

Untersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Varianz von Temperatur und Luftfeuchte im Stadtgebiet von Halle

Annett WANIA und Manfred FRÜHAUF

25 Abbildungen und 3 Tabellen

ABSTRACT

WANIA, A.; FRÜHAUF, M.: Investigations on the spatial and temporal variability of temperature and atmospheric moisture in the city of Halle. - *Hercynia N.F.* 34 (2001): 13–32.

Some years ago investigations concerning the climate of the town Halle in East Germany (about 250000 inhabitants) had been started at the chair of Geoecology at the Martin-Luther-University. The principal aim of the investigation is to find out the influence of town structures and in this case especially the presence of naturelike elements on the parameters temperature and relative humidity. The aim of the paper is to show the results of a first evaluation of the mean day and month values and the day maximums and minimums over a period of 2 years. In spite of the short time of observation first differentiations in time and space could have been recognized. Already shown by a statistical test the differences between the 6 measure points became more distinct by comparing the graphs each other. In this connection it was recognized that differences are predominantly distinct in the time of summer.

Keywords: temperature, relative humidity, climatological investigations, mean day value, mean month value

1 EINLEITUNG

Am Lehrstuhl für Geoökologie des Instituts für Geographie der Martin-Luther-Universität wurde in den letzten Jahren damit begonnen, neben den Arbeiten zur stofflichen Belastung in Stadtökosystemen auch stadtklimatische Untersuchungen durchzuführen. An dieser Stelle soll über die diesbezüglich ersten Erfahrungen der in verschiedenen Stadtstrukturtypen betriebenen Temperatur- und Feuchtemessungen berichtet werden. Diese wurden durch eine studentische Hilfskraft im Rahmen einer Projektstudie betreut und ausgewertet.

Ihr Ziel war in der ersten Bearbeitungsstufe vorrangig darauf gerichtet, Unterschiede in der zeitlichen und räumlichen Varianz der ermittelten Parameter zu erfassen und ursächlich zu bewerten. Dabei galt es zu prüfen, ob die gewonnenen Angaben mit den aus der Literatur (ASEDA et al. 1993, BAND 1969, HAGE 1975, FEZER 1995, HERMANN et al. 1973) bekannten generellen Tendenzen übereinstimmen oder ob sich hierbei Abweichungen zeigen und welche Ursachen ggf. hierfür verantwortlich sind.

2 UNTERSUCHUNGSMETHODIK

Mit den stadtklimatischen Untersuchungen soll geprüft werden, ob bzw. in welcher Form die Parameter Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur Beziehungen zu unterschiedlichen Stadtstrukturtypen oder gar Gradienten von den Stadtrandbereichen zum Zentrum erkennen lassen (BAND 1969, KUTTLER 1985, MISTEREK 1987, TREIBICH 1927). In einem ersten Arbeitsschritt galt es hierfür Untersuchungs-, d.h. Meßstandorte auszuwählen, die diesen Ansprüchen gerecht werden. Nicht in jedem Falle konnten jedoch diese vollständig bei der Standortwahl berücksichtigt werden (s.u.).

Von den bisher eingerichteten 7 Meßstationen (Abb.1) wurden in dieser ersten Auswertung die Ergebnisse von 6 Standorten berücksichtigt (Der Meßbetrieb der Station im Waldgebiet der Dölauer Heide

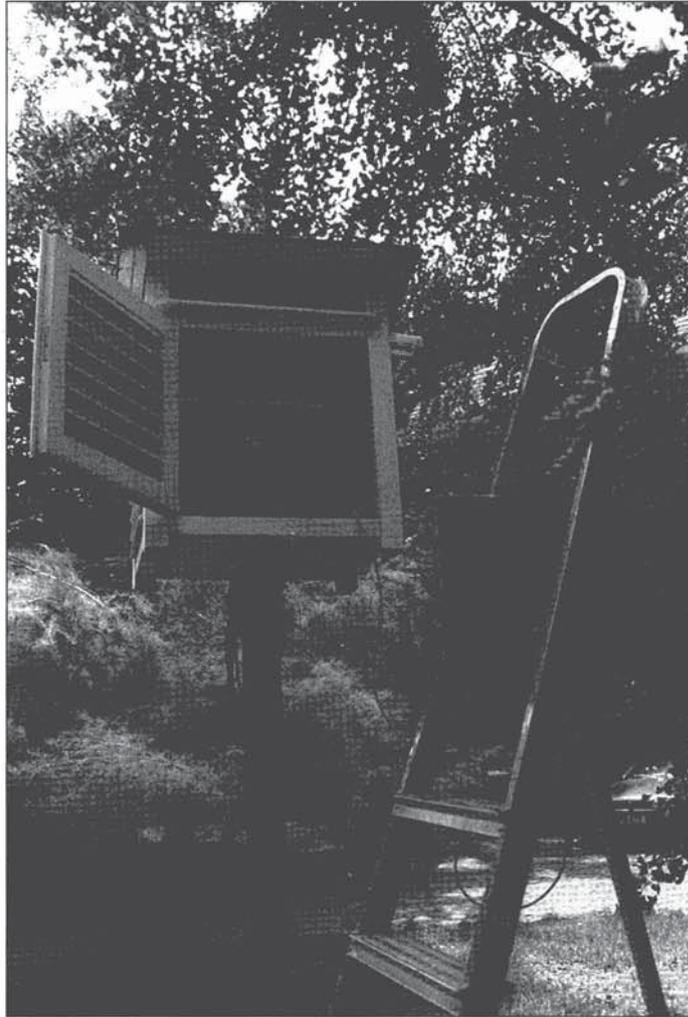


Abb. 1 Die Meßstation im Innenhof der Neuen Residenz (Domstraße) (Foto: A. Wania)

ist bisher zu kurz). Die am längsten betriebene Station befindet sich in unmittelbarer Zentrumslage (Domplatz - Innenhof des Instituts für Geographie). Drei weitere Stationen wurden jeweils am West-, Ost- und Südrand Halles lokalisiert. Nach ihrer Lage werden sie im folgenden als Dörlau (mit Doppelhausbebauung in Umgebung), Reideburg (Immissionsmeßfeld und offizielle Klimameßstation auf dem Gelände des LAU) und Beesen (Wasserwerk) bezeichnet. Die Station Beesen befindet sich in der breiten Elster-Saale-Aue und nur 50 m vom Hauptvorfluter unseres Raumes, der Saale, entfernt. Eine weitere Meßstation wurde auf dem Gelände des Staatlichen Amtes für Umweltschutz (STAU) unmittelbar am Ufer des Mühlgrabens sowie auf den Porphyrkuppen des Zoologischen Gartens (55 m über dem Saaleniveau) installiert.

Der Meßbetrieb wird durch elektronische Thermohygrographen (Firma THIES), der mit einem Meßsensor ausgestattet ist, realisiert (Abb. 2). Dieser wurde jeweils in 2 m Höhe installiert. Die Messung von Temperatur und relativer Luftfeuchte erfolgt hierbei in einem Intervall von 10 Sekunden. Ein Datalog-

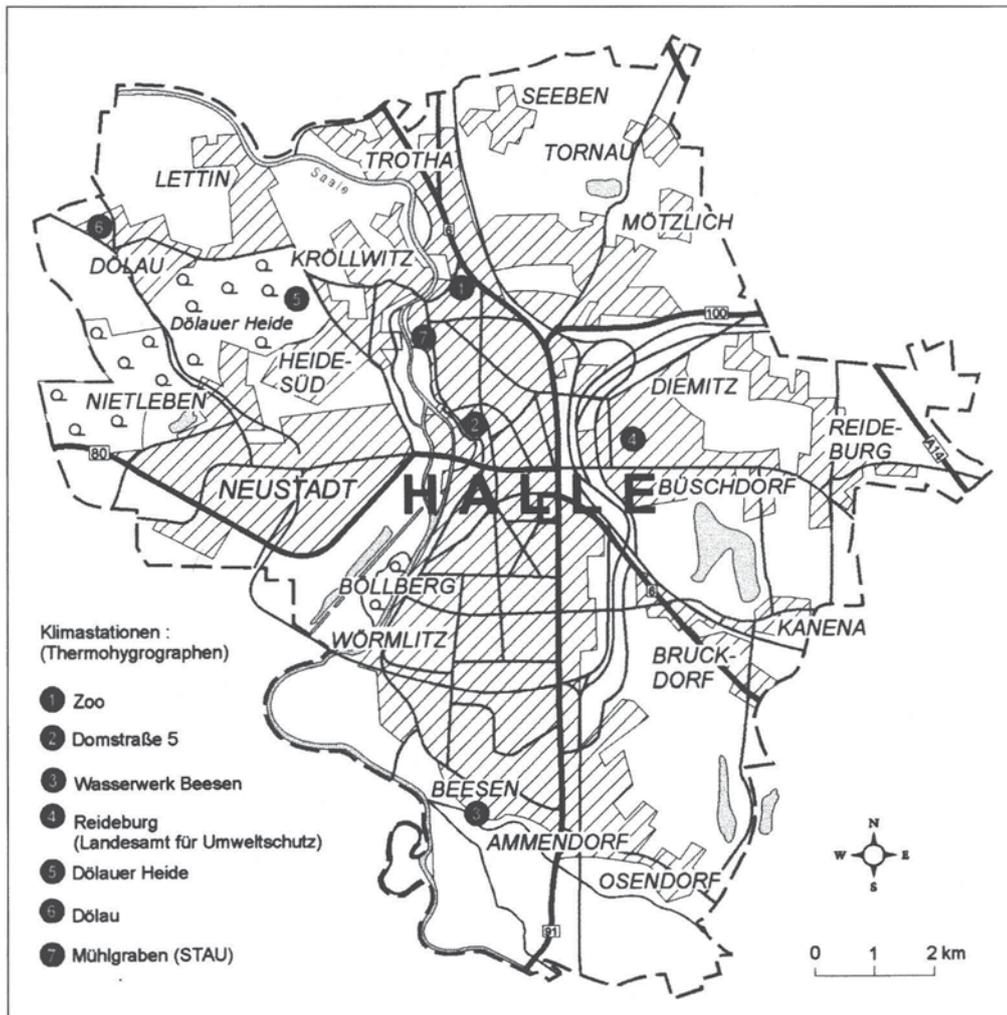


Abb. 2 Lage der Meßstationen im Halleschen Stadtgebiet

ger speichert jeweils den 10-minütigen Mittelwert. Die Berechnung der Tagesmittelwerte erfolgte über EXCEL auf der Grundlage dieser 10-Minuten Werte. Im gleichen Sinne wurden auf dieser Grundlage die Tagesmaxima und -minima für Temperatur und relative Luftfeuchte ermittelt. Als Bezugsbasis wurde im Unterschied zum DWD der Zeitraum von 0 bis 24 Uhr gewählt.

An dieser Stelle muß erwähnt werden, daß bei der Auswahl dieser Standorte (leider) „sicherheitstechnische“ Aspekte (Sicherung vor Zerstörung) stärker als gehnt berücksichtigt werden mußten, so daß darunter die Repräsentanz der Standorte litt und somit auch die Vergleichbarkeit der Befunde nur als eingeschränkt zu bezeichnen ist. Den Autoren ist deshalb bewußt, daß z.B. der Meßpunkt Domstraße im Innenstadtbereich keinesfalls typisch für den Stadtstrukturtyp „Zentrum“ ist (u.a. fehlende großflächige Versiegelung, teilweise Übershattung) oder der Standort „Beesen“ (Offenheit) trotz seiner relativen Nähe zur Saale kaum mit dem Standort „STAU“ (Vegetationsüberschirmung) vergleichbar ist. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, daß es infolge der unterschiedlich langen Betriebs- bzw. Meß-

dauer der einzelnen Stationen, insbesondere aber begründet durch (technisch bedingte) Meßausfälle in die bisherige Auswertung nur der Zeitraum Januar 1998 bis Dezember 1999 einbezogen werden konnte. Auch die hierdurch bedingten Aussageeinschränkungen sind den Autoren wohl bewußt.

Die hier vorgestellten Ergebnisse sind deshalb unter dem Blickwinkel der einleitend formulierten Zielstellung als Anfangsinformationen zu sehen. Sie dienen darüber hinaus aber auch der Sammlung von Erfahrungen mit der eingesetzten Meßtechnik sowie von Erkenntnissen für eine weitere Optimierung bei der Lokalisation der Meßstandorte.

3 ERGEBNISSE

3.1 Verlauf der Monatsmittel im Beobachtungszeitraum

Die Dateninterpretation erfolgte zunächst bezüglich der Monatsmittelwerte. Abbildungen 3 und 4 dokumentieren dies für die Temperatur und relative Luftfeuchte im Verlauf der Jahre 1998 und 1999. Auf die Darstellung der Meßergebnisse aller Stationen wurde an dieser Stelle nicht nur aus Gründen der Übersichtlichkeit sondern vor allem mit dem Ziel, charakteristische Unterschiede aufzuzeigen, verzichtet.

3.1.1 Temperatur

Der Jahresgang der Temperatur zeigt zum einen den allseits bekannten Unterschied zwischen Winter- und Sommermonaten. Dabei wird erkennbar, daß im Vergleich zu den Wintermonaten im Sommer wesentlich deutlichere Differenzen zwischen den Stationen auftreten. Diesbezüglich weist Beesen von März bis September im gesamten Beobachtungszeitraum die höchsten Temperaturmonatsmittel auf. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß diese Station auf Grund ihrer isolierten Lage in einer größeren Freifläche einen besonders hohen Strahlungsgenuß aufweist. Im Winter sind demgegenüber kaum Unterschiede im Vergleich zu den anderen Meßstandorten feststellbar (Abb.3).

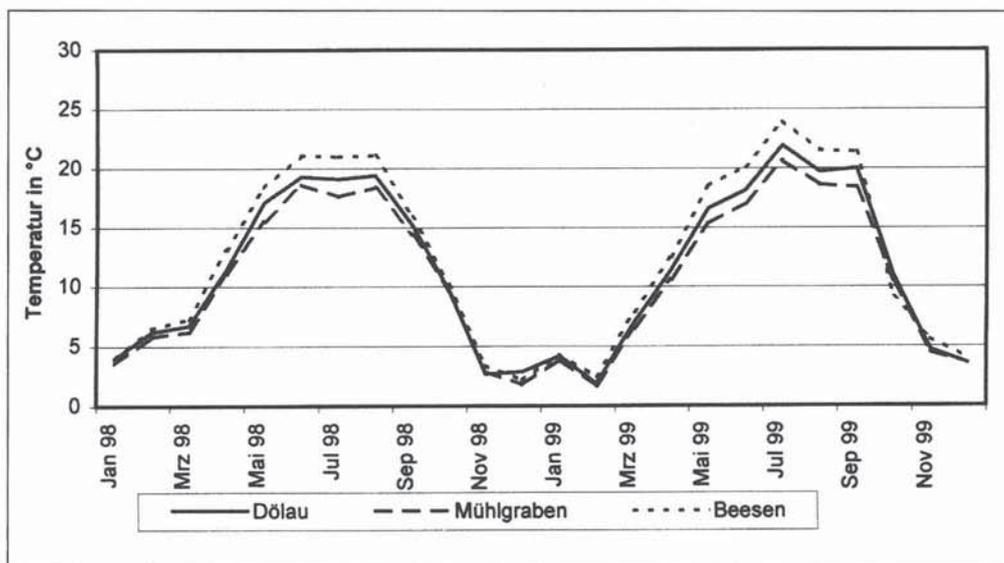


Abb. 3 Jahresgang der Temperatur 1998 und 1999 (Darstellung auf Grundlage der Monatsmittelwerte)

Hinsichtlich der Absolutwerte folgen nach Beesen die Stationen Reideburg, Dörlau, Zoo, Domstraße und schließlich die Station Mühlgraben. Diese Aussagen lassen allerdings kaum den Schluß zu, daß es sich hierbei um Gradienten von den Stadtrand- zu den Kernbereichen handelt (JENDRITZKY 1991). Durch die Wirkung von unterschiedlich intensiver und wirksam werdender Vegetationsüberdeckung, die bei den zuletzt genannten Standorten am größten ist, ergeben sich Modifikationen, die nicht nur bei den Temperatur-, sondern auch bei den Feuchtwerten eine Vergleichbarkeit hinsichtlich der Einflüsse von Stadtstrukturen stark einengen bzw. sogar ausschließen.

Dies verdeutlichen auch die diesbezüglichen Werte für die Wintermonate. Bedingt durch den weitestgehenden Wegfall der „Störgröße“ Vegetationsüberdeckung verringern sich die Temperaturdifferenzen zwischen den Stationen ab Oktober sehr schnell. Dies trifft für beide Beobachtungsjahre zu. Erst ab April - und mit der einsetzenden Vegetationsentwicklung - werden die Unterschiede wieder größer (HERMANN et MEISER 1973).

Besonders markant zeigt sich dies wiederum am Beispiel der Station Beesen. Bei ihr werden bereits ab Januar zunehmend deutlichere Abweichungen von den Temperaturwerten der anderen Stationen sichtbar.

3.1.2 Relative Luftfeuchte

Der Verlauf der Monatsmittelwerte für die relative Luftfeuchte zeigt ebenfalls vor allem in den Sommermonaten markante Unterschiede (Abb. 4). Dabei treten an der Station Mühlgraben die höchsten Feuchtwerte im gesamten Jahresgang auf. Diese erklären sich sowohl durch Verdunstungseffekte der ufernahen Vegetation als auch durch die Lage unmittelbar neben dem Mühlgraben (KREMSER 1908; SISTERTON et DIRKS 1978).

Mit wesentlich geringeren Feuchtegehalten folgen dann die Stationen Domstraße, Dörlau und Reideburg. Die diesbezüglich niedrigsten Werte weist Beesen auf. Damit werden wiederum die Besonderheiten dieses Standortes (Strahlungsexposition auf einer Freifläche ohne Bäume und Sträucher) erkennbar. Ab Oktober/November liegen die Feuchtwerte von Beesen im Bereich derer des Mühlgrabens.

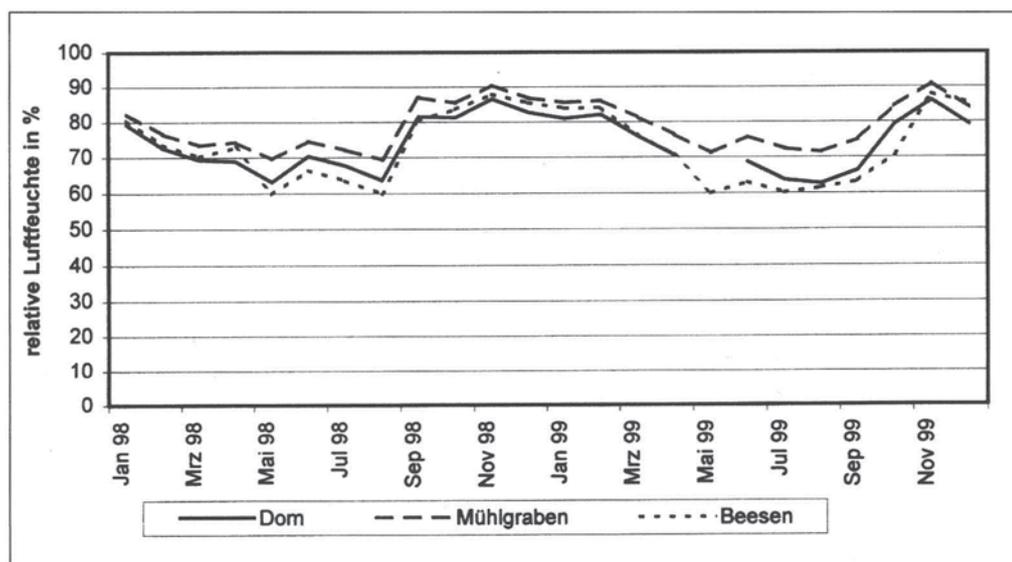


Abb. 4 Jahresgang der relativen Luftfeuchte 1998 und 1999 (Darstellung auf Grundlage der Monatsmittelwerte)

Sie übertreffen damit diejenigen der Domstraße. Dieser Trend setzt sich bis März/April fort. Hierbei zeigen sich Auswirkungen der im Innenstadtbereich verstärkt einsetzenden Heizperiode und abnehmende Verdunstungsraten (ROBEL 1975).

Ob die gegenüber der Station Domstraße in Beesen höheren Feuchtwerte direkte Beziehungen zu Einflüssen aus der Nähe von Saale und Weißer Elster erkennen lassen, konnte mit der eingesetzten Meßtechnik nicht festgestellt werden.

3.2 Statistische Auswertung der Tagesmittelwerte

Hierbei sollte getestet werden, welche Stationen sich in ihrem Verlauf und ihren Werten am ähnlichsten sind und welche kaum Gemeinsamkeiten aufweisen. Dazu wurden die Tagesmittelwerte für Temperatur und relative Luftfeuchte in einem Testverfahren für unabhängige Stichproben in SPSS paarweise miteinander verglichen (Vergleich jeder Station mit jeder). Mittels des t-Tests (Tab.1) galt es zu prüfen, ob sich die Mittelwerte der Grundgesamtheit signifikant voneinander unterscheiden. Hierbei mußte geprüft werden, ob der für eine Stichprobe festgestellte Unterschied der Mittelwerte gleichermaßen für die Grundgesamtheit zutrifft. Der ebenfalls durchgeführte Levene-Test (Tab.1) bestimmte die Varianz der Grundgesamtheit auf Homogenität oder Heterogenität (BROSIOUS et BROSIOUS 1995).

Ergebnis beider Tests ist somit eine Irrtumswahrscheinlichkeit oder ein Signifikanzniveau p . Sie/es gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit man bei Verwerfung der Nullhypothese irrt ($H_0: \mu_1 = \mu_2$, d.h. die Mittelwerte sind gleich) und stattdessen die Alternativhypothese annimmt ($H_A: \mu_1 \neq \mu_2$, d.h. die Mittelwerte sind nicht gleich) annimmt (BROSIOUS et BROSIOUS 1995). Für Annahme oder Ablehnung der Nullhypothese gelten folgende Regeln:

$p > 0,05$ nicht signifikant	→ Annahme H_0
$p \leq 0,05$ signifikant	→ Ablehnung H_0 und Annahme H_A
$p \leq 0,01$ sehr signifikant	→ Ablehnung H_0 und Annahme H_A
$p \leq 0,001$ höchst signifikant	→ Ablehnung H_0 und Annahme H_A

So kann bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05 folglich mit 95%iger Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß die Varianzen bzw. Mittelwerte der Grundgesamtheit gleich sind. Liegt das Signifikanzniveau unter 5%, so besteht keine Gleichheit zwischen den Varianzen bzw. Mittelwerten.

3.2.1 Temperatur

Die diesbezüglichen Angaben zu den Temperaturwerten (Tab.1) verdeutlichen, daß sich die Station Beesen sowohl bezüglich der Varianzen als auch bei den Mittelwerten von den anderen Stationen signifikant unterscheidet. Dies stützt die weiter oben gemachten Aussagen eindrucksvoll. Weniger deutlich erkennbar aus den bisherigen Befunden wurde, daß zwischen Beesen und der Station Reideburg kaum signifikante Unterschiede auftreten. Allerdings zeigt eine differenziertere Betrachtung, daß für die Varianzen zwischen Reideburg und den übrigen Stationen keine Unterschiede erkennbar werden, während sie beim Vergleich der Mittelwerte demgegenüber höchst signifikant sind. Damit wird gleichzeitig offensichtlich, daß zwischen den kaum signifikante Unterschiede aufweisenden Stationen Beesen und Reideburg hinsichtlich der Mittelwerte jedoch größere Unterschiede auftreten. Dabei muß allerdings offen bleiben, ob der längere Meßausfall an der Station Reideburg dieses Ergebnis beeinflusste. Die Vergleiche der anderen Stationen verdeutlichten nahezu ausschließlich Homogenität der Varianzen bzw. Mittelwertgleichheit.

Die stationsbezogenen Ergebnisse lassen erkennen, daß Beesen im Vergleich zu den anderen Stationen bei den Temperaturwerten sowohl einen differenzierteren Gang der Amplituden als auch der Mittelwerte aufweist. Besonders markant sind diesbezüglich die Unterschiede zwischen Beesen und dem Meßpunkt am Mühlgraben. Die Amplitude des Temperaturverlaufs erreicht dabei in Beesen besonders

Tab. 1 Vergleich der Tagesmittelwerte für Temperatur und relative Luftfeuchte - Signifikanzen des Levene- und t-Tests (p=0,000 ist ein programmspezifischer Rundungswert und nicht als absoluter 0-Wert anzusehen)

	Temperatur		Relative Luftfeuchte	
	Levene- Test der Varianzgleichheit	t- Test für die Mittelwertgleichheit	Levene- Test der Varianzgleichheit	t- Test für die Mittelwertgleichheit
	Signifikanz	Signifikanz bei nicht gleichen Varianzen (2-seitig)	Signifikanz	Signifikanz bei nicht gleichen Varianzen (2-seitig)
	p1	p2	p1	p2
Beesen – Dörlau	0,011	0,023	0,000	0,037
Beesen – Domstraße	0,003	0,000	0,000	0,161
Beesen – Mühlgraben	0,000	0,000	0,000	0,000
Beesen – Reideburg*	0,110	0,324 ¹	0,000	0,430
Beesen – Zoo	0,014	0,012	0,006	0,000
Dörlau – Domstraße	0,629	0,088 ¹	0,103	0,000
Dörlau – Mühlgraben	0,082	0,062 ¹	0,000	0,000
Dörlau – Reideburg*	0,458	0,002 ¹	0,235	0,218 ¹
Dörlau – Zoo	0,978	0,760 ¹	0,011	0,025
Domstraße – Mühlgraben	0,224	0,934 ¹	0,014	0,000
Domstraße – Reideburg*	0,240	0,000 ¹	0,007	0,024
Domstraße – Zoo	0,620	0,171 ¹	0,000	0,000
Mühlgraben – Reideburg*	0,018	0,000	0,000	0,000
Mühlgraben - Zoo	0,086	0,132 ¹	0,000	0,000
Reideburg* – Zoo	0,486	0,001 ¹	0,200	0,001 ¹

* aufgrund von Datenausfällen an der Station Reideburg kann bei diesen Vergleichen nur eine weitaus geringere Werteanzahl als bei den anderen Vergleichen getestet werden

¹ Signifikanz bei gleichen Varianzen, da $p > 0,05$ und somit Annahme der Null-Hypothese (d.h. die Mittelwerte der beiden getesteten Stationen sind gleich bezüglich der Grundgesamtheit)

große Unterschiede (vgl. 3.3.2). Ursächlich spielt hierfür die schon erwähnte, relativ unbeschattete und strahlungsexponierte Lage dieser Station in der weitestgehend unbebauten, breiten Saale-Elster-Aue eine wesentliche Rolle (PARK 1987). Dadurch kommt es insbesondere im Sommer zu einer starken Aufheizung (BRÜNDEL et HÖPPE 1984).

Die sich aus dem Testverfahren ergebende Amplituden- und Mittelwertgleichheit zwischen Beesen und Reideburg wird durch den Vergleich der Monatsmittel (vgl. 3.1.1) bestätigt. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist die (gemeinsame) Lage beider Stationen an der Stadtperipherie von sekundärer Bedeutung. Im Unterschied zu der Station Beesen befindet sich der Meßstandort Reideburg am Rande eines städtebaulich noch deutlich verdichteten Gebietes im Osten der Stadt. Ausgedehnte Industrie- und Gewerbeflächen kennzeichnen das Umfeld. Die Meßstation selbst ist auf einer Grünfläche lokalisiert. Allerdings zeigen sich hier ebenfalls wie bei der Station Beesen kaum Überschattungs- bzw. Vegetationseffekte. Damit werden wiederum Ähnlichkeiten zum Standort Beesen offensichtlich.

Ob hieraus allerdings geschlußfolgert werden kann, daß die umgebenden Stadtstrukturen auf das Meßergebnis einen geringeren Einfluß als die unmittelbaren Standortbedingungen der direkten Umgebung haben (ELLIASON 1990/1991, ROBEL 1975), sollen weiterführende Analysen zeigen. In jedem Fall läßt sich hieraus für den Vergleich der Meßergebnisse zwischen den verschiedenen Standorten ableiten, daß die unmittelbaren Standortbedingungen im Umfeld der Meßstation einen viel stärkeren Einfluß auf die Ausprägung der Meßergebnisse haben, als dies vorab angenommen wurde.

Dies zeigt sich auch am Beispiel der Unterschiede zwischen den Amplituden der Stationen Mühlgraben und Reideburg. Offensichtlich wirkt hierbei die Stärke und Dauer der Vegetationsüberdeckung (TREIBICH 1927) bedeutsamer auf das Meßergebnis ein als die Nähe zum Vorfluter (Mühlgraben).

Der Vergleich der übrigen Stationen (Zoo, Dölau, Dom und Mühlgraben) untereinander offenbart gleiche Varianzen (Amplituden) und Mittelwerte. Dies unterstreichen auch die Ergebnisse der am westlichen Stadtrand in einem neu errichteten Wohngebiet lokalisierten Station Dölau. Obwohl auch sie am Stadtrand liegt, sind auf Grund der hinsichtlich Beesen und Reideburg andersartigen Standortbedingungen (zeitweise Überschattung) die Ergebnisse hinsichtlich von „Stadtrandeffekten“ kaum miteinander vergleichbar (ASEDA et CA 1993, PARK 1987).

Die Innenstadtstationen (Dom, Mühlgraben, Zoo) unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der Amplituden als auch der Mittelwerte nicht signifikant voneinander. Obwohl sie in völlig unterschiedliche Stadtstrukturtypen eingebunden sind, werden auch ihre Meßergebnisse in stärkerem Maße durch Überschattungs- bzw. Vegetationseinflüsse bestimmt. Dabei spielt es anscheinend kaum eine Rolle, ob sich die Stationen in unmittelbarer Nähe zu einem Vorfluter, in einem weitestgehend abgeschlossenen Innenhof oder in etwas exponierter und geringfügig höherer Lage befinden (BAND 1969, BRÜNDEL et HÖPPE 1984).

3.2.2 Relative Luftfeuchte

Die statistische Analyse der Tagesmittelwerte für die relative Luftfeuchte offenbart im Vergleich zu den Temperaturangaben wesentlich stärkere Ungleichheiten zwischen den einzelnen Stationen. Höchst signifikant sind, wie auch bei der Temperatur, die Unterschiede der Station Beesen mit allen anderen Meßpunkten.

Die Testergebnisse dokumentieren darüber hinaus auch, daß zwischen den Amplituden der Station am Mühlgraben und denen der anderen Stationen die höchsten, signifikanten Unterschiede bestehen. Die Ursachen hierfür liegen, wie schon bei den Temperaturwerten skizziert, vorrangig in den aus den unmittelbaren Standortbedingungen resultierenden Einflüssen auf die Meßergebnisse (SISTERSON et DIRKS 1978).

Im Vergleich untereinander lassen sich diesbezüglich weitestgehend ähnliche Amplituden lediglich für die „Stationspaare“ Dölau - Domstraße, Dölau - Reideburg und Reideburg - Zoo erkennen. Bei den

Mittelwerten treten Ähnlichkeiten zwischen den Stationen Beesen - Domstraße, Beesen - Reideburg sowie Dölau - Reideburg auf.

Bezüglich der Ursachen dieser Ähnlichkeiten bleiben nach dem jetzigen Kenntnisstand viele Fragen offen. So konnte mit der bisherigen Meßanordnung nicht geprüft werden, welchen Einfluß der Mühlgraben oder die Saale/Weiße Elster auf die Meßergebnisse haben. KUTTLER (in SUKOPP et WITTIG 1998) gibt diesbezüglich den Bereich einer Erhöhung der relativen Luftfeuchte durch ein Gewässer in einem dicht bebauten Gebiet mit bis maximal 50 m Entfernung an. Dies würde zumindest für die Station Mühlgraben zutreffen.

Die Mittelwertgleichheit der beiden Stationen Dölau und Reideburg läßt sich weniger mit ihrer Lage am westlichen bzw. östlichen Stadtrand als vielmehr mit ähnlichen Übershattungsbedingungen erklären. Zudem befinden sich beide Stationen unter dem Einfluß von Flächen mit klimameliorierender Wirkung. So beginnt bei der Station Dölau die offene Agrarlandschaft nur wenige Meter hinter der Siedlung. Das Gelände ist zudem durch eine nur geringe Rauigkeit gekennzeichnet, was den Zustrom von Kaltluft in die in rechtem Winkel zum Siedlungsrand ausgerichteten Straßenzüge begünstigt (KUTTLER 1985).

3.3 Vergleich des Jahresganges der Mittelwerte und Extrema ausgewählter Stationen

Nachfolgend werden jeweils zwei Stationen auf der Grundlage der Gegenüberstellung des monatlichen Verlaufes der Tagesmittelwerte, -maxima und -minima von Temperatur und relativer Luftfeuchte miteinander verglichen. Dabei sollen weniger die Absolutwerte als vielmehr die Unterschiede zwischen den Parametern in die Auswertung einbezogen werden.

3.3.1 Vergleich der Stationen Dölau und Domstraße

Mit dem Vergleich dieser beiden Stationen sollte ermittelt werden, ob sich aus der Lage der Stationen am Stadtrand sowie in der unmittelbaren Innenstadt Unterschiede ergeben, die mit denen in der Literatur beschriebenen Gradienten bzw. Wärmeinseleffekten (AUER 1989, HERMANN et MEISER 1973, TREIBICH 1927) zu erklären sind.

Beim Vergleich der Tagesmittelwerte der Temperatur zeigt sich ein weitestgehend ähnlicher Verlauf mit nur geringen Differenzen. Demgegenüber widerspiegeln die Temperaturmaxima größere Unterschiede. Diese nehmen in den wärmeren Jahreszeiten (Monate April bis September) deutlich zu und erreichen im Juni 1998 Höchstwerte von 12 K (Abb. 5). Dabei wird deutlich, daß die stärksten Abweichungen voneinander bei den höchsten Maximalwerten auftreten. Bei niedrigeren Temperaturmaxima sind die Differenzen demgegenüber nur gering.

Obwohl sich auch bei den Temperaturminima ab April Unterschiede zwischen beiden Standorten belegen lassen, sind diese letztlich wesentlich geringer als bei den Maximalangaben. Sie erreichen im Mai 1998 mit 4 K ihren größten Wert. Ansonsten liegen die diesbezüglichen Differenzen, wie es auch Abb. 6 zeigt, zwischen 1 bis 2 K.

Beim Vergleich der Tagesmittelwerte für die relative Luftfeuchte werden ab Mitte Mai erste Unterschiede sichtbar. Ab dann übersteigen die Werte der Station Domstraße diejenigen von Dölau. Dies trifft besonders bei hohen Tagesmittelwerten zu (Abb. 7). Ab Oktober treten diesbezüglich kaum noch Differenzierungen zwischen beiden Standorten auf.

Bei den Tagesmaxima für die relative Luftfeuchte lassen sich zwischen beiden Stationen kaum Unterschiede feststellen. Etwas deutlicher zeigen sich diese bei den Tagesminima für die Zeit von Mitte Mai bis November. In dieser Zeit liegen die Werte der Domstraße in beiden Jahren (mit geringen Ausnahmen) über denen von Dölau. Dabei treten bei den geringsten Minima in beiden Jahren die größten Differenzen auf. Beispiel hierfür ist die größte Minimadifferenz von 30 % am 26. September 1998 (Abb. 8). Ab Herbst verringern sich diese Unterschiede wieder. In den Monaten Februar, März und April lassen sich dann zwischen den Stationen kaum noch Differenzen ablesen.

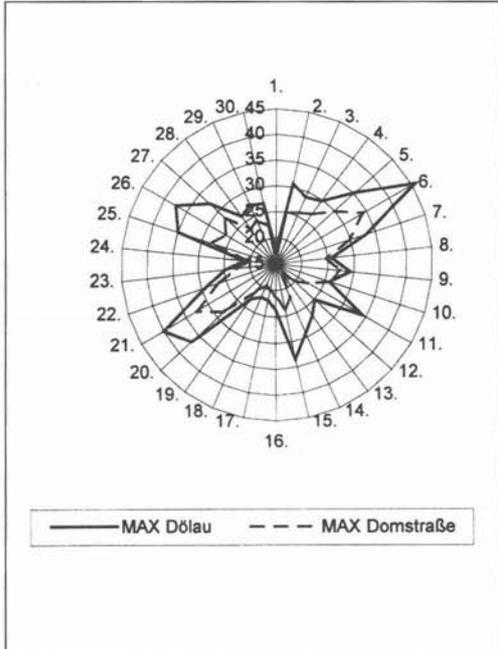


Abb. 5 Vergleich Stationen Dörlau und Domstraße: Tagesmaxima Temperatur (°C) Juni 1998

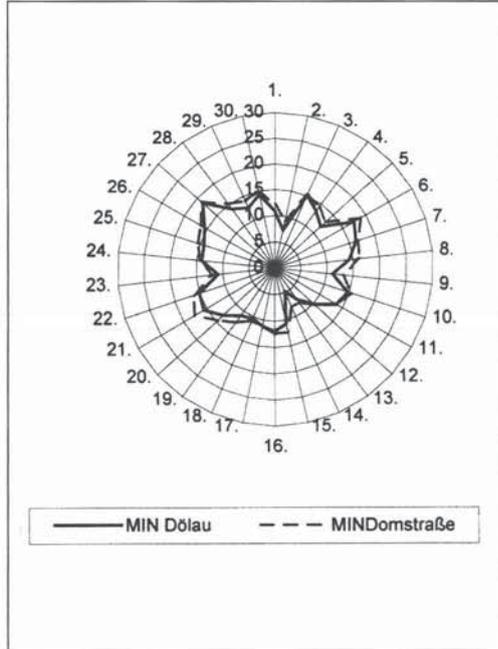


Abb. 6 Vergleich Stationen Dörlau und Domstraße: Tagesminima Temperatur (°C) Juni 1998

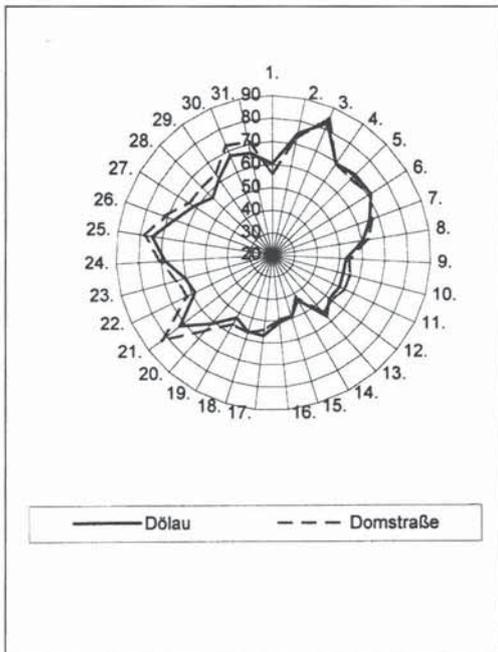


Abb. 7 Vergleich Stationen Dörlau und Domstraße: Tagesmittelwerte relative Luftfeuchte (%) Mai 1998

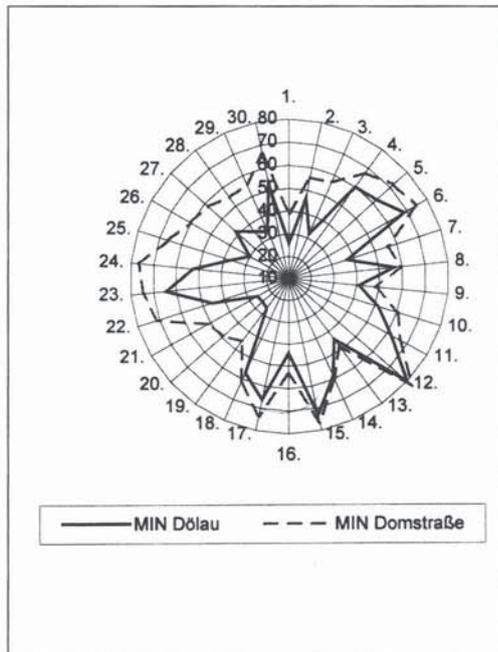


Abb. 8 Vergleich Stationen Dörlau und Domstraße: Tagesminima relative Luftfeuchte (%) September 1998

Hinsichtlich der ursächlichen Interpretationen dieser Feststellungen, existieren gegenwärtig noch beträchtliche Informationslücken (SISTERSON et DIRKS 1978, WANNER 1984). Dies betrifft auch die nur geringen Temperaturdifferenzen in den Wintermonaten. Obwohl aus den Meßergebnissen sichtbar wird, daß ab Mai die Stadtrandstation wesentlich höhere Temperaturmaximalwerte als die Innenstadt aufweist, widerspricht dies nur anscheinend den Literaturaussagen. Hierbei modifizieren wiederum Beschattungseffekte und über die Vegetation (Verdunstungskühle) bedingte Einflüsse das Ergebnis (HAGE 1975, ROBEL 1975).

Bezüglich der relativen Luftfeuchte konnten nur bei den Mittelwerten und Minima Unterschiede zwischen beiden Stationen ermittelt werden. Beide Parametern weisen insbesondere in der 2. Jahreshälfte deutliche Differenzen auf.

3.3.2 Vergleich der Stationen Beesen und Domstraße

Die Tagesmittelwerte für die Temperatur zeigen vor allem von Mai bis September 1998 und von April bis Oktober 1999 deutliche Differenzen zwischen beiden Stationen. Sie erreichten im Juli 1998 Maximalwerte von 4,5 K (Abb. 9). Unter Berücksichtigung der schon wiederholt festgestellten besonderen Standortbedingungen der Meßstation Beesen erscheint es kaum verwunderlich, daß hier in den Sommermonaten höhere Durchschnittstemperaturen als im baumbestandenen Innenhof der Neuen Residenz auftreten.

Gleiches trifft für die Temperaturmaxima zu. Die größten Differenzen (bis zu 10K) zwischen beiden Standorten zeigen sich vor allem bei sehr hohen Temperaturen. Abb. 10 dokumentiert dies am Beispiel des Monats Juni (1998).

Bei den Minimalwerten für die Tagestemperaturen lassen sich demgegenüber kaum Unterschiede nachweisen.

Die durchschnittlichen Tageswerte für die relative Luftfeuchte liegen bei der Innenstadtstation bis auf die Sommermonate (Mai bis August) höher als in Beesen. Auch hierbei zeigen sich wiederum Einflüsse aus den unmittelbaren Standortbedingungen.

Nahezu ähnlich verhalten sich die Werte für die maximale Luftfeuchte. Allerdings läßt sich aufgrund des sehr wechselhaften Verlaufs für die Sommermonate hierbei nur andeutungsweise eine gewisse Tendenz erkennen. Auch für die Wintermonate werden diesbezüglich kaum verallgemeinerbare Aussagen deutlich. Meistens liegen jedoch die Tagesmaxima der Luftfeuchte in Beesen etwas über denen in der Innenstadt (Abb. 11).

Demgegenüber werden bei den Tagesminima der Luftfeuchte wiederum größere Abweichungen zwischen den beiden Standorten sichtbar. Diese zeigen sich vor allem bei diesbezüglich niedrigen Werten im Sommer (Abb. 12).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß der jahreszeitliche Verlauf für alle 6 untersuchten Parameter bei der Innenstadtstation wesentlich ausgeglichener ist und somit geringere Amplituden als die Station Beesen am südlichen Stadtrand aufweist (MISTEREK 1987, PARK 1987).

Diese Aussage bestätigt somit auch die im Rahmen des t-Tests festgestellten signifikanten Unterschiede zwischen diesen beiden Stationen. Auf die Ursachen hierfür ist schon wiederholt eingegangen worden. Gleichzeitig werden damit die unmittelbaren Zusammenhänge zwischen der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte (inverser Verlauf) deutlich, aus denen wiederum Schlußfolgerungen hinsichtlich des weiteren Untersuchungsverlaufs gezogen werden müssen.

3.3.3 Vergleich der Stationen Zoo und Mühlgraben

Der Vergleich der Tagesmitteltemperaturwerte weist für die Station im Zoo nahezu im gesamten Jahresverlauf etwas höhere Werte auf. In den Sommermonaten Mai bis August treten bei hohen Absolut-

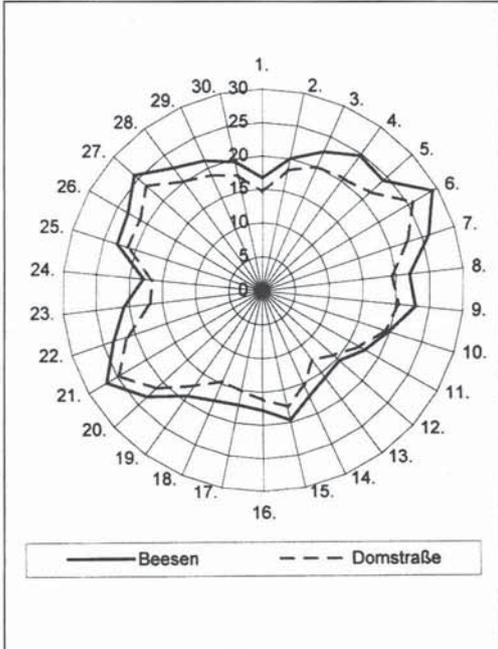


Abb. 9 Vergleich Stationen Beesen und Domstraße: Tagesmittelwerte Temperatur (°C) Juni 1998

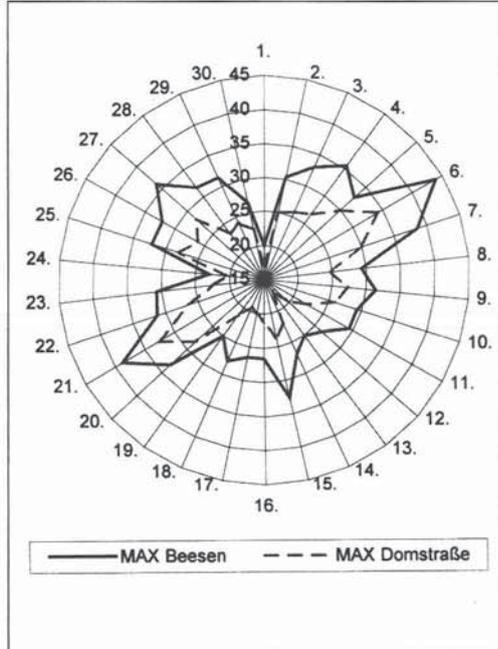


Abb. 10 Vergleich Stationen Beesen und Domstraße: Tagesmaxima Temperatur (°C) Juni 1998

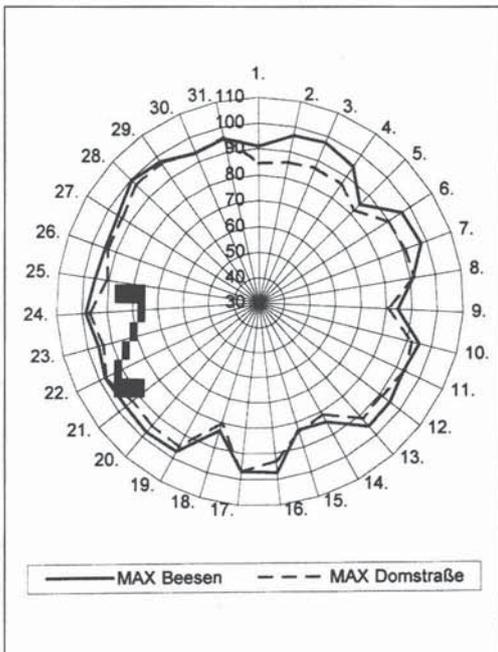


Abb. 11 Vergleich Stationen Beesen und Domstraße: Tagesmaxima relative Luftfeuchte (%) Januar 1998

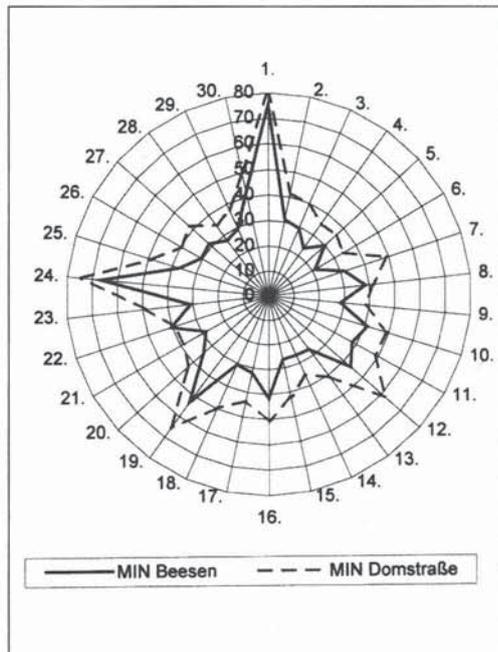


Abb. 12 Vergleich Stationen Beesen und Domstraße: Tagesminima relative Luftfeuchte (%) Juni 1998

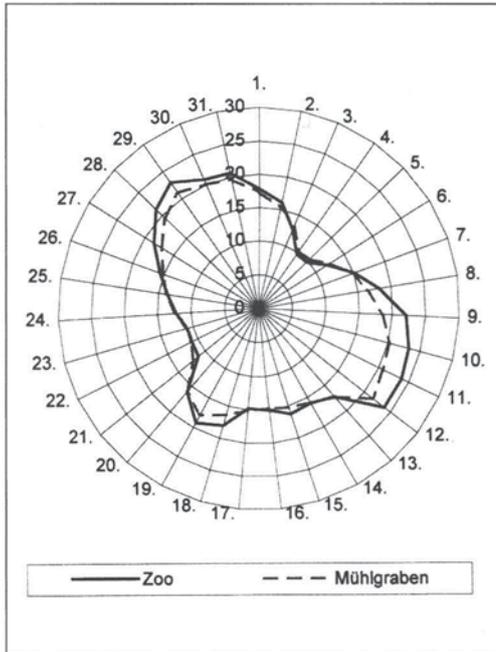


Abb. 13 Vergleich Stationen Zoo und Mühlgraben: Tagesmittelwerte Temperatur (°C) Mai 1998

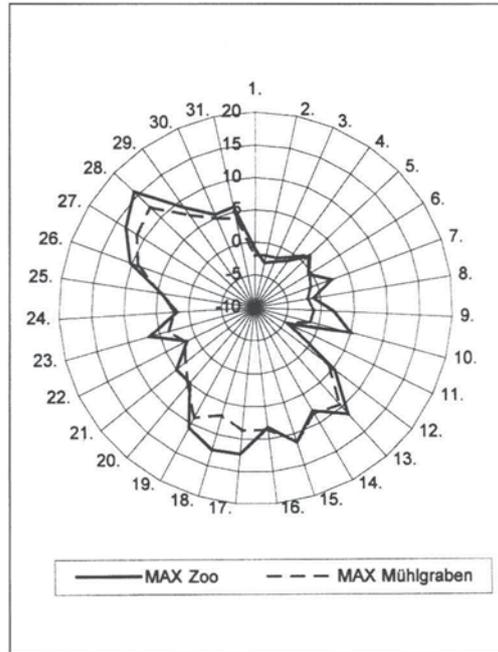


Abb. 14 Vergleich Stationen Zoo und Mühlgraben: Tagesmaxima Temperatur (°C) Dezember 1998

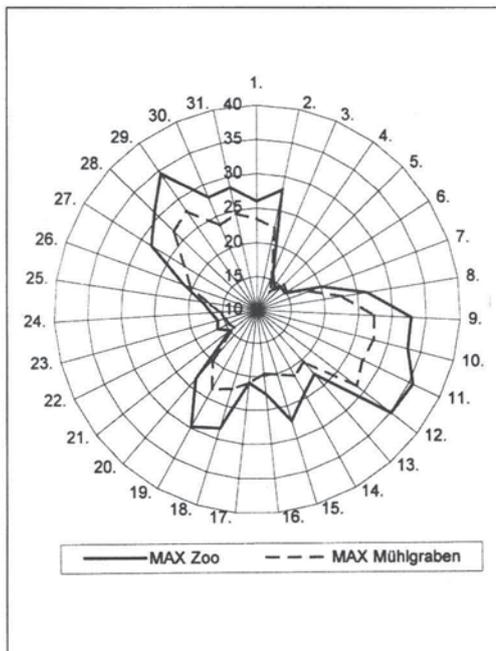


Abb. 15 Vergleich Stationen Zoo und Mühlgraben: Tagesmaxima Temperatur (°C) Mai 1998

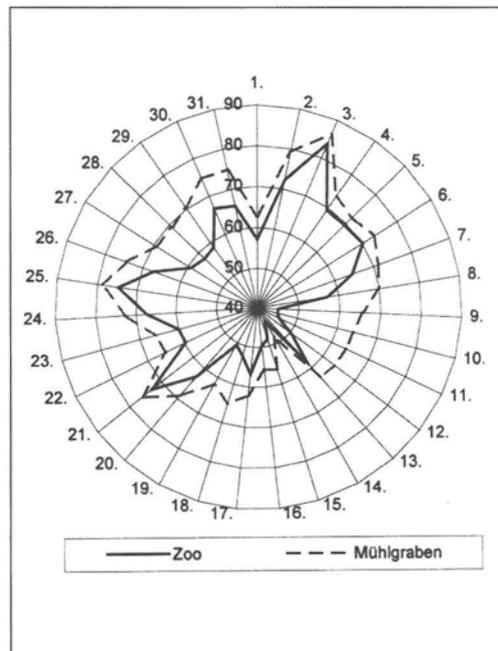


Abb. 16 Vergleich Stationen Zoo und Mühlgraben: Tagesmittelwerte relative Luftfeuchte (%) Mai 1998

werten die größten Unterschiede auf (Abb. 13). Bei sehr niedrigen Temperaturen trifft dies allerdings kaum noch zu.

Ähnlich sieht die Situation bei den Maximalwerten der Tagestemperatur aus. Auch hier sind die Unterschiede zwischen den beiden Standorten in den Wintermonaten am geringsten ausgeprägt. Sie machen sich in diesem Zeitraum vor allem bei höheren Werten bemerkbar (Abb. 14). In den Sommermonaten (Mai bis September) lassen sich bei den Maximaltemperaturen Differenzen bis zu 8 K (Abb. 15) feststellen. Dies ist wiederum vor allem bei sehr hohen Absolutwerten der Fall.

Es verwundert daher kaum, daß auch der Verlauf der Tagesmittelwerte für die relative Luftfeuchte diese Verschiedenartigkeit „nachzeichnet“ (HAGE 1975). Allerdings zeigen sich hierbei nicht so gravierende jahreszeitliche Unterschiede wie bei den Temperaturangaben. Erkennbar wird, daß die Station Mühlgraben in allen Monaten höhere Tagesmittelwerte aufweist. Von April bis Oktober bestehen dabei die größten Differenzen. Abb. 16 veranschaulicht dies am Beispiel des Monats Mai (1998). Vergleicht man diese Kenngrößen über die zwei Beobachtungsjahre, so fällt auf, daß 1999 die Unterschiede zwischen beiden Meßpunkten mit 23 % bedeutend größer als 1998 (maximal 14 %) waren. Als Ursache hierfür spielen witterungsbedingte Abweichungen im Jahresverlauf eine wichtige Rolle.

Auch bei den Tagesmaxima der relativen Luftfeuchte treten an der Station Mühlgraben in allen Monaten höhere Werte als beim Zoo auf. Abb. 17 dokumentiert dies am Beispiel des Monats April (1998). Gleichermäßen zutreffend ist die Feststellung, daß sich dabei graduelle Unterschiede zwischen den Beobachtungsjahren feststellen lassen. So sind die Differenzen zwischen beiden Stationen im Jahr 1999 deutlich größer als im Vorjahr. Der größte Unterschied mit 27% wurde im August 1999 erreicht.

Die Analyse der Tageswerte zeigt allerdings, daß derartig hohe Differenzen nur an einzelnen Tagen vorkommen. Die generell höhere Luftfeuchte am Mühlgraben wird auch bei den Tagesminima erkennbar. Die größten Differenzen werden dabei in den Monaten Mai bis Oktober erreicht (PARK 1987).

Aus diesen Ergebnissen wird ebenfalls der Einfluß der stärkeren Beschattung an der Station am Mühlgraben erkennbar. Die gegenüber dem Zoo geringeren Temperaturen sind darüber hinaus durch stärkere Einflüsse von „Verdunstungskühle“ erklärbar. Hieraus resultieren vor allem die größeren Temperaturunterschiede während der Sommermonate. Welchen Einfluß darüber hinaus die unmittelbare Nähe des Mühlgrabens auf die Temperatur- und Feuchtwerte hat, konnte mit der eingesetzten Meßtechnik bisher nicht exakt bestimmt werden.

3.3.4 Vergleich der Stationen Beesen und Mühlgraben

Besonders markant erscheinen hierbei die in Beesen gegenüber dem Standort am Mühlgraben vor allem im Sommerhalbjahr bedeutend höheren Tagesmitteltemperaturwerte. Im Winterhalbjahr lassen sich diesbezüglich nur minimal oder überhaupt keine Unterschiede feststellen (Abb. 18). Erst ab April nehmen diese dann bei einem generellen Anstieg der Tagestemperaturwerte wieder zu. Wie Abb. 19 zeigt, sind diese im Mai schon recht deutlich. Ab Oktober verringern sich diese Differenzen allerdings wieder. Im zweiten Beobachtungsjahr (1999) setzt diese Entwicklung bereits einen Monat früher ein und währt auch länger (bis Oktober).

Ähnlich ist die Situation bei den maximalen Tagestemperaturen. Auch hier sind die Unterschiede zwischen den beiden Stationen insbesondere in den Sommermonaten ausgeprägt. Sie sind dabei schon im Mai (Abb. 20) überaus deutlich. Selbst für die Wintermonate lassen sich diese vor allem bei hohen Absolutwerten belegen.

Bei den minimalen Tagestemperaturen zeigen sich für das Beobachtungsjahr 1998 nur geringe oder kaum Unterschiede zwischen beiden Standorten. Diese Aussage trifft nicht nur für die Wintermonate, sondern wie es Abb. 21 zeigt, auch weitestgehend für den Sommer zu. Der Vergleich beider Beobachtungsjahre läßt allerdings deutlich werden, daß im Jahr 1999 ab März bis September 1999 diesbezüglich etwas größere Unterschiede als 1998 auftraten. Sie betragen allerdings durchschnittlich nur 1 bis 2 K (Abb. 22).

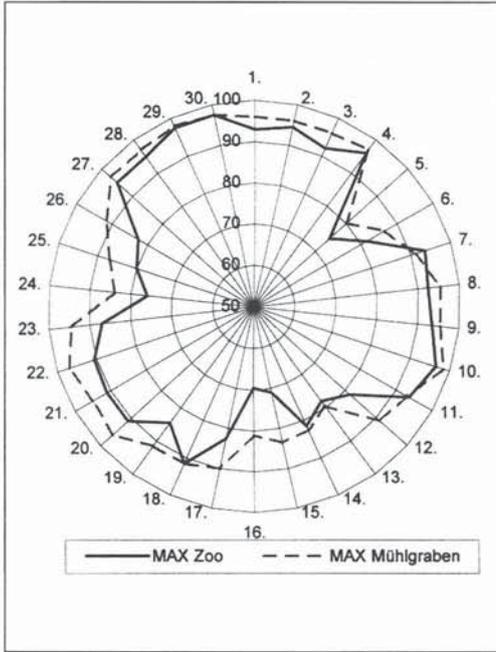


Abb. 17 Vergleich Stationen Zoo und Mühlgraben: Tagesmaxima relative Luftfeuchte (%) April 1998

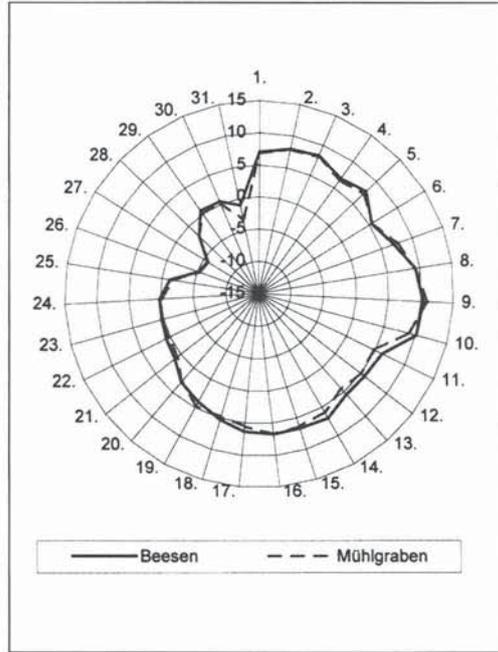


Abb. 18 Vergleich Stationen Beesen und Mühlgraben: Tagesmittelwerte Temperatur (°C) Januar 1998

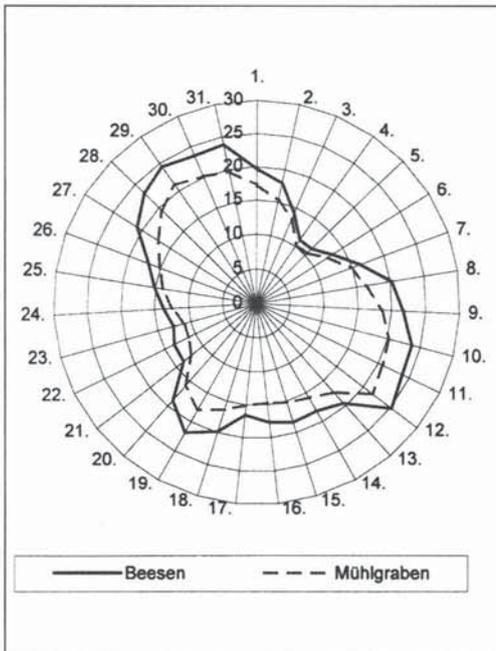


Abb. 19 Vergleich Stationen Beesen und Mühlgraben: Tagesmittelwerte Temperatur (°C) Mai 1998

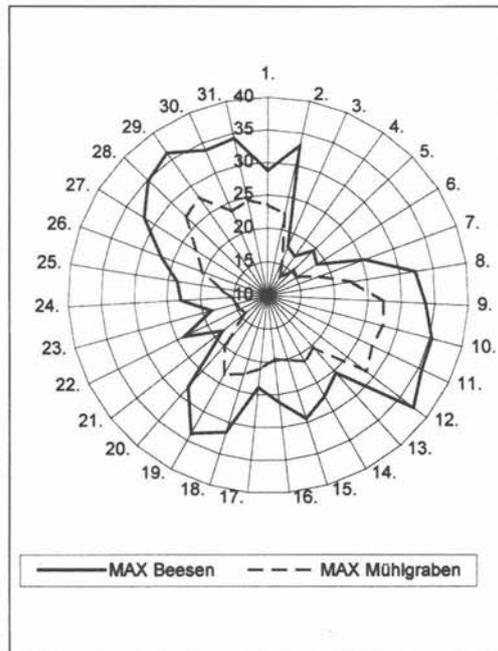


Abb. 20 Vergleich Stationen Beesen und Mühlgraben: Tagesmaxima Temperatur (°C) Mai 1998

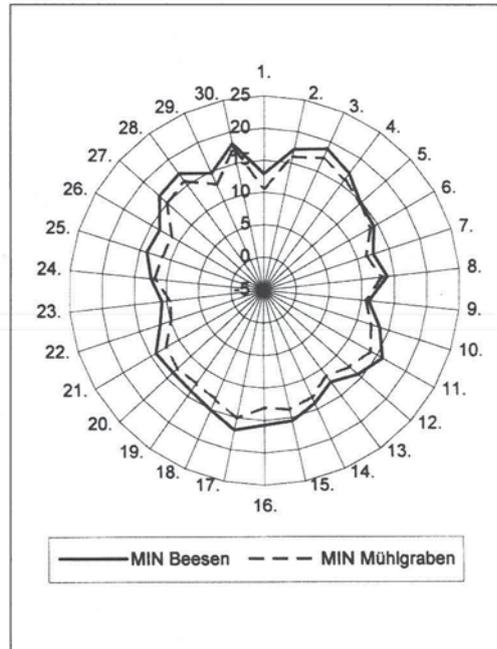
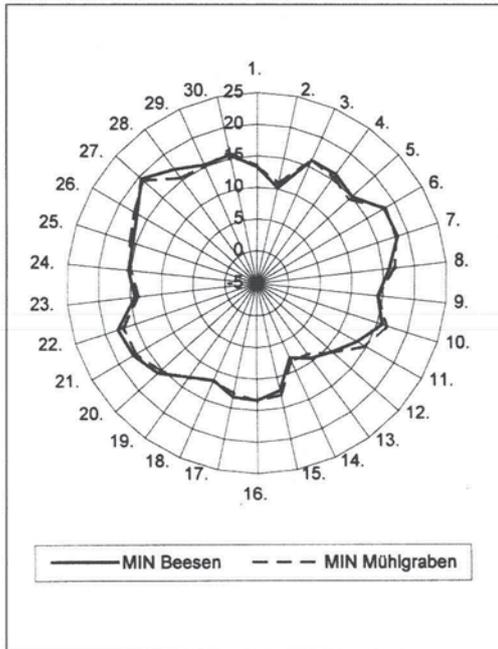


Abb. 21 Vergleich Stationen Beesen und Mühlgraben: Tagesminima Temperatur (°C) Juni 1998

Abb. 22 Vergleich Stationen Beesen und Mühlgraben: Tagesminima Temperatur (°C) Juni 1999

Auch bei den durchschnittlichen Tageswerten für die relative Luftfeuchte werden deutliche Differenzen zwischen beiden Stationen erst ab April und Mai (Abb. 23) erkennbar. Ab dieser Zeit tritt am Mühlgraben stets eine höhere Feuchte als in Beesen auf. Allerdings weist die Station in der Saale-Elster-Aue diesbezüglich größere Unterschiede im Jahresgang auf. Ab September verringern sich dann diese Unterschiede zwischen den beiden Standorten wieder.

Hinsichtlich der täglichen Feuchtemaxima kann diese Feststellung nicht vollständig bestätigt werden. So treten hier von Juni bis August die absolut höchsten Werte in Beesen und nicht am Mühlgraben auf (Abb. 24).

Diese Tendenz trifft für die minimalen Tageswerte der relativen Luftfeuchte nicht zu. Hier liegen im gesamten Jahresverlauf die am Standort Mühlgraben gemessenen Werte deutlich über denen der Station Beesen. Besonders große Differenzen bestehen dabei vor allem in den Sommermonaten bei sehr geringen Minimawerten (Abb. 25).

Die hieraus ableitbaren Unterschiede bei den Temperatur- und Feuchteparametern zwischen beiden Meßstandorten lassen wiederum ebenfalls Beziehungen zu den Standortbedingungen und den hierdurch hervorgerufenen verschiedenartigen Beschattungs- und Verdunstungsverhältnissen erkennen (KREMSER 1908, HAGE 1975). Offen bleibt dabei allerdings die Frage, ob und ggf. wie sich die Gewässernähe der Station Beesen auf die mittleren und maximalen Feuchtwerte auswirkt. Dies soll durch zukünftige Untersuchungen näher bestimmt werden.

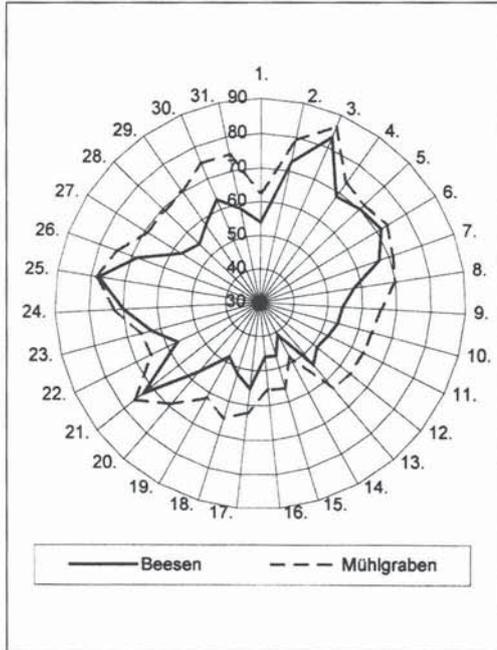


Abb. 23 Vergleich Stationen Beesen und Mühlgraben: Tagesmittelwerte relative Luftfeuchte (%) Mai 1998

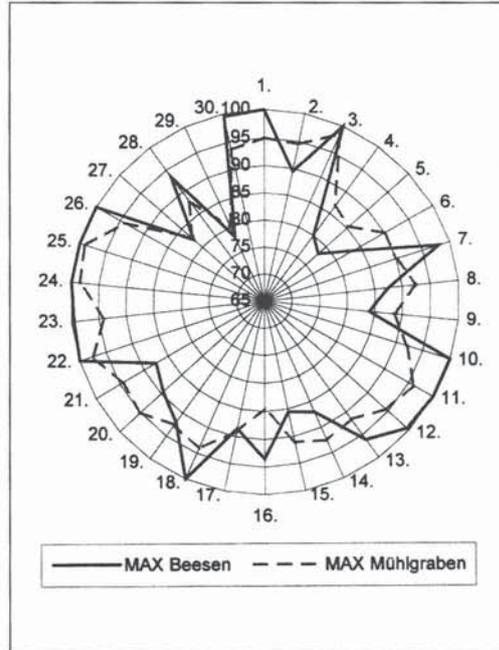


Abb. 24 Vergleich Stationen Beesen und Mühlgraben: Tagesmaxima relative Luftfeuchte (%) Juni 1998

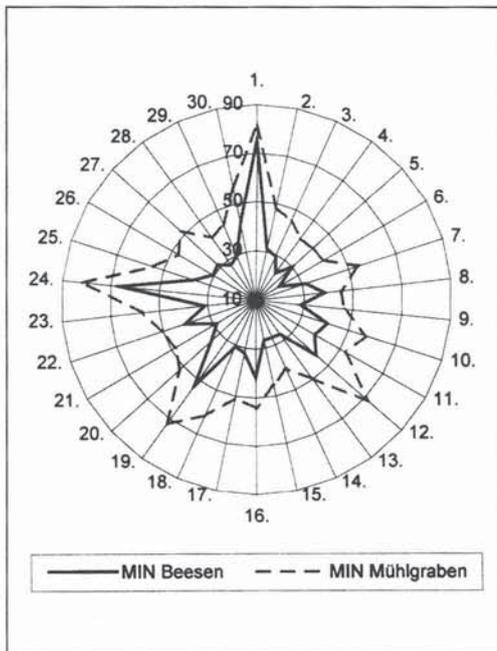


Abb. 25 Vergleich Stationen Beesen und Mühlgraben: Tagesminima relative Luftfeuchte (%) Juni 1998

4. EIS- UND FROSTTAGE

Aufgrund der anthropogenen Wärmeemission und des dadurch bedingten Wärmeinseleffektes in städtischen Ökosystemen lassen sich für selbige Verringerungen der Anzahl von Frost- und Eistagen belegen (KUTTLER 1985). Als Frosttage gelten dabei solche, an denen das Tagesminimum der Temperatur kleiner als 0 °C ist. Bei Eistagen liegt das Tagesmaximum unter 0 °C.

Die nachfolgenden Tab. 2 und 3 zeigen die im Rahmen der eigenen Messungen ermittelten Angaben über die Anzahl der Frost- bzw. Eistage in den jeweiligen Monaten. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß teilweise Meßausfälle diese Auswertung einschränken. Die Anzahl der Frost- und Eistage wurde deshalb in solchen Monaten in Klammern gesetzt, da diese Zahl als Minimalwert zu verstehen ist.

Aus den Zusammenstellungen geht hervor, daß die Station Dörlau im gesamten Beobachtungszeitraum die höchste Anzahl an Frosttagen aufweist. Zudem registrierte Dörlau im Monat April beider Jahre als einzige Station Frosttage. Die Station mit der geringsten Anzahl an Frosttagen ist Beesen. Dies wird vor allem im Jahr 1999 deutlich.

Die Standorte Zoo, Domstraße und Mühlgraben sind diesbezüglich weitestgehend als ähnlich zu charakterisieren. Die Anzahl der Frosttage liegt hier zwischen denen von Dörlau und Beesen.

Bei den Eistagen weist die Station Mühlgraben die mit Abstand höchste Ereignisanzahl auf. Besonders markant erscheint dabei, daß vor allem in Zeitabschnitten besonders niedriger Temperaturen (Dezember bis Februar) Unterschiede zu den anderen Stationen deutlich werden. Mit steigenden Temperaturen reduzieren sich diese wieder. Die größte Ähnlichkeit bezüglich der Eistage besteht zwischen den Stationen Zoo und Domstraße.

Ein Vergleich der jeweiligen Wintermonate der Beobachtungsperioden verdeutlicht dabei Unterschiede zwischen den drei vorliegenden winterlichen Meßzeiträumen. Diese sind auf die Verschiedenartigkeit der Witterungsabläufe zurückzuführen. So wurde die höchste Anzahl an Frost- und Eistagen im Winterhalbjahr 1998/1999 registriert. Der vorausgehende Winter 1997/1998 wies im Januar ähnliche Verhältnisse auf. Im Februar fiel die Anzahl der Frosttage jedoch wesentlich geringer aus.

Bei den Eistagen besteht keine derartig große Differenz. Besonders markant ist hierbei die wesentlich geringere Anzahl an Frost- und Eistagen im November und Dezember des Winterhalbjahres 1999/2000. Auch hierfür sind witterungsbedingte Unterschiede zwischen den einzelnen Beobachtungsjahren ausschlaggebend (BAND 1969, WANNER 1984).

Tab. 2 Anzahl der Frosttage (minimale Tagestemperatur <0°C)

	Jan	Feb	März	Apr	Nov	Dez	Jan	Feb	März	Apr	Okt	Nov	Dez
	'98	'98	'98	'98	'98	'98	'99	'99	'99	'99	'99	'99	'99
Dörlau	11	7	11	2	15	(14)	13	16	7	2	5	12	12
ZOO	11	6	12	0	14	18	(7)	(2)	5	0	3	11	11
Domstraße	11	6	10	0	13	18	12	15	4	(0)	0	9	10
Mühlgraben	11	7	10	0	11	18	11	12	3	0	0	9	10
Beesen	12	8	9	(0)	14	17	10	13	3	0	0	4	5
Reideburg*	k.W.	(0)	12	0	10	17	(6)	k.W.	k.W.	k.W.	1	4	10

* Aufgrund längerfristiger Meßausfälle an der Station Reideburg ist eine Aussage zu der Anzahl der Frost- und Eistage in einigen Monaten nicht möglich. Diese Monate sind mit „k.W.“ gekennzeichnet.

Tab. 3 Anzahl der Eistage (maximale Tagestemperatur <0°C)

	Jan '98	Feb '98	Nov '98	Dez '98	Jan '99	Feb '99	Nov '99	Dez '99
Dörlau	2	0	1	(1)	2	1	0	0
ZOO	2	1	4	7	(1)	(0)	1	0
Domstraße	2	0	3	7	3	1	0	0
Mühlgraben	3	2	3	10	2	2	0	0
Beesen	2	0	3	4	0	1	0	0
Reideburg*	k.W.	(0)	3	5	0	k.W.	0	0

* Aufgrund längerfristiger Meßausfälle an der Station Reideburg ist eine Aussage zu der Anzahl der Frost- und Eistage in einigen Monaten nicht möglich. Diese Monate sind mit „k.W.“ gekennzeichnet.

5 ERKENNTNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Mit den begonnenen stadtklimatologischen Untersuchungen soll versucht werden, den Einfluß von stadttypischen Struktur- und Lagemerkmalen auf Temperatur und Feuchte zu ermitteln. Hierzu wurden im Stadtgebiet von Halle (automatisch arbeitende) Thermohygrographen installiert.

Die hier vorgelegte erste Auswertung basiert auf den Ergebnissen von 6 Stationen. Sie bezog sich vor allem auf die Tages- und Monatsmittelwerte, sowie die Maxima und Minima von Luftfeuchte und Lufttemperatur für den Zeitraum 1998 und 1999.

In einem ersten Arbeitsschritt wurden mit einem statistischen Testverfahren, bei dem die Monatsmittelwerte der Stationen miteinander verglichen wurden, versucht, Ähnlichkeiten zwischen den verschiedenen Standorten aufzuzeigen. Dabei zeigte sich, daß hierbei unmittelbare Standortmerkmale (insbesondere unterschiedlich intensive und lange Übershattungen) kaum einen echten Vergleich der Meßergebnisse bezüglich der Einflußgröße „Stadtstrukturtyp“ zuließen. Besonders augenscheinlich wird dies am Beispiel der starken Strahlungsexposition der Station Beesen bzw. der intensiveren Beeinträchtigungen der Meßergebnisse am Mühlgraben durch ufernahe Vegetation.

Die vorgestellten Ergebnisse sind deshalb vorrangig unter dem Blickwinkel dieser Einflußgrößen zu interpretieren. So zeigen sich bei allen Parametern vor allem in den Sommermonaten Unterschiede zwischen den Standorten. Ursächlich ist dabei erkennbar, daß auf die Meßergebnisse Standortmerkmale der unmittelbaren Umgebung einen stärkeren Einfluß haben, als die Einbindung des Standortes in den jeweiligen Stadtstrukturtyp.

Aus diesen Aussagen erwachsen Schlußfolgerungen hinsichtlich der Standortoptimierung der betriebenen Meßstationen (FEZER 1995, KUTTLER 1985, SUKOPP et WITTIG 1998). Erst mit deren Umsetzung können - im Sinne der eingangs formulierten Zielstellung - verwertbare Erkenntnisse erbracht werden. Dabei erscheint es aufgrund der engen Zusammenhänge zwischen Lufttemperatur und relativer Feuchte (inverser Verlauf) sinnvoll, zukünftig an Stelle der relativen Feuchte den Dampfdruck zu verwenden. Damit können absolute Feuchteunterschiede zwischen den Meßstandorten stärker als bisher verdeutlicht werden (ELLIASSON 1990/1991).

6 ZUSAMMENFASSUNG

WANIA, A.; FRÜHAUF, M.: Untersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Varianz von Temperatur und Luftfeuchte im Stadtgebiet von Halle. - *Hercynia N.F.* **34** (2001): 13-32.

Am Lehrstuhl für Geoökologie des Instituts für Geographie werden seit Jahren stadtklimatische Untersuchungen durchgeführt. Dabei wird mittels Thermohygrographen versucht, Einflüsse unterschiedlicher stadtstruktureller und landschaftlicher Gegebenheiten auf Temperatur und Feuchtemerkmale zu erfassen und zu bewerten. In diesen Arbeiten stehen neben den Tages- und Monatsdurchschnittswerten vor allem die Minima- und Maximawerte im Mittelpunkt des Interesses. Die Ergebnisse einer ersten Auswertung dokumentieren insbesondere für die Sommermonate größere Unterschiede zwischen den 6 Meßpunkten im Stadtgebiet von Halle/Saale. Gleichzeitig konnten dadurch Erkenntnisse für eine zukünftige optimierte Meßanordnung gewonnen werden.

7 LITERATUR

- ASEADA, T.; CA, V.T. (1993): The subsurface transport of heat and moisture and its effect on the environment: a numerical model. - *Boundary Layer Meteor.*, Dordrecht **65**: 159-179
- AUER, I. (1989): Auswirkungen der urbanen Wärmeinsel auf ausgewählte bioklimatische Größen.- *Wetter u. Leben*, Wien **41**: 249-258
- BAND, G. (1969): Der Einfluß der Siedlung auf das Freilandklima. - *Mitt. Inst. Geophysik Meteor. Univ. Köln* **9**: 1-186.
- BROSIUS, G.; BROSIUS, F. (1995): SPSS. Base System and Professional Statistics. - International Thomson Publishing, Bonn.
- BRÜNDEL, W.; HÖPPE, P. (1984): Advantages and disadvantages of the urban heat island, an evaluation according to the hygro-thermic effects. - *Archiv Met. Geophys. Biokl., Wien, B.* **35**: 55-66
- ELLIASSON, I. (1990/91): Urban geometry, surface temperature and air temperature. - *Energy & Buildings*, Lausanne **15-16**: 141-145
- FEZER, F. (1995): Das Klima der Städte. - Gotha.
- HAGE, K. D. (1975): Urban-rural humidity differences. - *J. Appl. Meteor.*, Boston **14**: 1277-1283.
- HERMANN, R.; MEISER, B. (1973): Untersuchungen über die zeitliche und räumliche Änderung des Temperaturfeldes im Stadtgebiet von Gießen. - *Die Erde* **104**: 226-246
- JENDRITZKY, G. (1991): Zur räumlichen Darstellung der thermischen Umgebungsbedingungen des Menschen in der Stadt. - *Freiburger Geogr. Hefte* **32**: 1-18
- KREMSER, V. (1908): Der Einfluß der Großstädte auf die Luftfeuchtigkeit. - *Meteor. Z.* **25**: 206-215
- KUTTLER, W. (1985): Stadtklima – Struktur und Möglichkeiten zu seiner Verbesserung. - *Geogr. Rundschau*, **37**, 226-233.
- MISTEREK, D. (1987): Innerstädtische Klimadifferenzierung von Marburg/Lahn. Ein Beitrag zur umweltorientierten Stadtplanung. - *Marburger Geogr. Schr.* **106**: 1-212
- PARK, H. S. (1987): Variations in the urban heat island intensity affected by geographical environments. - *Env. Res. Center Papers, Univ. Tsukuba Japan* **11**: 86-109
- ROBEL, F. (1975): Vegetation, Topographie und Stadtklima. - *FBW-Blätter, Forsch.-Gem. Bauen und Wohnen* **4**: 29-32
- SISTERSON, D. L.; DIRKS, R.A. (1978): Structure of the daytime urban moisture field. - *Atmosph., Env., Oxford* **12**: 1943-1949
- SUKOPP, H.; WITTIG, R. (Ed.) (1998): *Stadtökologie: Ein Fachbuch für Studium und Praxis.* - Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm.
- TREIBICH, A. (1927): Über die Verschiedenheit der Lufttemperatur im Innern der Städte und ihrer freien Umgebung. - *Meteor. Z.* **44**: 341-347.
- WANNER, H. (1984): Stadtklimatologie und Stadtklimastudien in der Schweiz. - *Jahrb. Naturforsch. Ges. Basel* **XX**: 96-111

Manuskript angenommen: 5. April 2001

Anschrift der Autoren:
Annett Wania und Prof. Dr. Manfred Frühauf,
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Institut für Geographie,
Domstraße 5,
D-06108 Halle (Saale).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Hercynia](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Frühauf Manfred, Wania Anett

Artikel/Article: [Untersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Varianz von Temperatur und Luftfeuchte im Stadtgebiet von Halle 13-32](#)