

**Klimatologische Stellungnahme zur Bebauung der Fläche
Verlängerung Wolfswerder im Rahmen des Flächennutzungs-
planes (Entwurf) der Gemeinde Kleinmachnow**

Prof. Dr. M. Horbert

Fachgebiet Bioklimatologie der Technischen Universität

Berlin

Berlin, den 2.4.1998

Inhalt:

1.	Einleitung	1
2.	Datengrundlage	2
3.	Derzeitige klimatologische Gegebenheiten	3
3.1	Lufttemperatur	3
3.2	Luftfeuchte	11
3.3	Schwüle	12
3.4	Wind- und Austauschverhältnisse	13
4.	Bioklimatische Bewertung	17
5.	Mögliche Auswirkungen der Bebauung und Hinweise für die Planung	20
6.	Literatur	23

1. Einleitung

Das Klima städtischer Ballungsgebiete ist gegenüber dem Umland durch tiefgreifende Veränderungen des örtlichen Wärmehaushaltes gekennzeichnet. Ursachen hierfür sind:

- die Häufung von Baumassen mit Veränderungen der Wärmekapazität und Wärmeleitung,
- die Verminderung verdunstender Oberflächen, die Erhöhung des Oberflächenabflusses und der Mangel an vegetationsbestandenen Flächen (Versiegelung),
- die Zuführung von Energie und Wasserdampf durch anthropogene Wärmeproduktion,
- die Veränderung der Wind- und Austauschverhältnisse,
- die gegenwärtig noch immer sehr hohe Luftverunreinigung (Glashauseffekt).

Neben der Veränderung des Strahlungshaushaltes kommt es gegenüber dem Umland zu Abweichungen der Lufttemperatur, der Luftfeuchte bzw. der Schwülegefährdung und zu einer Modifikation der Wind- und Austauschverhältnisse. Während die Erhöhung der Lufttemperatur und der Schwülegefährdung besonders in den Sommermonaten eine Rolle spielen, ist die Beeinträchtigung des Luftaustausches ganzjährig ein Problem (u.a. HORBERT, KIRCHGEORG, v. STÜLPNAGEL 1983, HORBERT 1992).

Auch das Stadtgebiet von Berlin muß aufgrund des Versiegelungsgrades und der vorhandenen Baumassen als stadtklimatisch sehr belastet eingestuft werden (UMWELTATLAS BERLIN 1985 und 1993). Deshalb wurde nicht nur den innerstädtischen Freiräumen, sondern auch den locker bebauten Randbereichen und dem Umland von Berlin eine besondere Bedeutung zur klimatischen Entlastung der Stadt zugemessen.

Das Planungsgebiet Verlängerung Wolfswerder gilt noch als Übergangsbereich zwischen dem belasteten Teilzentrum Zehlendorf und

den klimatisch günstiger eingestuften Zonen im näheren und weiteren Bereich von Kleinmachnow. Diesem Bereich werden neben relativ günstigen klimatischen Eigenschaften auch prüfenswerte Wechselwirkungen zwischen belasteten und unbelasteten Räumen zugeordnet. Im Südwesten schließt sich unmittelbar (Machnower Busch) fast für den gesamten Bereich der Gemeinde ein klimatisch entlasteter Bereich (Bereich 2) an. Erst weiter im Westen bzw. Südwesten sind u.a. im Verlauf des Teltowkanals und südlich der Ortslage Teltow Entlastungsbereiche (Bereich 1b) vorhanden, von denen eine Verbesserung der klimatischen Verhältnisse für den Siedlungsbereich von Berlin zu erwarten ist. Somit stellt sich die Frage, ob das o.g. Planungsgebiet einen wesentlichen Beitrag zur Wechselwirkung zwischen diesen Räumen leisten kann.

2. Datengrundlage

Im Rahmen der vorliegenden Klimaanalyse konnten aus Zeit- und Kostengründen weder mit temporären Klimastationen noch mit einem Meßwagen Geländeuntersuchungen angestellt werden. Jedoch standen einige Grunddaten, die zur Erstellung der Klimakarten im UMWELTATLAS BERLIN (1985 und 1993) notwendig waren, zur Verfügung. Eine erneute, problemorientierte Auswertung dieser Meßwerte und eine ausführliche Kartierung der klimarelevanten Stadt- und Landschaftsstrukturen im näheren und weiteren Bereich des Buschgrabens erlaubten jedoch eine hinreichende Beurteilung des gesamten Planungsgebietes.

Von Nutzen war auch die Auswertung des Klimameßstellennetzes des Fachgebietes Bioklimatologie der Technischen Universität, in dessen Rahmen im Jahre 1982 an dem nicht weit entfernten Standort Kohlhasenbrück Daten aufgenommen wurden. Als sehr ergiebig erwies sich auch die Einbeziehung von Oberflächentemperaturen, die im Jahre 1991 der Beobachtungssatellit Landsat-5 (multispektrales Aufnahmesystem Thematic Mapper) zu verschiedenen Tageszeiten aus einer Höhe von 700 km lieferte (UMWELTATLAS BERLIN - Karte 04.06).

3. Derzeitige klimatologische Gegebenheiten

Eine Prognose der klimatischen Auswirkungen der geplanten Bebauung auf die direkt betroffenen Bereiche und auf die klimatische Wechselwirkung mit den derzeit vorhandenen Siedlungsstrukturen kann nur auf der Kenntnis des gegenwärtigen Zustandes beruhen. Unter diesem Gesichtspunkt sollen für das gesamte Planungsgebiet und die klimatischen Einzugsbereiche die für das Stadtklima wichtigsten Parameter wie die Lufttemperatur, die Luftfeuchte, die Schwüle und die Wind- bzw. Austauschverhältnisse im Vordergrund stehen.

3.1 Lufttemperatur

Der Lufttemperatur muß in Ballungsgebieten eine besondere Bedeutung zugemessen werden, da gerade diese Größe über den Wärmehaushalt den vielfältigen Einflüssen der jeweiligen Nutzungen unterliegt. So ist die Erhöhung der mittleren Lufttemperatur auf die Modifikation des Tagesganges im Bereich der bebauten und versiegelten Flächen zurückzuführen. Hier spielt allerdings weniger die Erhöhung des Temperaturmaximums als vielmehr die in der Regel erhebliche Verminderung der nächtlichen Abkühlung gegenüber dem ungestörten Umland eine Rolle. Besonders in windarmen Strahlungsnächten können dann erhebliche Unterschiede von bis zu 8°C auftreten.

Gerade diese nächtliche Überwärmung führt zu einer Erhöhung des Tagesmittels der Lufttemperatur und schließlich auch zu einer Erhöhung des langjährigen Mittels, so daß auch in dieser Größe die anthropogen bedingte Überwärmung von Siedlungsbereichen zum Ausdruck kommt.

Besonders in der westlichen Innenstadt wie in Charlottenburg, Wilmersdorf, Tiergarten und Moabit, aber auch in Teilen von Berlin-Mitte treten im langjährigen Mittel Temperaturen von über 10.5°C auf (UMWELTATLAS BERLIN 1993 - Karte 04.02). Wärmer

als 10°C sind auch die sonstigen relativ dicht bebauten Wohn- und Gewerbegebiete wie die südlichen Bereiche von Wilmersdorf und Schöneberg. Mit Abnahme der Bebauungsdichte und Annäherung an die Außenbereiche von Berlin nimmt die mittlere Lufttemperatur kontinuierlich ab. In den Berliner Forsten liegen die Mitteltemperaturen unter 8,5°C, teilweise sogar unter 8°C. Dies gilt auch für die südlich von Berlin vorhandenen Wälder und Feldfluren. In flachen Rinnen und Senken werden sogar 7,0°C unterschritten.

Jedoch können sich auch in den klimatisch relativ günstigen Übergangsbereichen in dichter bebauten Wohnzentren wie in Zehlendorf mit einer Mitteltemperatur von 9,5 bis 10,0°C einige Wärmeinseln ausbilden. Das Planungsgebiet im Verlauf des Buschgrabens besitzt eine Mitteltemperatur von 8,5 bis 9,0°C mit einer ansteigenden Tendenz in den Richtungen Nord, Nordost und Ost. Dies entspricht den klimatisch günstig eingestuften Wohnlagen im äußeren Stadtrandbereich von Berlin. Tiefere Mitteltemperaturen von bis zu 7°C werden großflächig erst über den landwirtschaftlich genutzten Flächen südlich von Stahnsdorf und Teltow erreicht.

Zwischen den langjährigen Mitteltemperaturen und der Anzahl der Frosttage besteht ein direkter Zusammenhang (v. STÜLPNAGEL 1987). Eine Erhöhung der Mitteltemperatur um 0,5°C bedeutet eine Abnahme von ungefähr 10 Frosttagen pro Jahr. Somit ergibt sich für den Bereich von Berlin mit einer Spanne von 55 bis 120 Frosttagen eine große Abhängigkeit von der jeweiligen Bebauungsdichte.

Anhaltspunkte für die Abhängigkeit der bodennahen Klimaparameter von den jeweiligen Flächenstrukturen liefern auch Messungen der Oberflächentemperaturen mit Hilfe des Beobachtungssatelliten Landsat-5. Es handelt sich um Messungen vom 14.9.1991 (Nacht) und 15.9.1991 (Tag), die wegen der begrenzten Auflösung mit einiger Mühe für das Planungsgebiet ausgewertet wurden.

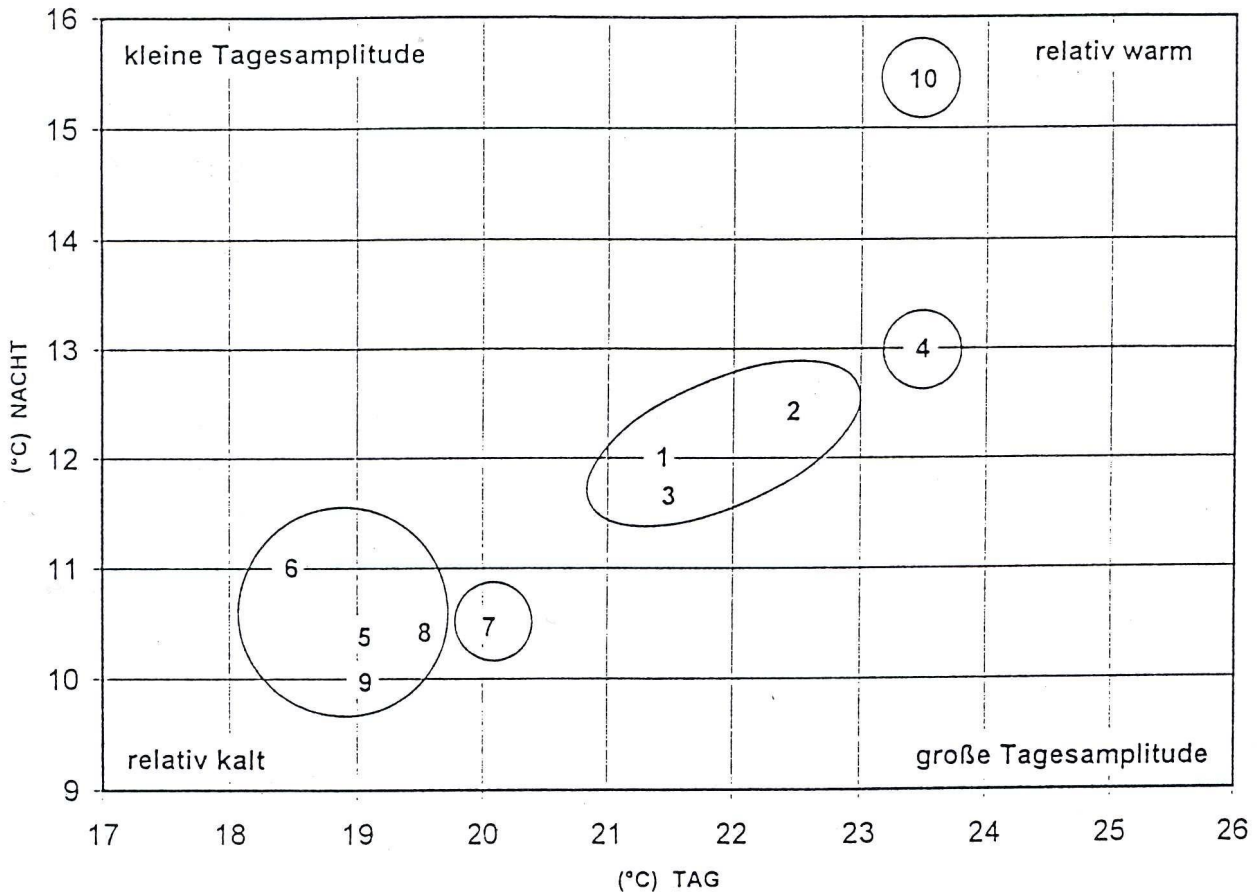
Eine Analyse der Daten erlaubt für das nähere und weitere Untersuchungsgebiet eine Unterscheidung in 9 verschiedene Ober-

flächen- oder Stadtstrukturtypen (Abb.1). Hierbei ist zu erkennen, daß es grundsätzlich kühlere und wärmere Flächen, aber auch Flächen mit großer Tagestemperaturamplitude und solche mit einer relativ geringen gibt. Das ist natürlich für die Beeinflussung der über der Oberfläche lagernden Luft von großer Bedeutung, obwohl sich durch den horizontalen Luftaustausch Verschiebungen des Temperaturfeldes ergeben können.

Im Vergleich zur Innenstadt (10), die sowohl in den Tages- als auch in den Nachtstunden deutlich überwärmt ist, weist das gesamte Untersuchungsgebiet aufgrund der Lage am Stadtrand ganztagig recht niedrige Oberflächentemperaturen auf. Lediglich die dichte Bebauung an der Ludwigsfelder Straße (1), die Verdichtungen im Norden an der Potsdamer Chaussee (2), aber auch der Bereich des Altenzentrums am Süden des Buschgrabens (3) nähern sich in der Temperaturcharakteristik den innerstädtischen Strukturen. Bemerkenswert ist, daß die Gewerbeflächen südlich des Teltowkanals (4), die im Einzugsbereich des Buschgrabens liegen, sich am Tage recht stark erwärmen, in den Nachtstunden aber noch eine vergleichsweise gute Abkühlung erreichen, so daß sich hier die tägliche Amplitude des Temperaturganges verbreitert.

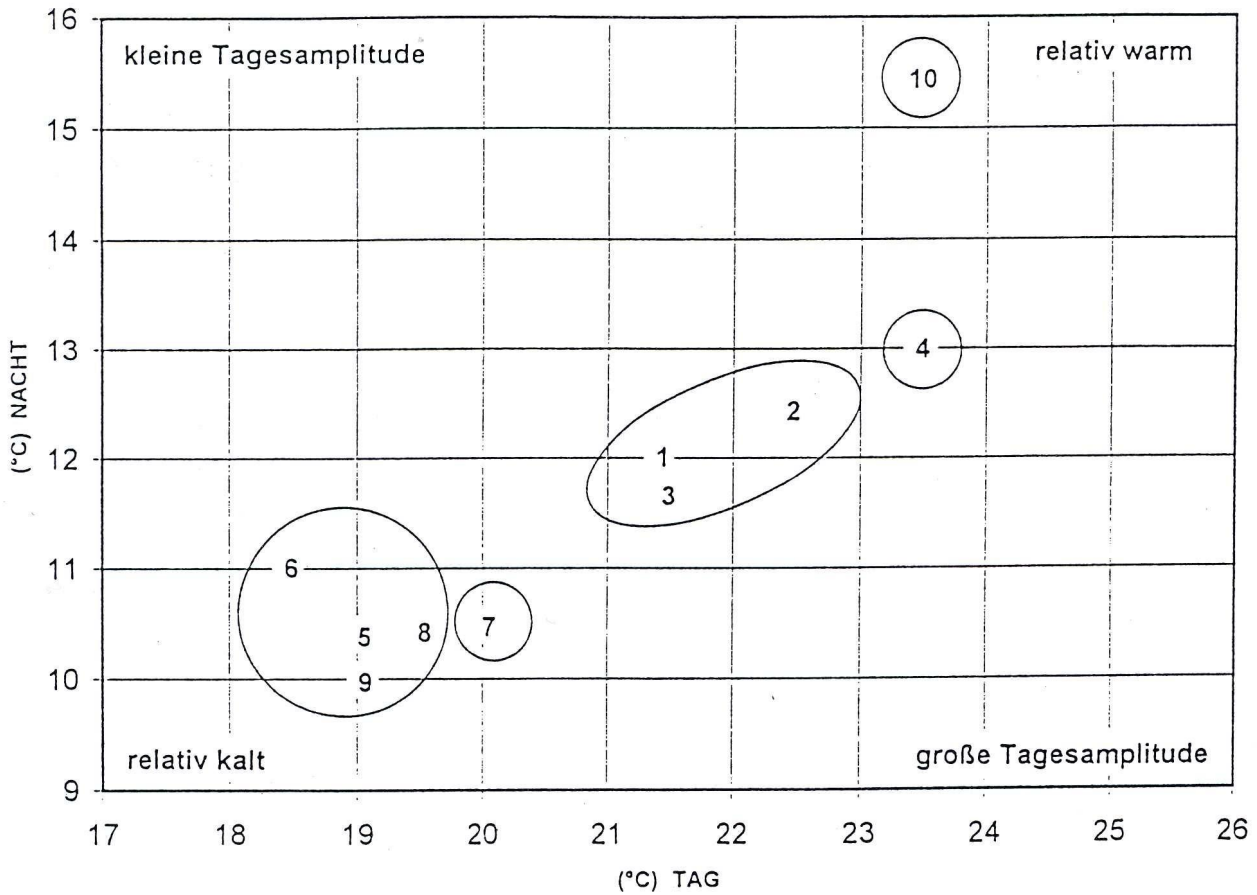
Das eigentliche Planungsgebiet Verlängerung Wolfswerder (8) erwärmt sich in den Tagesstunden vergleichsweise wenig und kühlt in den Nachtstunden auch entsprechend aus. Die derzeitigen Siedlungsgebiete von Kleinmachnow (5/6) unterscheiden sich hiervon nur sehr wenig. Dies gilt auch für den südlichen Bereich des Buschgrabens (9) und die östlich angrenzenden Sportflächen (7). Die hohe Wärmekapazität und Wärmeleitung von Wasser und feuchten Böden führt im Nahbereich allgemein zu einer Dämpfung der täglichen Temperaturamplitude. Die Satellitenmessungen können diesen Effekt im Verlauf des Buschgrabens wegen der Kleinflächigkeit nicht auflösen. Man kann also davon ausgehen, daß zum Beispiel der Pfuhl innerhalb des Planungsgebietes auch keinen meßbaren Einfluß auf die Lufttemperatur der weiteren Umgebung besitzt.

Für das Untersuchungsgebiet stehen keine Ergebnisse von Klima-



- 1 dichte Bebauung (Ludwigsfelder Straße)
- 2 dichte Bebauung (FU Düppel)
- 3 dichte Bebauung (Altenzentrum, Werft)
- 4 Gewerbe (Teltowkanal)
- 5 Einzelhäuser mit hohem Grünanteil (Machnower Busch)
- 6 Einzelhäuser mit hohem Grünanteil (Zehlendorfer Damm)
- 7 Sportflächen (östl. Buschgraben)
- 8 offene Flächen (Planungsgebiet nördl. des Pfuhs)
- 9 Buschgraben (südl. Zehlendorfer Damm)
- 10 sehr dichte Bebauung (Innenstadt Mitte)

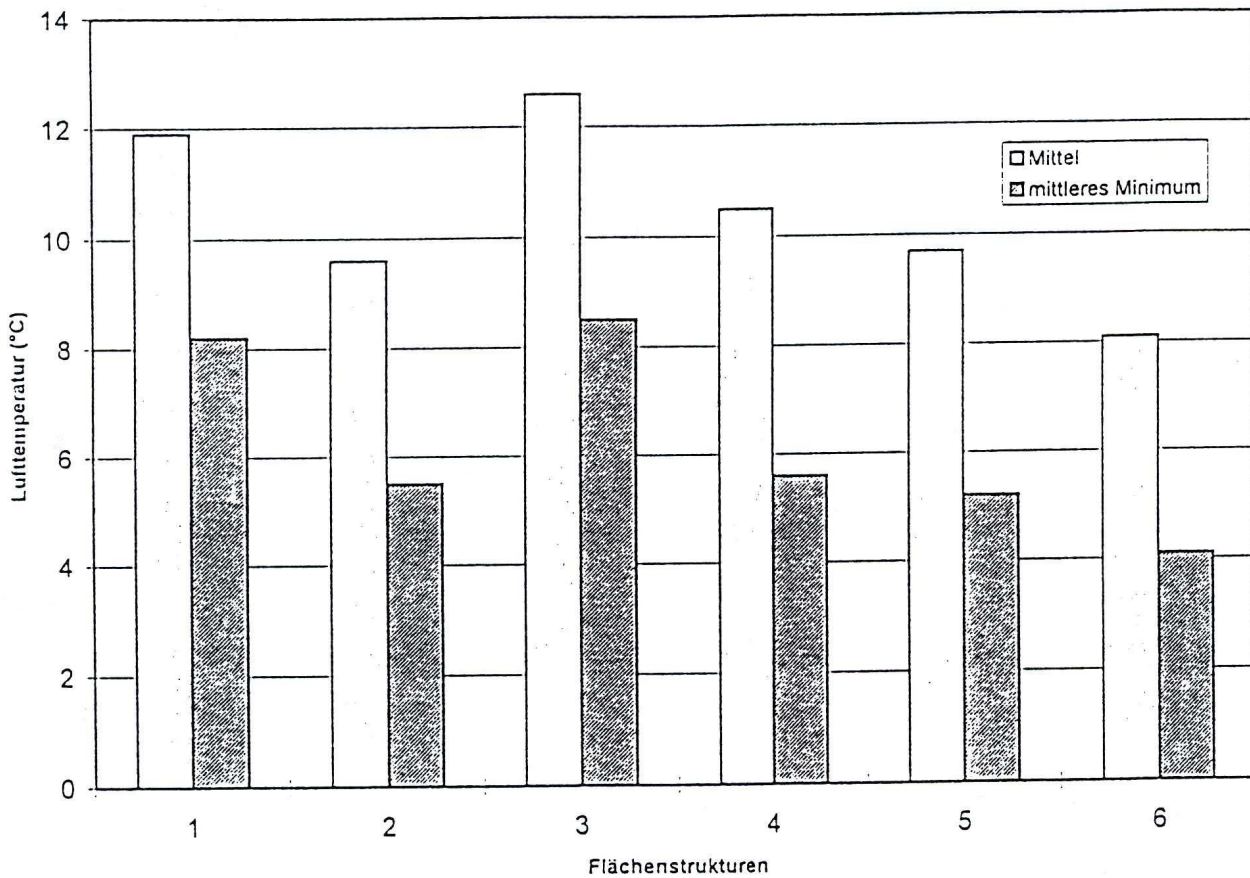
Abb.1 Oberflächentemperaturen am 14.9.1991 (Nacht) und am 15.9.1991 (Tag) von verschiedenen Stadt- und Landschaftsstrukturen im Bereich von Kleinmachnow im Süden von Berlin, aufgenommen von dem Beobachtungssatelliten Landsat-5 aus einer Höhe von 700 km



- 1 dichte Bebauung (Ludwigsfelder Straße)
- 2 dichte Bebauung (FU Düppel)
- 3 dichte Bebauung (Altenzentrum, Werft)
- 4 Gewerbe (Teltowkanal)
- 5 Einzelhäuser mit hohem Grünanteil (Machnower Busch)
- 6 Einzelhäuser mit hohem Grünanteil (Zehlendorfer Damm)
- 7 Sportflächen (östl. Buschgraben)
- 8 offene Flächen (Planungsgebiet nördl. des Pfuhs)
- 9 Buschgraben (südl. Zehlendorfer Damm)
- 10 sehr dichte Bebauung (Innenstadt Mitte)

Abb.1 Oberflächentemperaturen am 14.9.1991 (Nacht) und am 15.9.1991 (Tag) von verschiedenen Stadt- und Landschaftsstrukturen im Bereich von Kleinmachnow im Süden von Berlin, aufgenommen von dem Beobachtungssatelliten Landsat-5 aus einer Höhe von 700 km

stationen zur Verfügung. Jedoch ist an verschiedenen Stationen in Berlin das Temperaturgefälle von der Innenstadt im Norden bis in die südlichen Randbereiche erkennbar (Abb.2).



- Station 1 Turmstraße / Ecke Waldstraße
- Station 2 Tiergarten / Gartenbauamt
- Station 3 Hauptstraße / U-Bhf. Kleistpark
- Station 4 Steglitz / Fichtenberg
- Station 5 Zehlendorf / Rawenweg
- Station 6 Kohlhasenbrück

Abb.2 Jahresmittelwerte und mittlere Minima der Lufttemperatur in 2 m Höhe für das Jahr 1982 an verschiedenen Stationen in der Stadtmitte und im südlichen Bereich von Berlin (v. STÜLPNAGEL 1987)

Unterbrochen von der sich recht stark abkühlenden Fläche des Tiergartens bleiben die mittleren Temperaturen des Jahres 1982 bis in den Bereich von Schöneberg recht hoch. Kühler erscheinen die nicht zentralen Bereiche Steglitz und Zehlendorf. Die niedrigen Temperaturen von Kohlhasenbrück dürften denjenigen des

Untersuchungsgebietes entsprechen. Die Minimumtemperaturen stehen für die nächtliche Abkühlungsrate. Sie verhalten sich entsprechend der jeweiligen Mitteltemperatur, weisen jedoch insgesamt noch größere Standortunterschiede auf.

Um trotz der schwierigen Datenlage eine flächendeckende Temperaturverteilung bei den besonders wichtigen austauscharmen Wetterlagen zu erhalten, wurde auf der Grundlage einer entsprechenden Karte im Maßstab 1:50.000 (UMWELTATLAS BERLIN 1993 - Karte 04.04) über Geländekartierungen, Luftbildauswertungen und eine weiterführende Analyse der mit einem Meßwagen aufgenommenen Originaldaten eine Karte für mäßig austauscharme Wetterlagen im Maßstab 1:10.000 erstellt.

In einem ersten Schritt mußten die aus den Meßfahrten abgeleiteten Temperaturabstufungen für verschiedene Nutzungsvarianten des südlichen Stadtrandes von Berlin zusammengestellt werden. Die entsprechenden Feuchte- und Schwülewerte (Äquivalenttemperatur) ließen sich auf diesem Wege ebenfalls aufstellen (Tab.1).

	T °C	F %	P hPa	Ä °C
1 Innenstadt <u>südlicher Stadtrand</u>	4,7	-22	-0,3	4,1
2 Hochhäuser, Blockrandbebauung	3,7	-16	0,2	3,9
3 dichtere Einzelhausbebauung	2,9	-13	0,1	3,0
4 Gewerbeflächen	2,4	-11	0,1	2,5
5 lockere Einzelhausbebauung	2,2	-9	0,3	2,6
6 Waldstrukturen	1,8	-6	0,5	2,5
7 Kleingärten	1,4	-5	0,4	1,9
8 landwirtschaftliche Flächen	0	0	0	0

Tab. 1: Abhängigkeit der Lufttemperatur (T), der relativen Luftfeuchte (F), des Dampfdruckes (P) und der Äquivalenttemperatur (Ä) von verschiedenen Flächenstrukturen (1 bis 8) im Bereich des südlichen Stadtrandes von Berlin bei mäßig austauscharmen Wetterlagen im Sommer 1991, normiert auf die jeweiligen Beträge über den landwirtschaftlichen Flächen.

Auf der Grundlage dieser Daten und der oben genannten Tempera-

turverteilung ergibt sich für mäßig austauscharme Wetterlagen, bezogen auf die Abend- und Nachtstunden im Sommer 1991, doch ein recht differenziertes Bild für den näheren und weiteren Bereich des Buschgrabens in Kleinmachnow (Abb.3). Die aufgezeigten Temperaturunterschiede liegen bei $2,5^{\circ}\text{C}$, können aber bei sehr austauscharmen Wetterlagen durchaus 5°C übersteigen.

Der Grad der nächtlichen Abkühlung gilt als wichtiges Merkmal für die klimatische Qualität des Standortes, besonders dann, wenn dieser zum Wohnen oder für die Erholung genutzt wird. Die vergleichsweise dichte Bebauung östlich des Buschgrabens bildet in austauscharmen Strahlungsnächten ein geschlossenes Feld höherer Temperaturen. Hierzu gehört auch die bis zu 5 oder 6 Stockwerke hohe Bebauung an der Ludwigsfelder bzw. Machnower Straße östlich des Planungsgebietes Verlängerung Wolfswerder. Im Norden erstreckt sich diese Zone bis zur Anhalter Straße.

Im Süden tritt durch das großflächige Industrie- und Gewerbegebiet, aber auch durch die Ortslage Teltow eine wärmere Zone bis an den Teltowkanal heran. Auch der Baukomplex des Altenheimes grenzt die klimatische Charakteristik des Buschgrabens nach Süden ab, so daß schon hier eine klimatisch günstige Verbindung (Belüftungsbahn) zum ungestörten Umland behindert wird.

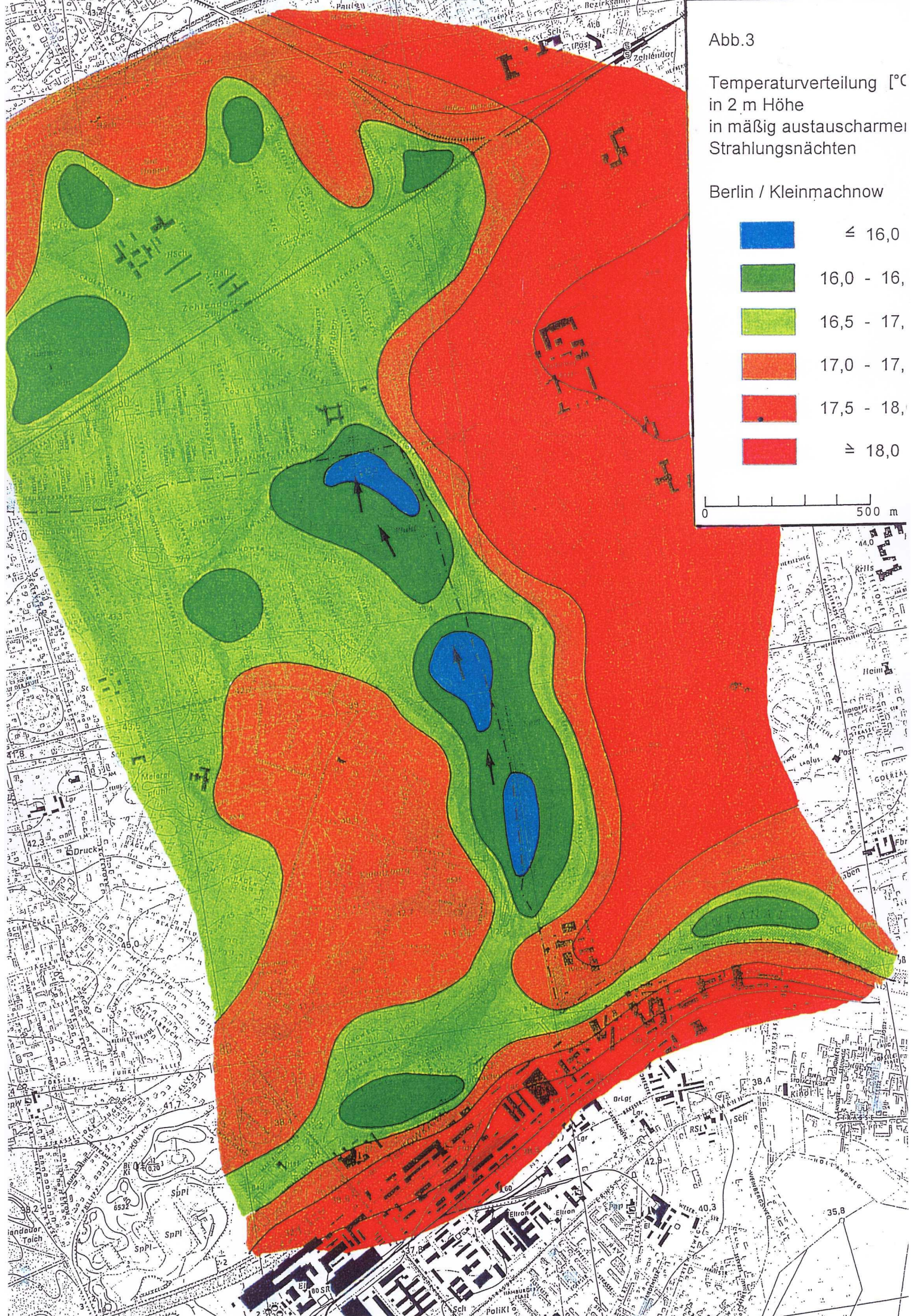
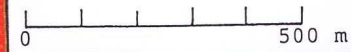
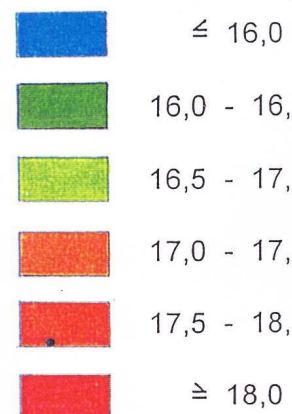
Aufgrund der lockeren und stark durchgrünter Siedlungsstruktur von Kleinmachnow liegen westlich des Buschgrabens die nächtlichen Lufttemperaturen allgemein niedriger, obwohl auch hier entsprechend dem örtlichen Wärmehaushalt Differenzierungen von bis zu 5°C vorhanden sind.

Ausgesprochen kühl erscheinen die Flächen entlang des Buschgrabens und in der Umgebung des Pfuhls im Planungsgebiet. Einzelne Kälteinseln bilden sich dann, wenn es sich um offene und meist auch windgeschützte Vegetationsflächen handelt, weil hier die nächtlichen Strahlungsverluste besonders hoch sind. Die thermischen Eigenschaften der Gewässer spielen hier wegen der Kleinflächigkeit nur eine untergeordnete Rolle. Diese zweifelsohne günstigen klimatischen Eigenschaften des Buschgrabens setzen sich nach Süden, aber auch nach Norden nicht fort. Somit be-

Abb.3

Temperaturverteilung [°C]
in 2 m Höhe
in mäßig austauschamer
Strahlungs Nächten

Berlin / Kleinmachnow



sitzt dieser Bereich hinsichtlich der thermischen Eigenschaften wohl eine örtliche Bedeutung, erfüllt aber wegen der Kleinflächigkeit und der begrenzten Reichweite keine Enlastungsfunktion für größere Siedlungsbereiche von Zehlendorf.

3.2 Luftfeuchte

Die Verteilung der relativen Luftfeuchte wird aufgrund ihrer Definition weitgehend von der jeweiligen Lufttemperatur bestimmt. Die Veränderung des Wasserdampfgehaltes der Luft (Dampfdruck) in Siedlungsbereichen ist dagegen schwieriger feststellbar, da sehr unterschiedliche Quellen (anthropogene Anteile, Transpiration und Evaporation) und Senken (Verteilung in der Atmosphäre, Tau- und Nebelbildung) ein meist kompliziertes örtliches und zeitliches Verteilungsmuster erzeugen. Während in austauscharmen Strahlungsnächten die relative Luftfeuchte in dicht bebauten Arealen um bis zu 30% r.F. absinken kann, schwanken die Werte des Dampfdrucks je nach Flächennutzung lediglich um 2 bis 3 hPa.

Innerhalb des Untersuchungsgebietes kann somit nur bei der relativen Luftfeuchte eine eindeutige Abhängigkeit von der jeweiligen Flächenstruktur erwartet werden (Tab.1). Gegenüber den landwirtschaftlichen Flächen im Umland sinkt in der Innenstadt an austauscharmen Strahlungstagen in den Abend- und Nachtstunden die relative Luftfeuchte um mehr als 20-25 % r.F. ab. Innerhalb der Strukturen des näheren und weiteren Untersuchungsgebietes liegt die Spannweite wesentlich niedriger. So dürften gegenüber den Waldstrukturen von Kleinmachnow die Feuchtwerte über den Gewerbeflächen südlich des Teltowkanals und in der dichten Bebauung in Richtung Zehlendorf um bis zu 5 bzw 10 % r.F. niedriger angenommen werden. Selbst im Bereich der Einzelhausbebauung sinkt der Feuchtwert um bis zu 4 % r.F. ab. Während der Tagesstunden verringern sich jedoch diese Unterschiede beträchtlich.

Der Dampfdruck liegt nur in der Innenstadt von Berlin etwas niedriger als über den landwirtschaftlichen Flächen des Umlan-

des. In den Strukturen des Untersuchungsgebietes erreichen die Dampfdruckwerte durchweg ein etwas höheres Niveau. Das gilt besonders bei einer Zunahme des Vegetationsanteiles wie zum Beispiel in Kleingärten oder innerhalb von Waldstrukturen.

Da die Dampfdruckwerte im Untersuchungsgebiet wahrscheinlich mit bis zu 0,5 hPa nur geringfügig schwanken, dürfte die flächendeckende Verteilung der relativen Luftfeuchte ungefähr derjenigen der Lufttemperatur (Abb.3) entsprechen, wobei die kühleren Flächen im Verlauf des Buschgrabens bei der vorgegebenen Witterungssituation eher den Sättigungswert von 100% erreichen, während in den bewaldeten Gebieten dann erst knapp 95% und in den dichter bebauten Randbereichen im Osten kaum 85% zu erwarten sind. Hierdurch dürfte die Neigung zur Tau-, Reif- oder Nebelbildung im Bereich von Kleinmachnow, besonders aber im Verlauf des Buschgrabens höher sein als in den dichter bebauten Arealen.

3.3 Schwüle

Ein wichtiger Faktor zur Beurteilung der bioklimatischen Situation ist die Schwülegefährdung. Diese Größe läßt sich aus der Lufttemperatur und dem Wasserdampfgehalt der Atmosphäre (Äquivalenttemperatur) ableiten. Untersuchungen in Berlin zeigen, die aufgrund der Versiegelung und Bebauung überwärmten Gebiete durch eine anthropogen bedingte Wasserdampfzufuhr (Industrie, Gewerbe, Verkehr) sehr oft auch eine hohe Schwülegefährdung aufweisen.

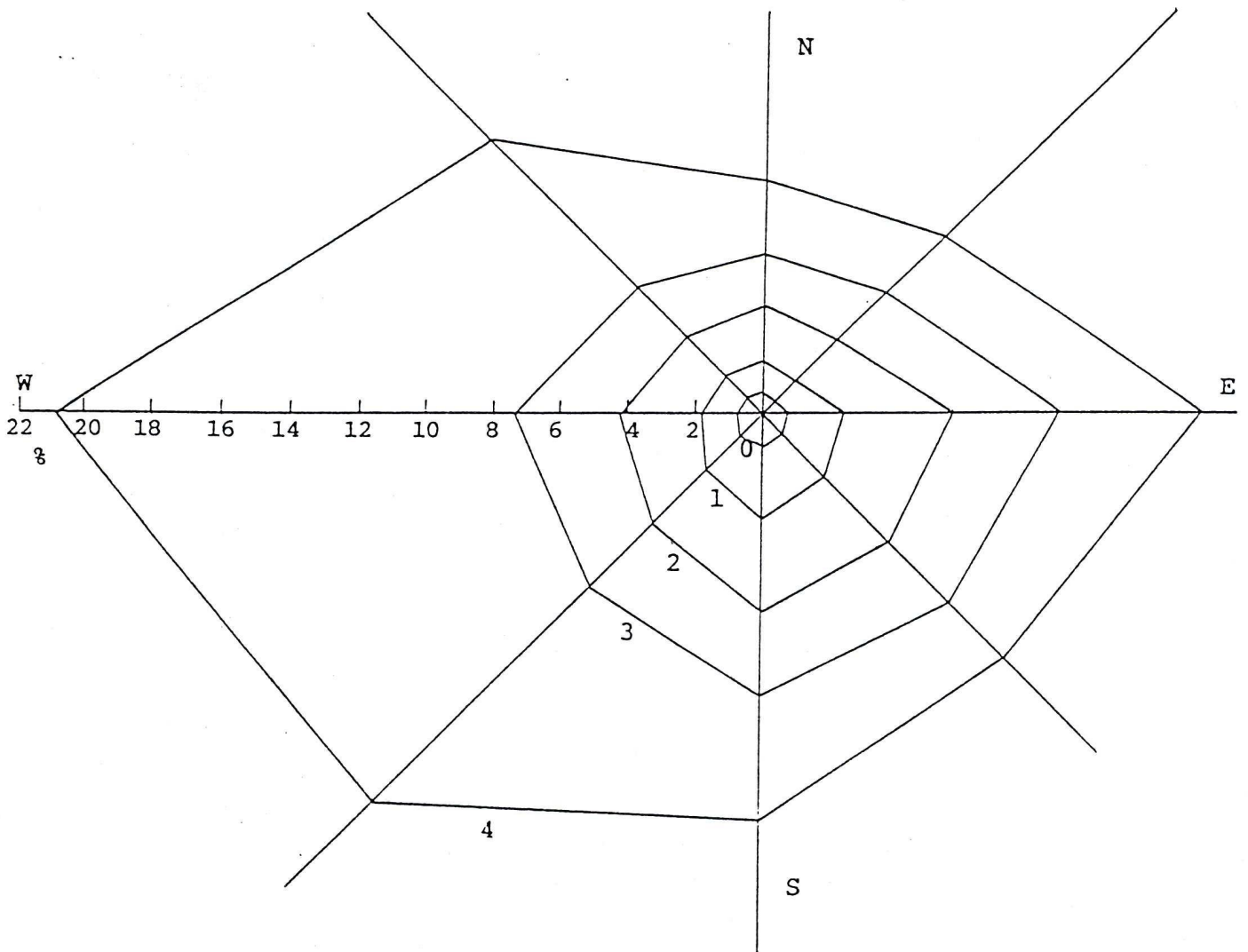
In der bioklimatischen Karte von Berlin (UMWELTATLAS BERLIN 1993 - Karte 04.05) sind die innerstädtischen Bezirke Charlottenburg, Schöneberg und Mitte bis in den Bereich von Friedenau als Klimazone 4 mit hohen stadtklimatischen Veränderungen und einer hohen Schwülegefährdung ausgewiesen. Das Untersuchungsgebiet im Bereich von Kleinmachnow wurde dagegen im wesentlichen der Klimazone 2 mit nur geringen stadtklimatischen Veränderungen und einer mittleren Schwülegefährdung zugeordnet.

Die in Tabelle 1 zusammengefaßten Werte der Äquivalenttemperatur bestätigen diese Einschätzung. Die Baudichte korreliert hier sehr stark mit dem Schwülewert, während die Flächen mit einer größeren Vegetationsausstattung günstiger erscheinen. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß im Verlauf des Buschgrabens, vielleicht auch im Bereich des Pfuhls die höheren Transpirationsraten der feuchten Ufervegetation an sehr austauscharmen Strahlungstagen größere Schwülewerte erzeugen.

3.4. Wind- und Austauschverhältnisse

Die für den Raum von Berlin charakteristische Windrichtungsverteilung geht aus der relativen Häufigkeit der Stundenmittel hervor (Abb.4). Die sich über einen Zeitraum von 1975 bis 1990 erstreckende Statistik bezieht sich auf einen offenen Standort am Flughafen Berlin-Tempelhof (Deutscher Wetterdienst). Die in acht Sektoren gegliederte Verteilung enthält auch die Häufigkeit verschiedener Windgeschwindigkeitsgruppen.

Die Windrose zeigt ein ausgeprägtes Maximum aus Südwest bis West. Ein Nebenmaximum ist aber auch aus östlichen Richtungen erkennbar. Erwartungsgemäß gering fällt der Anteil aus dem nördlichen Sektor aus. Die Abstufung der höheren Windgeschwindigkeiten weist einen großen Anteil aus Südwest, aus Nordwest und besonders aus West auf. Schon die mittleren Windgeschwindigkeitsklassen werden eher durch die östlichen, südöstlichen und südlichen Winde repräsentiert. Dies gilt erst recht für die niedrigen Windgeschwindigkeiten bei den bioklimatisch und lufthygienisch besonders problematischen austauscharmen Wetterlagen. Somit kommt in diesem Falle entlang des Buschgrabens eine Belüftung von Süd nach Nord wesentlich häufiger vor als in umgekehrter Richtung. Ferner ist in diesen offenen Rinnen bei mittleren bis schwachen Winden auch eine Kanalisierung und Verstärkung der Strömung wahrscheinlich. Eine über die Nahbereiche hinausgehende Belüpfungsfunktion kann jedoch ausgeschlossen werden, da die notwendigen Kaltlufteinzugsgebiete des Umlandes im Süden abgeschirmt werden und auch im Norden eine geeignete Fortführung fehlt.



0:	= 1,0	m/s	3:	3,1 bis 4,0	m/s
1:	1,1 bis 2,0	m/s	4:	4,0	m/s
2:	2,1 bis 3,0	m/s			

Abb.4 Prozentuale Häufigkeit der Stundenmittel der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit von 1975 bis 1990 in Berlin-Tempelhof (Anzahl umlaufender Winde ca. 0,4%, Anzahl der Windstillen 0,7%)
(nach Deutscher Wetterdienst 1993)

Für die Ausbildung besonderer klimatischer Eigenschaften ist auch nicht unerheblich die Intensität und Häufigkeit von Bodeninversionen verantwortlich zu machen. Umfangreiches Meßmaterial liegt für die aerologische Station Lindenberg im Kreis Beeskow vor (DWD 1993). Mit Einschränkungen lassen sich diese Daten zumindest auf die nähere Umgebung von Berlin übertragen (Abb.5).

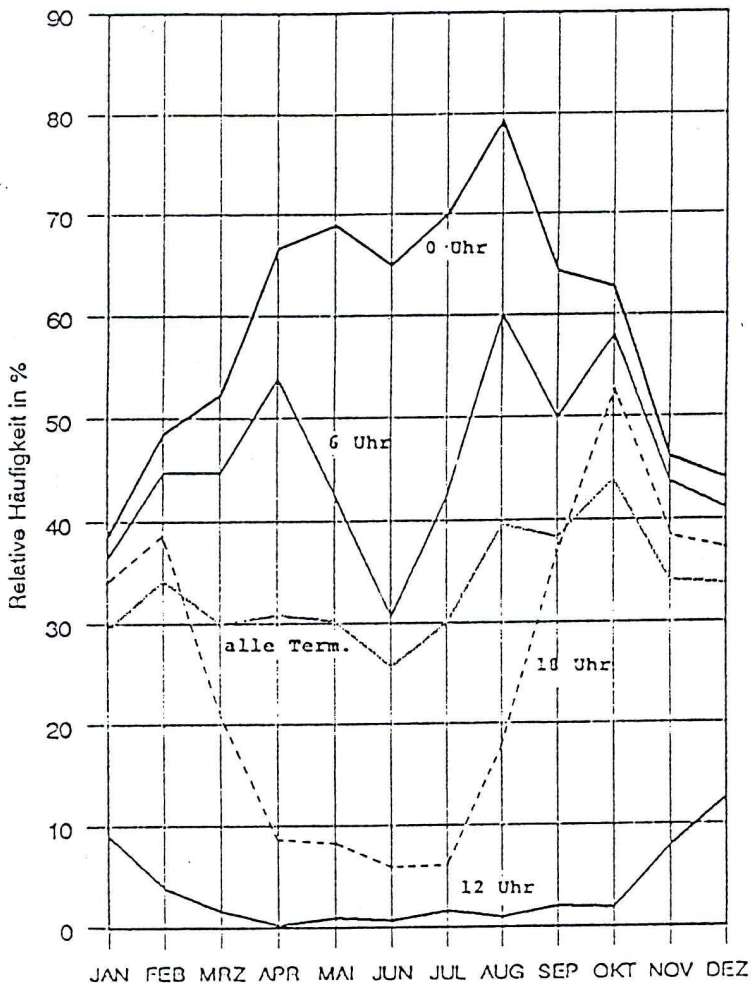


Abb.5
Relative Häufigkeit des Auftretens von Bodeninversionen in Lindenberg, Kreis Beeskow (ADAM 1992)
aus: DEUTSCHER WETTERDIENST 1993

So wurden im Zeitraum von 1981 bis 1990 in 33% der Fälle Bodeninversionen festgestellt. In den Nachtstunden ist ein Häufigkeitsmaximum von bis zu 80% der Fälle in den Sommermonaten, das heißt in der bioklimatisch besonders problematischen Jahreszeit vorhanden, während in den Wintermonaten dieser Wert auf 40% zurückgeht. In den frühen Morgenstunden zeigt sich eine ähnliche Charakteristik, aber dennoch ein Einbruch in den Sommermonaten durch die dann stärkere Erwärmung der Böden. Dies gilt in besonderem Maße auch für die späten Nachmittagsstunden. In der Mittagszeit geht die Häufigkeit mit Ausnahme der Wintermonate

So weisen wie in Kleinmachnow Wälder (Typ 18) und auch Gebiete mit einer stark durchgrünter Einzelhausbebauung (Typ 6) ganz-tägig eine allgemein geringe Windgeschwindigkeit auf. Offene Vegetationsbestände wie Teile des Buschgrabens oder das Planungsgebiet (Typ 15) oder Stadtbrachen (Typ 11) besitzen eine günstigere Belüftung, die aber in den Nachtstunden durch die bodennahe Kaltluftbildung (Bodeninversionen) eingeschränkt werden kann. Offene Verkehrsflächen (Typ 8) und Gewerbe- bzw. Industrieflächen (Typ 9) erreichen Tag und Nacht relativ hohe Windgeschwindigkeiten.

In dichter bebauten Arealen wie an einigen Stellen östlich des buschgrabens (Typ 3 und 4) treten durch Kanalisierungseffekte in den Straßen oftmals höhere Windgeschwindigkeiten auf. Dies gilt auch für die Nachtstunden, da durch die Überwärmung gegenüber dem Umland eine Stabilisierung der bodennahen Luftschicht zumindest verzögert wird.

4. Bioklimatische Bewertung

Im Rahmen der Stadtplanung ist aus klimatischer Sicht die Forderung zu erheben, die im Sommer mögliche Überwärmung bzw. Schwülegefährdung und die ganzjährig problematischen Wind- und Austauschverhältnisse in ihren Auswirkungen zu minimieren. Die Kenntnis der klimatologischen Gegebenheiten nicht nur innerhalb, sondern auch im Einzugsgebiet einer Planungsfläche bietet die Voraussetzung, mögliche Veränderungen durch die Bauausführung abzuschätzen und auf eventuelle Umweltrisiken hinzuweisen. Im folgenden handelt es sich daher zusammenfassend um die Einschätzung der derzeitigen klimatischen Situation, aus der im nachfolgenden Kapitel auf die Auswirkungen der geplanten Bauvorhaben geschlossen wird.

Im Vergleich zum stark belasteten Stadtzentrum von Berlin können die bioklimatischen Bedingungen in Kleinmachnow und damit auch im Planungsgebiet Verlängerung Wolfswerder als sehr günstig eingestuft werden. Die hier im langjährigen Mittel um bis

zu 2°C niedrigere Lufttemperatur deutet darauf hin, daß besonders an austauscharmen Strahlungstagen in den Abend- und Nachtstunden die Abkühlungsrate gegenüber der Innenstadt von Berlin mit bis zu 8°C sehr ausgeprägt ist. Innerhalb von Kleinmachnow können unter diesen Bedingungen örtlich ebenfalls große Unterschiede auftreten. So kühlen sich die offenen, windgeschützten Lagen im Verlauf des Buschgrabens - und das gilt auch für das Planungsgebiet Verlängerung Wolfswerder - erheblich stärker ab als die stark bewaldeten Areale. Die Bebauung von Kleinmachnow ist sehr locker strukturiert, so daß die übliche Erwärmung durch Bebauung und Versiegelung gegenüber den o.g. vegetationsbedingten Merkmalen stark zurücktritt. Beeinträchtigungen der klimatischen Situation sind erst in den dicht bebauten Arealen von Zehlendorf im Osten und Norden des Untersuchungsgebietes erkennbar. Dies gilt auch schon für die teilweise dichte Bebauung an der Ludwigsfelder Straße und im Bereich des Altenzentrums am Süden des Buschgrabens. Auch das Industrie- und Gewerbegebiet südlich des Teltowkanals erscheint überwärmt und unterbindet somit eine Fortsetzung der günstigen klimatischen Bedingungen nach Süden in Richtung des ungestörten Umlandes.

Die Luftfeuchte unterscheidet sich gegenüber der Innenstadt von Berlin erheblich. Der Dampfdruck in dicht bebauten Arealen erhöht sich trotz der Verringerung des Vegetationsanteiles durch anthropogene Einträge. Dennoch liegt an austauscharmen Strahlungstagen aufgrund der hohen Lufttemperatur die relative Luftfeuchte meist erheblich niedriger als im Umland. Somit kann man in Kleinmachnow im allgemeinen von einer vergleichsweise hohen Luftfeuchte ausgehen, die sich innerhalb des Untersuchungsgebietes dennoch signifikant unterscheiden kann. Höhere Werte der relativen Feuchte sind in den Abendstunden im gesamten Verlauf des Buschgrabens zu erwarten, so daß hier die Neigung zur Tau-, Reif- und Nebelbildung etwas höher liegt als in den bewaldeten Bereichen von Kleinmachnow.

Die Schwülegefährdung liegt im Bereich der lockeren Baustrukturen von Kleinmachnow etwas niedriger als in den dichter bebauten Randbereichen in Richtung Zehlendorf und wesentlich niedriger als in der Innenstadt. Allerdings ist nicht auszuschließen,

daß bei starker Einstrahlung und geringen Windgeschwindigkeiten im Verlauf des Buschgrabens erhöhte Werte auftreten können.

Die Wind- und Austauschverhältnisse werden im weiteren Untersuchungsgebiet durch die waldartigen Vegetationsstrukturen geprägt. Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt im Siedlungsbereich von Kleinmachnow ganztägig erheblich niedriger als etwa im ungestörten Umland. Größere Windgeschwindigkeiten treten in den höher bebauten Arealen u.a. an der Ludwigsfelder Straße auf. Hier kommt es zum Teil auch zu Windverstärkungen durch Düseneffekte. Gut belüftet sind teilweise der Buschgraben, besonders aber die offenen Sportflächen im Osten. Auch das Planungsgebiet Verlängerung Wolfswerder zeichnet sich gegenwärtig durch einen hohen Belüftungsgrad aus. Allerdings können in diesen Bereichen durch die Bildung von Bodeninversionen in den Abend- und Nachtstunden gegenüber anderen Standorten zusätzliche Windreduzierungen auftreten.

Eine wichtige Frage ist natürlich, ob der Buschgraben eine Belüftungsfunktion zwischen dem ungestörten Umland im Süden und den dicht bebauten Arealen von Berlin erfüllt. Im UMWELTATLAS BERLIN (1993) wird zumindest dem Teltowkanal eine mögliche Leitwirkung von Südwest nach Nordost zugeordnet. Der von Süd nach Nord verlaufende Buschgraben kann eine solche großräumige Belüftungsfunktion mit Sicherheit nicht erfüllen. Das Einzugsgebiet für bodennahe Kaltluft südlich der Ortslage Teltow wird durch die dort vorhandenen Siedlungsstrukturen, durch ein ausgedehntes Industrie- und Gewerbegebiet und schließlich am Südeingang auch noch durch den Baukomplex des Altenheimes ausgegrenzt. In Richtung Norden endet eine mögliche Belüftungsfunktion spätestens in Höhe der Potsdamer Chaussee. Auch ist die Ausrichtung des Grabens in Richtung Grunewald sehr ungünstig, da nur in Richtung Nordost bis Ost (Zehlendorf) überwärmte Gebiete vorhanden sind, die die Ausbildung eines Flurwindsystems (Aufsteigen der erwärmten Luftmassen und Nachziehen bodennaher kühlerer Luft) begünstigen. Der Teltowkanal ist diesbezüglich wesentlich besser ausgerichtet und wurde deshalb im UMWELTATLAS BERLIN 1993 - Karte 04.07) als mögliche, aber noch nicht endgültig bestätigte Belüftungsbahn ausgewiesen.

Allerdings müssen dem Buschgraben wohl örtliche Belüftungseigenschaften (kleine Pfeile in Abb.3) zugeordnet werden. Die offene Lage begünstigt den horizontalen und vertikalen Luftaustausch, der zumindest in den benachbarten austauscharmen Randbereichen eine Verbesserung der klimatischen Situation ermöglicht. Begünstigt wird diese Funktion dadurch, daß bei den bioklimatisch und lufthygienisch belastenden austauscharmen Wetterlagen sehr oft Winde aus südlicher Richtung vorherrschen und entlang dieses Grabens verstärkt werden können.

Die Immissionsgefährdung von Kleinmachnow ist durch die vorhandenen Vegetationsstrukturen grundsätzlich als sehr hoch einzustufen. Emissionen durch den Kfz-Verkehr und den Hausbrand können bei ungünstigen Witterungssituationen größere Immissionsbelastungen herbeiführen. Daher sollte dem örtlichen Luftaustausch eine entsprechende Bedeutung zugemessen werden.

5. Mögliche Auswirkungen der Bebauung und Hinweise für die Planung

Die geplanten Baumaßnahmen im Bereich der Verlängerung Wolfswerder werden, unabhängig von dem jeweiligen Baukonzept, schon aufgrund der Zunahme der Versiegelung und der Errichtung von Baukörpern die derzeit noch vergleichsweise unbelastete Situation in Richtung eines mehr oder weniger ausgeprägten Siedlungsklimas verschieben. Hierzu kann eine Verminderung der nächtlichen Abkühlung, eine Zunahme der Schwülebelastung und eine Beeinträchtigung der örtlichen Wind- und Austauschverhältnisse gehören. Inwieweit eine Minimierung dieser klimatischen Nachteile möglich erscheint, hängt von der Flächen- und Baustruktur des neuen Siedlungsgebietes ab. Ausgehend von dem derzeitigen Planungsstand können gegenüber den heutigen Zustand folgende klimatische Veränderungen angenommen werden:

Die Lufttemperatur wird sich in dem künftigen Siedlungsbereich im langjährigen Mittel kaum verändern. Lediglich bei austauscharmen Strahlungswetterlagen kommt es in den Abend- und Nacht-

stunden zu einer Erhöhung von bis zu 1°C und damit zu einer Angleichung an die Situation der südwestlich angrenzenden Wohngebiete von Kleinmachnow. Voraussetzung ist jedoch die vorgesehene lockere Baustruktur von bis zu 2-geschossigen Häusern mit einem hohen Durchgrünungsgrad. Die thermischen Auswirkungen der künftigen Siedlung auf die nähere und weitere Umgebung sind wegen der vorgesehenen Ausdehnung (ca. 50.000 m² Planungsfläche mit einer parzellierten Grundstückfläche von bis zu 35.000 m²) sehr gering.

Die Luftfeuchte des Planungsgebietes unterscheidet sich in den mittleren Werten sehr wenig von denjenigen der näheren Umgebung von Kleinmachnow. Innerhalb des künftig bebauten Gebietes wird die relative Luftfeuchte besonders in den Abend- und Nachtstunden leicht abnehmen. Die Tau- und Reifbildung über den heute offenen Flächen geht damit etwas zurück. Eine negative Auswirkung auf die nähere und weitere Umgebung wird ausgeschlossen. Die Schwüleneigung im Bereich des Pfuhls ist vor allem wegen der feuchten Ufervegetation höher anzusetzen als in den benachbarten Wohngebieten von Kleinmachnow. Die künftige Bebauung verändert diese Situation wenig.

Die Wind- und Austauschbedingungen verändern sich durch die Bebauung eines offenen Feldes grundsätzlich. Weniger die Einzelhäuser als vielmehr die später zu erwartenden dichteren Vegetationsstrukturen reduzieren wie in den anderen Siedlungsbereichen den bodennahen Luftaustausch merklich. Aber auch ohne die Bebauung würden sich allmählich dichtere Vegetationsstrukturen entwickeln. Die Neigung zu Bodeninversionen in den Abend- und Nachtstunden nimmt dagegen etwas ab. Dennoch erhöht sich insgesamt die Immissionsgefährdung durch Eigenemissionen (Kfz-Verkehr, Hausbrand). Größere Auswirkungen auf die nähere Umgebung sind jedoch nicht zu befürchten.

Wesentlich wichtiger ist die Frage, ob es durch die künftige Bebauung zu Einschränkungen der Belüftungsfunktion im Verlauf des Buschgrabens kommt. Wie aus der klimatologischen Bestandsaufnahme hervorgeht, dient der Buschgraben wegen des Fehlens eines größeren Kaltlufteinzugsgebietes im Süden, wegen der der-

zeit schon vorhandenen Unterbrechungen und nicht zuletzt wegen der ungünstigen Ausrichtung nicht als regionale Belüftungsbahn. Weitere Verdichtungen im Verlauf einer solchen Trasse in Richtung Grunewald werden ohnehin vom Land Berlin im Bereich von Düppel geplant.

Allerdings sollten die derzeit vorhandenen örtlichen Belüftungsfunktionen entlang des gesamten Buschgrabens nicht weiter beeinträchtigt werden. Dazu gehört, daß die Durchlässigkeit im Abschnitt vom Buschgrabensee bis zur Neuruppiner Straße erhalten bleibt. Hierdurch könnte sich auch die bioklimatische Qualität dieses künftigen Wohnstandortes verbessern. Die im Bereich des Pfuhls und seiner Ufervegetation vorhandene Schwülegefährdung ließe sich durch eine funktionierende bodennahe Belüftung merklich verringern.

Nach dem derzeitigen Stand der Forschung wäre ein Gebäudeabstand zum Buschgraben von bis zu 25 m ausreichend. Somit stünde ein Korridor mit einer lichten Weite von 45 bis 50 m zur Verfügung, um die geforderte Belüpfungsfunktion sicherzustellen. Im Bereich der Grundschule nördlich der Neuruppiner Straße steht ohnehin kein wesentlich größerer Querschnitt zur Verfügung.

Insgesamt gehen von der Bebauung des Feldes in der Verlängerung Wolfswerder keine bioklimatischen Nachteile für die nähere und weitere Umgebung aus. Dies gilt besonders dann, wenn zur bodennahen Entlüftung ein ausreichender Strömungsquerschnitt im Verlauf des Buschgrabens erhalten bleibt.

6. Literatur

DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (1993): Amtliches Gutachten zur Abschätzung der klimarelevanten Auswirkungen des Bauvorhabens Potsdamer / Leipziger Platz Berlin, Offenbach

HORBERT M. (1992): Das Stadtklima. Deutscher Rat für Landespflege. H.61, S. 64-73

HORBERT M., KIRCHGEORG A., v. STÜLPNAGEL A. (1983): Ergebnisse stadtklimatischer Untersuchungen als Beitrag zur Freiraumplanung. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin. Texte 18/83

STÜLPNAGEL A. von (1987): Klimatische Veränderungen in Ballungsgebieten unter besondere Berücksichtigung der Ausgleichswirkung von Grünflächen, dargestellt am Beispiel von Berlin (West). Diss. Fachbereich 14 (Landschaftsentwicklung) Techn. Universität Berlin

UMWELTATLAS BERLIN (1985): Teil 4 (Klima). Hrsg.: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin

UMWELTATLAS BERLIN (1993): Band 2 (Klima). Hrsg.: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin