

## 04.02 Langjähriges Mittel der Lufttemperatur 1961 - 1990 (Ausgabe 1993)

### Problemstellung

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

- Veränderungen der Wärmekapazität und Wärmeleitung sowie der Wind- und Austauschverhältnisse aufgrund der Massierung von Baumassen
- die Verminderung verdunstender Oberflächen durch den hohen Versiegelungsgrad und den Mangel an vegetationsbedeckten Flächen
- die Erwärmung der Atmosphäre durch den sogenannten Glashauseffekt (vor allem infolge der Anreicherung mit CO<sub>2</sub>)
- die Zuführung von Energie und Wasserdampf anthropogenen Ursprungs.

Als besonders problematische Aspekte des sich hierdurch entwickelnden **Stadtklimas** gelten die Erhöhung der Lufttemperatur bzw. der Schwülegefährdung in den Sommermonaten und die Verschlechterung des Luftaustausches mit den höheren Atmosphärenschichten und der Umgebung während des ganzen Jahres.

Die **Erhöhung der Lufttemperatur** gegenüber dem klimatisch unbeeinflussten Umland hängt im wesentlichen von der Bebauungsdichte und der jeweiligen Vegetationsstruktur ab. Ein Vergleich von sommerlichen Temperaturwerten in Berlin zwischen verschiedenen, aber typischen Wohnstandorten und bewaldeten (Grünwald) oder offenen Randbereichen (Dahlemer Feld) bestätigt diesen stadtklimatischen Einfluß (s. Abb.1).

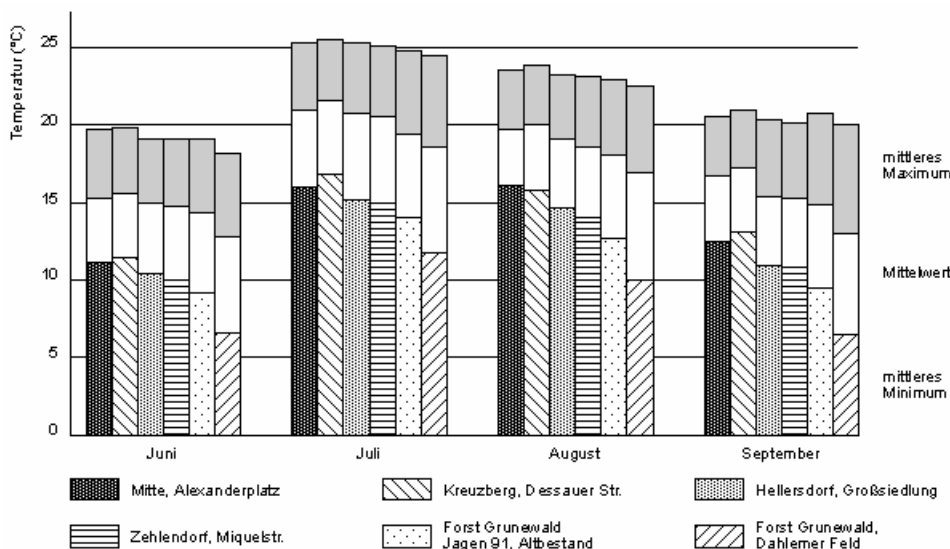


Abb. 1: Mittelwerte, mittlere Maxima und mittlere Minima der Lufttemperatur in 2 m Höhe von Juni bis September 1991 an verschiedenen Standorten in Berlin

Die Unterschiede im Temperaturmittel beruhen weniger auf dem mittleren Maximum als vielmehr auf dem mittleren Minimum. Die mangelnde Abkühlung während der sommerlichen Abend- und Nachtstunden kann zu Beeinträchtigungen des Wohlbefindens bis hin zu Hitzestress, Kreislauf- und Schlafbeschwerden führen. Die innerstädtischen Wohngebiete in Kreuzberg und am Alexanderplatz weisen die höchsten Temperaturen auf, während in der Großsiedlung Hellersdorf aufgrund der Randlage, aber auch der offenen Baustrukturen in den Nachtstunden tiefere Temperaturen vorhanden sind. Zehlendorf profitiert von seinem hohen Vegetationsanteil. Die Temperaturen über dem Dahlemer Feld bestätigen die hohen nächtlichen Abkühlungsraten der offenen Feldfluren im Randbereich von Berlin.

Im Rahmen der Klimakartierungen wurden auch die außerhalb der Stadtgrenze liegenden Räume einbezogen (vgl. Darstellung der Meßrouten in Karte 04.04.4 SenStadtUm 1993b). Abbildung 2 zeigt den Temperaturverlauf einer Meßstrasse, die von Berlin-Mitte über Spandau nach Falkensee, von dort nach Süden bis in das Stadtgebiet von Potsdam und anschließend über Zehlendorf zurück in das Zentrum von Berlin führt. Die Messungen wurden in einer austauscharmen Strahlungsnacht vorgenommen, in der die Temperaturunterschiede zwischen dem Umland und dem städtischen Gebiet besonders deutlich hervortreten.

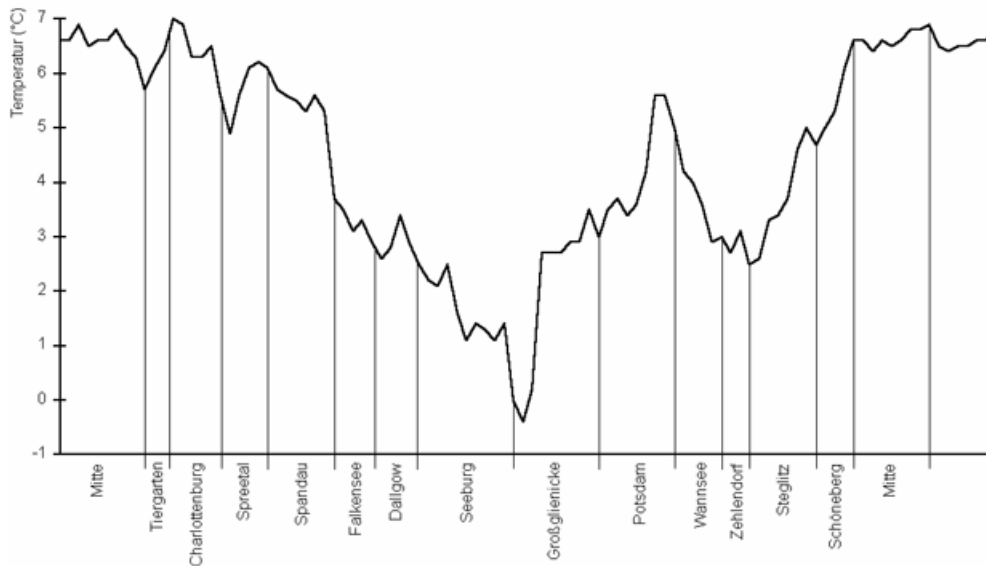


Abb. 2: Lufttemperatur in 2 m Höhe auf einer Meßstrasse in Berlin und Umland in einer austauscharmen Strahlungsnacht (7. Mai 1991 um 23.15 Uhr MEZ)

Mit der Darstellung des langjährigen Temperaturmittels wird einerseits eine gute Vergleichsgrundlage zu anderen Räumen hergestellt, da dieser Klimaparameter eine in der Regel vorliegende Größe darstellt, andererseits ist hiermit eine geeignete Grundlage für die Einschätzung aktueller Messungen gegeben. Zudem ist das langjährige Temperaturmittel von grundlegender ökologischer Bedeutung. So kann die Einwanderung wärmeliebender Pflanzen- und Tierarten durch die mäßige bis hohe Zunahme des langjährigen Temperaturmittels und der damit zusammenhängenden Abnahme der Anzahl der Frosttage gegenüber dem unbebauten Umland begünstigt werden: Bei einem Anstieg der Mitteltemperatur von 7 °C auf 10 °C halbiert sich die Anzahl der Frosttage (von Stülpnagel 1987).

## Datengrundlage

Für den **Westteil** der Stadt lag mit der ersten Ausgabe des Umweltatlas (SenStadtUm 1985) bereits das langjährige Mittel der Lufttemperatur für 1961 - 1980 vor, das für die vorliegende Karte zur Fortschreibung genutzt wurde. Dieses Mittel basierte auf den Daten von 60 Tages- und Nachtmeßfahrten mit insgesamt 1 000 Meßpunkten, die 1981 - 1983 auf 24 verschiedenen Routen durchgeführt wurden. Die Ergebnisse wurden in ein Netz von 24 Klimastationen eingearbeitet. Für zwei der Stationen, Dahlem und Tempelhof, lag das langjährige Mittel direkt gemessen vor, für die anderen Stationen wurden Messungen aus den Jahren 1981 und 82 verwendet.

Für den **Ostteil** der Stadt und das nähere Umland wurden die Daten in dem Zeitraum von Juni 1991 bis Mai 1992 erhoben. Neben 14 Klimastationen, die in diesem Zeitraum berlinweit betrieben wurden, fanden 40 Nacht- und 20 Tagesmeßfahrten mit ungefähr 500 Meßpunkten statt. Bis auf eine **Ost-West-Verbindungsmeßroute**, die von Rahnsdorf bis zum Grunewald führte, fanden diese Fahrten in Ost-Berlin statt. In Ergänzung zu diesem Programm wurden auf vier Trassen 10 Tages- und 20 Nachtmeßfahrten vom Zentrum der Stadt in das nähere **Umland** unternommen, um die klimatische Bedeutung der Freiräume am Stadtrand für die belastete Innenstadt herauszustellen.

Die Lufttemperatur wurde in 2 m Höhe gemessen. Zur Gewichtung der einzelnen Messungen wurden vom Deutschen Wetterdienst die in Berlin-Tempelhof zeitgleich zu den Temperaturmessungen registrierten vorherrschenden Windrichtungen als 3-Stunden-Werte zur Verfügung gestellt.

## Methode

Aufgrund der unterschiedlichen Datenlage wurde die Berechnung des langjährigen Temperaturmittels für West-Berlin und Ost-Berlin/Umland getrennt, aber mit weitgehend entsprechenden Berechnungsschritten durchgeführt. Da für Ost-Berlin und Umland alle Berechnungsschritte durchlaufen werden mußten, soll die Vorgehensweise an diesem Beispiel kurz geschildert werden.

Von zentraler Bedeutung bei den verschiedenen Berechnungsschritten ist die **Zuordnung** der einzelnen Meßpunkte nach der (Bebauungs-) Struktur ihrer Umgebung zu kontinuierlich messenden **Klimastationen** und die Annahme, daß sich der Temperaturverlauf an der Klimastation auf den Meßpunkt abbilden läßt.

Anhand dieser Zuordnung konnten in einem ersten Schritt die verschiedenen Messungen einer Fahrt **synchronisiert**, d. h. auf einen Zeitpunkt bezogen werden (von Stülpnagel 1987). Anschließend wurden die Ergebnisse der Meßfahrten **meßpunktweise gemittelt**. Zur **Gewichtung** der einzelnen Fahrten ging dabei die langjährige Windstatistik von 1950 bis 1970 von Berlin-Dahlem ein (Riemer 1971): Über die Windrichtung zum Bezugszeitpunkt jeder Fahrt und ihrem Anteil an allen Windrichtungen im langjährigen Mittel wurde die dazugehörige Lufttemperatur bei der Mittelwertbildung gewichtet.

Auch die Hochrechnung dieser Ergebnisse auf das **Jahresmittel** 1991/92 erfolgte wieder über die den Meßpunkten zugeordneten Klimastationen. Da an den Klimastationen die Temperaturmessung 1991/92 kontinuierlich erfolgte, war hier für jeden beliebigen Zeitraum eine Mittelwertbildung möglich. Für die Hochrechnung der Mittelwerte an den Meßpunkten wurde für die Klimastationen jeweils ihr Jahresmittel und der den Meßpunkten zeitlich entsprechende Mittelwert benötigt. Unter der Annahme, daß die Standorte der Meßpunkte sich wie die zugeordneten Klimastationen verhalten, wurde die an der Station zwischen diesen beiden Werten ermittelte Differenz auf die zugeordneten Meßpunkte übertragen. In Abbildung 3 ist diese Vorgehensweise schematisch wiedergegeben.

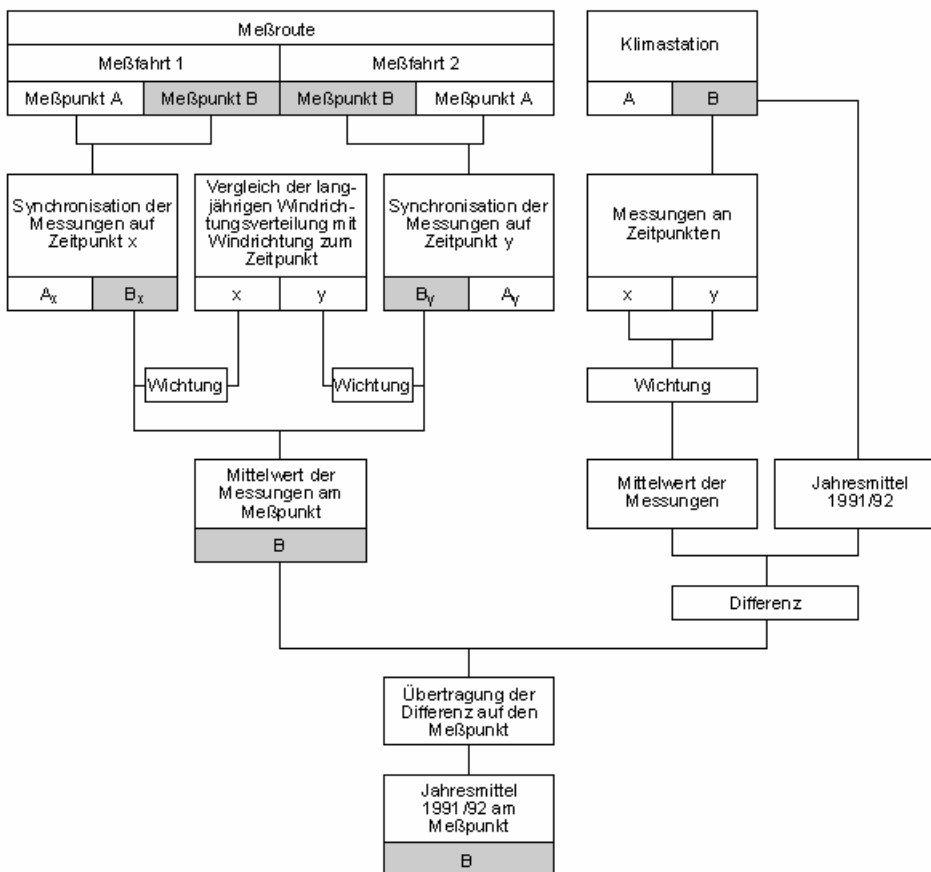


Abb. 3: Ablaufschema zur Berechnung des Jahresmittel Juni 1991 bis Mai 1992 am Beispiel zweier Meßpunkte einer Meßroute

Im Anschluß daran fand die entsprechende Einarbeitung der Meßfahrtergebnisse des Berliner Umlandes statt. Damit konnten in einem ersten Schritt für den Ostteil und das Umland für jeden Meßpunkt die Jahresmitteltemperaturen von Juni 1991 bis Mai 1992 festgestellt werden (SenStadtUm 1993e).

Der nun notwendige Übergang zum **langjährigen Mittel** von 1961 bis 1990 bzw. für den Westteil der Stadt die Umrechnung vom Mittel der Jahre 1961 - 80 auf 1961 - 90 ließ sich nur mit Hilfe der zwei langjährig betriebenen Stationen Dahlem und Tempelhof verwirklichen:

An diesen beiden Stationen lag das langjährige Mittel von 1961 bis 1980 um 0,2 °C niedriger als das neu errechnete von 1961 bis 1990 (Institut für Meteorologie der FU-Berlin 1981 - 90 und DWD 1981 - 90). Zur Anpassung des langjährigen Mittels im **Westteil** auf den neuen Zeitraum wurde davon ausgegangen, daß diese Differenz von 0,2 °C für alle westlichen Meßpunkte des Meßnetzes gilt und damit eine allgemeine Erhöhung um diesen Differenzbetrag gerechtfertigt ist. Nur an Forststandorten wurde aufgrund der Ergebnisse zweier seit 1986 im Grunewald betriebener Meßstationen keine Veränderung vorgenommen.

Die Berechnung der langjährigen Temperaturwerte in **Ost-Berlin** und dem näheren **Umland** auf der Basis der für 1991/92 errechneten Mittelwerte erfolgte differenziert nach drei verschiedenen Nutzungstypen. Hierfür wurden Klimastationen ausgewählt, die aufgrund mehrjähriger Messungen eine geeignete Datenbasis für die Ermittlung der Hochrechnungsfaktoren darstellten. Dies war die Station im Großen Tiergarten stellvertretend für **Park-/Waldstandorte** und die Station **Alexanderplatz**, die als repräsentativ für **dichte Bebauung** angenommen wurde. Für beide Stationen lag eine 5jährige Meßreihe zwischen 1975 und 1980 vor. Unter der Annahme, daß sich diese Stationen zwischen den Langzeitstationen Dahlem und Tempelhof in dem Zeitraum 1975 - 80 genauso einordnen wie im langjährigen Mittel, konnte für Tiergarten und Alexanderplatz das langjährige Mittel gebildet werden. Der Unterschied dieses Mittels zum Jahresmittel 1991/92 wurde dann für die Hochrechnung an den zugeordneten Meßpunkten genutzt. Abbildung 4 zeigt am Beispiel der Station Alexanderplatz und der Meßpunkte dichter Bebauung die prinzipielle Vorgehensweise.

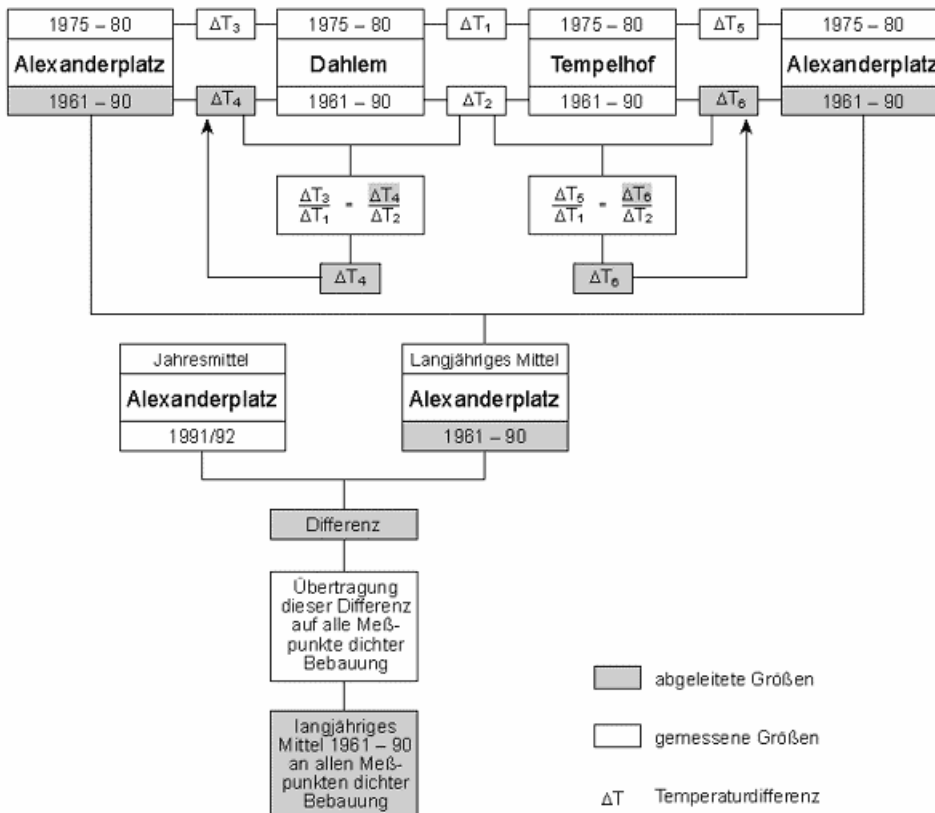


Abb. 4: Ablaufschema zur Berechnung des langjährigen Mittels am Beispiel der Station Alexanderplatz für Standorte dichter Bebauung

Aus diesem Verfahren ergab sich für die Hochrechnung an Park- und Waldstandorten ein langjähriges Mittel, daß um ca. 1,3 °C unter dem Jahresmittel von 1991/92 liegt; für Standorte in dichter Bebauung betrug dieser Unterschied ca. -0,8 °C. An der Langzeitstation **Dahlem**, die den dritten Nutzungstyp, **lockere Bebauung**, repräsentierte, lag das 30jährige Mittel direkt gemessen vor und um ca. 1,0 °C unter dem Jahresmittel 1991/92. Für den Ostteil und die Umgebung der Stadt wurden damit für die Hochrechnung auf das 30jährige Temperaturmittel verstärkt nutzungsbezogene Werte herangezogen. Die Interpolation der Einzelwerte auf die Fläche erfolgte manuell.

Die Gesamtdarstellung in der Karte kann nicht die in Teilbereichen des Untersuchungsgebietes während des Betrachtungszeitraumes 1961 - 90 vollzogenen, zum Teil gravierenden Nutzungsänderungen, wie die

Errichtung der Hochhaussiedlungen in Hellersdorf, Hohenschönhausen und Marzahn berücksichtigen. Die Aussage ist daher immer auf die heutige Nutzungsverteilung bezogen.

## Kartenbeschreibung

Die Karte gibt - im Unterschied zur Darstellung der Oberflächentemperaturen bei Tag und Nacht (Karte 04.06, SenStadtUm 1993a) - keine Einzelsituation wieder, sondern berechnet eine langjährige mittlere Situation. Dadurch werden naturgemäß die auftretenden Temperaturspannen gestaucht, die Minima und Maxima fallen weniger extrem aus.

Dennoch treten in Berlin und dem näheren Umland langjährige Mitteltemperaturen von leicht unter 7,0 bis gering über 10,5 °C auf. Die Höhe dieser durch den städtischen Einfluß verursachten Werte wird deutlich durch einen Vergleich mit den Werten anderer geographischer Breiten. So werden langjährige Mitteltemperaturen über 10,5 °C erst für den viel weiter südlich gelegenen Oberrheingraben registriert (Walter und Lieth 1964).

Der maßgebliche Einfluß hoher Versiegelungsgrade und großer Baumassen auf die Temperatur führt zu einer Konzentrierung der Bereiche mit Mitteltemperaturen über 10,5 °C in der westlichen **Innenstadt** sowie in Teilen des Bezirkes Mitte. Wärmer als 10 °C sind die sonstigen relativ dicht bebauten Wohn-, Gewerbe- und Industriegebiete im Anschluß an diese zentralen Bereiche. Hierzu gehören auch die Spandauer und Potsdamer Innenstadt, Teilbereiche von Siemensstadt und die Industrie- bzw. Gewerbegebiete Adlershof und Schöneweide. 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. Im östlichen, nördlichen und westlichen Umland werden großräumig 8,0 °C und vorwiegend in flachen Senken 7,5 °C unterschritten. Als **sehr kühle Standorte** mit Mitteltemperaturen unter 7,5 °C erweisen sich die Döberitzer Heide und das Grünland östlich von Schönwalde. Dies ist vor allen Dingen auf die starke Absenkung der Nachttemperaturen zurückzuführen. Deutlich tritt der mäßigende Einfluß der Gewässer in Erscheinung. Im Bereich von Havel, Spree und Müggelsee betragen die Mitteltemperaturen im wesentlichen 9,0 bis 9,5 °C.

Auffällig ist, daß die Temperaturen in den östlich gelegenen Großsiedlungen wie Marzahn und Hellersdorf deutlich niedriger liegen als z. B. in der Gropiusstadt oder im Märkischen Viertel im Westteil der Stadt. Hier spielt mit Sicherheit eine Rolle, daß die **Großsiedlungen** in Ost-Berlin weitläufiger angelegt sind und durch ihre Lage am Stadtrand mit klimatisch unbelasteten Räumen in Verbindung stehen.

Innerhalb der Innenstadt bilden die dort vorhandenen **Grünanlagen** zum Teil recht kühle Zonen, die zu einer Aufgliederung der sonst geschlossenen Wärmeinsel führen. Dies gilt besonders für den Großen Tiergarten und den Volkspark Prenzlauer Berg, dessen Einfluß durch die Verbindung zu anderen begrüneten Flächen noch verstärkt wird. Auch die ehemaligen, gegenwärtig mit einer Ruderalvegetation bewachsenen Bahnanlagen wie die Verbindung vom Gleisdreieck bis zum Südgelände spielen klimatisch eine derartige Rolle.

Auf den Zusammenhang zwischen den Mitteltemperaturen und der **Anzahl der Frosttage** wurde bereits hingewiesen. Ein Rückgang der Mitteltemperatur um 0,5 °C bedeutet eine Zunahme von ungefähr 10 Frosttagen. Bei den aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsstrukturen gegebenen großen Temperaturunterschieden im Raum Berlin und Umland ergibt sich daraus eine Spanne von 55 bis zu 120 möglichen Frosttagen.

## Literatur

- [1] **DWD (Deutscher Wetterdienst) (Hrsg.) 1981 - 1990:**  
Bodenwettermeldungen für den Europäischen Wetterbericht 1981-1990, Mitteltemperaturen, Offenbach.
- [2] **Horbert, M. 1992:**  
Das Stadtklima, Deutscher Rat für Landespflege, 61, S. 64 - 73.
- [3] **Horbert, M., Kirchgeorg, A., von Stülpnagel, A. 1983:**  
Ergebnisse stadtklimatischer Untersuchungen als Beitrag zur Freiraumplanung, Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin, Texte 18/83, Berlin.

- [4] **Horbert, M., Kirchgeorg, A., von Stülpnagel, A. 1984:**  
On the Method for Charting the Climate of an Entire Large Urban Area, in: Energy and Buildings, 7, S. 109 - 116.
- [5] **Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin (Hrsg.) 1981 - 1990:**  
Beilagen zur Berliner Wetterkarte, 1981 - 1990, Mitteltemperaturen, Berlin.
- [6] **Riemer, K.-H. 1971:**  
Neue Durchschnitts- und Extremwerte von Berlin-Dahlem (Teil IV) "Mittlere Windverhältnisse", in: Beilagen zur Berliner Wetterkarte 69/71, Hrsg.: Institut für Meteorologie der Technischen Universität Berlin, SO 18/71, Berlin.
- [7] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) (Hrsg.) 1993a:**  
Umweltatlas Berlin, Ausgabe 1993, Karte 04.06 Oberflächentemperaturen bei Tag und Nacht, 1:85 000, Berlin.
- [8] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) (Hrsg.) 1993b:**  
Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 1993, Karte 04.04 Temperatur- und Feuchteverhältnisse in mäßig austauscharmen Strahlungsnächten, 1:125 000, Berlin.
- [9] **Stülpnagel, A. von 1987:**  
Klimatische Veränderungen in Ballungsgebieten unter besonderer Berücksichtigung der Ausgleichswirkung von Grünflächen, dargestellt am Beispiel von Berlin-West, Diss. am Fachbereich 14 der Technischen Universität Berlin, Berlin.
- [10] **Walter, H.; Lieth, H. 1964:**  
Klimadiagramm - Weltatlas, 2. Lieferung, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1964.

## Karten

- [11] **SenStadtUm (Der Senator für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) (Hrsg.) 1985:**  
Umweltatlas Berlin, Ausgabe 1985, Karte 04.02 Langjähriges Mittel der Lufttemperatur in 2 m Höhe (1961 - 1980), 1:50 000, Berlin.
- [12] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) Abt.III 1993c:**  
Ökologische Planungsgrundlagen Berlin, Arbeitskarte Baudichte, 1 : 50 000, unveröffentlicht.
- [13] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) Abt.III 1993d:**  
Ökologische Planungsgrundlagen, Arbeitskarte Klimawirksame Stadtstrukturtypen, 1 : 50 000, unveröffentlicht.
- [14] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) Abt.III 1993e:**  
Ökologische Planungsgrundlagen, Arbeitskarte Mittel der Lufttemperatur 1991/92 in 2 m Höhe, 1 : 50 000, unveröffentlicht.
- [15] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) Abt.III 1995a:**  
Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe, Karte 06.01 Reale Nutzung der bebauten Flächen, 1 : 50 000.
- [16] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin) Abt.III 1995b:**  
Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe, Karte 06.02 Bestand an Grün- und Freiflächen, 1 : 50 000.