbelastung und den Luftaustausch im Plangebiet zu erhalten, wurde am Ende der Gleisanlagen beim Bahnpaketpostamt an der Ehmannstraße eine Vielkomponenten-Meß-station errichtet (Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen), die ein Jahr betrieben werden soll. Die Ergebnisse werden im ersten Halbjahr 1997 vorliegen.

Schadstoff	**I_1**	**I_2**	**Zielwert I_1 flächig**	**Zielwert I_2 flächig**
NO_2	39	80	50	135
SO_2	7	27	50	120
CO	1 000	3 000	3 000	10 000
O_3	33	130	40	120
Staub	27	80	50	100

Tab. 7-1: Schadstoffgrundbelastung im Gebiet Stuttgart 21, Werte in µg/m³

Die **Abbildung 7-1** zeigt die im Umfeld des Plangebiets Stuttgart 21 vorhandenen Luftmeßstationen sowie die Straßenmeßpunkte (Amt für Umweltschutz) und die Rastermeßpunkte (derzeitige Aktualisierung des Immissionskatasters) zur Erfassung der Luftbelastung.
Nach der Aktualisierung des Immissionskatasters 1996 werden im 1 km-Raster Daten für folgende Schadstoffe zur Bearbeitung bereitstehen:

SO_2, NO/NO_2, CO, O_3, Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol, Trichlorethen, Tetrachlorethen, Staubniederschlag, Inhaltsstoffe des Staubniederschlags (Pb, Cd, Tl, As), Schwebstaub, Inhaltsstoffe des Schwebstaubs (Pb, Cd, As, Ni), Ruß, Asbest, BaP.

15.7.2 Luftbelastung an Straßen (Messungen)

Im unmittelbaren Straßenraum sind die Luftbelastungen in der Regel erheblich höher. Messungen des Amtes für Umweltschutz mit einem Meßwagen ergaben an den für die Planung maßgeblichen Straßenmeßpunkten für das Jahr 1995 die in der Tabelle 7-2 aufgeführten Schadstoffkonzentrationen. Die höchsten Schadstoffbelastungen wurden am Neckartor gemessen und erreichten dort für NO_2 den Grenzwert (IW_1) der TA Luft.

Die vom Gemeinderat für die punktuelle Einhaltung beschlossenen Zielwerte sind in Tabelle 7-3 angegeben. Am Meßpunkt Neckartor werden die Zielwerte (1997) für die mittlere NO_2- und Benzolbelastung erreicht bzw. überschritten.

Meßpunkt	**NO_2 (µg/m³)**		**CO (mg/m³)**		**Benzol (µg/m³)**	
	I_1	**max.**	**I_1**	**max.**	**gemes.**	**berechn.**
Charlottenplatz	57	124	1,6	4,9	-	7
Neckartor	80	142	3,8	14,2	39*	17
Berger Tunnel	74*	148*	1,5*	3,6*	-	-
Hauptbahnhof	72	128	1,9	5,2	11	10
Pragsattel	72	121	3,3	11,3	-	15

Tab. 7-2: Luftbelastung an ausgesuchten Straßen in der Umgebung des Plangebietes 1995; *Werte aus 1994

Bei den durchgeführten Messungen mit dem Meßwagen handelt es sich um Stichprobenmessungen, d. h., daß an jedem Meßort pro Jahr ca. 52 mal jeweils ca. ½ Stunde gemessen wird. Bei diesen Messungen ist die Berechnung des 98-Perzentilwertes infolge der geringen Anzahl der Messungen nicht möglich. Stattdessen wurde in die Tabelle 7-2 der höchste Meßwert (”max.”) aufgenommen.

Punktuelle Zielwerte (Mittelwerte I1)

Zielwert (Jahr)	NO_2 (µg/m³)	SO_2 (µg/m³)	CO (µg/m³)	O_3 (µg/m³)	Staub (µg/m³)	Benzol (µg/m³)	Ruß (µg/m³)	Luftbel.-index (LBI1)
1 (1997)	80	140	10000	50	150	25	15	2,5
2 (2000)	50	50	3000	40	50	10	8	1
3 (2005)	30	15	1000	30	30	2,5	5	0,5
4 (> 2005)	20	5	500	30	20	< 1	2	0,3

Punktuelle Zielwerte (Kurzzeitbelastung I2)

Zielwert (Jahr)	NO_2 (µg/m³)	SO_2 (µg/m³)	CO (µg/m³)	O_3 (µg/m³)	Staub (µg/m³)	Benzol (µg/m³)	Ruß (µg/m³)	Luftbel.-index (LBI2)
1 (1997)	200	400	30000	180	300	–	–	2,6
2 (2000)	135	120	10000	120	100	–	–	1
3 (2005)	75	50	3000	100	75	–	–	0,6
4 (> 2005)	50	30	1000	70	50	–	–	0,3

Zielwert 4: entspricht weitgehend den natürlichen Konzentrationen
CO_2-Minderungsziel: CO_2-Minderung um 30 % bis 2005

Tab. 7-3: Zielwerte für die Luftqualität der Landeshauptstadt Stuttgart in Straßenräumen

15.7.3 Luftbelastung an Straßen (Berechnungen)

Zur Abschätzung der Schadstoffbelastung an Straßen ist es notwendig, die Kausalbeziehung Emission - Transmission - Immission modellhaft exakt nachzubilden. Das Ergebnis ist ein Ausbreitungsmodell. Im vorliegenden Fall wurden die Berechnungen durch das Ingenieurbüro Dr. A. Lohmeyer, Karlsruhe, unter Verwendung des Rechenmodells PROKAS durchgeführt, wobei das maßgebliche das Plangebiet tangierende Straßennetz berücksichtigt wurde.

Dabei gehen als Eingangsgrößen in das Modell Angaben über den Verkehr (Verkehrsaufkommen, Fahrverhalten, Verkehrs- bzw. Emissionstagesgang), die Meteorologie (Windströmung klassifiziert in 36 verschiedene Windrichtungsklassen und 9 verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen sowie Ausbreitungsbedingungen, klassifiziert in 6 verschiedene Ausbreitungsklassen) und die geometrischen Randbedingungen (Topographie) ein. Die genannten Ausbreitungsklassen berücksichtigen, daß die Verdünnung der Abgase außer vom Wind auch von der Stabilität der Atmosphäre abhängt.

Berechnet wurden die Stickstoffdioxidkonzentrationen (Jahresmittelwert und 98-Perzentil als Maß für kurzfristige Spitzenbelastungen), die mittleren Benzol-

und die mittleren Rußkonzentrationen. Bei den genannten Komponenten treten erfahrungsgemäß in lufthygienischer Hinsicht die größten Probleme auf. Außerdem sind diese Komponenten relevant im Zusammenhang mit Verkehrsbeschränkungen nach §40 (2) BImSchG. Das Modell berechnet die Konzentrationen dabei stets so, daß die tatsächlichen Belastungen eher etwas überschätzt werden und man somit bei lufthygienischen Beurteilungen auf der sicheren Seite liegt.

Im Modell wird die Gesamtbelastung aus den Kenngrößen für die Vorbelastung (Grundbelastung) und die Zusatzbelastung durch das Straßennetz ermittelt. Die dargestellten Abbildungen (**Abb.7-2, Abb.7-3, Abb.7-4, Abb.7-5**) geben die Ergebnisse der Berechnungen für das Jahr 1995 bzw. für das Jahr 2000 (bei unveränderter Verkehrsführung und gleicher Verkehrsmenge) wieder. Man erkennt allgemein bei den dargestellten Komponenten jeweils die hohen straßennahen Konzentrationen, während abseits der Straßen die Belastungen deutlich abnehmen, so daß sich schmale Belastungskorridore abbilden.

Für das Stichjahr 1995 liegen die mittleren Stickstoffdioxidkonzentrationen (**Abb. 7-2**) in der Willy-Brandt-Straße/Cannstatter Straße (B 14) und im Bereich der Heilbronner Straße (B 27) beispielsweise zum Teil über dem TA Luft Grenzwert von 80 µg/m^3, während sich im inneren Bereich des Rosensteinparks nur noch Werte zwischen 25 und 40 µg/m^3 ergeben. Bis zum Jahr 2000 ist ein Rückgang der NO_2-Belastungen erkennbar, doch werden auch dann noch die straßennahen Konzentrationen deutlich über dem Zielwert von 50 µg/m³ liegen (**Abb. 7-3**).

Die Kurzzeitbelastungen bei Stickstoffdioxid betragen für 1995 entlang der stark befahrenen Straßen zum Teil mehr als 160 µg/m^3 (Heilbronner Straße, Pragstraße, Wolframstraße, Willy-Brandt-Straße, Cannstatter Straße). Sie liegen damit über dem Prüfwert der 23. BImSchV für verkehrslenkende bzw. beschränkende Maßnahmen. In den straßenfernen Gebieten nehmen die Kurzzeitwerte auf bis zu etwa 50 µg/m^3 ab. Auch hier sind bis zum Jahr 2000 nur geringe Konzentrationsminderungen festzustellen.

Auch die mittleren Benzolkonzentrationen (**Abb. 7-4**) überschreiten für 1995 die Prüfwerte der 23. BImSchV von 15 bzw. 10 µg/m^3 in den Hauptstraßen. Diese Aussage gilt auch für Ruß bezogen auf die Prüfwerte 14 bzw. 8 µg/m^3. Abseits der Straßen hingegen nehmen die Benzolwerte auf 2.5 bis 5 µg/m^3 ab, bei Ruß auf 2 bis 4 µg/m^3. Bei Benzol indessen ist bis zum Jahr 2000 eine starke Abnahme der Belastung zu erwarten (**Abb. 7-5**).

Die vom Gemeinderat der Landeshauptstadt Stuttgart beschlossenen Zielwerte Luft (gem. Tab. 7-3) sind für die Zeitstufe 1997 (Zielwert 1) auf der Basis der Verhältnisse 1995 zum Teil noch nicht erreicht. Wie **Abb. 7-2** zeigt, treten Überschreitungen dieses Zielwertes für die mittlere NO_2-Belastung in der Willy-Brandt-Straße/Cannstatter Straße, Heilbronner Straße, Wolframstraße und Pragstraße auf. Überschreitungen des Zielwertes für die NO_2-Kurzzeitbelastung sind auf einen Rechenpunkt am Pragsattel beschränkt. Überschreitungen des Zielwertes für die mittlere Rußbelastung finden sich auch nur am Pragsattel. Die Klassifizierung der berechneten Benzolwerte endet bei der Kategorie $\underline{\geq}$ 15 µg/m³. Dabei wird an 6 Punkten der Zielwert 25 µg/m³ überschritten. Auch im

Jahr 2000 werden trotz einer generellen Konzentrationsabnahme noch Zielwerte überschritten sein, da diese für das Jahr 2000 niedriger angesetzt sind. Dies geht auch aus den farbigen Pfeilen hervor, die in den Immissions-Farbskalen der Abb. 7-2 bis 7-5 die jeweiligen Zielwerte der Zeitstufen 1997 (violett), 2000 (rot) und 2005 (grün) markieren.

15.8 Lärm

Lärm ist heute ein Hauptfaktor der zivilisationsbedingten Umweltgefährdung. Mehr als zwei Drittel der Bevölkerung fühlen sich durch Straßenverkehrslärm beeinträchtigt. Jeder vierte bis fünfte fühlt sich stark belästigt, in Großstädten sogar jeder dritte bis vierte.

15.8.1 Messungen

Von den das Plangebiet Stuttgart 21 tangierenden Straßen liegen relativ aktuelle Lärmmessungen vor, die im Zusammenhang mit der - noch nicht abgeschlossenen- Aktualisierung der Verkehrslärmkartierung Stuttgart durchgeführt wurden.

Die für die Tagstunden (6 - 22 Uhr) ermittelten Lärmpegel sind in der Tabelle 8-2 aufgelistet, wobei sich die Werte jeweils auf den Straßenrand beziehen. Die jeweiligen Nachtpegel (22-6 Uhr) liegen um 10 dB(A) niedriger, bei Bundesstraßen, z. B. Heilbronner Straße, um 7 dB(A) niedriger.

Zur Bewertung der Situation können die schalltechnischen Orientierungswerte des Beiblattes 1 zur DIN 18005 (Schallschutz im Städtebau) herangezogen werden (Tabelle 8-1). Dabei sollen die Orientierungswerte bereits auf den Rand der betroffenen Bauflächen der jeweiligen Gebietstypen bezogen werden.

Gebiet nach BauNVO	**Tag**	**Nacht**
MK, GE	65	55
MI	60	50
WA	55	45

Tab. 8-1: Schalltechnische Orientierungswerte in dB(A)

Durch Vergleich der Meßwerte für Straßen im Bereich des Plangebietes Stuttgart 21 mit den schalltechnischen Orientierungswerten erkennt man, daß heute vielfach Überschreitungen der Orientierungswerte gegeben sind.

Straße	Lärmpegel Tag dB (A)	Lärmpegel Nacht dB (A)
Arnulf-Klett-Platz	74	64
Cannstatter Straße	77	70
Friedhofstraße zw. Heilbronner Straße und Nordbahnhofstraße	67	57
Goppeltstraße	53	43
Heilbronner Straße	76	69
Löwentor	71	61
Löwentorstraße	68	58
Mittnacht-/Knollstraße	67	57
Mönchstraße	57	47
Nordbahnhofstraße (südlicher Teil)	74	64
Nordbahnhofstraße (beruhigter Teil)	65	55
Nordbahnhofstraße (nördlicher Teil)	70	60
Pragsattel (Rand)	75	68
Pragsattel (Mitte)	77	70
Pragstraße	79	72
Presselstraße	62	52
Rosensteinstraße	73	68
Sarweystraße	64	54
Wolframstraße zw. Heilbronner und Nordbahnhofstraße	70	60

Tab. 8-2: Lärmbelastung der Straßen im Plangebiet

15.8.2 Schallimmissionsplan

Im Rahmen der Untersuchungen zu den Planungen Stuttgart 21 wurden für ein ca. 12 km^2 großes Gebiet, das den Planungsbereich mit umfaßt, Schallimmissionspläne erstellt (POOK et al., 1997). Prognoseberechnungen für den künftigen Planzustand sind derzeit noch nicht fertiggestellt (POOK et al., 1999).

Bei dem betrachteten Gebiet handelt es sich um einen Siedlungsbereich, der von stark frequentierten Straßen- und Schienenwegen durchzogen wird und in dem aus diesem Grunde mit hohen Verkehrslärmimmissionen zu rechnen ist.

Beispielhaft ist in **Abbildung 8-1** ein Ausschnitt aus dem Schallimmissionsplan Straße für die Nachtstunden von 22.00 Uhr bis 6.00 Uhr dargestellt.

Man erkennt, daß der Immissionsgrenzwert für allgemeine und reine Wohngebiete von 49 dB(A) auf etlichen Flächen überschritten ist.

In der **Abbildung 8-2** ist ein Ausschnitt des Schallimmissionsplans für den Schienenverkehr, ebenfalls für die Nachtstunden von 22.00 Uhr bis 6.00 Uhr dargestellt.

In dieser Darstellung zeigen sich wie beim Straßenverkehr ebenfalls ausgedehnte Flächen im Berechnungsgebiet, in denen eine Überschreitung der Immissionsgrenzwerte für reine und allgemeine Wohngebiete vorliegt. Maßgebliche Immissionen gehen vom Reisezugabstellbahnhof/Betriebswerk aus. Die Flächen mit Grenzwertüberschreitungen sind auch hier im Nachtzeitraum größer als im Tagzeitraum.

15.9 Folgerungen für die Planung Stuttgart 21

Die topographische Situation des Stuttgarter Talkessels erweist sich vom Standpunkt der Stadtklimatologie als bedeutsamer Planungsfaktor:

Das Entwicklungsgebiet Stuttgart 21 flankiert die Achse des Nesenbachtals, in dem talparallele Winde (Südwest- und Nordostwinde zusammen) mit 34 % Häufigkeit bei weitem vorherrschen. Der Windrichtungskanalisierung überlagert sich in diesem Tal noch ein tagesperiodisches Windsystem, so daß in der Nachtzeit aufgrund von Kaltluftflüssen und eines sich daraus entwickelnden Bergwindes allein die Windrichtung Südwest im Mittel mit 38 % Häufigkeit vorkommt. Das Nesenbachtal ist somit die Hauptbelüftungsachse des zwischen Heslach und Bad Cannstatt gelegenen Innenstadtbereichs.

Der im Nesenbachtal in Höhe des Hauptbahnhofs vorspringende Kriegsberg und die gegenüberliegende Uhlandshöhe bewirken eine starke Einengung des Talverlaufs. Vor allem in diesem Bereich (Plangebiete A1 und A2) aber auch im Plangebiet B würde eine hohe, sperrige Bebauung eine unerwünschte Behinderung der talparallelen Durchlüftung bewirken. Wohl aber ist im Gebiet A1 und A2 eine flächenhaft verdichtete verhältnismäßig niedrige Bebauungsform denkbar. Zur Frage stadtklimaverträglicher Bebauungshöhen und Baukörperanordnung kann erst nach Auswertung der noch ausstehenden Untersuchungen Stellung genommen werden. Die im Entwurf zum Rahmenkonzept angesprochene Traufhöhe von 20 m dürfte sich dabei als realistischer Ansatz erweisen. Die entsprechenden Modellberechnungen erlauben es auch, Entwurfsvarianten auf vergleichbarer Grundlage hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Durchlüftung zu vergleichen.

Das heutige Bahngelände im Vorfeld des Hauptbahnhofs sowie beim Paketpostamt, Lokomotiv- und Abstellbahnhof bedeutet einen terrassenförmigen Eingriff in die natürliche Topographie des Nesenbachtales. Auch herrschen bei dieser Anlage künstliche Baustoffe vor, und der Versiegelungsgrad wird mit mehr als 90 % für den Bereich des Wagengut- und Hauptbahnhofs (Plangebiete A1 und A2) sowie zwischen 76 % und 90 % für die übrigen Gleisanlagen (Plangebiete C1, C2 und B) in der Bodenversiegelungskarte entsprechend hoch angegeben (LANDESHAUPTSTADT STUTTGART, 1989).

Vom meteorologischen Standpunkt unterscheiden sich jedoch die baulich nicht genutzten Gleisanlagen trotz Vegetationsmangels und fehlender natürlicher Oberfläche in positiver Weise von den im Sinne des Wortes versiegelten Baugebieten, Plätzen und Verkehrsflächen: Das Schotterbett der Gleisanlagen läßt die Versickerung von Niederschlägen zu, so daß sich entsprechende Verdunstungsbeiträge ergeben. Das Gelände ist auch vergleichsweise hindernisarm und bietet deshalb der Windströmung nur geringen Widerstand.

Die Anzahl der Tage mit thermischer Belastung (Schwüle-Empfindung) liegt im Bereich des Bahngeländes zwar ebenso hoch wie in der Innenstadt und ist nur dort geringer, wo Vegetationsbestand vorherrscht; doch kühlen die Gleisanlagen nachts viel stärker ab als städtische Bebauung und bilden somit im Verbund mit Schloßgarten und Rosensteinpark eine Unterbrechung der städtischen Wärmeinsel zwischen der Innenstadt und Bad Cannstatt. Wie auch Untersuchungen des Deutschen Wetterdienstes ergeben haben, hat das Kleinklima von Bahnanlagen mehr Ähnlichkeit mit dem Freilandklima als mit dem städtischer Bebauung. Dieser Umstand kommt der Frischluftversorgung des Stuttgarter Talkessels durch nächtliche Kaltluftflüsse entgegen.

Mit einer Intensivierung der baulichen Nutzung (Plangebiet A1) bzw. der Umnutzung von Gleisanlagen für bauliche Zwecke (übrige Plangebiete) ist stets auch eine unerwünschte Zunahme der Lufttemperatur verbunden (urbaner Wärmeinseleffekt). Um bei der schon gegebenen thermischen Belastung des Stuttgarter Talkessels (mit hoher Anzahl schwüler Tage) Unzuträglichkeiten zu vermeiden, wird es sich als notwendig erweisen, insbesondere im Plangebiet B Kompensationsflächen vorzusehen, die dem angrenzenden Rosensteinpark und dem schmalen Band des Schloßparks zugeschlagen werden sollten. Dafür bietet sich vor allem der Übergangsbereich zwischen Rosensteinpark und Schloßgarten bei der Ehmannstraße an, der sich künftig auch bezüglich lokaler Belüftungsbeiträge aus dem Neckartal öffnen sollte.

Die zur Minderung der thermischen Auswirkungen geplanter Bebauung erforderlichen Vegetationsflächen, aber auch die Grünausstattung der Baugebiete selbst kann erst in Folgeuntersuchungen auf der Grundlage konkreter städtebaulicher Entwürfe quantifizert werden. Schon jetzt soll die Notwendigkeit von Dach- und Fassadenbegrünung, die intensive Begrünung nicht überbauter Grundstücksteile und eine wirkungsvolle Vernetzung der so gewonnenen Grünbereiche mit den größeren innerstädtischen Grünflächen (Pragfriedhof, Schloßgarten, Rosensteinpark, IGA-Gelände) angesprochen werden. Insbesondere sollte auch im südwestlichen Teil von Gebiet B eine Kompensationsfläche geschaffen werden, die außer der Vergrößerung der Parkfläche eine engere Verknüpfung von Pragfriedhof und Schloßgarten und damit auch die Möglichkeit kleinräumigen Luftaustausches bietet. Eine Bebauung hingegen würde Pragfriedhof und Schloßgarten mehr voneinander abriegeln als dies heute der Fall ist.

Da thermische Unbehaglichkeit bzw. das Auftreten sommerlicher Schwüle hauptsächlich eine Folge fehlender Ventilation bei starker Einstrahlung ist, sollten außer dem Zugewinn von Vegetationsflächen auch in diesem Zusammenhang Gesichtspunkte der Durchlüftung beachtet werden. Dabei sind die Möglichkeiten des lokalen Luftaustauschs durch nächtliche Kaltluftflüsse (Hangabwinde) von besonderem Interesse.
Das Entwicklungsgebiet Stuttgart 21 wird von drei örtlichen Frischluftschneisen des nordwestlich angrenzenden Höhenrückens tangiert. Von Süd nach Nord sind dies

- die Mönchhalde (in der Achse Kriegsberg - Türlenstraße - Wolframstraße),

- die Eckhartshalde (in der Achse Kochenhof - Heilbronner Straße - Pragfriedhof),
- die Wartberg-/Steinberg-Klinge (in der Achse Killesberg - Nordbahnhof).

Die letztgenannte Frischluftschneise setzt sich als ehemaliges Tal des Störzbaches entlang der Ehmanstraße bis zum Unteren Schloßgarten fort. Hier gilt es, die baulichen Eingriffe durch Bahnbetriebswerk Rosenstein und das Paketpostamt rückgängig zu machen und das Störzbachtal als Frischluftschneise voll zu reaktivieren. Diese Forderung bedingt auch eine größere Durchlässigkeit der heute dieses Tal nahe dem Nordbahnhof querenden Bahndämme.
Die lufthygienische Situation stellt sich im Entwicklungsgebiet Stuttgart 21 vergleichsweise günstig dar, da es sich um eine Fläche mit geringer Emissionstätigkeit handelt, die zudem an emissionsfreie Parkanlagen grenzt und mit den benachbarten Hanglagen des Stuttgarter Nordens über gleichfalls günstige Voraussetzungen verfügt. Das Untersuchungsgebiet ist jedoch von sehr stark belasteten Straßenzügen umgeben. Es wird darauf ankommen, die neuen Bauflächen effektiv zu erschließen, ohne damit eine Ausweitung immissionsbelasteter Bereiche in das Entwicklungsgebiet hinein zu fördern. Die heute geringe Freisetzung von Luftschadstoffen sollte auch ein künftiges Merkmal des Entwicklungsgebietes bleiben. Dies setzt eine im Versorgungsgebiet emissionsfreie Energie- bzw. Heizwärmeversorgung voraus.

Die Messungen und Berechnungen der Schadstoffbelastung an den Straßen (s. Kap.15.7) zeigen, daß insbesondere in Bezug auf das Plangebiet die Heilbronner Straße z. T. auch die Wolframstraße höhere Belastungen aufweisen. Dies muß bei der Ausgestaltung der Bebauung im Planungsabschnitt A 1 berücksichtigt werden. Eine geschlossene Randbebauung an der Heilbronner Straße und Wolframstraße sollte aus Belüftungsgründen deshalb unterbleiben.

Die Untersuchung zu den stadtklimatischen Grundlagen für ”Stuttgart 21” sind noch nicht abgeschlossen, so daß derzeit eine abschließende Beurteilung insbesondere bei Detailfragen noch nicht abgegeben werden kann.

Die Karte (**Abb. 9-1**) stellte eine vorläufige Umsetzung der städtebaulichen Anforderungen an die Rahmenplanung dar. Man sieht dem Rahmenplan „Stuttgart 21“ (**Abb. 9-2**), der im Juli 1979 beschlossen wurde an, daß den Anforderungen der Stadtklimatologie in Teilbereichen Rechnung getragen wurde, in anderen Teilen weniger. Derzeit werden die anstehenden Bebauungspläne mit den Detailplanungen beurteilt.

15.10 Ausblick

Die stadtklimatologischen Untersuchungen zur Planung "Stuttgart 21" sind noch nicht alle abgeschlossen. Zum Teil können die Untersuchungen auch erst dann anlaufen, wenn konkrete Detail-Planungen erkennbar werden oder beschlossen sind. Alle Untersuchungen werden, in der Reihe "Untersuchungen zur Umwelt 21", herausgegeben durch die Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, veröffentlicht, dies gilt auch für andere Umweltbereiche im Zusammenhang mit der Planung "Stuttgart 21".

Eine umfassende Zusammenfassung der stadtklimatologischen Untersuchungen findet sich auf der CD-ROM Stadtklima 21 - Grundlagen zum Stadtklima und zur Planung "Stuttgart 21" Vers. 2 (1998), die von der Abt. Stadtklimatologie des Amtes für Umweltschutz in Stuttgart zum Preis von 25.- DM vertrieben wird .

Ergebnisse der Untersuchungen zum Stadtklima von Stuttgart finden sich auch unter der Internet-Adresse http://www.stadtklima.de/websk21/index.htm

15.11 Literatur

Baumbach G., Vogt U., Hansen S., Rühling A. (1999)
Messungen der Kaltluftströme und Luftverunreinigungs-Vertikalprofile
im Plangebiet „Stuttgart 21“
Hrsg.: Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie, Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 15

Baumüller J., Hoffmann U., Reuter U., 1993
Städtebauliche Klimafibel Folge 1 und 2, Hinweise für die Bauleitplanung
Hrsg.: Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg

Baumüller J., Reuter U., Hoffmann U., 1985
Luftschadstoffe und Klima im Raum Stuttgart-Vaihingen/Möhringen
Mitteilung Nr. 9, Abt. Klimatologie, Chemisches Untersuchungsamt,
Landeshauptstadt Stuttgart

Baumüller J., Reuter U.: Luftschadstoffbelastung an ausgewählten Straßen in Stuttgart; Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz Nr. 4/1993

Blazek R., Nagel T,Schädler G., Bächlin W., Lohmeyer A.1997
Kleinskalige klimatisch-lufthygienische Untersuchungen für das Gebiet A der Planung "Stuttgart 21" - Entwurf Jodry und Trojan -
Hrsg.:Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie
Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 8

Blazek R., Nagel T,Schädler G., Bächlin W., Lohmeyer A.1998
Kleinskalige klimatisch-lufthygienische Untersuchungen für das Gebiet A der Planung "Stuttgart 21" - Bebauungsplan und Neuer Bahnhof -
Hrsg.:Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie
Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 13

Deutscher Wetterdienst, 1994
Wetteramt Stuttgart
Amtliches Gutachten über die Auswirkungen eines geplanten Containerbahnhofs in Kornwestheim, Kreis Ludwigsburg; Bearbeitung: Bläsing, J.

Die Luft in Baden-Württemberg
Jahresbericht 1994
Berichte der Landesanstalt für Umweltschutz B-W, Karlsruhe, Nr.5

Fiedler F., 1984
Meteorologisch - klimatologische Bedingungen im Gebiet "Auf der Heide" /Stuttgart-Ost
Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Stuttgart

Geßler E., 1989
Numerische Simulation der Windverhältnisse im Bereich der Stadt Stuttgart
Diplomarbeit am Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Universität Karlsruhe

Goretzki P.: Berechnung der Strahlungsverhältnisse in Stuttgart (unveröffentlicht).
Solarbüro P. Goretzki. Stuttgart, 1995

Hamm J.M., 1969
Untersuchungen zum Stadtklima von Stuttgart
Tübinger Geograhische Studien Nr. 29, Tübingen

Hoffmann U., Riekert A., Baumüller J., 1978
Ergebnisse von Immissions- und Windmessungen am Marienplatz in Stuttgart-Süd im Jahr 1977
Mitteilung Nr. 1, Chemisches Untersuchungsamt, Landeshauptstadt Stuttgart

Jendritzky G., 1993
Bioklimakarten von Baden-Württemberg
Deutscher Wetterdienst, Freiburg

Jendritzky G., 1995
Klimaatlas, 1992
Hrsg.: Nachbarschaftsverband Stuttgart
Klimauntersuchung für den NBV Stuttgart und angrenzende Teile der Region Stuttgart

Knapp D., 1998
Klimamessungen im Plangebiet Stuttgart 21
Hrsg.:Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie
Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 12

Kost W.J., 1982
Experimentelle Untersuchung zur Ausbreitung von Luftverunreinigungen in einem Talsystem
Diplomarbeit am Meteorologischen Institut, Universität Karlsruhe

Landeshauptstadt Stuttgart, Stadtplanungsamt
Bodenversiegelung in Stuttgart
Beiträge zur Stdtentwicklung Nr. 27, Nov. 1989

Lohmeyer A., 1989
Immissionen im Bereich des Bebauungsplanes "Cannstatter-/Poststraße, Berger Tunnel II", Gutachten für die Landeshauptstadt Stuttgart

Markelin A., Müller R., 1991
Stadtbaugeschichte Stuttgart
Karl Krämer Verlag Stuttgart
Hrsg.: Städtebauliches Institut der Universität Stuttgart

Ministerium für Umwelt B. - W. (Hrsg.), 1990
Emissionskataster Mittlerer Neckarraum (Großraum Stuttgart), Quellengruppe Verkehr

Ministerium für Umwelt B. - W. (Hrsg.), 1990
Luftreinhalteplan Stuttgart 1990

Ministerium für Umwelt B. -W. (Hrsg.), 1989
Immissionsmessungen im Mittleren Neckarraum (Großraum Stuttgart) (1985-1988)

Nagel T., Bächlin W., Lohmeyer A.1996
Verkehrsbedingte Schadstoffbelastung im Zusammenhang mit der Planung "Stuttgart 21"
Hrsg.:Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie
Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 2

Nagel T., Bächlin W., Lohmeyer A.1998
Prognosen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung im Zusammenhang mit der Planung "Stuttgart 21"
Hrsg.:Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie
Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 9

Pook W., Schymura F.; 1997
Schallimmissionsplan für den öffentlichen Strassen- und Schienenverkehr im Zusammenhang mit der Planung "Stuttgart 21"
Hrsg.:Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie
Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 4

Pook W., Schymura F.; 1999
Schallimmissionsplan für den öffentlichen Strassen- und Schienenverkehr im Zusammenhang mit der Planung "Stuttgart 21" - Planfall 2010 -
Hrsg.:Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie
Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 14

Robel F., Hoffmann U., Riekert A., 1978
Daten und Aussagen zum Stadtklima von Stuttgart auf der Grundlage der Infra-rot-Thermographie
Beiträge zur Stadtentwicklung Nr. 15, Landeshauptstadt Stuttgart

Schädler G., 1993
Simulation von Kaltluftflüssen auf Personal-Computern
Vortrag bei Mettools II in Stuttgart-Hohenheim im Sept. 1993

Schädler G., Bächlin W., Lohmeyer A.1996
Kaltluft- und Windfeldberechnungen

Hrsg.:Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie
Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21", Heft 1

Stuttgart Handbuch, 1985
Konrad Theiss Verlag, Stuttgart

Tage mit Wärmebelastung in Stuttgart (unveröffentlicht).
Deutscher Wetterdienst, Freiburg

Umweltdaten 1993/94 Baden-Württemberg
Hrsg.:Umweltministerium B-W und Landesanstalt für Umweltschutz