



Fertigung : .....

Anlage : .....

Blatt : .....

Bebauungsplan "Burghalde" der Stadt Stockach  
- Bewertung der klimatischen und lufthygienischen  
Auswirkungen -

*Gutachten*

- Entwurf vom 16.06.98 -

## Inhalt

1	Aufgabenstellung .....	2
2	Datengrundlagen .....	3
3	Naturraum, Regionalklima, Lufthygiene .....	4
4	Beschreibung und Bewertung des klimatisch-lufthygienischen Ist-Zustands .....	10
5	Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen der geplanten Bebauung .....	15
5.1	Allgemeines .....	15
5.2	Auswirkungen des Baugebiets Burghalde .....	18
6	Planungsempfehlungen .....	22
7	Zusammenfassung und weiterer Untersuchungsbedarf .....	23
8	Literatur .....	24
9	Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen .....	25

## 1 Aufgabenstellung

Die Stadt Stockach plant im unteren Bereich des Nellenburger Hanges das Neubaugebiet "Burghalde" mit einer Gesamtfläche von knapp 6 ha. Östlich angrenzend soll ein Gewerbegebiet entstehen. Die im Rahmen des Landschaftsplanes durchgeführte Landschaftsökologische Beurteilung empfiehlt, daß vor der Realisierung der Vorhaben ein Klimagutachten die Unbedenklichkeit der Bebauung nachweist, da die Baugebiete in einem für die Stadt Stockach bedeutsamen Kaltluftentstehungs- und abflußgebiet liegen.

Die Beschreibung und Bewertung der klimatischen und evtl. damit verbundenen lufthygienischen Auswirkungen des Planungsvorhabens sind Gegenstand des vorliegenden Gutachtens. Das Untersuchungsgebiet umfaßt den Bereich des Baugebietes mit seiner klimarelevanten Umgebung und hat eine Größe von ca. 1,5 km x 1,5 km (vgl. Abb. 1).

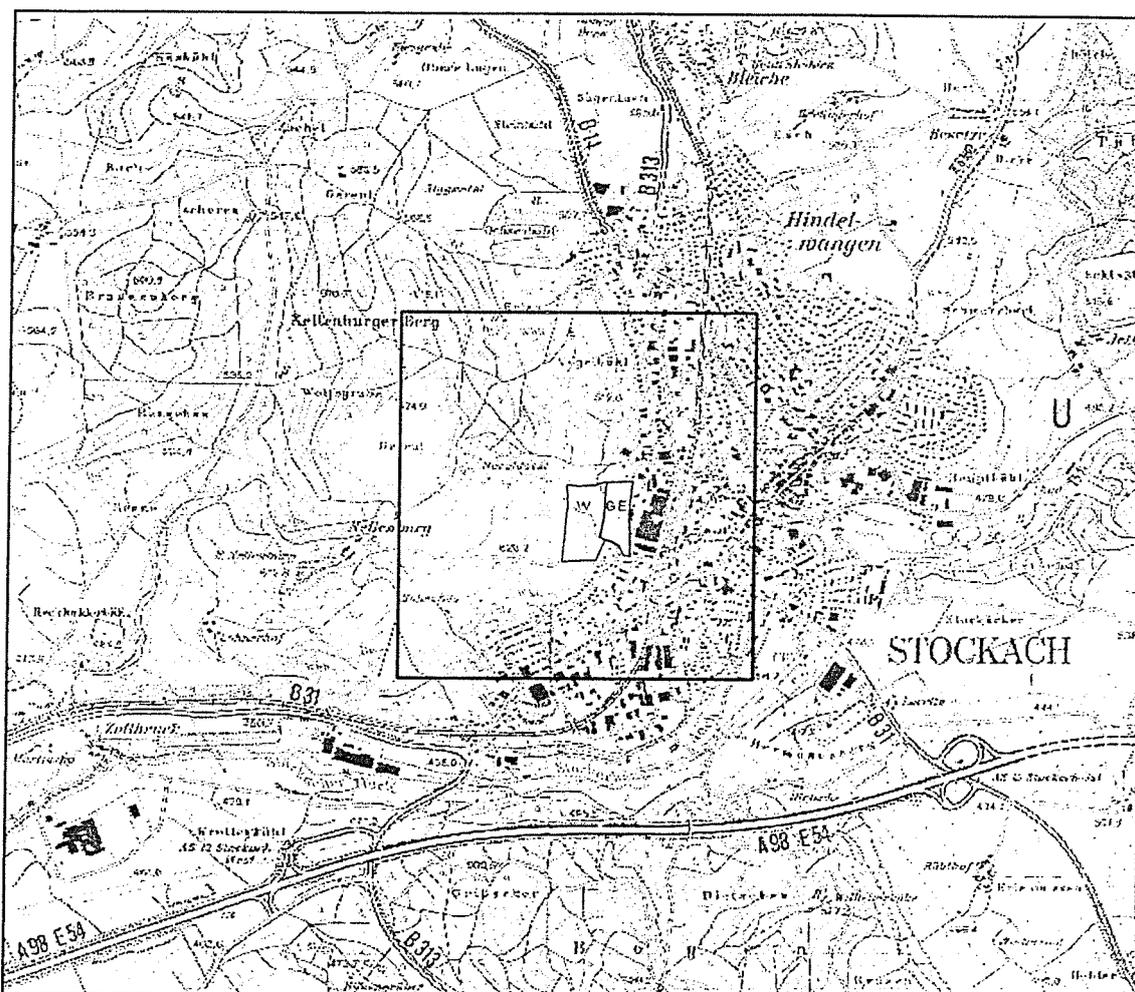


Abb. 1: Untersuchungsraum mit dem geplanten Wohnbaugebiet Burghalde (W) und dem geplanten Gewerbegebiet (GE) im Zentrum; Ausschnitt aus der TK 25 (verkleinert)

Die Untersuchung soll in zwei Phasen erfolgen:

Phase 1: Qualitative Beschreibung und Bewertung der zu erwartenden Auswirkungen inklusive Erarbeitung von Empfehlungen zu deren Vermeidung/Verminderung auf der Basis vorhandener Datengrundlagen. Phase 1 ist in diesem Bericht dokumentiert.

Phase 2: Falls die Ergebnisse aus Phase 1 weiteren Untersuchungsbedarf erforderlich machen, sollen im zweiten Schritt quantitative Aussagen mit Hilfe von Modellrechnungen und/ oder meteorologischen Vor-Ort-Messungen erarbeitet werden.

## 2 Datengrundlagen

Folgende Datengrundlagen zur Darstellung der regionalen und lokalen klimatischen und lufthygienischen Situation standen zur Verfügung:

- Klima-Atlas von Baden-Württemberg [DWD 1953]
- Langjährige Klimadaten zu Temperatur, Niederschlag und Nebelhäufigkeit von den Stationen Bodman und Aach [IMA RICHTER & RÖCKLE 1997]
- Ergebnisse einer Klimauntersuchung im Raum Espasingen [IMA RICHTER & RÖCKLE 1997]
- Jahresbericht 1996 mit Ergebnissen zu Immissionsmessungen und Emissionserhebungen in Baden-Württemberg [UMEG 1997]
- Verkehrsuntersuchung Stockach mit Angaben zu den Straßenbelastungen 1995 [SCHAECHTERLE U. SIEBRAND 1995]

Die aktuelle Flächennutzung sowie die Reliefverhältnisse wurden ermittelt aus:

- der Topographischen Karte 1:25.000 (Kartenblätter 8119 und 8120)
- dem Bestandsplan mit Höhen für den Bereich Burghalde 1:500 [KREUZ 1997]
- Auszügen aus dem Landschaftsplan
- einem Colorluftbild (Maßstab 1:3620, Aufnahmedatum 23.04.98)

Zur Beurteilung des Planungsvorhabens wurde vom Planungsbüro FISCHER, Freiburg eine Ideenskizze zum Baugebiet Burghalde im Maßstab 1:1000 bzw. 1:2000 zur Verfügung gestellt [PLANUNGSBÜRO FISCHER 1997].

### 3 Naturraum, Regionalklima, Lufthygiene

#### Naturraum

Die Stadt Stockach befindet sich ca. 4 km nordwestlich des Überlinger Sees, einem Ausläufer des Bodensees, im Naturraum des "Voralpinen Hügel- und Moorlandes" an der Grenze zwischen Hegau und Bodenseebecken. Das durch die Vorstöße des Rheingletschers während der Eiszeiten überprägte Relief zeigt einen Wechsel aus meist bewaldeten Höhenrücken und Kuppen und teils besiedelten, teils als Grün- oder Ackerland genutzten Talräumen.

Stockach selbst liegt in einer Talweitung am Zusammenfluß von Stockacher Aach und Mahlspürer Aach auf einer mittleren Meereshöhe von rund 500 m am nördlichen Stadtrand und ca. 460 m am südlichen Rand. An markanten Höhen rings um Stockach sind der Nellenburger Berg im Westen (624 m ü.NN), der Heidenbühl im Norden (623 m ü.NN), der Schloßberg im Osten (516 m ü.NN) und die Wilhelmshöhe im Süden (572 m ü.NN) zu nennen. Die Höhenunterschiede zwischen besiedeltem Talgrund und den umliegenden Kuppen betragen im Mittel zwischen 60 m und 160 m auf eine Distanz von rund 1,5 km bis 2 km zwischen den höchsten Punkten und dem Stadtzentrum. Daraus ergibt sich eine recht hohe Reliefenergie mit Hangneigungen zwischen 5 % und 15 % und somit guten Voraussetzungen für das Abfließen von Kaltluftmassen bzw. die Ausbildung lokaler Zirkulationssysteme (Hangwinde, Berg-/Talwinde).

#### Regionalklima

Mitteleuropa ist makroklimatisch dem Übergangsbereich zwischen kontinentalem und maritimem Klima der gemäßigten Zone außertropischer Winde zuzuordnen. Aus der Lage in der nordhemisphärischen Westwindzone resultiert der häufige Wechsel zwischen kontinentalen und maritimen Luftmassen, wobei insgesamt der ozeanische Einfluß dominiert. Die rege zyklonale Tätigkeit beeinflusst den jährlichen Witterungsablauf, was sich in Form eines relativ wechselhaften Wetters zeigt. Nach der Klimaklassifikation von KÖPPEN/GEIGER herrscht der Klimatyp Cfb vor, also ein sommerwarmes, feuchtgemäßigtes Klima mit ganzjährig auftretenden Niederschlägen.

Das Klima im nordwestlichen Bodenseebereich ist durch relativ kalte trockene Winter und warme feuchte Sommer gekennzeichnet. Repräsentativ für den Raum Stockach können die langjährigen Meßwerte der Stationen in Bodman (ca. 8 km südöstlich von Stockach am Südufer des Überlinger Sees) und Aach (ca. 12 km westlich von Stockach) angesehen werden.

#### Lufttemperatur

In Tabelle 1 werden die Jahresmitteltemperaturen ausgewählter deutscher Städte mit Bodman verglichen. Im Vergleich mit Städten im norddeutschen Tiefland (Hannover und vor allem Hamburg) weist Bodman eine deutlich größere Schwankung zwischen wärmstem Monat Juli und kältestem Monat Januar auf. Verglichen mit München liegt die Amplitude dagegen niedriger, was hauptsächlich auf die kälteren Winter in München zurückzuführen ist. Der kontinentale Einfluß mit kalten Wintern und warmen Sommern ist somit im Bodenseeraum stärker ausgeprägt als im Norden Deutschlands, aber nicht ganz so stark wie im südöstlichen Bayern.

Tab. 1: Vergleich der Lufttemperaturen unterschiedlicher deutscher Städte mit Bodman [REGIERUNGS-PRÄSIDIUM LEIPZIG 1992; IMA RICHTER & RÖCKLE 1997]

LUFTTEMPERATUR [°C]	BODMAN 1871-1950	HAMBURG 1951-1980	MÜNCHEN 1951-1980	HANNOVER 1951-1980
Jahresmittel	8,4	8,3	7,9	8,7
Monatsmittel Januar	-0,8	0,2	-2,0	-0,1
Monatsmittel Juli	17,5	16,5	17,5	17,6
Jahresschwankung	18,3	16,3	19,5	17,7

### Niederschlag

Die monatlichen Niederschlagsmengen sowie die Jahressummen von Bodman und Aach sind in Tab. 2 wiedergegeben. Der meiste Niederschlag fällt in den Sommermonaten Juni, Juli und August, am trockensten ist es im Januar und Februar. Damit sind die beiden Stationen Bodman und Aach charakteristische Vertreter des sog. "Sommerregentyps", der besonders ausgeprägt im Alpenvorland auftritt [TIETZE u.a. 1990]. Neben der Zufuhr feuchter Luftmassen vom Atlantik spielt hierbei die Erwärmung des Festlandes eine wichtige Rolle; die zu konvektiven Prozessen (also zum Aufsteigen erwärmter Luftmassen) und damit zu meist kräftigen Regenfällen führt. Die Niederschlags-Jahressummen liegen mit 740 mm bis 820 mm in etwa im Bereich des Gebietsmittels für Gesamtdeutschland.

Tab. 2: Monatliche Niederschlagsmengen und Jahressummen an den Stationen Bodman und Aach (in mm, Zeitraum 1871 - 1950) [IMA RICHTER & RÖCKLE 1997]

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jahr
Bodman	40	37	45	62	84	107	105	97	85	62	49	47	820
Aach	36	30	39	52	79	100	96	87	76	58	45	42	740

### Nebel

In tieferen, windschwachen Lagen wie dem Bodenseeraum tritt in erster Linie Strahlungsnebel als eine Folge des nächtlichen Temperaturrückgangs auf. Seine Häufigkeit ist nachts bzw. morgens sowie im Herbst und Winter am größten. Voraussetzung für die Entstehung von Strahlungsnebel sind Hochdruckwetterlagen mit klaren Ausstrahlungsnächten, also Wetterlagen, die meist mit Inversionen<sup>1</sup> und eingeschränkten Luftaustauschmöglichkeiten verbunden sind.

Der Bodenseeraum weist eine mittlere Nebelhäufigkeit auf. Tab. 3 gibt die mittlere Zahl der Nebeltage in Aach wieder. Am nebelreichsten ist der Oktober mit ca. 8 Tagen, am nebelärmsten der April mit knapp einem Tag. Im Jahr herrscht im Mittel an 37,2 Tagen Nebel (zum Vergleich: in der Oberrheiniederung liegt die Nebelhäufigkeit zwischen 50 und 100 Tagen pro Jahr).

<sup>1</sup>Normalerweise nimmt die Lufttemperatur mit zunehmender Höhe über Grund ab. Man spricht dann von einer labilen Schichtung der Atmosphäre mit guten vertikalen Austauschmöglichkeiten. Nimmt die Temperatur mit zunehmender Höhe über Grund zu (= Inversion), liegt eine stabile Schichtung der Atmosphäre mit eingeschränktem vertikalen Luftaustausch vor.

Tab. 3: Mittlere Zahl der Nebeltage in Aach (Zeitraum 1871 - 1950) [IMA RICHTER &amp; RÖCKLE 1997]

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jahr
Tage	4,4	3,5	1,2	0,8	0,9	1,1	1,2	1,6	3,7	7,7	6,1	5,1	37,2

## Wind

Auskunft über die regionale Windrichtungsverteilung gibt Abb. 2. Sie zeigt die langjährige Windrichtungsverteilung für die Stationen Aach und Meersburg sowohl für das Gesamtjahr als auch für die Monate Juni und Dezember. Meersburg weist im Jahresmittel die für Deutschland typischen Hauptmaxima im West- und Südwestsektor sowie das sekundäre Maximum im Nordostsektor auf. Aach zeigt dagegen eine stärkere Bevorzugung der West-Ost-Achse, südwestliche Richtungen gehen deutlich zurück, nordöstliche Richtungen treten etwa gleich häufig wie in Meersburg auf. Im Juni ist in Aach die Westwindhäufigkeit gegenüber dem Jahresmittel etwas herabgesetzt, nordwestliche und nordöstliche Richtungen sind etwas häufiger. Meersburg zeigt im Juni ebenfalls etwas mehr nordwestliche Winde, nordöstliche sind jedoch seltener. Im Dezember ist in Aach die Ost-West-Achse besonders deutlich ausgeprägt mit einem zusätzlichen Schwerpunkt bei Nordostwinden. In Meersburg sind im Dezember Südwest- und Westwinde noch etwas häufiger als im Jahresdurchschnitt. Nördliche Richtungen treten ebenfalls geringfügig häufiger auf, während südliche und südöstliche Winde weniger häufig vorkommen als im Jahresmittel.

Der Anteil der Windstillen liegt in Aach mit rund 35 % deutlich höher als in Meersburg mit lediglich 8 %. Bedingt wird dies durch die unterschiedliche topographische Lage der beiden Orte. Während Meersburg durch seine Lage am Bodenseeufer von der Strömungsbegünstigung durch die große Wasserfläche profitiert, befindet sich Aach im Talraum der Radolfzeller Aach, wo die umliegenden Höhen die Durchlüftungsmöglichkeiten einschränken.

Aufgrund der Muldenlage ist in Stockach mit einem ähnlich hohen Anteil an Windstillen zu rechnen wie in Aach. Da die übergeordneten, durch die jeweilige Großwetterlage bedingten Windrichtungen stark von den Geländebedingungen modifiziert werden, ist im südlichen Teil von Stockach mit einer Bevorzugung westlicher und östlicher Richtungen zu rechnen, im nördlichen Stadtteil werden dagegen nördliche und südliche Richtungen dominieren, entsprechend dem jeweiligen Talverlauf von Stockacher bzw. Mahlspürer Aach.

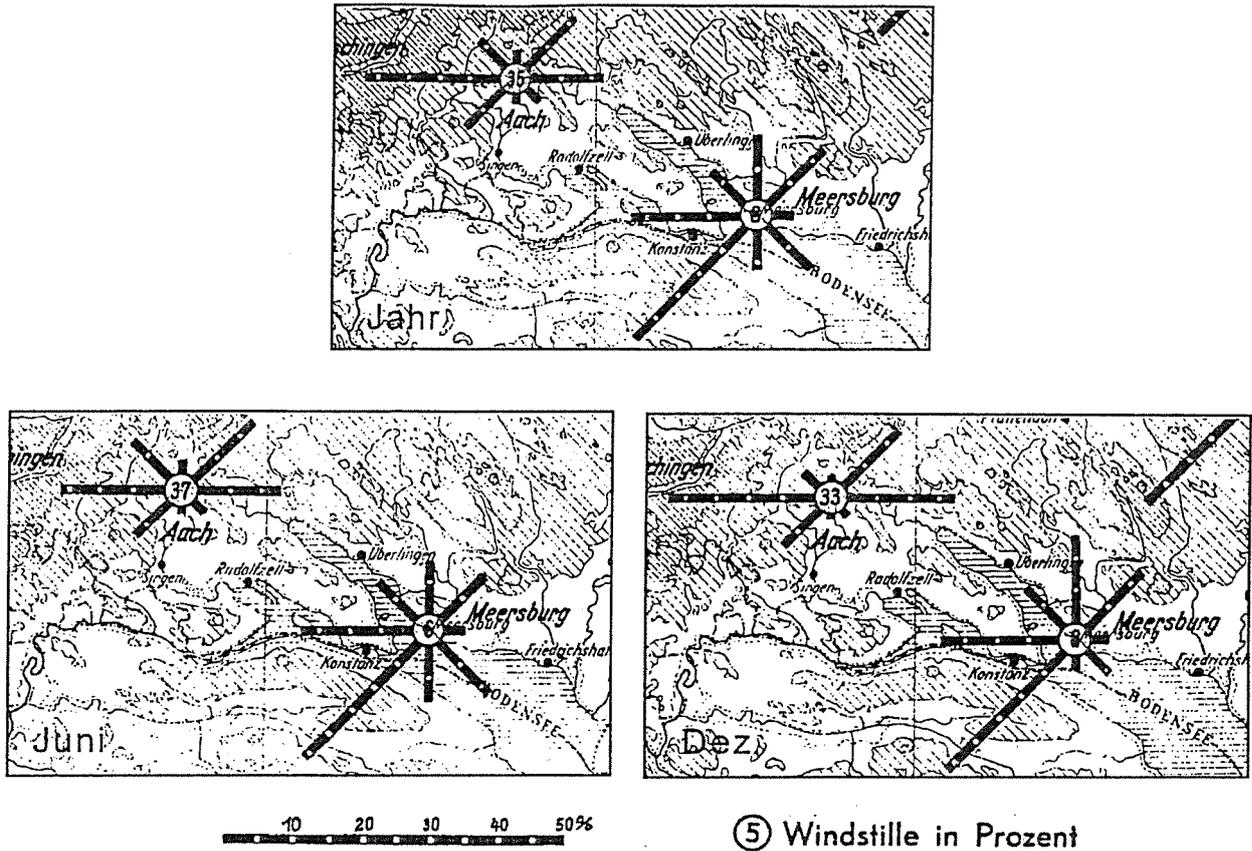


Abb. 2: Langjährige Windrichtungsverteilung in Aach und Meersburg für das Gesamtjahr sowie für die Monate Juni und Dezember (Zeitraum 1881-1925) [DWD 1953]

### Bioklima

Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit des Menschen werden auch von den meteorologischen Umweltbedingungen beeinflusst. Die Bioklimatologie untersucht daher den Einfluß des Klimas auf den Menschen. Um Aussagen über die Gunst oder Ungunst des Bioklimas eines Raumes zu erhalten werden sogenannte "Bioklimakarten" erstellt. Diese geben Auskunft über die Häufigkeit von Kältereizen und Wärmebelastung, da der menschliche Wärmehaushalt am stärksten von den Wetterbedingungen betroffen ist.

Auf der Bioklimakarte Deutschlands liegt Stockach am Rande einer Zone rings um den Bodensee, die durch gelegentliche Kältereize und vermehrte Wärmebelastung gekennzeichnet ist [DWD 1993]. Das heißt, das Wohlbefinden der Menschen in Stockach wird häufiger durch Wettersituationen mit hoher Temperatur, hoher Luftfeuchte und geringer Luftbewegung (= Wärmebelastung) als durch Situationen mit niedriger Temperatur, erhöhter Windgeschwindigkeit und starker Bewölkung (= Kältereiz) beeinträchtigt.

## Lufthygienische Hintergrundbelastung

Kontinuierliche Messungen der Luftschadstoffkonzentrationen werden derzeit in Baden-Württemberg an 67 ortsfesten Meßstationen durchgeführt, wobei die Stationsdichte in den drei Ballungszentren Stuttgart, Karlsruhe und Mannheim höher ist als im Landesdurchschnitt. Im Bodenseeraum befindet sich je eine Station in Konstanz und in Friedrichshafen, die der Standortkategorie C zugeordnet werden, gleichbedeutend mit "Stationen in ländlichen Gebieten mit einer noch relativ hohen Besiedlungsdichte" [UMEG 1997].

Um einen Überblick über die räumlichen Unterschiede in der Immissionsbelastung zu erhalten, ist es sinnvoll, nicht nur einen Schadstoff zu betrachten, sondern mehrere Schadstoffkomponenten im Untersuchungsraum in einem sog. "Luftverunreinigungsindex" zusammenzufassen.

Der Luftverunreinigungsindex für die Langzeitbelastung ( $I_{L1}$ , Jahresmittelwerte) bzw. Kurzzeitbelastung ( $I_{L2}$ , 98-Perzentilwerte<sup>2</sup>) berechnet sich, indem man die gemessenen Konzentrationen durch ihre entsprechenden Grenz- oder sonstigen Bezugswerte teilt und diese Quotienten aufsummiert. Die Berechnung des Index erfolgt nach:

$$I_L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{G_i}$$

mit  $C_i$  = Kenngröße für die Konzentration bzw. Deposition des Stoffes  $i$   
 $G_i$  = Bezugswert für den Stoff  $i$   
 $n$  = Anzahl der im Index berücksichtigten Stoffe

[UMEG 1997]

Im vorliegenden Fall wurden zur Berechnung des Luftverunreinigungsindex die kontinuierlich gemessenen Schadstoffe Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Stickstoffdioxid, Ozon und Schwebstaub mit den in Tabelle 4 angegebenen Bezugswerten verwendet.

---

<sup>2</sup> Perzentilwert = Konzentrationswert, welcher von demjenigen Prozentsatz aller Meßwerte unterschritten wird, der als Perzentilwert angegeben ist. Der zur Beschreibung der Spitzenbelastung dienende 98-Perzentilwert wird also von 98 % aller Halbstundenwerte unterschritten und von 2 % überschritten [TÜV Energie und Umwelt 1995]

Tab. 4: Bezugswerte zur Berechnung des  $I_{L1}$  und  $I_{L2}$  [UMEG 1997]

Schadstoff	Bezugswert	Quelle für Bezugswert
Schwefeldioxid	I1: 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	TA Luft
	I2: 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	TA Luft
Kohlenmonoxid	I1: 10 $\text{mg}/\text{m}^3$	TA Luft
	I2: 30 $\text{mg}/\text{m}^3$	TA Luft
Stickstoffdioxid	I1: 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	TA Luft
	I2: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	TA Luft
Ozon	I1: 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22. BImSchV
	I2: 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22. BImSchV
Schwebstaub	I1: 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	TA Luft
	I2: 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	TA Luft

Die Bewertung der Luftverunreinigung erfolgt in 9 Stufen von sehr niedriger bis extrem hoher Luftverunreinigung:

$I_L \leq 0,10$	sehr niedrige Luftverunreinigung
$0,10 < I_L \leq 0,25$	niedrige Luftverunreinigung
$0,25 < I_L \leq 0,60$	mittlere Luftverunreinigung
$0,60 < I_L \leq 0,70$	leicht erhöhte Luftverunreinigung
$0,70 < I_L \leq 0,90$	erhöhte Luftverunreinigung
$0,90 < I_L \leq 1,00$	hohe Luftverunreinigung
$1,00 < I_L \leq 1,10$	deutlich überhöhte Luftverunreinigung
$1,10 < I_L \leq 1,50$	sehr hohe Luftverunreinigung
$1,50 < I_L$	extrem hohe Luftverunreinigung

Verglichen mit allen Stationen in Baden-Württemberg ( $I_{L1,\text{min}} = 0,186 \dots I_{L1,\text{max}} = 0,288$ ;  $I_{L2,\text{min}} = 0,228 \dots I_{L2,\text{max}} = 0,362$ ) liegt Konstanz sowohl bei der Langzeit- als auch bei der Kurzzeitbelastung im oberen Drittel ( $I_{L1} = 0,249$ ;  $I_{L2} = 0,307$ ), Friedrichshafen im unteren Drittel ( $I_{L1} = 0,233$ ;  $I_{L2} = 0,295$ ). Bei beiden Stationen ist die Langzeitbelastung entsprechend der obigen Klassifikation als "niedrig" einzustufen, die Kurzzeitbelastung als "mittel". Den größten Anteil an der Belastung hat der Schadstoff Ozon, gefolgt von Stickstoffdioxid und Schwebstaub. Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid spielen dagegen kaum eine Rolle.

Die lufthygienische Hintergrundbelastung in Stockach wird aufgrund der Ortsgröße eher den Verhältnissen in Friedrichshafen entsprechen und ist als niedrig bis mittel einzustufen.

#### 4 Beschreibung und Bewertung des klimatisch-lufthygienischen Ist-Zustands

Das Baugebiet Burghalde liegt im unteren Bereich des ostexponierten Hanges des Nellenburger Berges. Der Hang fällt von einer Gipfelhöhe von 624 m ü.NN auf rund 480 m ü.NN am derzeitigen Ortsrand (Gießereistraße) von Stockach ab. Die mittlere Hangneigung beträgt am Oberhang rund 15 %, am Unterhang ca. 11% bis 12 %. Genutzt wird der Hang überwiegend als Grünland, lediglich der Gipfelbereich ist teilweise bewaldet. Im Bereich des Weges, der von der Nellenburgstraße abzweigt und das Baugebiet in Südost-Nordwest-Richtung quert, befindet sich eine deutlich ausgeprägte Hangdelle. Am Nordrand der Baugebietsfläche verläuft in west-östlicher Richtung das Heroldstal, dessen Bach ca. 350 m unterhalb des Gipfels entspringt (vgl. Abb. 1 und 3).

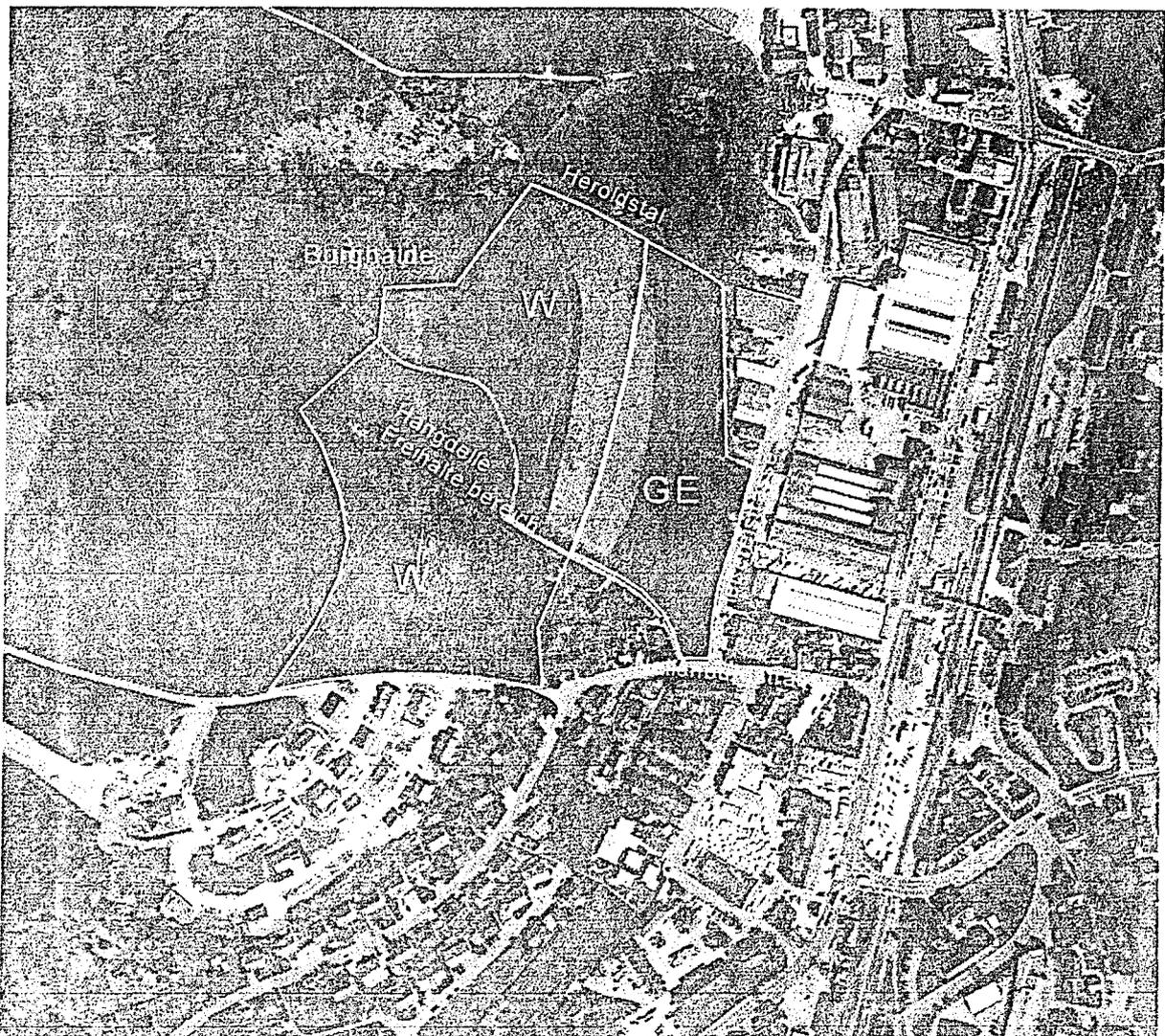


Abb. 3: Stadt Stockach, Baugebiet "Burghalde" - Ausschnitt aus Luftbild (Aufnahmedatum 23.04.98, Maßstab im Original 1:3.620); W = Wohnnutzung geplant; GE = Gewerbliche Nutzung geplant

Zur Verdeutlichung der folgenden Aussagen wurde eine Klimafunktionskarte für das Untersuchungsgebiet erarbeitet, welche die lokalklimatischen Verhältnisse im Ist-Zustand darstellt (siehe Karte auf der folgenden Seite). Aufgrund seiner Nutzung, der relativ hohen Bodenfeuchte und der Hangneigung sind der hier beschriebene Hangabschnitt ebenso wie die nördlich und südlich anschließenden Bereiche des Nellenburger Berges als sehr gute Kaltluftproduzenten mit guten Kaltluftabflußmöglichkeiten zu bezeichnen. Durch die Orientierung des Hanges kommen die kühlen und frischen Luftmassen unmittelbar den im Talgrund gelegenen Wohn- und Gewerbegebieten von Stockach zugute.

Im Rahmen der schon mehrfach erwähnten Klimauntersuchung für Espasingen [IMA RICHTER & RÖCKLE 1997] wurden die Kaltluftabflüsse im Untersuchungsgebiet mit Hilfe eines numerischen Kaltluftabflußmodelles berechnet. Stockach und der Nellenburger Berg lagen noch im Bereich des Simulationsgebietes. Für die Hangbereiche des Nellenburger Berges wurden Volumenstromdichten zwischen 2 m<sup>3</sup>/s am Oberhang und 32 m<sup>3</sup>/s am Ortsrand ermittelt. Das bedeutet, in windschwachen klaren Nächten fließen bezogen auf eine Luftsäule von 1 m Breite bis zu 32 m<sup>3</sup> Frischluft pro Sekunde in das Siedlungsgebiet von Stockach ein. Zum Vergleich: für den Hauptstrom im südlich von Stockach gelegenen Abschnitt der Stockacher Aach wurden Volumenstromdichten von über 64 m<sup>3</sup>/s berechnet. Damit ist der Kaltluftabfluß vom Nellenburger Hang zwar kleiner als im Aachtal, aber von der Menge her auf jeden Fall als relevant für Stockach einzuschätzen. Deutlich zu erkennen sind die kleinen Tälchen am Nellenburger Hang wie z.B. das Heroldstal, in denen mehr Kaltluft abfließt als an den umgebenden Hangflächen, weil sich die Kaltluft in diesen Hohlformen sammelt und größere vertikale Mächtigkeiten erreicht als bei einem flächigen Abfließen.

Die vertikalen Mächtigkeiten der fließenden Kaltluft wachsen von weniger als 10 m am Oberhang bis auf 40 m bis 50 m am Unterhang an und erreichen im Talgrund von Stockacher und Mahlspürer Aach Höhen bis zu 70 m. Große Siedlungsteile von Stockach liegen somit einige Stunden nach Beginn der Nacht in einem Kaltluftsee, verbunden mit einer stabilen Luftschichtung in Bodennähe und dementsprechend eingeschränkten vertikalen Luftaustauschmöglichkeiten. Da sich Kaltluftabflüsse nur bei windschwachen autochthonen<sup>3</sup> Wetterlagen ausbilden, ist auch der horizontale Luftaustausch reduziert, so daß die im Talgrund gelegenen Siedlungsteile von Stockach bei diesen Wetterlagen schlecht belüftet sowie - im Herbst und Winter - nebel- und frostgefährdet sind. Günstigere Verhältnisse herrschen in den etwa oberhalb der 500 m Höhenlinie gelegenen Wohngebieten wie z.B. im Stadtteil Hindelwangen, die bereits oberhalb des Kaltluftsees liegen. Das Baugebiet Burghalde befindet sich am Übergang zwischen Kaltluftsee und wärmebegünstigter oberer Hangzone und weist unter diesem Aspekt recht gute Voraussetzungen für eine Wohnbebauung auf.

Um die Bedeutung der hier diskutierten Fläche des Baugebietes Burghalde für die klimatisch-lufthygienischen Verhältnisse in Stockach einschätzen zu können, sind drei Fragen zu beantworten:

---

<sup>3</sup>autochthone Wetterlage = windschwache Hochdruckwetterlage mit Dominanz eigenbürtiger Einflüsse, quasi "hausgemachte" Wetterlage  
allochthone Wetterlage = meist mit Tiefdruckgebieten verbundene Wetterlage mit Dominanz fremdbürtiger Einflüsse

1. Wie hoch ist die klimatisch-lufthygienische Vorbelastung des Wirkungsraumes, also des Siedlungsgebietes, welches von der Freifläche derzeit profitiert?
2. Wie häufig treten Wetterlagen mit Kaltluftentstehung und -abfluß im Jahresdurchschnitt auf, d.h. wie oft übt die Freifläche ihre Funktion als klimatisch-lufthygienische Ausgleichsfläche aus?
3. Gibt es noch andere Flächen im Untersuchungsraum, die eine ähnliche Funktion wie die Planungsfläche übernehmen?

#### Zu 1.) Klimatisch-lufthygienische Vorbelastung

Wie im Kap. 3 erläutert, ist Stockach bioklimatisch als Bereich mit vermehrter Wärmebelastung und gelegentlichen Kältereizen anzusehen, d.h. es kommt im Sommer relativ häufig zu für den Menschen unangenehm hohen Lufttemperaturen und meist hoher Luftfeuchte ("schwül-warme Witterung"). Die Durchlüftung ist aufgrund der Muldenlage zumindest in den tiefer gelegenen Siedlungsbereichen eingeschränkt mit gegenüber den Hochlagen reduzierten Windgeschwindigkeiten und einem höheren Anteil an Windstillen. Die großräumige lufthygienische Hintergrundbelastung ist als gering bis mittel einzustufen.

Im unmittelbaren Einflußbereich der Planungsfläche befindet sich das Gewerbegebiet zwischen Gießerei- und Heinrich-Fahr-Straße (B 313), das nach Westen in Richtung Baugebiet Burghalde erweitert werden soll. Ein Vordringen der Kaltluftmassen bis in das Wohngebiet östlich der Bahnlinie ist am ehesten am Südrand der Planungsfläche entlang der Nellenburgstraße möglich, in welche die Kaltluftmassen aus der oben erwähnten Hangdelle münden. Im mittleren und nördlichen Abschnitt bildet der mehr oder weniger geschlossene Gebäudekomplex entlang der Heinrich-Fahr-Straße mit ca. 200 m Länge in Nord-Süd-Richtung, ca. 100 m Länge in Ost-West-Richtung und bis zu 3,5 Stockwerken ein massives Strömungshindernis.

Neben der großräumigen lufthygienischen Hintergrundbelastung muß das Vorhandensein lokaler Emittenten überprüft werden. Mit Emissionen aus den vorhandenen Gewerbebetrieben ist nach Auskunft von Herrn Schirmeister, Stadtbauamt Stockach nicht zu rechnen, die Hauptemissionsquelle ist somit der Verkehr auf der B 313 und den angrenzenden Straßen. Die Verkehrszählungen aus dem Jahr 1995 [SCHAECHTERLE u. SIEBRAND 1995] erbrachten für die Heinrich-Fahr-Straße eine durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) von 13.800 Kfz bis 13.900 Kfz. Nördlich der Nellenbadstr. liegt der DTV-Wert auf der B 313 (hier: Meßkircher Straße) zwischen 13.600 Kfz und 14.600 Kfz. Die höchsten DTV-Werte in der Kernstadt werden mit 15.300 Kfz auf der Goethestraße (B 31) erreicht. Auch der Stadtwall ist mit Verkehrsstärken zwischen 10.500 Kfz und 12.500 Kfz/24 h noch als Hauptverkehrsstraße anzusehen.

Im Entwurf der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 wird als "Grenzwert" für Hauptverkehrsstraßen zwar generell eine durchschnittliche Verkehrsstärke von 15.000 Kfz/24 h angesetzt, jedoch heißt es in der Städtebaulichen Klimafibel, Teil 2 [WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1993], daß gerade im Innenstadtbereich bereits ab 10.000 Kfz/24 h Immissionsprognosen nötig sein können. Im Sinne der "planerischen Vorsorge" sollte daher von dem niedrigeren "Grenzwert" ausgegangen werden. Für die genannten Straßenabschnitte sollte entsprechend den Anforderungen der 23. Bundes-Immissionsschutzverordnung (23. BImSchV) geprüft werden, ob die dort festgelegten Konzentrationswerte für NO<sub>2</sub>, Benzol

und Ruß eingehalten werden (vgl. Tab. 5). Eine Überschreitung der Werte wird von der für den Immissionsschutz zuständigen Behörde der Straßenverkehrsbehörde mitgeteilt, die dazu ermächtigt ist, den Straßenverkehr auf bestimmten Straßen oder in bestimmten Gebieten einzuschränken oder zu verbieten.

Im Rahmen der Stockacher Verkehrszählung wurden zusätzlich zu den Gesamt-DTV-Werten für die Tagstunden zwischen 6 Uhr morgens und 8 Uhr abends die halbstündlichen Verkehrsmengen sowie die jeweiligen Lkw-Anteile erfaßt. Die Lkw-Anteile sind vor allem im Hinblick auf die Komponenten NO<sub>2</sub> und Ruß von Bedeutung, weil hier der Schadstoffausstoß bei Lkw um ein Vielfaches höher liegt als bei Pkw. Für die Heinrich-Fahr-Straße ergaben sich im Mittel für die Tagstunden Lkw-Anteile von rund 15 %, für die Nellenbadstraße zwischen 8 % und 9,5 % und für die Aachener Straße ca. 2 %. Der relativ hohe Lkw-Anteil auf der Heinrich-Fahr-Straße unterstützt die Forderung nach einer quantitativen Ermittlung der Immissionsbelastung.

Eine erste grobe Abschätzung der zu erwartenden Immissionswerte wird im Folgenden für den Abschnitt der Heinrich-Fahr-Straße zwischen Nellenburg- und Nellenbadstraße mit Hilfe eines sogenannten "Grob-screening-Verfahrens" (STREET [TÜV ENERGIE UND UMWELT GMBH 1995]) durchgeführt. Zur Abschätzung der Immissionsbelastung entlang einer Straße mit Hilfe von "STREET" sind verschiedene Eingabedaten zu ermitteln:

- Zuordnung der Straße in eine der vorgegebenen Straßenkategorien
- Einordnung der Umgebung in einen Vorbelastungstyp
- Abschätzung der meteorologischen Verhältnisse (Windrichtung, Windgeschwindigkeit)
- Ermittlung der verkehrsspezifischen Daten (DTV-Wert, Lkw-Anteil, Fahrmodus)

Für die Heinrich-Fahr-Straße standen die im Folgenden genannten Angaben zur Verfügung bzw. wurden vom Gutachter abgeschätzt. War die Einordnung in eine der vorgegebenen Kategorien nicht eindeutig, so wurde generell im Sinne einer konservativen Einschätzung die ungünstigere Variante gewählt:

Straßenkategorie:	zweispurige Straße mit dichter Randbebauung, Höhen-/Breitenverhältnis 1:1,5
Vorbelastungstyp:	Stadttrand; hierunter fallen auch Gemeinden und Kleinstädte mit ca. 20.000 bis 40.000 Einwohnern (Einwohnerzahl Stockachs 1997 laut Landesinformationssystem Baden-Württemberg: knapp über 16.000)
Windgeschwind.:	Jahresmittel 2,0 m/s (typisch für Tallagen)
Windrichtung:	Hauptwindrichtungssachse Südwest-Nordost, d.h. diagonal zum Verlauf der Heinrich-Fahr-Straße
DTV:	13.800 Kfz/24 h
Lkw-Anteil:	15 %
Fahrmodus:	Flüssiger Stadtverkehr mit einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 45 km/h (Fahrmodus F4)
Ergebnis:	keine Überschreitungen der in Tab. 5 genannten Konzentrationswerte für Stickstoffdioxid, Ruß und Benzol

Tab. 5: Konzentrationswerte nach 23. BImSchV [KRdL 1995]

Komponente	Zeitbezug	Konzentrationswert
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	98-Perzentilwert aus Halbstundenmittelwerten	160 µg/m <sup>3</sup>
Ruß	Jahresmittelwert	8 µg/m <sup>3</sup> ab 01.07.1998
Benzol	Jahresmittelwert	10 µg/m <sup>3</sup> ab 01.07.1998

### Zu 2.) Häufigkeit von Wetterlagen mit Kaltluftentstehung und - abfluß

Da sich nach Auskunft des Deutschen Wetterdienstes (Regionales Gutachtenbüro Stuttgart) keine kontinuierlich registrierende Klimastation in Stockach befindet, sei hier wiederum auf die Ergebnisse der Klimauntersuchung Espasingen [IMA RICHTER & RÖCKLE 1997] zurückgegriffen. Die dort durchgeführten meteorologischen Messungen mit einer Intensivmeßkampagne sowie zwei Stationen, an denen über den Zeitraum eines halben Jahres Windrichtung und Windgeschwindigkeit registriert wurden, erbrachten einen geschätzten Anteil von rund 20 % aller Jahresstunden mit guten Voraussetzungen für Kaltluftentstehung und - abfluß. Da Kaltluft nur während der Nachtstunden gebildet wird, kann man davon ausgehen, daß in rund 40 % aller Nächte Kaltluftabflüsse entstehen können.

### Zu 3.) Vorhandensein weiterer klimatisch-lufthygienischer Ausgleichsflächen

Wie bereits erwähnt ist der gesamte Hangbereich des Nellenburger Berges als guter Kaltluftproduzent mit Bezug zum Siedlungsraum anzusehen. Im eigentlichen Untersuchungsgebiet (vgl. Abb. 1) besitzt das für Stockach bedeutsame Kaltlufteinzugsgebiet eine Ausdehnung von ca. 128 ha, wovon die 6 ha des Baugebietes Burghalde einen Anteil von knapp 5 % einnehmen. Insgesamt ist jedoch das Kaltlufteinzugsgebiet für Stockach wesentlich größer, weil sich ja auch im Norden und Osten der Stadt Wiesen- und Waldflächen mit Abflußmöglichkeiten in Richtung Siedlung befinden. Insbesondere über die Talräume von Stockacher Aach und Mahlspürer Aach mit ihren Seitentälchen werden dem Stadtgebiet von Stockach kühle und frische Luftmassen zugeführt.

Gesamtbewertung der klimatisch-lufthygienischen Bedeutung des Baugebietes Burghalde:

- Unter den Aspekten Vorbelastung von Stockach und Häufigkeit des Auftretens von Kaltluftabflüssen ist der Planungsfläche eine hohe bis sehr hohe Wertigkeit zuzuschreiben.
- Trotz des insgesamt hohen Potentials an klimatisch-lufthygienischen Ausgleichsflächen rings um Stockach besitzt die Planungsfläche einen besonderen Stellenwert, weil sie in mehr oder weniger direktem Bezug zum Stadtkern mit der innerhalb Stockachs höchsten Belastung durch den Kfz-Verkehr steht.
- Die Wirksamkeit der Planungsfläche ist im Ist-Zustand jedoch bereits eingeschränkt aufgrund der Barrierewirkung der großen Gebäudekomplexe zwischen Gießereistraße und Heinrich-Fahr-Straße.

Gerade zu Beginn der Nacht, wenn die kühlende und reinigende Wirkung der Kaltluftabflüsse besonders erwünscht ist, wird das bodennahe Einströmen der Luftmassen durch die Gebäude behindert. Lediglich im Bereich der Nellenburgstraße ist ein Vordringen bis zu den Bahngleisen bzw. bis in die Siedlungsgebiete östlich davon denkbar. Dieser Bereich in Verlängerung der nordwest-südost verlaufenden Hangdelle ist daher als besonders wichtig und erhaltenswert einzuschätzen.

## 5 Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen der geplanten Bebauung

### 5.1 Allgemeines

Die Beschreibung und Bewertung der zu erwartenden Auswirkungen gliedert sich in drei funktionale und zwei räumliche Kategorien. Bei den Klimafunktionen unterscheidet man zwischen dem thermisch-hygrischen<sup>4</sup>, dem dynamischen und dem lufthygienischen Komplex. Bei der räumlichen Betrachtung muß man zwischen den Auswirkungen auf der Planungsfläche selbst bzw. in ihrer unmittelbaren Umgebung (Nahbereich bis ca. 50 m Entfernung) und den Fernwirkungen bis in Entfernungen von ca. 1000 bis 2000 m differenzieren.

Bevor auf das Baugebiet Burghalde eingegangen wird, sollen im folgenden die klimatisch-lufthygienischen Auswirkungen, die von der Umnutzung einer Freifläche in ein Gewerbe- oder Wohngebiet ausgehen können, beschrieben werden. Es handelt sich dabei in erster Linie um qualitative Aussagen, die sich im wesentlichen auf autochthone Wetterlagen beziehen, bei denen sich die durch die Nutzung hervorgerufenen Klimateigenschaften besonders gut ausprägen und die zugleich die Wettersituationen mit den höchsten bioklimatischen Belastungen darstellen. Die quantitativen Angaben stammen aus Modellrechnungen, die im Zuge früherer Untersuchungen für ähnliche Projekte durchgeführt wurden.

#### Auswirkungen auf Oberflächentemperatur, Lufttemperatur und Luftfeuchte

Durch Bodenversiegelung und Verlust verdunstender Oberflächen ändern sich der Wärme- und Feuchtehaushalt der betroffenen Fläche. Erfahrungswerte aus Thermalaufnahmen haben ergeben, daß sich die nächtliche mittlere *Oberflächentemperatur* je nach Bestand und geplanter Nutzung um wenige Zehntelgrade bis zu max. 4 bis 5 K<sup>5</sup> erhöhen wird. Damit verbunden ist eine Erhöhung der mittleren *Lufttemperatur* (um maximal 1 bis 2 K) bei gleichzeitigem Rückgang der relativen Feuchte (um wenige Prozent). Durch anthropogene Wärme- und Feuchteemissionen (z.B. bei Verbrennungsprozessen) kann die Temperaturerhöhung noch verstärkt, die Feuchteverminderung dagegen abgeschwächt werden.

---

<sup>4</sup> thermisch-hygrisch: die Lufttemperatur- und Luftfeuchtebedingungen betreffend; dynamisch: die Strömungsverhältnisse betreffend

<sup>5</sup> Übereinstimmend werden in der Wissenschaft *Temperaturdifferenzen* in Grad Kelvin angegeben. Die Kelvinskala ist die auf den absoluten Nullpunkt bezogene Temperaturskala mit gleichen Gradabständen wie die Celsiusskala, d.h. 0 Kelvin = -273,15 °C, eine Temperaturdifferenz von 1 Kelvin entspricht einer Differenz von 1 °C.

Als Fazit läßt sich festhalten, daß es durch die Umgestaltung einer Landwirtschaftsfläche zu einem Wohn- oder Gewerbegebiet zu einer Temperaturerhöhung und einer Feuchtereduktion kommt, daß diese Effekte jedoch auf das bebauten Gebiet und seine unmittelbare Umgebung beschränkt bleiben, sofern sie nicht über das Medium Luft weitertransportiert werden.

#### Auswirkungen auf die Strömungsverhältnisse

Der Wechsel zwischen Gebäuden, Straßen, versiegelten Plätzen und Freiflächen führt zu einer starken Variabilität des Windfeldes in bebauten Gebieten. Zonen erhöhter Windgeschwindigkeit durch Ecken- und Düseneffekte kommen ebenso vor wie windschwache Bereiche und Wirbelbildung im Lee<sup>6</sup> von Gebäuden. Durch die erhöhte mechanische Turbulenz, also Verwirbelung der Luftschichten, kommt es seltener zur Ausbildung bodennaher stabiler Schichtungen als im Freiland.

In ihrer Gesamtheit bildet eine Siedlung ein Strömungshindernis und führt somit zu einer Reduktion der Windgeschwindigkeit innerhalb der reibungsbeeinflussten Schicht. Bei einer Stadt spricht man von der Ausbildung der sog. "Urban Boundary Layer" (UBL), die sich vom mittleren Dachniveau bis zur Grenze der ungestörten Atmosphäre erstreckt und sich auf der windabgewandten Seite wie eine Rauchfahne noch mehrere 100 m weit ins Umland zieht [MEYERS KLEINES LEXIKON 1987]. Bei einzelnen Siedlungsgebieten ist diese Grenzschicht in ihrer vertikalen und horizontalen Ausdehnung geringer als bei einer Stadt, aber sie ist vorhanden. Bei den horizontal wirkenden Effekten unterscheidet man zwischen einer nahen und einer fernen Nachlaufzone. Im nahen Nachlauf hinter Hindernissen kommt es zur Ausbildung einer Gegenströmung (Rezirkulationswirbel; Anreicherung von Schadstoffen möglich), im fernen Nachlauf ist die Windgeschwindigkeit reduziert. Dabei gelten folgende Faustregeln:

- (1) Mit zunehmendem Verhältnis von Anströmbreite des Hindernisses zur Höhe nimmt die bodennahe Rückströmzone (naher Nachlauf) zu. Bei einem Verhältnis von 1 beträgt der Rückströmbereich 1 bis 2 Hindernishöhen. Bei breiten Gebäuden (Verhältnis Breite/Höhe = 10) ist der nahe Nachlaufbereich bereits 5 bis 9 Gebäudehöhen lang.
- (2) Für die ferne Nachlaufzone wurden in Windkanalversuchen Geschwindigkeitsreduktionen gefunden, die mit  $H/x$  abklingen ( $H$  = Gebäudehöhe,  $x$  = Abstand vom Hindernis). Bei 50 m hohen Bauwerken ist mit einer Reduktion in 1 km Entfernung von etwa 5 % zu rechnen (erträglicher Wert, Grenzwerte existieren nicht!).

Auch hier sind die Auswirkungen bei einer etwas kräftigeren übergeordneten Strömung größer als bei Windstille, wo sie - ähnlich wie bei Temperatur und Feuchte - auf das Plangebiet selbst beschränkt bleiben.

#### Auswirkungen auf die Lufthygiene

Jede Neuausweisung eines Wohn- und insbesondere eines Gewerbe- oder Industriegebietes führt zu einer Erhöhung der Schadstoffbelastung der Luft, auch wenn keine emittierenden Betriebe zugelassen

---

<sup>6</sup>Lee = die vom Wind abgewandte Seite. Luv = die dem Wind zugewandte Seite.

werden. Hauptverursacher ist neben dem Hausbrand der Kfz-Verkehr, der je nach Art der gewerblichen Nutzung und Lage des Gebietes im Straßennetz einen unterschiedlich hohen LKW-Anteil aufweist. Die wichtigsten Abgaskomponenten sind Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide, Summe der unverbrannten Kohlenwasserstoffe, Benzol, Dieselruß, Schwefeldioxid, Kohlendioxid und Schwebstaub. Vor allem bei den Komponenten Stickstoffoxide und Ruß spielt der LKW-Anteil eine entscheidende Rolle.

Um den Weg der Emissionen vom Quellort bis zum Ort der Einwirkung auf Menschen, Tiere und Pflanzen - also die Immissionsbelastung - zu beschreiben bzw. zu prognostizieren, ist die genaue Kenntnis der horizontalen und vertikalen Austauschbedingungen nötig. Kennzahlen für den horizontalen Austausch sind Windrichtung und Windgeschwindigkeit, für den vertikalen Austausch die Schichtung der Atmosphäre.

In Tab. 6 sind die beschriebenen Auswirkungen der Umwandlung einer Freifläche in bebautes Gebiet in vereinfachter Form zusammengestellt.

Tab. 6: Auswirkungen der Umwandlung einer Freifläche in bebautes Gebiet auf verschiedene Klimaelemente und auf die Lufthygiene

Klimaelement	Nahwirkungen (Entfernung bis 50 m)	Fernwirkungen (Entfernung bis 1 - 2 km)
Oberflächentemperatur (Nachtstunden)	Erhöhung um wenige Zehntelgrade bis maximal 4 bis 5 K	keine
Lufttemperatur (Nachtstunden)	Erhöhung um maximal 1 bis 2 K	bei sehr windschwachen Wetterlagen: keine bei etwas stärkerer übergeordneter Strömung: Erhöhung um ca. 0,5 K
Luftfeuchte (Nachtstunden)	Verringerung um maximal 10 %	bei sehr windschwachen Wetterlagen: keine bei etwas stärkerer übergeordneter Strömung: Verringerung um ca. 2 %
Wind- und Austauschverhältnisse	starke Variabilität des Windfeldes: Geschwindigkeitsabnahmen um 30 bis 70 %, Geschwindigkeitszunahmen um 25 bis über 100 %; Wirbelbildungen, Ecken- und Düseneffekte, erhöhte vertikale Durchmischung	Geschwindigkeitsreduktionen um 5 bis 25 %
Lufthygiene	Zunahme der Emissions- und Immissionsbelastung, Schadstoffanreicherung im nahen Nachlauf hinter Gebäuden	Zunahme der Immissionsbelastung bei Verfrachtung der Schadstoffe mit der Luftströmung

## 5.2 Auswirkungen des Baugebiets Burghalde

Entsprechend der Ideenskizze Baugebiet "Burghalde" des Planungsbüros FISCHER, Freiburg (Sept. 1997) sollen auf der 5,9 ha großen Fläche 52 Einzelhäuser, 20 Doppelhaushälften und 7 Reihenhäuser für ca. 260 Einwohner entstehen. Wie aus Abb. 4 ersichtlich, gliedert sich das Baugebiet in einen nördlichen und einen südlichen Teil, getrennt durch einen 30 m bis 70 m breiten Freihaltebereich, der als Kaltluftabflußbahn dienen soll. Die Gebäudeorientierung ist im Nordteil überwiegend west-ost, also senkrecht zu den Höhenlinien, mit Ausnahme der 7 Reihenhäuser, deren Längsachse nord-süd, d.h. hangparallel ausgerichtet ist. Im Südteil sind die Häuser durchwegs hangparallel angeordnet.



Abb. 4: Stadt Stockach, Ideenskizze Baugebiet "Burghalde"; Maßstab ca. 1:2500 [PLANUNGSBÜRO FISCHER 1997]

Die verkehrliche Erschließung erfolgt bei der hier diskutierten Ideenskizze im Nordteil von der Gießereistraße, im Südteil von der Nellenburgstraße. Zwischen Nord- und Südteil ist lediglich ein Fußweg vorgesehen, der den Freihaltebereich von Südost nach Nordwest quert. Alternativ dazu könnte die Erschließung für beide Siedlungsteile von Süden, also von der Nellenburgstraße her realisiert werden. Der freizuhaltende Streifen soll im oberen Abschnitt locker, im unteren Teil etwas dichter mit Bäumen bepflanzt werden. Auch für die Baugebiete selbst ist eine Durchgrünung bzw. Einfriedung mit Bäumen vorgesehen.

Zwischen dem Baugebiet "Burghalde" und der Gießereistraße soll in Erweiterung des bestehenden Gewerbegebietes ein neues, z.T. eingeschränktes Gewerbegebiet bzw. ein Mischgebiet (2geschossig; GRZ<sup>7</sup> 0,4 bis 0,6; GFZ 0,8 bis 1,0) entstehen. Beide Planungsvorhaben sind bei der folgenden Diskussion der klimatisch-lufthygienischen Auswirkungen gemeinsam zu betrachten.

#### Auswirkungen auf Oberflächentemperatur, Lufttemperatur und Luftfeuchte

Durch Gebäude und Verkehrsflächen werden im Baugebiet Burghalde rund 4,5 ha an kalte-luftproduzierender Fläche verlorengehen. Hinzu kommen rund 3 ha im östlich angrenzenden geplanten Gewerbegebiet. Dementsprechend werden sich die mittleren nächtlichen Oberflächen- und Lufttemperaturen auf der Planungsfläche selbst sowie in den unmittelbar anschließenden bebauten Gebieten östlich und südlich der Planungsfläche (Nahbereich < 50 m) geringfügig erhöhen, die relative Luftfeuchtigkeit wird etwas zurückgehen. Temperaturerhöhung bzw. Feuchterückgang auf der Planungsfläche selbst sind unkritisch, da das Gebiet derzeit thermisch unbelastet ist. Bei den betroffenen bebauten Gebieten in der Umgebung muß man zwischen Gewerbe- und Wohnnutzung unterscheiden, wobei Wohngebiete empfindlicher gegenüber klimatischen Veränderungen sind. Wohngebiete sind von der geplanten Bebauung nur in geringem Umfang betroffen und zwar der Bereich südlich der Planungsfläche (Nellenburgstraße). Es handelt sich hierbei um locker bebaute Gebiete mit relativ günstigen thermischen Verhältnissen, so daß eine geringfügige Veränderung im Temperatur- und Feuchtehaushalt tolerierbar erscheint.

Fernwirkungen bei den Temperatur- und Feuchteverhältnissen bis in den Bereich des Stockacher Stadtzentrums sind aufgrund der geringen Flächengröße und aufgrund von Art und Maß der Nutzung nicht zu erwarten.

#### Auswirkungen auf die Strömungsverhältnisse

Die geplante Bebauung und die Bepflanzung mit Bäumen führt zu einer Erhöhung der Rauigkeit gegenüber der derzeitigen Grünlandnutzung. Dadurch wird zum einen die Windgeschwindigkeit reduziert und zum zweiten das Abfließen von Kaltluftmassen erschwert. Aufgrund des geringen Nutzungsmaßes (überwiegend zweigeschossige Einzel- und Doppelhäuser) und der Hanglage sind die Durchlüftungsmöglichkeiten im Baugebiet selbst als gut zu bezeichnen. Mit Zugigkeitserscheinungen oder unangeneh-

---

<sup>7</sup> GRZ = Grundflächenzahl; gibt an, wieviel Quadratmeter Grundfläche je Quadratmeter Grundstücksfläche zulässig sind. GFZ = Geschößflächenzahl; gibt an, wieviel Quadratmeter Geschößfläche je Quadratmeter Grundstücksfläche zulässig sind.

men Ecken- und Düseneffekten ist nicht zu rechnen.

Im Umfeld ist von der Windgeschwindigkeitsreduktion in erster Linie das Gewerbegebiet östlich der Gießereistraße betroffen, das bei Winden aus Nordwest, West und Südwest in Lee der Planungsfläche liegt. Da Westwetterlagen meist mit kräftigen Winden und insgesamt guten Austauschbedingungen verbunden sind, wird die durch das Baugebiet hervorgerufene Verringerung der Windgeschwindigkeit zu keiner gravierenden Verschlechterung der Durchlüftungssituation führen.

Fernwirkungen bei Westwetterlagen mit einer Windgeschwindigkeitsreduktion bis in den Bereich des Stockacher Stadtzentrums sind aufgrund der geringen Flächengröße und aufgrund von Art und Maß der Nutzung nicht zu erwarten.

Kritischer ist die Situation bei den windschwachen autochthonen Wetterlagen. Das Baugebiet behindert das flächige Abfließen der am Hang gebildeten Kaltluftmassen sowie den kanalisiertem Abfluß im Heroldstal und reduziert dadurch die Frischluftzufuhr für die unterhalb befindlichen Siedlungsteile. Allerdings ist das Einströmen der Luftmassen in das bestehende Gewerbegebiet an der Gießereistraße bzw. das Vordringen bis in die östlich der Bahnlinie gelegenen Wohngebiete im Ist-Zustand bereits erschwert (vgl. Kap. 4). Im Planzustand wird der Kaltluftabfluß auf den Freihaltebereich zwischen dem nördlichen und südlichen Teil des Baugebiets Burghalde konzentriert. Diese Abflußschneise liegt im Bereich der mehrfach erwähnten Hangdelle und mündet in die Nellenburgstraße. Durch die vorgesehene Bepflanzung mit Bäumen wird der Abfluß innerhalb der Hangdelle gegenüber dem Ist-Zustand beeinträchtigt, die geplanten Wohnhäuser haben dagegen keine Hinderniswirkung, weil sie außerhalb der Abflußbahn liegen.

#### Auswirkungen auf die Lufthygiene

Das Baugebiet Burghalde sowie das geplante Gewerbegebiet führen durch Hausbrand und Kfz-Verkehr zu einer Zunahme der Emissionen. Diese werden bei westlichen Winden in Richtung Stadtzentrum verfrachtet, bei autochthonen Wetterlagen fließen sie mit der Kaltluft hangabwärts bzw. reichern sich in Bodennähe an. Wie bei der Windgeschwindigkeit sind auch in Bezug auf die Lufthygiene die Westwetterlagen aufgrund der meist guten Austauschbedingungen relativ unproblematisch. Ein Gesichtspunkt sollte hier jedoch berücksichtigt werden. Wie in Kap. 5.1 erläutert kommt es hinter Hindernissen zur Ausbildung eines Rezirkulationswirbels und damit zu einer längeren Verweildauer von dort emittierten Schadstoffen. Dieser "nahe Nachlauf" ist umso größer, je breiter das Gebäude im Verhältnis zu seiner Höhe ist. Die Gebäude an der Gießereistraße sind ca. 200 m breit und ca. 12 m hoch. Allerdings liegen sie rund 6 m tiefer als das Gelände westlich der Gießereistraße, womit sich ihre effektive Höhe über Grund auf 6 m reduziert. Aufgrund des großen Breiten-/Höhenverhältnisses erreicht die Zone des nahen Nachlaufes östlich der Gebäude eine maximale Breite von der 9fachen Gebäudehöhe, also ca. 54 m. Im Bereich dieser Nachlaufzone liegen die Heinrich-Fahr-Straße (B 313) und die Bahngleise. Bei westlicher Anströmung kann es dort zu einer Anreicherung von Schadstoffen kommen. Ob dadurch auch die Wohngebiete östlich der Bahnlinie beeinträchtigt werden, läßt sich nur durch Modellrechnungen oder Messungen klären.

Durch die Realisierung des Baugebiets Burghalde wird der eben beschriebene Effekt nicht verstärkt,

sondern eher etwas abgeschwächt, da die Westwinde bereits vor dem Auftreffen auf die großen Gebäudekomplexe an der Gießereistraße abgebremst werden.

Gegenüber dem Ist-Zustand verschlechtert wird die lufthygienische Situation jedoch bei den autochthonen Wetterlagen. Hierbei kommt es zur Ausbildung eines Kaltluftsees im Tal der Stockacher Aach mit Inversionsbildung, verminderter Durchlüftung und Anreicherung von Schadstoffen innerhalb des Kaltluftsees. Jeder zusätzliche Schadstoffeintrag zu den bereits bestehenden Belastungen sollte daher nach Möglichkeit vermieden werden. Quantitative Aussagen zur tatsächlichen Höhe der Immissionsbelastung können auch hier nur Modellrechnungen oder Messungen erbringen.

#### Gesamtbewertung der Planung

Das Baugebiet Burghalde und das geplante Gewerbegebiet östlich davon liegen in einem Bereich mit sehr hoher klimatisch-lufthygienischer Ausgleichfunktion, bedingt durch die guten Kaltluftentstehungs- und abflußmöglichkeiten sowie den Bezug zum Stadtzentrum von Stockach. Insbesondere bei den austauscharmen autochthonen Wetterlagen, die ca. 20 % aller Jahresstunden einnehmen, kommt es durch die Planung zu negativen Auswirkungen auf die Frischluftversorgung der östlich angrenzenden Siedlungsteile. Bei den im Jahresdurchschnitt am häufigsten auftretenden Wetterlagen mit westlichen Windrichtungen sind die Auswirkungen der Planung dagegen als unkritisch einzustufen.

Aufgrund der hohen Bedeutung der Planungsfläche, der bereits bestehenden thermischen und lufthygienischen Vorbelastung in Stockach und der Ausweitung der Hangbebauung auch außerhalb der Burghalde (Neubaugebiet südlich der Nellenburgstraße) wäre ein Verzicht auf die geplante Bebauung die optimale Lösung aus Sicht von Klima und Lufthygiene. Im Falle einer Realisierung der beiden Bauvorhaben sollten neben der bereits vorgesehenen Abflußschneise noch weitere Empfehlungen berücksichtigt werden, die im Kap. 6 zusammengefaßt sind.

## 6 Planungsempfehlungen

Die folgenden Planungsempfehlungen sollen in erster Linie dazu beitragen, die nachteiligen Auswirkungen auf den Kaltluftabfluß und die lufthygienische Situation bei autochthonen Wetterlagen weitgehend zu vermindern, ganz vermeiden lassen sie sich nicht.

- Freihalten der vorgesehenen zentralen Kaltluftabflußschneise von Bebauung und höherem Bewuchs (vgl. Abb. 3). Im oberen breiten Abschnitt sind Einzelbäume und kleinere Gebüschgruppen zulässig, der untere schmale Abschnitt sollte dagegen als Wiesenfläche gestaltet werden, evtl. in Kombination mit einem offenen Wasserlauf. Die Schneisenbreite sollte das Doppelte der Höhe der Randbebauung betragen, sie darf 20 m, gerechnet von Hauswand zu Hauswand, nicht unterschreiten.
- Die Gebäudelängsachsen sollten senkrecht zu den Höhenlinien orientiert sein, um den Kaltluftabfluß zwischen den Häusern zu begünstigen. Daraus ergibt sich im Fall Burghalde eine West-Ost-Orientierung, die auch im Hinblick auf die Ausnutzung der Sonnenwärme (Ausrichtung der längeren Gebäudeseite nach Süden hin) zu begrüßen ist.
- Größere parallel zum Häng stehende Gebäude (Geschoßwohnungsbau), wie sie in der Ideenskizze im nördlichen Teil vorgesehen sind, sollten aus Sicht des Kaltluftabflusses vermieden werden. Unter dem Aspekt des Lärm- und Sichtschutzes gegenüber dem bestehenden bzw. geplanten Gewerbegebiet sind sie dagegen als positiv zu werten. Hier ist eine Abwägung zwischen den verschiedenen Belangen nötig.
- Die getrennte Verkehrserschließung von Nord- und Südteil ist aus klimatisch-lufthygienischer Sicht einer gemeinsamen Erschließung von Süden her vorzuziehen, weil bei der getrennten Erschließung die Kaltluftabflußbahn nicht von Fahrzeugen gequert und damit nicht mit Kfz-Emissionen belastet wird. Allerdings dürfte das Verkehrsaufkommen während der Hauptzeiten mit Kaltluftabfluß (frühe Abend- und Nachtstunden) nicht sehr groß sein, so daß sich die Belastung in Grenzen hält.
- Festsetzen eines Niedrigenergiehausstandards entsprechend der Wärmeschutzverordnung 95; damit lassen sich gegenüber konventioneller Bauweise bis zu 40 % Heizenergie einsparen.
- Information der Bauherren über Möglichkeiten der aktiven und passiven Sonnenenergienutzung unter Hinweis auf Fördermittel von Bund oder Land.
- Verwendungsverbot emissionsintensiver Heizmittel (Erdöl, Kohle) entsprechend § 9 Abs. 23 BauGB und Bereitstellung einer umweltfreundlichen Energieversorgung (Nah-, Fernwärme, Blockheizkraftwerk).
- Erhalt der noch verbleibenden Freiflächen am Nellenburger Hang, keine weitere Hangbebauung.

## 7 Zusammenfassung und weiterer Untersuchungsbedarf

Die Stadt Stockach plant im unteren Bereich des Nellenburger Hanges zwischen Nellenburg- und Nellenbadstraße die Ausweisung eines neuen Wohngebietes ("Burghalde") sowie eines Gewerbegebietes. Die Beschreibung und Bewertung dieser Vorhaben aus klimatisch-lufthygienischer Sicht ist Gegenstand des vorliegenden Gutachtens.

Dabei wurde zunächst auf der Basis vorhandener meteorologischer Daten, den Ergebnissen einer Kaltluftabflußmodellierung im Raum Espasingen sowie Informationen zu Relief und aktueller Flächennutzung der klimatisch-lufthygienische Istzustand beschrieben und in Form einer Klimafunktionskarte dargestellt. Im nächsten Schritt wurden die zu erwartenden Auswirkungen der geplanten Bebauung auf Temperatur, Feuchte, Strömung und Lufthygiene aufgezeigt und das Konfliktpotential für die angrenzende Bebauung bewertet. Ziel der Untersuchung war die Erarbeitung von Planungshinweisen zur Vermeidung/Verminderung etwaiger negativer Auswirkungen sowie das Aufzeigen von weiterem Untersuchungsbedarf.

Das Baugebiet Burghalde und das geplante Gewerbegebiet östlich davon liegen in einem Bereich mit sehr hoher klimatisch-lufthygienischer Ausgleichfunktion, bedingt durch die guten Kaltluftentstehungs- und abflußmöglichkeiten sowie den Bezug zum Stadtzentrum von Stockach. Insbesondere bei den austauscharmen autochthonen Wetterlagen, die ca. 20 % aller Jahresstunden einnehmen, kommt es durch die Planung zu negativen Auswirkungen auf die Frischluftversorgung der östlich angrenzenden Siedlungsteile. Bei den im Jahresdurchschnitt am häufigsten auftretenden Wetterlagen mit westlichen Windrichtungen sind die Auswirkungen der Planung dagegen als unkritisch einzustufen.

Aufgrund der hohen Bedeutung der Planungsfläche, der bereits bestehenden thermischen und lufthygienischen Vorbelastung in Stockach und der Ausweitung der Hangbebauung auch außerhalb der Burghalde (Neubaugebiet südlich der Nellenburgstraße) wäre ein Verzicht auf die geplante Bebauung die optimale Lösung aus Sicht von Klima und Lufthygiene. Die in Kap. 6 genannten Planungsempfehlungen tragen dazu bei, die aufgezeigten nachteiligen Auswirkungen der Vorhaben zu vermindern, ganz vermeiden lassen sie sich nicht.

Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen besteht aus Sicht des Gutachters kein weiterer klimatischer oder lufthygienischer Untersuchungsbedarf. Sollten sich Veränderungen bezüglich der Emissionssituation ergeben (z.B. deutliche Verkehrszunahme auf B 313, B 31 und angrenzendem Straßennetz oder Ansiedlung emittierender Gewerbes) oder sollten weitere Baugebiete am Nellenburger Hang ausgewiesen werden, so wird eine erneute Einschätzung der Situation erforderlich. Denn gerade im Bereich Klima und Lufthygiene entstehen oft unvermutete Summeneffekte, die nicht vernachlässigt werden dürfen.

Für den Inhalt

Margit Streifeneder  
Diplom-Geographin

## 8 Literatur

DEUTSCHER WETTERDIENST (Hrsg.) (1993):

Das Bioklima in der Bundesrepublik Deutschland.- Bioklimakarte mit Informationsbroschüre.-  
Offenbach

DEUTSCHER WETTERDIENST (Hrsg.) (1953):

Klima-Atlas von Baden-Württemberg.- Bad Kissingen

IMA RICHTER & RÖCKLE (1997):

Klimatologisches Gutachten im Rahmen der UVS Ortsumgebung Espasingen.- Freiburg (unveröff.)

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

Stadtklima und Luftreinhaltung - Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der  
Umweltplanung.- Berlin u.a.

KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT (KRdL) IM VDI UND DIN (Hrsg.; 1993):

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

KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT (KRdL) IM VDI UND DIN (Hrsg.; 1995):

Ausbreitung von KFZ-Emissionen, Emissionsbestimmung, Schriftenreihe Band 22.- Düsseldorf

KREUZ, R. (1997):

Stockach, Burghalde (Einsatz) - Bestandsplan mit Höhen.- Stockach

MEYERS KLEINES LEXIKON (Hrsg.) (1987):

Meteorologie.- Mannheim, Wien, Zürich

PLANUNGSBÜRO FISCHER (1997):

Ideenskizze Baugebiet "Burghalde", Stadt Stockach.- Freiburg (unveröff.)

REGIERUNGSPRÄSIDIUM LEIPZIG (Hrsg.) (1992):

Luftreinhalteplan Leipzig 1992.- Leipzig

SCHAECHTERLE, KH. U. SIEBRAND, H. (1995):

Verkehrsuntersuchung Stockach.- Ulm (unveröff.)

TIETZE W. u.a. (Hrsg.; 1990):

Geographie Deutschlands, Bundesrepublik Deutschland, Staat - Natur - Wirtschaft.- Berlin,  
Stuttgart

## TÜV ENERGIE UND UMWELT GMBH (1995):

Lufthygienische Beurteilung der verkehrsbedingten Immissionen von Straßen und Kreuzungen im Hinblick auf § 40 (2) Bundes-Immissionsschutzgesetz, Wissenschaftliche Dokumentation (STREET).- Filderstadt

## VDI-RICHTLINIE 3787 BLATT 1 (Entwurf; 1994):

Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen.- Berlin

## UMEG (Hrsg.) (1997):

UMEG - Jahresbericht 1996.- Karlsruhe

## WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1993):

Städtebauliche Klimafibel - Hinweise für die Bauleitplanung, Folge 2.- Stuttgart

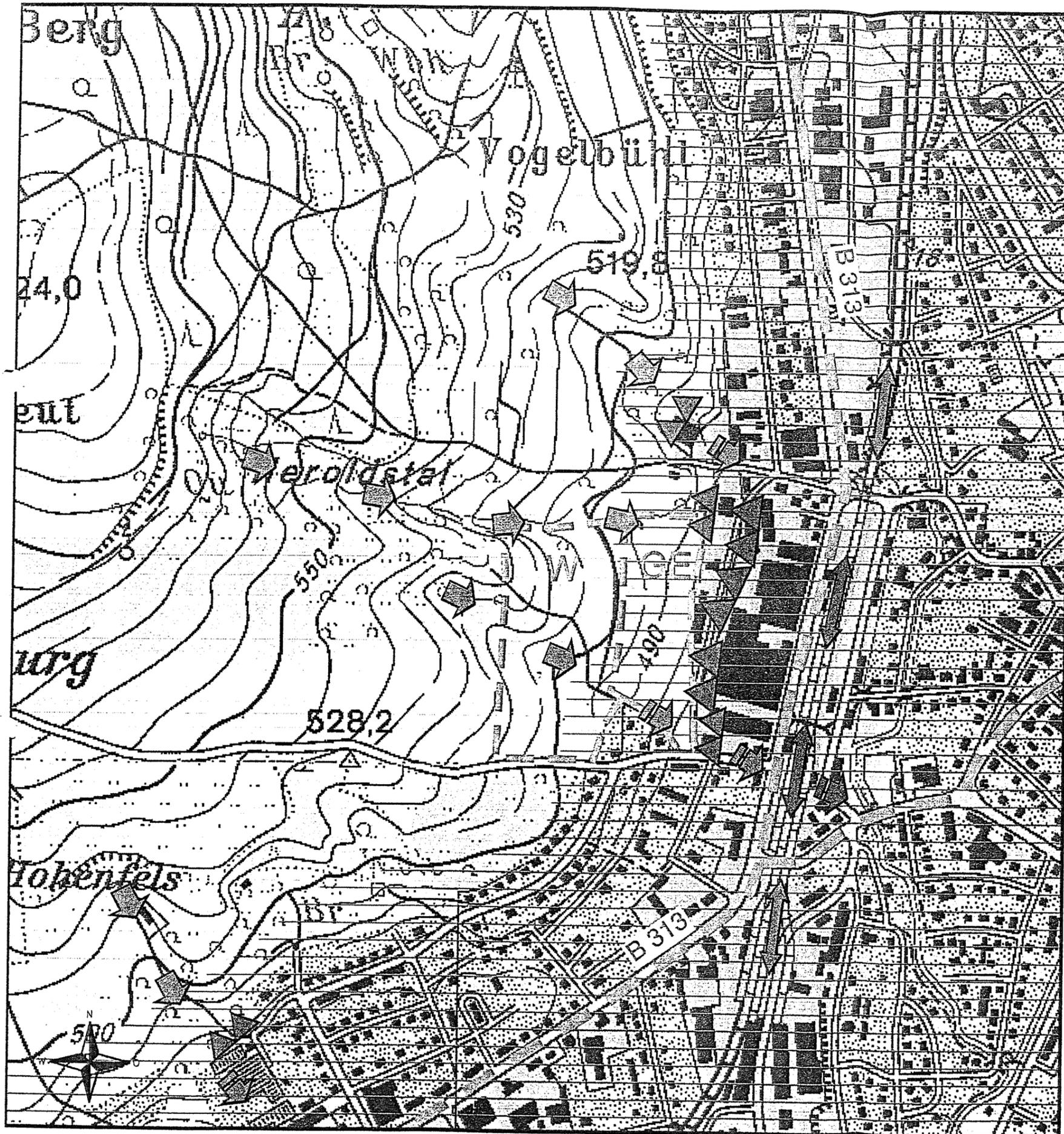
## 9 Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen

### Abbildungen

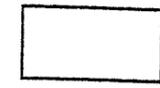
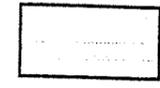
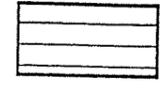
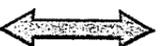
Abb. 1:	Untersuchungsraum mit dem geplanten Wohnbaugebiet Burghalde (W) und dem geplanten Gewerbegebiet (GE) im Zentrum; Ausschnitt aus der TK 25 (verkleinert) . . . . .	2
Abb. 2:	Langjährige Windrichtungsverteilung in Aach und Meersburg für das Gesamtjahr sowie für die Monate Juni und Dezember (Zeitraum 1881-1925) [DWD 1953] . . . . .	7
Abb. 3:	Stadt Stockach, Baugebiet "Burghalde" - Ausschnitt aus Luftbild (Aufnahmedatum 23.04.98, Maßstab im Original 1:3.620); W = Wohnnutzung geplant; GE = Gewerbliche Nutzung geplant . . . . .	10
Abb. 4:	Stadt Stockach, Ideenskizze Baugebiet "Burghalde"; Maßstab ca. 1:2500 [PLANUNGS-BÜRO FISCHER 1997] . . . . .	18

### Tabellen

Tab. 1:	Vergleich der Lufttemperaturen unterschiedlicher deutscher Städte mit Bodman [REGIERUNGSPRÄSIDIUM LEIPZIG 1992; IMA RICHTER & RÖCKLE 1997] . . . . .	5
Tab. 2:	Monatliche Niederschlagsmengen und Jahressummen an den Stationen Bodman und Aach (in mm, Zeitraum 1871 - 1950) [IMA RICHTER & RÖCKLE 1997] . . . . .	5
Tab. 3:	Mittlere Zahl der Nebeltage in Aach (Zeitraum 1871 - 1950) [IMA RICHTER & RÖCKLE 1997] . . . . .	6
Tab. 4:	Bezugswerte zur Berechnung des $I_{11}$ und $I_{12}$ [UMEG 1997] . . . . .	9
Tab. 5:	Konzentrationswerte nach 23. BImSchV [KRdL 1995] . . . . .	14
Tab. 6:	Auswirkungen der Umwandlung einer Freifläche in bebautes Gebiet auf verschiedene Klimaelemente und auf die Lufthygiene . . . . .	17



# Baugebiet "Burghalde" / Stockach Klimafunktionskarte

-  Relevantes Kaltluftentstehungsgebiet mit guten bis sehr guten Kaltluftabflußmöglichkeiten (Nutzung: Grün-/Ackerland)
-  Relevantes Kaltluftentstehungsgebiet mit mäßigen bis guten Kaltluftabflußmöglichkeiten (Nutzung: Wald)
-  Kaltluftsammelgebiet mit eingeschränkten Luftaustauschmöglichkeiten und Neigung zu Nebel- und Frostbildung
-  Kaltluftabfluß in Tälchen, weitgehend unbelastet intensiv / verzögert
-  Verzögerter Kaltluftabfluß im bebauten Gebiet mäßig belastet
-  Lokale Luftleitbahn, weitgehend unbelastet
-  Lokale Luftleitbahn, mäßig belastet
-  Strömungsbarriere
-  Lockeres Wohngebiet, bioklimatisch günstig
-  Mäßig verdichtetes Wohn- bzw. Gewerbegebiet, bioklimatisch mäßig belastend
-  Gleisanlagen, tagsüber stark überwärmt, nachts relativ gute Abkühlung, gut überströmbar
-  Hauptverkehrsstraßen mit DTV > 10.000 kfz/24 h
-  Baugebiet Burghalde (W); geplantes neues Gewerbegebiet (GE)

