

Bioklimatische Bewertung von Bebauungsstrukturen

-

am Beispiel zweier Wohngebiete in Halle / S.

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt der

Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät
(mathematisch-naturwissenschaftlicher Bereich)
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Frau Heike Püttmann
geb. am: 18.03.1968 in: Haltern

Gutachter:

1. PD Dr. Thomas Littmann
2. Prof. Dr. Heribert E. Fleer
3. Prof. Dr. Helmut Mayer

Halle (Saale), 18.10.2002

urn:nbn:de:gbv:3-000004238

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000004238>]

Erklärung

Hiermit versichere ich, daß ich meine Dissertation selbständig und ohne fremde Hilfe verfaßt habe, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Weiter erkläre ich, daß ich diese wissenschaftliche Arbeit an keiner anderen wissenschaftlichen Einrichtung zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht, noch daß ich mich bereits früher um den Doktorgrad beworben habe.

Neubiberg, 07.10.01

Heike Püttmann

Angaben zur Person

Name	Heike Püttmann
Adresse	Hauptstrasse 10 85579 Neubiberg
Geboren am	18.03.1968
in	Haltern
Familienstand	ledig

Angaben zum Bildungsgang

10/87 bis 6/96	Ruhr-Universität Bochum: Studium der Geographie Diplomarbeit: „Bewertungskriterien des Schutzgutes Klima für die Anwendung in einem Umweltinformationssystem“
8/84 bis 6/87	Städtisches Gymnasium, Haltern
8/78 bis 7/84	Städtische Realschule, Haltern
7/74 bis 6/78	Freiherr-von-Eichendorff-Grundschule, Haltern

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Kartenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
0 Vorwort	1
1 Problemstellung und Zielsetzung	2
2 Stand der Forschung	4
3 Die Untersuchungsgebiete	14
4 Methoden	20
4.1 Entwicklung eines Bewertungsverfahrens	20
4.2 Ausweisung und Charakterisierung der Subtypenflächen in den Untersuchungsgebieten	25
4.3 Erhebung des flächennutzungsinduzierten und topographischen Charakters der Untersuchungsgebiete	26
4.3.1 Flächennutzung	26
4.3.2 Hangneigung und Exposition	27
4.4 Bestimmung und Erhebung klimatischer Parameter	27
4.4.1 Punktuelle Messungen: temporäre Klimastationen	28
4.4.2 Flächenhafte Ermittlung I: Meßfahrten	29
4.4.3 Flächenhafte Ermittlung II: Simulation der Lichtverhältnisse mit dem Programm SHADOW	33
4.4.4 Flächenhafte Ermittlung III: Simulation der Windverhältnisse mit dem Programm MISKAM	34

Inhaltsverzeichnis	II	
4.5	Befragung	35
4.6	Datenaggregation und -aufbereitung	38
5	Ergebnisse	43
5.1	Einzelergebnisse	43
5.1.1	Zuweisung und Charakterisierung der Subtypen der Untersuchungsgebiete	43
5.1.2	Flächennutzungsinduzierter und topographischer Charakter der Untersuchungsgebiete	43
5.1.2.1	Flächennutzung	43
5.1.2.2	Hangneigung und Exposition	44
5.1.3	Klimatische Parameter	45
5.1.3.1	Punktuelle Messungen: temporäre Klimastationen	45
5.1.3.2	Flächenhafte Ermittlung I: Meßfahrten	47
5.1.3.3	Flächenhafte Ermittlung II: Simulation der Lichtverhältnisse mit dem Programm SHADOW	51
5.1.3.4	Flächenhafte Ermittlung III: Simulation der Windverhältnisse mit dem Programm MISKAM	53
5.1.4	Befragung	55
5.2	Synthese	61
5.2.1	Stadtklimatische Verbesserungsmaßnahmen	62
5.2.2	Lufttemperatur	64
5.2.3	Lichtverhältnisse	75
5.2.4	Luftfeuchtigkeit	83
5.2.5	Windverhältnisse	91
5.2.6	Zusammenfassung der bioklimatischen Bewertung	99
6	Diskussion	101
7	Zusammenfassung	109
8	Literaturverzeichnis	111
Kartenanhang		122

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mittlere Windgeschwindigkeit in 12 Windrichtungssektoren an den Stationen Halle-Kröllwitz (DWD_HAL) und Leipzig-Schkeuditz (DWD_L) für den Zeitraum 1/92-12/98 10 m ü. GOK.....	16
Abbildung 2: Ablauf des Bewertungsverfahrens.....	24
Abbildung 3: Beispielvariogramm (exponentielles Modell).....	32
Abbildung 4: Beispiel zur Eingabe der Karteneinträge eines Fragebogens in das GIS.....	38
Abbildung 5: Relative Flächenanteile der Subtypenflächen.....	43
Abbildung 6: Flächennutzungsanteile in den Untersuchungsgebieten.....	44
Abbildung 7: Relative Häufigkeiten der Expositionsrichtung (links) und Hangneigung (rechts).....	45
Abbildung 8: Windgeschwindigkeiten und -richtungen 2 m ü. GOK als 10-min-Mittel während der Meßfahrten an den temporären Klimastationen.....	50
Abbildung 9: Windrichtungsverteilung auf Basis aller Meßwerte an der temporären Klimastation P_I.....	54
Abbildung 10: Altersstruktur der befragten Personen im Vergleich zur Gesamtaltersstruktur nach Untersuchungsgebieten.....	55
Abbildung 11: Wohndauer in den Untersuchungsgebieten.....	56
Abbildung 12: Dreidimensionale Darstellung des Zusammenhanges zwischen ausgewählten statistischen Kennwerten aller Stationen - Lufttemperatur.....	72
Abbildung 13: Dreidimensionale Darstellung des Zusammenhanges zwischen ausgewählten statistischen Kennwerten aller Stationen - Lichtverhältnisse.....	80
Abbildung 14: Dreidimensionale Darstellung des Zusammenhanges zwischen ausgewählten statistischen Kennwerten aller Stationen - Luftfeuchtigkeit.....	88
Abbildung 15: Dreidimensionale Darstellung des Zusammenhanges zwischen ausgewählten statistischen Kennwerten aller Stationen - Windverhältnisse.....	96
Abbildung 16: Gegenüberstellung von Interpolationsergebnissen auf gleicher Datenbasis mittels Kriging und IDW.....	103
Abbildung 17: Zeitbezüge der angewendeten Methoden.....	105

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Langjährige Mittelwerte an den Stationen Halle-Kröllwitz (DWD_HAL) und Leipzig-Schkeuditz (DWD_L)	15
Tabelle 2: Mittlere jährliche Zahl der Ereignistage an den Stationen Halle-Kröllwitz (DWD_HAL) und Leipzig-Schkeuditz (DWD_L).....	15
Tabelle 3: Schlüssel zur Flächennutzungskartierung.....	27
Tabelle 4: Zusammenstellung der erfaßten klimatischen Parameter an den temporären Klimastationen	29
Tabelle 5: Ergänzende Codierung der Empfindungskategorien	40
Tabelle 6: Zugewiesene Flächenattribute der Subtypenflächen aus den Kapiteln 4.2 bis 4.5	42
Tabelle 7: Mittlere jährliche Zahl der Ereignistage an den Stationen P_I, P_G, P_S, N_I, N_G und N_S ermittelt mit LT200.....	46
Tabelle 8: Kenndaten der Meßfahrten	47
Tabelle 9: Übersicht über die Antworten der Befragung im GIS	61
Tabelle 10: Ausgewählte Variablen für die Clusteranalyse - Lufttemperatur	65
Tabelle 11: Zusammenstellung der Validierungsparameter - Lufttemperatur.....	71
Tabelle 12: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für Neustadt – Lufttemperatur	73
Tabelle 13: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für das Paulusviertel – Lufttemperatur	74
Tabelle 14: Ausgewählte Variablen für die Clusteranalyse - Lichtverhältnisse	75
Tabelle 15: Zusammenstellung der Validierungsparameter - Lichtverhältnisse	79
Tabelle 16: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für Neustadt – Lichtverhältnisse.....	81
Tabelle 17: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für das Paulusviertel – Lichtverhältnisse	82
Tabelle 18: Ausgewählte Variablen für die Clusteranalyse - Luftfeuchtigkeit	83
Tabelle 19: Zusammenstellung der Validierungsparameter - Luftfeuchtigkeit.....	87
Tabelle 20: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für Neustadt – Luftfeuchtigkeit	89
Tabelle 21: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für das Paulusviertel – Luftfeuchtigkeit.....	90
Tabelle 22: Ausgewählte Variablen für die Clusteranalyse - Windverhältnisse	91
Tabelle 23: Zusammenstellung der Validierungsparameter - Windverhältnisse	95
Tabelle 24: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für Neustadt – Windverhältnisse	97
Tabelle 25: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für das Paulusviertel – Windverhältnisse.....	98

Kartenverzeichnis

- Karte 1:** Abgrenzung der Untersuchungsgebiete und Lage der Klimastationen in Neustadt und im Paulusviertel
- Karte 2:** Klimatopkarte der Stadt Halle (Auszug)
- Karte 3:** Meßpunkte der Meßfahrten
- Karte 4:** Ausgewiesene Subtypenabgrenzungen in den Untersuchungsgebieten
- Karte 5:** Ergebnisse der Flächennutzungskartierung
- Karte 6:** Ergebnisse der Abendmeßfahrt vom 21.08.1997 - Lufttemperatur
- Karte 7:** Ergebnisse der Morgenmeßfahrt vom 22.08.1997 - Lufttemperatur
- Karte 8:** Ergebnisse der Abendmeßfahrt vom 21.08.1997 – Relative Luftfeuchtigkeit
- Karte 9:** Ergebnisse der Morgenmeßfahrt vom 22.08.1997 - Relative Luftfeuchtigkeit
- Karte 10:** Ergebnisse der Abendmeßfahrt vom 21.08.1997 - Dampfdruck
- Karte 11:** Ergebnisse der Morgenmeßfahrt vom 22.08.1997 - Dampfdruck
- Karte 12:** Ergebnisse der SHADOW-Simulationen - maximale Sonnenstunden
- Karte 13:** Ergebnisse der MISKAM-Simulationen - Mittlere Windgeschwindigkeit
- Karte 14:** Ergebnisse der MISKAM-Simulationen - Mittlere Windrichtung
- Karte 15:** Ergebnisse der Clusteranalyse - Lufttemperatur
- Karte 16:** Ergebnisse der Befragung – Nennung klimatischer Phänomene und Änderungswünsche zur Lufttemperatur
- Karte 17:** Ergebnisse der Clusteranalyse - Lichtverhältnisse
- Karte 18:** Ergebnisse der Befragung - Änderungswünsche zu den Lichtverhältnissen
- Karte 19:** Ergebnisse der Clusteranalyse - Luftfeuchtigkeit
- Karte 20:** Ergebnisse der Befragung - Änderungswünsche zur Luftfeuchtigkeit
- Karte 21:** Ergebnisse der Clusteranalyse - Windverhältnisse
- Karte 22:** Ergebnisse der Befragung - Nennung klimatischer Phänomene und Änderungswünsche zu den Windverhältnissen
- Karte 23:** Handlungsempfehlungen

Abkürzungsverzeichnis

– x	Arithmetischer Mittelwert
%	Prozent
Σ	Summenzeichen
°	Als Himmelsrichtung: Nord = 0°, Ost = 90°, Süd = 180°, West = 270°; Im Variogramm: Ost = 0°, Nordost = 45°, Nord = 90°, Nordwest = 135°
°C	Grad Celsius
A	Klimatopklasse (Wasserflächen); Fläche
a	Jahr
Apr	April
ASCII	american standard code for informationexchange (engl.), genormter Austauschcode für Datenverarbeitungssysteme
Aug	August
B	Klimatopklasse (Verkehrsknotenpunkte)
B111E	Empfindung der Lufttemperatur
B112B	Bewertung der Lufttemperatur
B114	Auftreten von Kaltluft
B117	Auftreten einer Wärmeinsel
B211E	Empfindung der Lichtverhältnisse
B212B	Bewertung der Lichtverhältnisse
B311E	Empfindung der Luftfeuchtigkeit (trocken-heiße Witterung)
B312B	Bewertung der Luftfeuchtigkeit (trocken-heiße Witterung)
B43	Auftreten von Kanalisationseffekten
B53F	Änderungswünsche Luftfeuchtigkeit
B53L	Änderungswünsche Lichtverhältnisse
B53T	Änderungswünsche Lufttemperatur
B53W	Änderungswünsche Windverhältnisse
BASIC	beginner's all-purpose symbolic instruction code (engl.), Programmiersprache
BauGB	Baugesetzbuch
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BWaldG	Bundeswaldgesetz
bzw.	beziehungsweise
C	Klimatopklasse (innerstädtisches Straßennetz, Industriegebiete mit hohem Versiegelungsgrad)
cm	Zentimeter
D	Klimatopklasse (innerstädtisches Straßennetz, Industriegebiete mit hohem Versiegelungsgrad)
d.h.	das heißt
DDR	Deutsche Demokratische Republik
Dez	Dezember
DOS	disk operating system (engl.), Betriebssystem
DSK	Digitale Stadtgrundkarte
DWD	Deutscher Wetterdienst
DWD_HAL	Stationsbezeichnung: Klimastation des Deutschen Wetterdienstes in Halle
DWD_L	Stationsbezeichnung: Klimastation des Deutschen Wetterdienstes in Leipzig
e	aktueller Dampfdruck
E	Klimatopklasse (Bausubstanz im städtischen Bereich, städtische Parks); Sättigungsdampfdruck; Ost
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
engl.	Englisch
etc.	et cetera (lat.), und so weiter
EX	Exposition
F	Klimatopklasse (Bausubstanz im städtischen Bereich, städtische Parks)
f	folgende Seite
Feb	Februar
ff	folgende Seiten

G	Klimatopklasse (Gleisanlagen)
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geographisches Informationssystem
GOK	Geländeoberkante
H	Klimatopklasse (nicht bebautes Gebiet, landwirtschaftliche Flächen, Waldflächen, Freiflächen im innerstädtischen Bereich, locker bebaute Einzel- oder Reihenhaussiedlung der Randbezirke, Dörfer im Umland); Hochwert
h	Stunde
H	height (engl.), Höhe, Hochwert
ha	Hektar
HB	Großwetterlage (Hoch Britische Inseln)
HFa	Großwetterlage (Hoch Fennoskandien, antizyklonal)
hh:mm	Zeitformat (Stunde:Minute)
HM	Großwetterlage (Hoch Mitteleuropa)
HN	Hangneigung
HNa	Großwetterlage (Hoch Nordmeer, antizyklonal)
HNFa	Großwetterlage (Hoch Nordmeer - Fennoskandien, antizyklonal)
hPa	Hektopascal
I	Klimatopklasse (nicht bebautes Gebiet, landwirtschaftliche Flächen, Waldflächen, Freiflächen im innerstädtischen Bereich, locker bebaute Einzel- oder Reihenhaussiedlung der Randbezirke, Dörfer im Umland)
i	Index
i.e.	id est (lat.), das heißt
ID	Identifikation(-snummer)
IDW	inverse-distance-weighted (engl.), Interpolationsmethode
IMEM	Instationäres Münchener Energiebilanz-Modell
J	Klimatopklasse (nicht bebautes Gebiet, landwirtschaftliche Flächen, Waldflächen, Freiflächen im innerstädtischen Bereich, locker bebaute Einzel- oder Reihenhaussiedlung der Randbezirke, Dörfer im Umland)
Jan	Januar
Jul	Juli
Jun	Juni
K	Klimatopklasse (meist abgeerntete landwirtschaftliche Flächen, Flußtäler, Senken); Kelvin
k	Klassenzahl
Kap.	Kapitel
km	Kilometer
KMM	Klima-Michel-Modell
L	Klimatopklasse (meist abgeerntete landwirtschaftliche Flächen, Flußtäler, Senken)
lat.	Lateinisch
LF200	Luftfeuchtigkeit in 2 m ü. GOK
LT200	Lufttemperatur in 2 m ü. GOK
M	Klimatopklasse (meist abgeerntete landwirtschaftliche Flächen, Flußtäler, Senken)
m	Meter
M_WG_m	Mittlere Windgeschwindigkeit bei Anströmung mit 5,8 m / s aus 240°
M_WG_r	Spannweite der Windgeschwindigkeitsdaten
M_WG_s	Standardabweichung der Windgeschwindigkeitsdaten
M_WG_v	Variationskoeffizient der Windgeschwindigkeitsdaten
M_WR_m	Mittlere Windrichtung bei Anströmung mit 5,8 m / s aus 240°
M_WR_r	Spannweite der Windrichtungsdaten
M_WR_s	Standardabweichung der Windrichtungsdaten
M_WR_v	Variationskoeffizient der Windrichtungsdaten
m ²	Quadratmeter
MEMI	Münchener Energiebilanz-Modell
MEZ	Mitteleuropäische Zeit

MF_e_A	Dampfdruck; abends
MF_e_DIFF_AMO	Dampfdruck; Differenz Abend-Morgen
MF_e_MO	Dampfdruck; morgens
MF_rF_A	Relative Luftfeuchtigkeit; abends
MF_rF_DIFF_AMO	Relative Luftfeuchtigkeit; Differenz Abend-Morgen
MF_rF_MO	Relative Luftfeuchtigkeit; morgens
MF_T_A	Lufttemperatur; abends
MF_T_DIFF_AMO	Lufttemperatur; Differenz Abend-Morgen
MF_T_MO	Lufttemperatur; morgens
min	Minute
MISKAM	Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmodell
Mrz	März
N	Nord
n	Anzahl
N_G	Stationsbezeichnung: Neustadt-Grünfläche
N_I	Stationsbezeichnung: Neustadt-Innenhof
N_S	Stationsbezeichnung: Neustadt-Straße
NE	Nordost
NN	Normal Null
Nov	November
NW	Nordwest
o.ä.	oder ähnliches
Okt	Oktober
P_G	Stationsbezeichnung: Paulusviertel-Grünfläche
P_I	Stationsbezeichnung: Paulusviertel-Innenhof
P_S	Stationsbezeichnung: Paulusviertel-Straße
P2	Wohnungstyp im industriellen Wohnungsbau der DDR
PAT	polygon-attribute-table (engl.), Polygon-Objekttabelle
PC	personal computer (engl.)
PET	physiological equivalent temperature (engl), physiologisch äquivalente Temperatur
PMV	predicted mean vote (engl.), die im Mittel von einem Kollektiv von Menschen zu erwartende Beurteilung der thermischen Umgebungsluftbedingungen nach einer siebenstufigen Skala
pt	perceived temperature (engl.), gefühlte Temperatur
R	Rechtswert
r	Korrelationskoeffizient
r ²	Varianz
rF	relative Luftfeuchtigkeit
ROG	Raumordnungsgesetz
S	Süd
s	Sekunde
S.	Seite; Saale
s.o.	siehe oben
s.u.	siehe unten
S_r	Spannweite der Sonnenscheindauerdaten
S_s	Standardabweichung der Sonnenscheindauerdaten
S_SSH	Sonnenscheindauer am Tag
S_v	Variationskoeffizient der Sonnenscheindauerdaten
SE	Südost
SED	Sozialistische Einheitspartei Deutschlands
Sep	September
StdAbw	Standardabweichung
STR200	Globalstrahlung in 2 m ü. GOK
SW	Südwest
t	Lufttemperatur
TA	Technische Anleitung
TT.MM.JJ	Datumsformat (Tag.Monat.Jahr)
ü.	über
u.a.	unter anderem, und andere
UCL	urban canopy layer (engl.), bodennahe Schicht
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung

v.a.	vor allem
VAT	value-attribute-table (engl.), Werttabelle eines Grids
VBA	Visual Basic for Applications (engl.), Programmiersprache unter Windows
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
Vgrad	Versiegelungsgrad
Vs.	versus
W	Watt; West; width (engl.), Weite
WG250	Windgeschwindigkeit in 2,5 m ü. GOK
WR250	Windrichtung in 2,5 m ü. GOK
x_i	Variable mit Indizierung
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
z_0	Rauhigkeitslänge

0 Vorwort

Angeregt wurde das Thema dieser Arbeit durch Dr. M. Zierdt, der Projektleiter eines von mir an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg bearbeiteten Forschungsprojektes. Ihm sein an dieser Stelle dafür gedankt. Betreut wurde diese Arbeit seit Herbst 1998 durch Herrn PD Dr. Thomas Littmann. Für die Betreuung aber auch für das Verständnis bei dem zeitweise recht schleppenden Fortgang im letzten Jahr der Fertigstellung dieser Arbeit möchte ich ihm herzlich danken. Mein weiterer besonderer Dank gilt Prof. Dr. Heribert Fleer. Er ermöglichte mir nicht nur die Durchführung der Windfeldsimulationen am Institut für Geographie der Ruhr-Universität Bochum, sondern unterstützte diese Arbeiten auch außerhalb der normalen Dienstzeiten.

Da man seinen eigenen Fehlern meist mit Blindheit begegnet, ist es unabdingbar, Schreibfehler kritischen Augen zu unterbreiten und inhaltliche Fehler oder Aspekte der kritischen Diskussion zu stellen. Dafür haben sich einige Personen die Zeit genommen, auch wenn es bestimmt keine der Muße war. Für das Korrekturlesen bin ich den Diplom-Geographinnen Barbara Rösel und Gisa Görler sowie meiner Schwester Birgit Püttmann zu speziellem Dank verpflichtet. Herr Dr. Lorenz Dobler gebührt meine außerordentliche Anerkennung, da er über den gesamten Bearbeitungszeitraum und über viele Themenbereiche hinweg meine Arbeit kritisch wie konstruktiv mit mir diskutiert hat. Da das Verfassen einer solchen Arbeit nicht unbedingt und fortwährend gute Laune sowie geistige Höhenflüge zur Folge hat, möchte ich zudem ihm und meinen Eltern für die aufmunternden Worte danken, die mir über die Tiefpunkte hinweggeholfen haben.

Neubiberg, den 15.11.02

1 Problemstellung und Zielsetzung

Um stadtklimatische Belange in Planungsprozesse mit einzubeziehen, müssen aussagekräftige räumliche Darstellungen und Analysen zur klimatischen Situation bereitgestellt werden. Diese sind oft sowohl für den Ist-Zustand als auch für einen Prognose-Zustand, in einem von der Fragestellung abhängigen Maßstab, gefordert (VDI 1984, S. 7f). In den letzten Jahren wurden hierzu verschiedene Modelle entwickelt, die sich unter dem Begriff „human-biometeorologische Bewertungsverfahren“ zusammenfassen lassen. Das Hauptaugenmerk klimatischer Untersuchungen für Planungszwecke wird dabei größtenteils nur auf den thermischen Wirkungskomplex bei extremen Belastungssituationen gerichtet.

Die am weitesten in der Bundesrepublik Deutschland verbreiteten Verfahren zur Bewertung des thermischen Wirkungskomplexes sind die Kennzahlen PMV (predicted mean vote; thermisches Empfinden) und PET (physiological equivalent temperature; physiologische Belastung). Beide zuvor genannten Modelle sind in die VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2 (VDI 1996) eingegangen und gelten somit als empfohlene, standardisierte und zeitlich stationäre Verfahren. Diese Modelle liefern jedoch nur qualitative Aussagen zu einem bestimmten Zeitpunkt, ob z.B. zum gewählten Zeitpunkt eine höhere oder niedrigere Belastung bzw. positive oder negative Empfindung vorliegt.

Für umfassende Darstellungen der klimatischen Situation und daraus ableitbaren Planungshinweisen in einem zu untersuchenden Gebiet bedarf es aber nicht nur Angaben und Bewertungen zu den (Luft-) Temperaturverhältnissen, i.e. dem thermischen Wirkungskomplex. Im Rahmen des klimatischen Wirkungsgefüges gehören Betrachtungen zur Ausprägung der Luftfeuchtigkeit und der Windverhältnisse ebenso zu Klimaanalysen. Obwohl die letztgenannten Klimaparameter in die Berechnung der Kennzahlen PMV und PET eingehen, lassen sich keine Aussagen treffen, welcher oder welche Eingangsparameter letztendlich die ausschlaggebende Faktoren für die Bewertung sind. Es erfolgt somit keine gesonderte Bewertung z.B. der Luftfeuchtigkeits- und Windverhältnisse, aus denen planerische Hinweise ableitbar wären.

All diesen Bewertungsmethoden ist gemein, daß die Variabilität der Klimaparameter im zeitlichen Verlauf nur bei punktuellen Berechnungen erfaßt werden kann. Jedoch sind punktuelle Aussagen lediglich sehr bedingt aussagekräftig für eine Fläche. Dergleichen flächenhafte Aussagen können mit diesen Modellen nur als Zeitschnitte gemacht werden. Somit sind sie nur für einen bestimmten Zeitpunkt gültig.

Es muß jedoch unterschieden werden zwischen einer grundsätzlichen (allgemeingültigen, wiederkehrenden) und einer aktuellen (zeitbezogenen) Ausprägung und Bewertung. Wichtigstes Ziel von Klimaanalysen sollte deshalb sein, zeitlich wie räumlich integrale Aussagen zu treffen. Denn: auch wenn der menschliche Körper sich einerseits autonom den klimatischen Reizen anpaßt, kann der Mensch andererseits durch bewußtes Handeln, z.B. Wahl des Aufenthaltsortes oder Bekleidung, seinem (wenn z.T. auch unbewußtem) Ziel – dem klimatischen Wohlbefinden – nachkommen. Nicht zuletzt sind die Erfahrungswerte aus seinem räumlichen Umfeld, welche er über die Zeit gesammelt hat, hilfreich und steuern sein Verhalten mit. Zu nennen sind hier beispielhaft die Wahl von Ort zu Zeit seines Aufenthaltes im Freien, besonders bei klimatischen Belastungssituationen. Bestimmte Örtlichkeiten werden soweit möglich deshalb aufgrund von Erfahrungswerten vermieden, andere dagegen bevorzugt. Insbesondere diesen, der menschlichen Empfindung immer wieder negativ auffallenden Problemgebieten, sollte die Planung Beachtung schenken.

Ziel dieser Arbeit ist es, aus dem Zusammenspiel und der Ausprägung des klimatischen Wirkungsgefüges einerseits, sowie der Empfindung und Bewertung des Klimas durch den Menschen andererseits eine räumlich und zeitlich integrale Klimaanalyse zu erstellen, aus der Handlungsempfehlungen abgeleitet werden können. Analysiert und bewertet werden soll dabei nicht der thermische Wirkungskomplex „an sich“, sondern die einzelnen Klimaparameter Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Wind. Darüber hinaus werden die Lichtverhältnisse untersucht, das sogenannte „Lichtklima“. Durch Berücksichtigung von Empfindung und Bewertung der einzelnen Ausprägungen wird die Analyse geeicht am menschlichem Empfinden. Dadurch soll die von BACH (1993, S. 621) gestellte Frage beantwortet werden, wie sich eine Abweichung von einem vorgegebenen Zustand auswirkt und wo im Raum diese Abweichung in welcher Größe auftritt. Lufttemperatur, -feuchtigkeit und Lichtverhältnisse werden für den kritischen Sommerzeitraum bei windschwachen aber einstrahlungsreichen Wetterlagen betrachtet. Bei diesen Bedingungen bildet sich die stärkste räumliche Differenzierung und ggf. größte Belastung aus. Unter dem Aspekt der Kanalisationseffekte werden die Windverhältnisse untersucht, welche schon bei durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Bebauungsstruktur und Topographie auftreten, jedoch unabhängig von der Jahreszeit sind.

Als Untersuchungsgebiete wurden zwei Wohngebiete in Halle / S. gewählt, eine Plattenbausiedlung und eine gründerzeitliche Siedlung, welche in ihrem Aufbau gleich sind: Straßen, Innenhöfe und öffentliche Grünflächen. Gerade weniger mobile Bevölkerungsteile – Kinder, ältere Menschen und Kranke, welche zudem eher empfindlich gegenüber klimatischen Belastungen sind, haben in Wohngebieten ihren Hauptaufenthaltsraum. Hierbei wird der oben erwähnte integrale Ansatz verwendet, der diese - das Wohngebiet aufbauenden - Strukturen nicht weiter aufgliedert bzw. aufrastert wie bei PMV und PET, sondern jeweils als komplexe (Wirkungs-)Einheit betrachtet. Sie werden im weiteren Subtypen genannt.

In die Bewertung gehen neben den durch eine Befragung der Bewohner ermittelten wahrgenommenen und bewerteten klimatischen Ausprägungen sowie deren Änderungswünsche mit ihrer räumlicher Zuordnung, auch Flächennutzungsdaten sowie gemessene bzw. simulierte Klimaparameter ein, um für die Subtypenflächen quantitative Aussagen machen zu können. Ebenfalls integral ist der Ansatz, daß die durch Befragung ermittelten Empfindungen und deren Bewertungen nicht auf einen bestimmten Zeitpunkt, einer Bekleidung oder einer Aktivität bezogen sind, sondern den kompletten Erfahrungs- bzw. Erlebnisschatz der Bewohner in ihrem Wohnumfeld umfassen. Weil die zeitliche Variabilität hier mit in die Bewertung einfließt, kann allerdings kein Vergleich mit den oben genannten Kennzahlen des thermischen Wirkungskomplexes durchgeführt werden.

2 Stand der Forschung

Insbesondere die (Human-) Biometeorologie, die sowohl medizinische als auch meteorologische Aspekte berücksichtigt, hat in den letzten Dekaden den **Einfluß des Klimas auf den Menschen** untersucht. Dabei konnten viele Beziehungen zwischen Witterung bzw. Wetter und dem menschlichen Organismus festgestellt werden. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit seien nachfolgende Forschungsbereiche bezüglich dieses Einflusses genannt: Leistungsphysiologie, Störung des vegetativen Nervensystems, Blutdruck und –gerinnung, Sterblichkeits- und Suizidraten, Kopfschmerz, Schmerzempfindung, Appendicitis, Wetterfühligkeit, Phantomschmerzen, Kriminalität, Verkehrsverhalten oder Zahnerkrankungen. So gibt z.B. BUCHER (1993) einen Überblick solcher Untersuchungen unter Zuordnung zu einer von ihm entwickelten Wetterklassifikation. In Abhängigkeit vom Untersuchungsobjekt läßt sich die Biometeorologie ferner in Phyto-Biometeorologie (Pflanze) und Zoo-Biometeorologie (Tier) unterteilen (MAYER in: VDI 1997, S. 110).

Die Wirkung klimatischer Parameter ist leicht zu verstehen, wenn man den Menschen als Rezeptor betrachtet, auf den die klimatischen Zustände oder Ausprägungen einwirken. Beschreib- und quantifizierbare Parameter sind z.B. Lufttemperatur und –feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit oder lang- und kurzweilige Strahlung. Diese Parameter beziehen sich auf die Wirkung von Wetter und Klima auf die Funktionen von Organismen und werden auch meteorotrope Faktoren genannt. Sie sind eine Untergruppe der biotropen Faktoren, welche die allgemeinen Wirkungen von Atmosphäre oder Umwelt auf Lebewesen darstellen (WEIHE in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1999, S. 123). Man kann diese Wirkungen des Klimas auf den Menschen in verschiedene Wirkungskomplexe unterscheiden:

- dem thermischen (Wärme),
- dem (photo)aktinischen (Licht und UV-Strahlung) und
- dem lufthygienischen.

In manchen Arbeiten wird noch der mechanische Wirkungskomplex (Wind) ausgegliedert. Ausführlichere Erläuterungen geben hierzu MORISKE & TUROWSKI (1998), VDI (1996), DOSCH (1993) und MAYER (1996). Im allgemeinen hat der lufthygienische Wirkungskomplex einen höheren Stellenwert, da kaum individuelle Schutzmaßnahmen möglich sind und er die stärksten negativen gesundheitlichen Folgen haben kann.

Die Wechselwirkungen zwischen klimatischen Ausprägungen und einem Organismus sind außerordentlich komplex, da physikalische, chemische, biologische und psychologische Vorgänge ineinander greifen. Bekannt sind z.B. die abkühlende Wirkung des Windes an heißen Tagen oder die Erwärmung des menschlichen Körpers durch direkte Sonnenstrahlung. Je nach Intensität der klimatischen Wirkung können verschiedene Reaktionen des Körpers festgestellt werden: Führen schwache Klimareize über die Zeit zu einer Entwöhnung, wirken mittlere Klimareize dagegen anregend und aktivierend und führen auf Dauer zu einer Adaption durch tiefgreifende Umstellungen in der Reaktionsweise auf äußere Reize, welche meßbar sind. Starke Klimareize überfordern die physiologischen Regelmechanismen und können, da sie nicht mehr ausgeglichen werden können, zu Schäden führen. Unter Akklimatisation wird schließlich das erste kurzzeitige Gewöhnen an neue Verhältnisse verstanden (VDI 1995, S. 39; WEIHE in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1997a, S. 53; MORISKE & TUROWSKI 1998, Kap. II-4 S. 25). Es lassen sich drei qualitativ definierte Empfindlichkeitsstufen für Klimareize ausweisen: wetterreagierend (normal, unterbewußt), wetterfühlig (funktionelle Störungen, die das körperliche Befinden und die Leistungsfähigkeit beeinträchtigen; Befindlichkeitsstörungen) und wetterempfindlich (direkte pathologische Reaktionen auf das Witterungsgeschehen) (HÖPPE in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1999, S. 124

und S. 126f; MORISKE & TUROWSKI 1998, Kap. II-4 S. 26). Das klimatische Empfinden bzw. die Verträglichkeit ist dabei insbesondere abhängig von Alter, Geschlecht, Konstitution, Gesundheitszustand, Akklimatisierungsgrad, Stimmung und Erwartungen (JENDRITZKY 1990, S. 52). Schließlich ist noch der Aktivitätszustand und die Bekleidung zu berücksichtigen (HÖPPE 1993, S. 741).

Die **Verarbeitung der Umweltreize** Witterung und Klima, die vom menschlichen Organismus über Sinnesrezeptoren aufgenommen werden, erfolgt auf zwei verschiedenen Stufen: die unbewußte, autonome und die bewußte „über Gefühle, Gedächtnis, Verstand und Vernunft. ... Im Wahrnehmen und sich Bewußtmachen kann der Mensch Umfang, Art und Bedeutung eines Reizes abwägen, im Zusammenhang sichten, Alternativen möglicher Reaktionen vorprüfen. Daraus resultieren bewußt gesteuerte Regulation“ (WEIHE in: O.A. O.J., S. 8). Jedoch lassen die oft widersprüchlich wirren, unpassenden, vom Bewußtsein bestimmten Verhalten bei Wetteränderungen erkennen, daß der Mensch keine einfachen Regeln verfolgt (ebenda). Strenggenommen sind die Begriffe Umweltwahrnehmung und Umweltbewußtsein dahingehend zu trennen, als daß sie zwei unterschiedliche Bereiche der psychischen Umweltinformationsverarbeitung beschreiben. Für beide Begriffe gibt es jedoch keine einheitliche Definition. Ist die Umweltwahrnehmung zumeist auf das sensorische Empfinden bezogen, wird unter Umweltbewußtsein die Meinungsbildung durch Bewertung bzw. Einschätzung u.a. anhand des Wissens und der Erfahrung verstanden. Das Umweltbewußtsein wird dabei von vielerlei Determinanten gesteuert. LANGEHEINE & LEHMANN (in: GÜNTHER & WINTER 1986, S.39f) nennen hierzu

- Erfahrungen mit naturnaher Umwelt
- umweltbezogene familiäre Sozialisation
- umweltbezogene schulische Erziehung
- umweltbezogene Information durch Nutzung von Massenmedien
- Einstellungen, Stimmung
- demographische Variablen (Alter, Geschlecht, Ausbildungsstatus, Einkommen, Wohnort etc.)

wie auch das Maß der persönlichen Betroffenheit.

Die demographischen Variablen werden auch als „Lebenslage“ bezeichnet, zu dem MÜNCH (1998) eine Arbeit über Umweltwahrnehmung mit Beispielen aus den zwei Wohngebieten Neustadt und Paulusviertel in Halle / S. verfaßt hat. Es stellt sich die Frage, wie weit der Begriff „Umwelt“ zu fassen ist. Bei einer Betrachtung von Wohngebieten, wie in der zuvor genannten Arbeit, kann die „Umwelt“ auch als „Wohnumfeld“ bezeichnet werden. FLADE (in: GÜNTHER & WINTER 1986, S. 200) zählt dazu nicht nur die Wohnung als „Mikro-Umwelt“ an sich, sondern auch eine „Makro-Umwelt“, unterteilbar in Wohnumgebung und Gemeinde.

Der Hauptteil der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland lebt in Städten. Das STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND (O.J.) gibt für das Jahr 1998 in Deutschland einen **urbanen Bevölkerungsanteil**¹ von 87 % an. Städte dienen neben dem Wohnen und Arbeiten auch der Freizeitgestaltung, gerade für weniger mobile Bevölkerungsteile, so daß die Hauptaufenthaltszeit in verdichteten Bereichen liegt. Weiter können innerhalb städtischer Strukturen noch Untereinheiten unterschieden werden, woraus sich eine räumliche Differenzierung nach funktionellen und strukturellen Gesichtspunkten ergibt. WICKOP ET AL. (1998), die eine solche Untergliederung für Leipzig entwickelten, nennen diese Untereinheiten Stadtstrukturtypen. BREUSTE

¹ auch städtische Bevölkerung genannt; hierfür gibt es aber keine allgemeingültige Definition

(1986) und ZIERDT & DIPPANN (1996) entwickelten eine hierzu leicht modifizierte Gliederung für Halle / S.. Auf Basis dieser Stadtstrukturtypen und ihrer Funktion lassen sich verschiedene Aufenthaltszeiten der Bevölkerung ableiten. Allgemeine Untersuchungen über Aktivitäten in ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung geben SZALAI (1972) und CHAPIN (1974). Die menschliche Aktivität teilt sich demnach in solche, welche innerhalb geschlossener bzw. umschlossener Räume stattfinden und solche im Freien. Nach MAYER (in: KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN 1990, S. 88) beträgt erstere 90 %. Kleinkinder, Kranke oder ältere Menschen können noch höhere Aufenthaltszeiten in geschlossenen Räumen verbringen. In einem Vortrag gab TETZLAFF (Workshop Stadtklima, 17. Februar 1999 in Leipzig) an, daß rund 650 Stunden im Jahr im Freien verbracht werden, wovon 2/3 weniger als 20 min dauern. Er wies weiter darauf hin, daß die Anpassung an eine gegebene klimatische Situation z.T. nach 50 min noch nicht endgültig erreicht ist. Es ist bei solchen Angaben jedoch zu beachten, daß die Aufenthaltszeiten über die Jahreszeiten variieren.

Wenn man berücksichtigt, daß sich die sommerliche Erwärmung auch bis in die Innenräume auswirkt (VDI 1996, S. 10), besteht in dieser Jahreszeit eine wesentlich höhere klimatische Belastung im urbanen Raum, als im Winterhalbjahr. Der VDI (1995, S. 46) führt dazu an: „während die Kälteempfindung relativ leicht durch zusätzliche Kleidung oder Bewegung beeinflusst werden kann, stellt die Überwärmung dagegen eine nicht oder kaum auszugleichende Belastung dar“. Hierzu betonen MORISKE & TUROWSKI (1998, Kap. II-4 S. 19), daß trotz der saisonalen bedingten geringen Sterblichkeitsrate im Sommer gerade hier Witterungsabschnitte mit übernormaler Lufttemperatur, Dampfdruck oder Luftfeuchtigkeit sterblichkeitserhöhend wirken.

Die Einbindung von **Darstellungen und Analysen klimatischer Verhältnisse** in die Planungspraxis - gerade im urbanen Raum - ist unvollständig, „wenn nicht die Wirkung der veränderten Umweltbedingungen auf den Stadtbewohner betrachtet wird“ (GROß in: MÜLLER, KUTTLER & TEZTLAFF 1999, S. 52). Das durch die städtischen Flächennutzungsstrukturen modifizierte Klima wird als Stadtklima bezeichnet. Dies ist jedoch nicht nur ein „Schönwetterphänomen“. Stadtklimatische Effekte wirken auch bei nicht-autochthonen (allochthonen) Wetterlagen – wenn auch mit geringerer Intensität. Mikroklimatische Situationen sind aber bei autochthonen Wetterlagen besonders ausgeprägt (MAYER in: VDI 1997, S. 110; vgl. auch JOHNSON ET AL. 1991, S. 275f). Hierzu zählen die autochthonen sommerlichen Wetterlagen, welche einen maximalen Energieumsatz durch große Einstrahlungsbeträge aufweisen. Dabei sind hohe Lufttemperaturen mit minimalem Luftaustausch aufgrund geringen Windes verbunden (O.A. 1996, S. 80). Diese gelten als hochgradige Belastungssituationen im Sommer, sowohl hinsichtlich des Stadtklimas als auch der Lufthygiene (JENDRITZKY 1990, S. 58; VDI 1996, S. 3). Im Jahresdurchschnitt treten autochthone Wetterlagen² mit etwa 21 % relativer Häufigkeit auf, wobei diese mit 22 % im Sommer etwas häufiger sind als im Winter (21 %) (berechnet nach GERSTENGARBE ET AL 1993, S. 87³). Aus diesen Gründen bezieht sich die vorliegende Arbeit hinsichtlich der Parameter Lufttemperatur, -feuchtigkeit bzw. Lichtverhältnisse – diese abgeleitet aus den Einstrahlungsverhältnissen - auch nur auf die Verhältnisse im Sommer. Problematisch beim Parameter Wind sind die Kanalisationseffekte. Diese treten gerade nicht bei den sommerlichen autochthonen Wetterlagen auf. Schon bei durchschnittlichen allochthonen Wetterlagen können unangenehme oder gar beeinträchtigende Kanalisationseffekte, bedingt durch die

² HB = Hoch Britische Inseln; HFa = Hoch Fennoskandien, antizyklonal; HM = Hoch Mitteleuropa; HNa = Hoch Nordmeer-Island, antizyklonal; HNFa = Hoch Nordmeer – Fennoskandien, antizyklonal (Nomenklatur gemäß: GERSTENGARBE ET AL 1993, S. 8)

³ Hier für die Wetterlagen HB, HFa, HM, HNa und HNFa, Zeitraum 1881 - 1990

Bebauungsstruktur und Topographie, auftreten. Die Windverhältnisse werden deshalb unter dem Aspekt mittlerer Windverhältnisse betrachtet.

„Positive“ Wirkungen des Stadtklimas sind durch eine geringere Anzahl an Frosttagen oder Häufigkeiten einer Schneedecke im Winter zu verzeichnen. Neben der zeitlichen Abhängigkeit des Stadtklimas besteht auch eine räumliche, bedingt durch die unterschiedliche Nutzungs- und Bebauungsstruktur (MAYER in: BRETSCHNEIDER 1995, S. 36). Der Aufenthaltsbereich des Menschen im dreidimensionalen Raum eines Stadtkörpers läßt sich nicht nur auf den von OKE (1987) geprägten Begriff der UCL (urban canopy layer; Bereich zwischen Erdboden und mittlerem Dachniveau) beschränken, sondern noch weiter in die unteren 2 m ü. GOK. So werden vielfach Messungen oder Simulationen von Klimaparametern sogar auf eine Höhe von 1,1 m ü. GOK bezogen, da dies als mittlerer Schwerpunkt des menschlichen Körpers betrachtet wird (MAYER 1993, S. 959). Je nach Betrachtungsmaßstab läßt sich die UCL, bedingt durch die Stadtstrukturen, in kleinere klimatische Einheiten unterteilen: Stadtteile, Stadtelemente (z.B. Straßen, Innenhöfe oder Parks) (MAYER in: BRETSCHNEIDER 1995, S. 37) oder einzelne Baukörperstrukturen (MAYER in: MAYER 1986, S. 12). Für die Bewertung der thermischen Komponente des Stadtklimas sind v.a. Stadtelemente entscheidend.

Allgemein läßt sich die **Modifikation des städtischen Klimas** im Vergleich zum Umland beschreiben durch

- geringere Globalstrahlung (bis zu 20 % weniger),
- erhöhte Lufttemperatur (bis zu 1,5 K höher),
- niedrigere relative Luftfeuchtigkeit (bis zu 10 % weniger),
- geringere Verdunstung (bis 60 % niedriger) und
- verminderte Windgeschwindigkeit (bis 30 % weniger)

(BAUMÜLLER & HOFFMANN in: SCHIRMER, KUTTLER & WEBER 1993, S. 6). Weitere Ausführungen zur Klimamodifikation durch das Stadtklima geben KUTTLER (in: SUKOPP & WITTIG 1993, S. 113ff oder in: VDI 1997, S. 87ff) und BECKRÖGE (in: VDI-KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT 1988, S. 12ff). DOSCH (1993, S. 5f) stellt verschiedenste Angaben zu Änderungen von Klimaparametern in Ballungsgebieten aus der gängigen Literatur zusammen. GEIGER, ARON & TODHUNTER (1995) und OKE (1987) gehen allgemein auf die Einflußfaktoren zur Modifikation des bodennahen Klimas ein. Diese Einflußfaktoren, auch (natürliche bzw. anthropogene) Klimafaktoren genannt, sind hauptsächlich Flächennutzung, Flächenbeschaffenheit und -eigenschaften, Exposition, Orographie, Dichte, Höhe und Art der Bebauung, Vegetation, Wasserdampfquellen, Abwärme, Ortskoordinaten und Höhenlage (VDI 1995, S. 10; JENDRITZKY in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1992, S. 87; GERTH 1986, S. 6).

Das rechtliche Reglement, wie mit den biotischen wie abiotischen Bestandteilen inner- und außerhalb besiedelter Bereiche bei Neu- und Umplanungen zu verfahren ist, liefert die bundesdeutsche **Gesetzgebung**. Wurden zuvor oft die Begriffe (Human-)Bioklima oder Stadtklima verwendet, finden sich diese nicht in der Gesetzgebung, sondern nur die allgemeinen Begriffe Klima und Luft. In den Bundes- und Länderverfassungen ist die Zielsetzung festgeschrieben, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen. Nähere Regelungen hierzu bzw. die Erweiterung um das Ziel, die Bestandteile des Naturhaushaltes zu pflegen, zu entwickeln und schädlichen Umwelteinwirkungen vorzubeugen finden sich in der weitergehenden Gesetzgebung. Ausdrückliche Erwähnung zur Sicherung und Verbesserung der klimatischen Situation finden sich in der europäischen Richtlinie 85/337/EWG, im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG), Baugesetzbuch (BauGB), Raumordnungsgesetz (ROG), Gesetz über die Umweltverträglichkeit (UVPg), Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) und der

technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft), Bundeswaldgesetz (BWaldG) sowie in den Landesplanungs- und Naturschutzgesetzen. Weitere Erläuterungen hierzu gibt REINHOLD (1998, S. 83ff). Schließlich können auf kommunaler Ebene noch Satzungen oder Umweltqualitätsziele zum (Stadt)Klima formuliert sein. Eingebunden und umgesetzt werden hier klimatische Belange in Flächennutzungsplänen, Bebauungsplänen oder Grünordnungsplänen (BRÜNDL, MAYER & BAUMGARTNER 1986, S. 41). Da keine Behörde ausschließlich für die Einbeziehung klimatischer oder lufthygienischer Belange zuständig ist, „könnten dadurch konkurrierende Anforderungen für ein und denselben Umweltbereich gestellt werden, da die verschiedenen Träger öffentlicher Belange durchaus unterschiedliche Prioritäten setzen können, um ggf. ihre Hauptziele besser durchsetzen zu können“ (HOFFJANN 1994, S. 35). Da die Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege grundsätzlich keinen Vorrang gegenüber den anderen zu berücksichtigenden öffentlichen und privaten Belangen genießen, kommen GEBHARD, BELLACH & HOFFMANN (in: MAYER 1986, S. 140f) zu dem Schluß: „Das führt gerade für diejenigen, die mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden rationale Entscheidungsgrundlagen zu erarbeiten haben, vielfach zu der ernüchternden Erfahrung, daß es keinen direkten Zusammenhang zwischen der Qualität der wissenschaftlich erarbeiteten Entscheidungsgrundlagen und der politischen Planungsentscheidung gibt. Die eigentliche Bedeutung ihrer Bemühungen liegt jedoch darin, daß durch sie die Qualität des Planungsprozesses insgesamt verbessert wird, indem die Abwägung qualifizierter begründet werden kann und die politische Entscheidung transparenter wird“. Die Raumplanung - im weitesten Sinne - kann deshalb zur Sicherung sowie Verbesserung von Klima und Luft als natürliche Lebensgrundlagen in allen Maßstäben beitragen (JENDRITZKY in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1992, S. 86).

Das **Planungsziel**, die Schaffung eines „idealen Stadtklimas“, läßt sich beschreiben als ein räumlich und zeitlich variabler „Zustand der Atmosphäre in urbanen Bereichen, bei dem sich möglichst keine anthropogenen Schadstoffe in der Luft befinden und den Stadtbewohnern ... eine möglichst große Vielfalt an urbanen Mikroklimaten unter Vermeidung von Extremen geboten wird. Da ein solches ideales Stadtklima realistisch nicht erreicht werden kann, besteht die Aufgabe der Stadtplanung darin, diesem Ideal durch stadtklimatisch wirksame Umweltverbesserungen möglichst nahe zu kommen bzw. mindestens ein tolerables Stadtklima zu erzielen“ (KUTTLER 1997, S. 576). Daraus läßt sich grundsätzlich eine nutzungsgerechte Gestaltung des Klimas in der Planung (GRÄTZ, JENDRITZKY & SIEVERS in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1992, S. 20) ableiten. Schließlich stellt sich die Frage, welche „menschliche Zielgruppe bei der human-biometeorologischen Bewertung des Stadtklimas anzusprechen ist“ (MAYER in: MAYER 1986, S. 10f). Es kann dabei ein Kollektiv von Menschen oder ausgewählte Individuen gemeint sein. Jedoch sollte bei der Wahl einer Zielgruppe bedacht werden, daß z.B. eine bestimmte, ausgewählte Personengruppe sich an dem zu bewertenden Ort aufhalten sollte. So macht es als Beispiel sicherlich keinen Sinn, als Zielgruppe ältere Menschen, Kinder und Kranke – also die klimatisch sensibelste Gruppe – für die Bewertung eines Industrie- oder Gewerbeparkes heranzuziehen. Der VDI (1996, S. 4) führt an, daß das Behaglichkeitsempfinden von Tag zu Tag schwankt. „Die interindividuelle Streuung ist dabei etwa doppelt so groß wie die intraindividuelle. Dies erschwert zwar die Schaffung optimaler Bedingungen für alle Individuen, läßt jedoch für einen großen Teil der Bevölkerung das Erreichen von thermisch behaglichen Bedingungen zu“.

Für die Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse in der Planungspraxis – hier in weiterer Betrachtung die Städte / die kommunale Ebene - müssen den ausführenden Planungsorganen (z.B. Umweltamt oder Stadtplanungsamt) entsprechende Untersuchungen bzw. Analysen an die Hand gegeben werden. Da die human-biometeorologische Qualität im urbanen Raum nicht durch eine alle stadtklimatische und lufthygienische

Komponenten umfassende Bewertungsgröße dargestellt werden kann, müssen Beurteilungen von Einzelfaktoren (MAYER in: MAYER 1986, S. 15), möglichst als flächenhafte Darstellungen (GRÄTZ, JENDRITZKY & SIEVERS in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1992, S. 20) ergänzt durch Graphiken und Tabellen (MAYER in: MAYER 1986, S. 15) erfolgen. Begründet wird dies dadurch, daß reine Statistiken meteorologischer Daten nur wertfreie Daten liefern, nicht jedoch planungsrelevante Informationen (JENDRITZKY in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1992, S. 86). Als **Anforderung an die Bewertungsverfahren** kann zunächst grundsätzlich eine dem (Planungs-) Maßstab angemessene Messung, Darstellung und Beurteilung genannt werden. Der Zweck ist die Bewertung von Gegebenheiten oder Optimierung von Neuplanungen mit dem Ziel ein erreichbares Niveau von Umweltgüte anzustreben mit dem Prinzip der Umweltvorsorge statt nachträglicher Umweltsanierung. Dem Planer in die Hand gegeben werden sollte eine Bestandsaufnahme samt Bewertung und begründete Zielformulierungen mit einer Prioritätenliste. Inhaltlich dargestellt werden sollte die Ermittlung verträglicher Flächenstrukturen und Nutzungsverteilungen, die Bestimmung von Gebieten und Maßnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas, die Ermittlung von erhaltenswerten Flächennutzungen und Funktionszusammenhängen, die Ausweisung von Flächen auf denen die Stadtklima-bedingenden Nutzungen ausgeweitet werden sollen und die Festlegungen zur Qualität und Quantität dieser Nutzungen (GEBHARD, BELLACH & HOFFMANN in: MAYER 1986, S. 139). Um Rechtsbestand zu haben, müssen diese als konkrete, nachprüfbare Forderungen mit ihren Wirkungen dargelegt werden (HOFFJANN 1994, S. 35). An die durchzuführenden Bewertungsverfahren sind deshalb räumliche, inhaltliche und verfahrenstechnische Anforderungen zu stellen, wie sie DUTTMANN & MOSIMANN (1994, S. 8) zusammengestellt hat:

- Herstellen einer räumlichen Bezugsgrundlage
- Auswahl der bei der Bewertung zu berücksichtigenden Kriterien anhand der Planungsrelevanz und der Aussagefähigkeit der Kriterien in bezug auf die zu bearbeitende Fragestellung
- Überschaubarkeit des Bewertungsverfahrens, Transparenz aller Verfahrensschritte
- Nachvollziehbarkeit des Bewertungsablaufes für den Anwender.

Ein besonderes Augenmerk sei den für die Bewertung erforderlichen Daten geschenkt. In den planungsrelevanten - und somit meist großen - Maßstabebenen ist das amtliche Meßnetz zu weitmaschig (DUTTMANN & MOSIMANN 1994, S. 7), weshalb auf andere Methoden zurückgegriffen werden muß, um eine Datengrundlage für das Bewertungsverfahren zu schaffen. Ist die kurze Bearbeitungsdauer nicht mit der erforderlichen Meßdauer in Einklang zu bringen, beschränken sich diese oft auf autochthone Wetterlagen, in den meisten Fällen als Meßfahrten. Gerade bei diesen Verfahren weist ALEXANDER (1994, S. 111) auf das „Muß“ der Reproduzierbarkeit dergleicher Messungen hin, von denen ein eindeutiger Weg zum Werturteil führen soll, um objektiv zu sein. Da erforderliche Klimauntersuchungen nicht selten durch einen erhöhten Kostenaufwand limitiert werden (DUTTMANN & MOSIMANN 1994, S. 7) bzw. „zur Vermeidung aufwendiger und nur selten verallgemeinbarer meteorologischer Messungen ... wird auf die Möglichkeit numerischer Modellierung zurückgegriffen“ (JENDRITZKY, SIEVERS & SUPPAN in: MAYER 1986, S. 109). Bilden dennoch Messungen die Basisdaten für Simulationen, sollten deren „Methoden und Ergebnisebenen kompatibel sein und den Aufbau integrierter Modelle zur Simulation und Prognose von Entwicklungen und zur Prüfung von Folgen geplanter Maßnahmen ermöglichen“ (ALEXANDER 1994, S. 111). Abschließend sei darauf hingewiesen, daß immer wieder unterschiedliche Methoden für verschiedene Zwecke und Maßstabebenen zum Einsatz kommen. Deshalb fordert ALEXANDER (in: FRENZEL & SERVATIUS 1995, S. 305) nicht zu unrecht eine Normung von Begriffen und Verfahren um eine Methodenvereinheitlichung und objektive Bewertungsmaßstäbe einzuführen, um nicht zuletzt

eine Vergleichbarkeit zukünftiger Untersuchungen zu ermöglichen. Lediglich für den thermischen Wirkungskomplex ist dies nach VDI (1996) gegeben.

Vor Inkrafttreten der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2 (VDI 1996) wurden in den vorangegangenen Jahren verschiedene andere **Bewertungsmethoden** für klimatische Verhältnisse entwickelt. Bei den anfänglichen Methoden handelte es sich um empirisch abgeleitete Indizes, die meist nur wenige meteorologische Parameter berücksichtigten und somit rein physikalisch abgeleitet wurden. Eine Auswahl dergleichen Indizes stellt JENDRITZKY (1990, S. 9) in einem Temperatur-Dampfdruck-Diagramm gegenüber, aus dem eine große Divergenz der einzelnen Methoden in der Bewertung ein und desselben thermischen Luftzustandes ersichtlich wird. In einigen dieser Indizes wird als Bewertungsmaß der Begriff „Schwüle“ herangezogen. Deren thermophysiologische Bedeutung ist jedoch ungeklärt (JENDRITZKY 1990, S. 17) und empirisch unterschiedlich definiert worden (VDI 1996, S. 4). Gerade dieser Begriff verdeutlicht das subjektiv unterschiedliche Empfinden. Grundsätzlich fehlte den anfänglichen Indizes die Einbindung von Größe, Alter, Gewicht, Geschlecht, Aktivität, Bekleidung oder der thermophysiologisch relevanten Parameter in die Berechnung. Erst bei den im folgenden entwickelten Wärmebilanzmodellen fanden diese Parameter Eingang und lassen sich zwei Kategorien unterscheiden: die statischen Modelle, welche keinen zeitlichen Verlauf berücksichtigen, aber räumliche Aussagen erlauben und die dynamischen Modelle. Letztere erlauben zwar den zeitlichen Verlauf mit einzubeziehen, sie können jedoch keine räumlichen Aussagen machen. Zunächst, so führt HÖPPE (1993, S. 741) an, wurden die Wärmebilanzmodelle durch das fehlende Wissen über die Thermophysiologie des Menschen eingeschränkt. Im weiteren Verlauf ihrer Entwicklung verhalf diesen der Einsatz von Computern zu einer weiten Verbreitung. Beim heutigen Stand der Technik steht dem Einsatz solcher Modelle nichts mehr im Wege, sofern die erforderlichen Parameter gegeben sind. Diese Wärmebilanzmodelle unterscheiden sich des Weiteren zum einen in ihrem Betrachtungs- bzw. Analysemaßstab, zum anderen in den einfließenden Parametern.

In der Regel spielen der aktinische und der mechanische Wirkungskomplex keine Rolle in der Stadtplanung. Zu den wichtigsten human-biometeorologischen Bewertungsverfahren des thermischen Wirkungskomplexes für Freilandbedingungen zählen:

- KMM (Klima-Michel-Modell) nach JENDRITZKY (JENDRITZKY, SÖNNING & SWANTES 1979; JENDRITZKY 1990), Weiterentwicklung des PMV (predicted mean vote) durch FANGER (1972)
- PET (physiological equivalent temperature) nach HÖPPE (1984), aus MEMI (Münchener Energiebilanz-Modell) entwickelt
- IMEM (Instationäres Münchener Energiebilanz-Modell, HÖPPE 1985)
- pt (perceived temperature) des Deutschen Wetterdienstes (STAIGER, BUCHER & JENDRITZKY in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1997a), basierend auf KMM

Die ersten drei Verfahren sind stationäre, die letzten beiden instationäre Modelle. Diese Bewertungsverfahren berücksichtigen den Wärmehaushalt des Menschen (Energiebilanzgleichung des Menschen nach Höppe, HÖPPE 1984), weshalb diese Verfahren den älteren, welche rein physikalisch vorgehen, vorzuziehen sind. Eine Zusammenstellung dieser älteren wie auch der neueren Verfahren geben KUTTLER (in: MÜLLER, KUTTLER & TEZTLAFF 1999, S. 104) und MORISKE & TUROWSKI (1998). Die Verfahren PMV, PET und IMEM sind Bestandteil der genannten VDI-Richtlinie 3787 (VDI 1996). Gilt PET nur für ein einzelnes, durch Annahmen definiertes Individuum, wird mit PMV eine Aussage für ein Kollektiv von Menschen gemacht. Letzterer wurde ursprünglich unter Laborbedingungen von einer Testgruppe abgeleitet und später auf Außenverhältnisse

übertragen. Diese neueren Verfahren haben eine einzige Bewertungsgröße, mit der das gesamte thermische Empfinden, im Sinne von Behaglichkeit bzw. Komfort, beschrieben werden kann und sind entweder dimensionslos bzw. in der Einheit °C. Sie beschreiben das thermische Empfinden von sehr kalt bis sehr heiß bzw. in den entsprechenden Belastungsstufen „extreme Kältebelastung“ bis „extreme Wärmebelastung“ mit unterschiedlicher Klassenanzahl. Die Behaglichkeit unterliegt aufgrund des subjektiven Empfindens einer natürlichen Schwankungsbreite, weshalb nur ein Bereich der Behaglichkeit - den zuvor genannten Klassen - definiert werden kann. Der menschliche Organismus arbeitet im Falle von Behaglichkeit am rentabelsten, Abweichungen hiervon stellen Anreize zum unbewußten wie bewußten Handeln dar.

Alle diese Verfahren benötigen eine große Anzahl von Eingangsgrößen, welche z.T. nur mit entsprechendem Meßaufwand oder Simulationen ermittelt werden können (MAYER in: MAYER 1986, S. 9). Nachfolgende Auflistung stellt einige Eingangsparameter zusammen: innere Wärmeproduktion bezogen auf die Oberfläche eines Einheitskörpers (abhängig von der Aktivität), Wärmeisolation der Bekleidung, Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Wasserdampfdruck, (relative) Windgeschwindigkeit, Art der Bewölkung und Bedeckungsgrad des Himmels, atmosphärische Trübung, Raumwinkelanteile der Umschließungsflächen, Albedo und Emissionsgrad der Umschließungsflächen, Annahmen zu „Norm-Mensch“ wie Größe, Gewicht etc.. Durch diese Auflistung wird ersichtlich, daß manche Eingangsparameter nur durch vereinfachte Annahmen oder Standardisierungen hergeleitet werden können (RAU, WINKLER & KUNZ 1999, S. 348).

Die Modelle PMV und PET liefern jedoch nur qualitative Aussagen zu einem bestimmten Zeitpunkt, ob z.B. zum gewählten Zeitpunkt eine höhere oder niedrigere Belastung vorliegt. Welcher oder welche Eingangsparameter letztendlich die ausschlaggebenden Faktoren für die Bewertung sind, läßt sich in den meist farbcodierten Kartendarstellungen solcher Bewertungen nicht entnehmen. HÖPPE (in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1997a, S. 108) bemerkt, daß PET bei wind- und strahlungsarmen Tagen wertlos ist. Von BACH (1993, S. 621) wird die Unvollständigkeit dieser Verfahren dahingehend bemängelt, daß nur eine Beurteilung von Komfortsituationen möglich ist und die Frage nach dem Übergang Behaglichkeit – Erträglichkeit nicht berücksichtigt wird. Die Annahme eines unrealistisch hohen Dampfdruckes zur Berechnung von PET wird von STAIGER, BUCHER & JENDRITZKY (in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1997a, S. 73) bemängelt. Eine der Modellannahmen geht davon aus, daß der Modell-Mensch in diesen Verfahren der direkten Sonnenstrahlung aus dem Wege geht bzw. mit einem Sonnenschirm (!) unterwegs ist (JENDRITZKY, SÖNNING & SWANTES 1979, S. 73). Begründet wird dies damit, daß „people directly exposed to the summer solar irradiance would likely feel uncomfortably hot anyway“ (SWAID, BAR-EL & HOFFMAN 1993, S. 50). Letztlich laufen die hohen Anforderungen an die Eingangsdaten und die räumliche Auflösung den Berechnungsergebnissen zuwider, wenn bei den zeitlich stationären und bis in den Meterbereich auflösenden PET und PMV z.B. auf großen Plätzen mit wenig schattenwerfenden Häusern oder Bäumen, dem Modell-Menschen ein Sonnenschirm in die Hand gegeben wird, um letztendlich doch schattige Verhältnisse zu einer bestimmten Zeit zu simulieren.

Die **Eichung am Menschen** geschah in der zuvor genannten Arbeit von FANGER (1972), der im Labor in einer Klimakammer mit etwa 1300 Testpersonen seinen PMV-Wert ableitete. Dieser wurde dann in der Weiterentwicklung, KMM von JENDRITZKY, SÖNNING & SWANTES (1979) bzw. JENDRITZKY (1990), auf außenklimatische Verhältnisse übertragen. WEIHE (in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1999, S. 124) weist besonders auf die Problematik hin, die sich unter solchen Laborbedingungen ergeben. Diese im Labor gegebene Einengung auf Mensch und Atmosphäre „hat etwas künstliches, ist irreführend und verfälschend, weil der

Organismus über die Sinnesrezeptoren der gesamten Umwelt gleichzeitig ausgesetzt ist. In der realen Welt außerhalb des standardisierten Laboratorium lassen sich die meteorotropen Faktoren nicht aus der Bindung an die vielen anderen biotropen Faktoren der Umwelt herauslösen“.

Da in den meisten Fällen keine adäquaten Daten für eine klimatische Bewertung vorliegen (DUTTMANN & MOSIMANN 1994, S. 7; MAYER in: MAYER 1986, S. 9; BRÜNDL, MAYER & BAUMGARTNER 1986, S. 41), muß eine eigene **Datenerhebung** durchgeführt werden. Die gewonnenen Daten können zum einen zur Darstellung der räumlichen Verteilung der gemessenen Klimaparameter dienen, z.B. Temperaturverteilung und Ausweisung von Wärmeinseln, oder sie bilden die Eingangsgrößen für Bewertungsmodelle. Es können bei der Datenerhebung zwei Wege beschritten werden: einerseits die klassischen meteorologischen Messungen, andererseits Simulationen.

Zu den meteorologischen Messungen gibt die Richtlinie 3786 der VDI (1995, 1988, 1985a-c, 1986) Hinweise. In Abhängigkeit vom Meßziel sind die Standorte und Ausstattung der temporären Stationen bzw. der Meßnetze entsprechend zu wählen. Flächenhafte Darstellungen von Klimaparametern können durch Meßfahrten oder -gänge gewonnen werden. DANZEISEN (in: LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ RHEINLAND-PFALZ 1983) erläutert dieses Verfahren. Solch mobile Meßmethoden erlauben die Messung von Lufttemperatur und -feuchtigkeit, Windrichtung und -geschwindigkeit, lang- und kurzweiliger Strahlung bzw. Globalstrahlung. An Klimastationen kann zusätzlich eine Niederschlagsmessung durchgeführt werden. Durch Thermalscannerbefliegungen können außerdem flächendeckend die Oberflächenstrahlungstemperaturen erfaßt werden. Dergleichen Untersuchungen liegen z.B. im hiesigen Raum für Leipzig (O.A. 1996), Halle (MAGISTRAT DER STADT HALLE - GRÜNFLÄCHENAMT 1992b) und Magdeburg (STEINICKE & STREIFENER UMWELTUNTERSUCHUNGEN 1995) vor. In den letzten Jahren wurden zudem vielfältige Simulationsprogramme entwickelt, mit denen Messungen sowohl ergänzt als auch ersetzt werden können. Es wird jedoch immer wieder auf eine Validierung der Simulationen mit Messungen hingewiesen (z.B. KERSCHGENS in: VDI-KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT 1988, S. 326f oder TETZLAFF, DAUNKE & FANENBRUCK in: MÜLLER, KUTTLER & TEZLAFF 1999, S. 66). Simulationsmodelle lassen sich in verschiedener Hinsicht unterscheiden: in ihrer Bezugsskala (s.u.), ihrem Verwendungszweck zur Diagnose oder Prognose und schließlich der Anzahl der Dimensionen. Für stadtklimatologische Fragestellungen kommen zum einen mikroskalige ⁴ Simulationsmodelle, zum anderen mesoskalige ⁵ zum Einsatz. Einen Vergleich gängiger mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle geben SCHÄDLER ET AL. (1996), worin u.a. eines der bekanntesten – MISKAM (**m**ikroskaliges **K**lima- und **A**usbreitungs**m**odell) – enthalten ist. Des weiteren gibt es eine Vielzahl von Entwicklungen zur Modellierung sowohl des komplexen thermischen Komforts (z.B. JENDRITZKY 1990 oder BRUSE 1999), als auch einfacherer Art wie z.B. der Strahlungsflüsse etc.. Ferner können für spezielle Strömungs- und Ausbreitungsfragestellungen Windkanaluntersuchungen, Tracerexperimente oder Vertikalsondierungen durchgeführt werden.

Für die **Stadt Halle** / S. liegen eine Reihe „klassischer“ Abhandlungen und Analysen des Stadtklimas vor. Die erste Arbeit legte hierzu VOM HAGEN (1867), mit den 10-jährigen Mittelwerten von 1851-1860, vor. KLEEMANN (1879) hat in seiner Dissertation, Temperatur-, Wind- und Niederschlagswerte für 1851-1871, und einer nachfolgenden Veröffentlichung (KLEEMANN 1888) eine weitergehende Untersuchung vielfältigerer

⁴ mikroskalig = Strukturen von wenigen Metern bis zu einigen hundert Metern

⁵ mesoskalig = wenige hundert Metern bis zu wenigen Kilometern (lokal), wenige Kilometer bis zu einigen hundert Kilometern (regional)

Klimaparameter vorgelegt. KREMSER (1888) machte in einem Kapitel über Halle im wesentlichen die selben Angaben wie der zuvor genannte Autor und stellte diese auch in einem weiteren Werk dar (KREMSER 1899). Anfang des 20. Jahrhunderts behandelte KOCH (1907) in seiner Dissertation den Zeitraum 1851-1900. 1939 erschien ein weiteres Tabellenwerk (REICHSAMT FÜR WETTERDIENST 1939) mit Mittel- und Extremwerten für den Zeitraum 1851 bis 1930 bzw. 1881 bis 1930, in dem hallesche Daten enthalten sind. HOELSCHER (1954) faßte in seiner Abhandlung einige der zuvor erwähnten Veröffentlichungen zusammen, ergänzt durch Angaben aus Korrespondenzen und Messungen des Landwirtschaftlichen Institutes der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg für die Zeiträume 1851 bis 1950 bzw. 1901 bis 1950.

In den 90-er Jahren des 20. Jahrhunderts blühte eine rege Forschungstätigkeit auf, die als Haupt- oder Nebenthema das hallesche Stadtklima behandelte. Insbesondere am Institut für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg wurden eine Reihe von Diplomarbeiten und Dissertationen zu diesem Thema verfaßt. GERTH (1990) untersuchte die klimatischen Verhältnisse unversiegelter urbaner Freiflächen, SCHUBERT (1990) die thermische Differenzierung in ausgewählten Baukörperstrukturen. Der Modifikation des Stadtklimas durch innerstädtische Grünflächen nahm sich SCHILLER (1991) an. Eine Untersuchung des Oberflächenreliefs führte TISCHER (1991) durch, SAUERBREY (1992) nahm eine wärme-klimatische Gliederung des Stadtgebietes vor. Wie GERTH (1990) analysierte auch WOLF (1997) temporäre Meßstationen um eine stadtklimatische Bewertung durchzuführen. NEUMANN (1998) berücksichtigte in seiner Arbeit bezüglich Sanierungsfolgen auch deren Auswirkungen auf das Stadtklima. Des weiteren finden sich eine Reihe von Veröffentlichungen in Zeitschriften und Tagungsbänden, welche ebenfalls stadtklimatische Aspekte in Halle aufgreifen. Die Erfassung städtischer Oberflächenarten behandelte FROTSCHER (1991). Im selben Jahr veröffentlichte GERTH (1991a-b) Ergebnisse zur Untersuchung des Niederschlages und zur allgemeinen stadtklimatischen Situation. PÜTTMANN, MÜNCH & ZIERDT (in: UNIVERSITÄTSZENTRUM FÜR UMWELTWISSENSCHAFTEN ET AL. 1998, S. 147-154) stellten erstmals eine Verbindung zwischen gemessenen und empfundenen klimatischen Parametern her. Weitere Ergebnisse derselben Untersuchung finden sich in PÜTTMANN & ZIERDT (1999).

Die Stadt Halle gab im letzten Jahrzehnt zwei stadtklimatische Untersuchungen in Auftrag. 1992 wurde von der Firma Spacotec eine Thermalscannerbefliegung durchgeführt, zu deren Ergebnissen, neben den kartographischen Darstellungen, auch textliche Erläuterungen mit Planungshinweisen zählen (MAGISTRAT DER STADT HALLE - GRÜNFLÄCHENAMT 1992a-b und SPACOTEC DATENGEWINNUNG GMBH 1992). Um stadtklimatische Belange in neueren Planungsvorhaben besser berücksichtigen zu können wurde schließlich 1998 eine weitere Untersuchung bei derselben Firma in Auftrag gegeben, die eine Bewertungskarte mit Beiträgen zur Landschaftsplanung beinhaltet (STADT HALLE / SAALE - STADTPLANUNGSAMT - ABTEILUNG FLÄCHENNUTZUNGSPLANUNG 1998 und STEINICKE & STREIFENEDER UMWELTUNTERSUCHUNGEN 1998).

3 Die Untersuchungsgebiete

Die Stadt Halle, im südlichen Sachsen-Anhalt gelegen, umfaßt ein Gebiet von 13497 ha. Die Nord-Süd-Ausdehnung beträgt dabei 16 km, die Ost-West-Erstreckung ebenfalls 16 km. Mit 71 m ü. NN ist das Saaleufer im Bereich Saalwerder der tiefste Punkt des Stadtgebietes, „die höchste Erhebung mit 136 m ü. NN ist der Große Galgenberg“ (STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT 1999a, S. 7). Auf der Stadtfläche verteilen sich nachstehende Nutzungsarten wie folgt: Siedlungs- und Verkehrsflächen 38 %, landwirtschaftliche Flächen 34 %, Waldflächen 8 %, Wasserflächen 6 % und andere 14 % (ebenda). Auf Basis der von ZIERDT & DIPPMMANN (1996) entwickelten Stadtstrukturtypeneinteilung für Halle, die in einer aktualisierten Fassung für 1997 in PÜTTMANN & ZIERDT (1999) enthalten ist, ergeben sich für Strukturtypen mit Wohnfunktion ⁶ Flächenanteile von 17 % für alte Siedlungskerne, 27 % für Neubaugebiete, 17 % für Altneubaugebiete, 20 % für Altbaugemeinden und 19 % für Einzelhäuser.

Bedingt durch seine Lage ist Halle dem Saalebezirk des mitteleuropäischen Binnenlandklimas (METEOROLOGISCHER UND HYDROLOGISCHER DIENST DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK 1953) zuzurechnen mit häufig wechselnden zyklonalen und antizyklonalen Wetterlagen der europäischen Westwindzone. Hier zeigen sich größere Amplituden im Jahresgang der Klimaelemente. Charakteristisch sind ebenso warme, niederschlagsreiche Sommer und relativ kühle, trockene Winter. Durch die Luv-Lee-Wirkung des Harzes werden jedoch relativ geringe Niederschlagsjahressummen gemessen (459 mm, vgl. Tabelle 1), die in Richtung Leipzig (512 mm, vgl. Tabelle 1) nach Südosten ansteigen.

Eine Betrachtung zweier im hiesigen Raum vom Deutschen Wetterdienst (DWD) betriebenen Klimastationen soll zur näheren Charakterisierung des Klimas beitragen. Zum einen ist dies die Station Leipzig-Schkeuditz (im weiteren Abgekürzt durch DWD_L ⁷), welche als Umland- bzw. Freilandstation bezeichnet werden kann, zum anderen die Station Halle-Kröllwitz (DWD_HAL ⁸), welche sich im urban geprägten Raum im nördlichen Stadtgebiet von Halle befindet. So zeigt Tabelle 1 den urbanen Einfluß an der Station DWD_HAL durch eine höhere Jahresmitteltemperatur, mit gleichzeitig niedrigerer relativer Luftfeuchtigkeit. Der zuvor angesprochene geringere Niederschlag wird hier wiedergegeben, und geht einher mit erhöhter Sonnenscheindauer. Auch die meteorologischen Ereignistage (Tabelle 2), deren Anzahl an der Station DWD_HAL unter denen an der Station DWD_L liegt, zeigt diesen Einfluß. Die Verteilung der mittleren Windgeschwindigkeit in den einzelnen Windrichtungssektoren spiegelt die wechselnden zyklonalen und antizyklonalen Wetterlagen der europäischen Westwindzone wider (Abbildung 1). Das primäre Häufigkeitsmaximum mit größeren Windgeschwindigkeiten tritt bei südwestlichen und ein sekundäres Maximum mit geringeren Windgeschwindigkeiten bei östlichen Windrichtungen auf.

⁶ Alte Siedlungskerne, Neubaugebiet (ab 1970), Altneubaugebiet (Zwischenkriegszeit bis 1970), Altbaugemeinde (Gründerzeit), Einzelhäuser

⁷ Koordinaten: 51° 25' Nord, 12° 14' Ost, 144 m ü. NN, Betrieb seit 01.10.1991 (DEUTSCHER WETTERDIENST: komplette Stationsliste aller DWD-Stationen, Stand: 13.08.2001. http://www.dwd.de/research/kliis/daten/stationen/lex_mirakel.txt)

⁸ Koordinaten: 51° 31' Nord, 11° 57' Ost, 96 m ü. NN, Betrieb seit 01.10.1991 (DEUTSCHER WETTERDIENST: komplette Stationsliste aller DWD-Stationen, Stand: 13.08.2001. http://www.dwd.de/research/kliis/daten/stationen/lex_mirakel.txt)

Tabelle 1: Langjährige Mittelwerte an den Stationen Halle-Kröllwitz (DWD_HAL) und Leipzig-Schkeuditz (DWD_L)

Monat	Lufttemperatur *)		Sonnenscheindauer *)		Niederschlag *)		Luftfeuchtigkeit **)		Windgeschwindigkeit **) [m / s] DWD_L
	[°C] DWD_L	DWD_HAL	[h] DWD_L	DWD_HAL	[mm] DWD_L	DWD_HAL	[%] DWD_L	DWD_HAL	
Jan	-0,4	0,0	44	45	32	24	87	85	5,3
Feb	0,3	0,7	65	69	30	24	86	84	4,5
Mrz	3,8	4,2	107	112	34	29	81	78	4,8
Apr	8,0	8,3	152	151	43	38	77	73	4,1
Mai	12,9	13,2	206	208	49	52	74	72	3,7
Jun	16,2	16,5	201	208	62	56	73	71	3,8
Jul	17,9	18,0	206	210	47	50	73	72	3,6
Aug	17,7	17,7	197	199	59	54	74	74	3,5
Sep	14,2	14,3	141	146	44	38	79	78	3,8
Okt	9,6	9,8	108	107	34	31	84	83	4,5
Nov	4,5	4,8	53	55	37	31	87	85	4,8
Dez	1,0	1,4	39	40	40	31	87	86	5,1
Jahr	8,8	9,1	1518	1549	512	459	80	78	4,3

*) 1961-1990

**) 1951-1980

(Datengrundlage: DEUTSCHER WETTERDIENST - GESCHÄFTSFELD LANDWIRTSCHAFT AUßENSTELLE HALLE 1998, 1999; VEIT, PETZOLD & PIEHL 1987)

Tabelle 2: Mittlere jährliche Zahl der Ereignistage an den Stationen Halle-Kröllwitz (DWD_HAL) und Leipzig-Schkeuditz (DWD_L)

Ereignistag	DWD_HAL *)	DWD_L **)
Eistage	-	25
Frosttage	80	83
Sommertage	33	37
Heiße Tage	6	8

*) 1951-1980

**) 1961-1990

(Datengrundlage: STEINICKE & STREIFENER UMWELTUNTERSUCHUNGEN 1998)

Empfindsamere Bevölkerungsteile wie Kinder, ältere Menschen sowie Kranke reagieren sensibel auf klimatische Veränderungen und Belastungen (VDI 1995, S. 8). Der Hauptaufenthaltsraum dieser Bevölkerungsgruppen sind Wohngebiete, welche in dieser Arbeit näher untersucht werden sollen. Aus dem Stadtgebiet von Halle werden zwei Wohngebiete ausgewählt: zum einen eine Plattenbausiedlung – der Bereich Nördliche Neustadt in Halle-Neustadt, zum anderen ein gründerzeitliches Wohnviertel – das Paulusviertel. So unterschiedlich diese Gebiete hinsichtlich ihrer Bebauung sind, so ist ihre inneres Gefüge doch gleich. Straßen, Innenhöfe und öffentliche Grünflächen bilden den Grundaufbau dieser wohnlich genutzten Stadtstrukturtypen. Im Folgenden werden die zwei Untersuchungsgebiete näher charakterisiert.

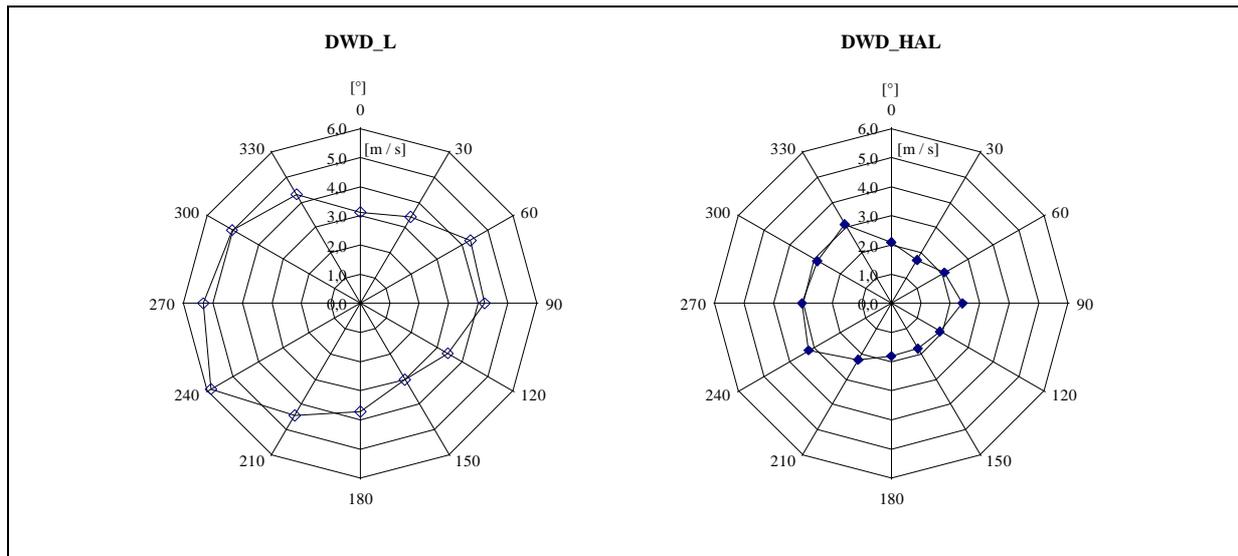


Abbildung 1: Mittlere Windgeschwindigkeit in 12 Windrichtungssektoren an den Stationen Halle-Kröllwitz (DWD_HAL) und Leipzig-Schkeuditz (DWD_L) für den Zeitraum 1/92-12/98 10 m ü. GOK

(nach einer schriftlichen Mitteilung des DWD, Regionales Gutachtenbüro Potsdam, O. THIESSEN vom 21.03.00)

Nördliche Neustadt

Für die Beschäftigten von Buna und Leuna im Raum Halle-Merseburg beschloß das Politbüro des Zentralkomitees der SED am 17. September 1963 den Aufbau einer Chemiarbeiterstadt (BÜRO FÜR STÄDTEBAU UND ARCHITEKTUR DES RATES DES BEZIRKES HALLE 1972, S. 29) in der DDR. In einem Zeitrahmen von 9 - 15 Jahren sollte eine neue Großstadt ohne Schornsteine, d.h. durch Fernwärme beheizt, entstehen, welche sämtliche Grundfunktionen wie Wohnen, Kultur und Bildung, Sport und Erholung sowie materielle Versorgung und soziale Betreuung erfüllen sollte. Nach der Grundsteinlegung im Juli 1964 wurden nacheinander 7 Wohnkomplexe errichtet. Wohngruppen bilden Untereinheiten der Wohnkomplexe, welche meist einen verkehrsfreien Wohnhof umschließen und mit einer Kindereinrichtung ausgestattet sind. „Die ... Wohnkomplexe mit den dazugehörenden Versorgungseinrichtungen (Wohnkomplexzentren)... waren so konzipiert, daß der Weg von der Haustür bis zur Kaufhalle oder bis zu den Dienstleistungsbetrieben nicht mehr als 600 m betrug“ (o.A. 1983, S 151). Wenige Haupt- und Sammelstraßen halten den Verkehr aus den Wohnkomplexen bzw. den Wohnhöfen heraus. Der Radius der Einzugsbereiche für die Omnibushaltestellen sollte maximal 500 m betragen, wie auch der sonstigen Verkehrserschließung besondere Berücksichtigung geschenkt wurde. So sind die „kurzen Entfernungen zwischen den Zentren mit ihren wichtigen Einrichtungen und die Gestaltung dieser Verbindungswege für den Fußgänger - direkt geführt, weitgehend frei von Fahrverkehr“ gehalten und „geben dem Bewohner die Möglichkeit, auf den Gebrauch individueller Kraftfahrzeuge innerhalb des bebauten Stadtgebietes zu verzichten“ (BÜRO FÜR STÄDTEBAU UND ARCHITEKTUR DES RATES DES BEZIRKES HALLE 1972, S. 60). Der ruhende Verkehr sollte demnach fast ausschließlich auf Parkplätzen und Parkstreifen untergebracht werden. Großes Augenmerk wurde auf die Stadtgestaltung verwandt. Durch verschiedene Gebäudehöhen und Baumaterialien und den gestalteten Grünflächen wurde ein abwechslungsreiches Bild angestrebt, wobei jeder Wohnkomplex eine typische Bebauungsstruktur aufweist.

Die nördliche Neustadt wird nach der kommunalen Gebietsgliederung im Westen durch die Nietlebener Straße, im Süden durch die Magistrale, im Osten durch den Gimritzer Damm und im Norden durch das ehemalige Militärgelände der Dölauer Heide begrenzt und umfaßt 207,9 ha. Hierin enthalten sind die Wohnkomplexe 3

(östlich Hallorenstraße, westlich Begonienstraße und Bodestraße), 4 (westlich Hallorenstraße, nördlich Albert-Einsteinstraße), 5 (östlich Begonienstraße und Bodestraße) und 7 (Stadtzentrum; westlich Hallorenstraße, südlich Albert-Einsteinstraße). Das eigentliche Untersuchungsgebiet wird auf den Bereich zwischen der Magistrale / Hallorenstraße / Lilienstraße / Begonienstraße / Selkestraße und Gimritzer Damm begrenzt (Karte 1, oben), da der westliche Bereich dieses Gebietes relativ inhomogen ist (Stadtzentrum Neustadt, Komplex 7). Diese Umgrenzung umfaßt 94 ha mit einer Nord-Süd-Erstreckung von 950 m und einer Ost-West-Ausdehnung von 1424 m, worin nur noch die Wohnkomplexe 3 und 5 enthalten sind. Der Wohnkomplex 3 besteht aus den Wohnungstypen P2 fünf-, acht- und elfgeschossig in überwiegend verschachtelter Bauweise (BÜRO FÜR STÄDTEBAU UND ARCHITEKTUR DES RATES DES BEZIRKES HALLE 1972, S. 209). Der Komplex 5 wird aus P2 fünf- und elfgeschossigen Wohngebäuden aufgebaut (ebenda, S. 217) in meist quadratisch gestalteten Wohngruppen. Die Geländehöhen innerhalb der Untersuchungsgebietesabgrenzung bewegen sich zwischen 75,4 und 78,0 m ü. NN. Seit der Wende hat die Einwohnerzahl in diesem Gebiet ständig abgenommen. Auch die fortschreitende Sanierung und Umgestaltung konnte bisher keine Trendwende herbeiführen.

Für das Stadtgebiet von Halle liegen zwei Untersuchungen vor, welche sich insbesondere mit Luft und Klima befassen. So wurde auf Basis einer Thermalbildbefliegung im Jahre 1992 eine Klimatopkarte⁹ erarbeitet (MAGISTRAT DER STADT HALLE - GRÜNFLÄCHENAMT 1992b). Danach zeigt sich großflächig das Klimatop E im Untersuchungsgebiet (Karte 2, oben). Stellenweise ist auch das Klimatop C zu erkennen, so „Zur Saaleue“ zwischen Unstrut- und Hyazinthenstraße sowie im Kreuzungsbereich Magistrale und „Zur Saaleue“. Nach Osten in Richtung Gimritzer Damm bzw. nördlich der Selke- und Lilienstraße schließen die Klimatope I und J an. Hier ist die Wirkung von vorwiegender Grünflächennutzung zu erkennen. Trotz des insgesamt höheren Grünflächenanteils im bebauten Bereich im Vergleich zum Paulusviertel zeigt dies bei den zu Klimatopen klassifizierten Oberflächentemperaturen im Untersuchungsgebiet nördliche Neustadt keinen Einfluß. In der Untersuchung von STADT HALLE / SAALE - STADTPLANUNGSAMT - ABTEILUNG FLÄCHENNUTZUNGSPLANUNG (1998) ist dem Untersuchungsgebiet in der Bewertungskarte Klima / Luft eine mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung zugewiesen worden. Dazu werden als Planungsempfehlungen bzw. Entwicklungszielen der Ausgleich von Neuversiegelungen durch Dach- und Fassadenbegrünung sowie durch Begrünung von Straßenräumen und Blockinnenhöfen angeführt. Eine maßvolle Nachverdichtung ist möglich.

Paulusviertel

Nach dem deutsch-französischem Krieg 1870 / 1871 hatte die Bildung des Deutschen Reiches einen wirtschaftlichen Aufschwung zur Folge. Dieser war in der Stadt Halle auf Zuckerrübenanbau bzw. -verarbeitung

⁹ Klimatop: Raum mit, durch die funktionelle Wirkungskombination der Oberflächeneigenschaften und –ausstattung bedingtem, ähnlichem Mikroklima; Nach der Untersuchung von MAGISTRAT DER STADT HALLE - GRÜNFLÄCHENAMT (1992b):

Klimatop	Beschreibung	Oberflächentemperatur
A	Wasserflächen	von B nach M abnehmend
B	Verkehrsknotenpunkte	
C, D	innerstädtisches Straßennetz, Industriegebiete mit hohem Versiegelungsgrad	
E, F	Bausubstanz im städtischen Bereich, städtische Parks	
G	Gleisanlagen	
H, I, J	nicht bebauten Gebiet, landwirtschaftliche Flächen, Waldflächen, Freiflächen im innerstädtischen Bereich, locker bebaute Einzel- oder Reihenhaussiedlung der Randbezirke, Dörfer im Umland	
K, L, M	meist abgeerntete landwirtschaftliche Flächen, Flußtäler, Senken	

und der Maschinenbauindustrie begründet. Mit dieser Entwicklung verbesserte sich die städtische Infrastruktur durch den Ausbau der Verkehrswege (Straße, Bahn, Schifffahrt, Flugplätze), der Errichtung der Gasanstalt und der Wasser- bzw. Elektrizitätswerke (O.A. 1992, S. 37). Die wachsende Wirtschaft hatte einen erhöhten Arbeitskräftebedarf und damit Zuzug zur Folge, wodurch die Einwohnerzahl allein von 1814 bis 1891 von 20000 auf 120000 Einwohner anstieg (MRUSEK 1976, S. 141). Mit der Zuwanderung von Beamten, Arbeitern und Angestellten reichte der vorhandene Wohnraum nicht mehr aus, so daß sich die bebaute Stadtfläche, im Osten begrenzt durch die Bahnlinie, im Westen durch die Saale, nach Norden und Süden ausdehnte. Wurden dabei im Süden vorwiegend Mietskasernenviertel errichtet, waren es im Norden eher Villenviertel finanzkräftiger Bürger. Zu dieser Zeit entstand auch das Paulusviertel. Die Bautätigkeit begann zunächst im Bereich der Ludwig-Wucherer-Straße und reichte bis zur heutigen Schleiermacherstraße (äußerer Ring). Erst nach dem 1. Weltkrieg wurde der innere Bereich um den Hasenberg bebaut. Die radialen Straßen, welche vom Hasenberg (innerer Ring) ausgehen, werden durch die Schleiermacherstraße verbunden und gliedern das Viertel baulich und sozial. Außerhalb des äußeren Ringes dominieren „hochverdichtete Mietskasernen, deren Blockinnenbereiche mit Seitenflügeln und Hinterhäusern bebaut sind“ (WERHEIT & FRIEDRICH in Vorbereitung, S. 16) in denen sich oft Kleingewerbe befand. Innerhalb des äußeren Ringes herrschen dagegen villenartige Bebauung mit freistehenden Gebäuden umgeben von Gärten vor. Bis zur Wende hin wurde das Paulusviertel derart dem Verfall preisgegeben, indem sämtliche Förderungen unterblieben. Nach der Wende setzte mit der Rückgabe oder dem Verkauf der Gebäude dann eine Welle der Sanierung und Modernisierung ein, welche jedoch eine Erhöhung der versiegelten Fläche zur Folge hatte. Insbesondere ist hier der Verlust von privaten Grünflächen anzuführen (NEUMANN 1998, S. 83). Die zum Teil desolaten Gebäudezustände nach der Wende hatten zusammen mit der fortschreitenden Sanierungstätigkeit zunächst bis zum 2. Quartal 1997 einen Bevölkerungsrückgang zur Folge. Durch die wieder entdeckte Attraktivität nahm seit dem die Einwohnerzahl stetig zu. Sie belief sich im 1. Quartal 2000 auf 9335. (STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT 1996a-c, 1997a-d, 1998a-d, 1999a-d, 2000a-b).

Nach der heutigen kommunalen Gebietsgliederung umfaßt das Paulusviertel 105,7 ha (STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT 2000a) mit der Ludwig-Wucherer-Straße / Reilstraße / Wolfensteinstraße und Paracelsusstraße als Grenzen. Im Rahmen dieser Arbeit wird jedoch nur die südliche Hälfte, welche größtenteils aus Blockrandbebauung besteht, betrachtet. Diese Fläche wird begrenzt durch die Ludwig-Wucherer-Straße / Reilstraße / Schopenhauer Straße / Maxim-Gorki-Straße / Rathenauplatz / Humboldtstraße und Paracelsusstraße (Karte 1, unten), was eine Flächengröße von 45,8 ha ergibt mit einer Nord-Süd-Ausdehnung von 958 m und einer Ost-West-Ausdehnung von 1139 m. Der Hasenberg mit der Pauluskirche bildet hierin die höchste Erhebung mit 111 m ü. NN, die Kreuzung Ludwig-Wucherer-Straße und Mühlweg die niedrigste mit einer Höhe von nur 93,7 m ü. NN. Damit beläuft sich der Höhenunterschied auf 17,3 m. Diese Fläche wird für die Meßfahrten um den Bereich bis zur Herweg- bzw. Hardenbergstraße erweitert, um mögliche Einflüsse der Topographie mit berücksichtigen zu können. Bei dieser Abgrenzung liegt der höchste Punkt bei 117 m ü. NN. Außerhalb des äußeren Ringes, der Schleiermacherstraße, herrscht vier- bis fünfgeschossige Blockrandbebauung vor. Innerhalb des Ringes finden sich größere öffentliche Gebäudekomplexe, Zeilenbebauung und freistehende Einzelgebäude.

Nach der weiter oben genannten Klimatopkarte (MAGISTRAT DER STADT HALLE - GRÜNFLÄCHENAMT 1992b; siehe auch ⁹, S. 17) lassen sich die klimatischen Verhältnisse im Paulusviertel grob charakterisieren (Karte 2, unten). Danach zeigt sich innerhalb der zuvor genannten Untersuchungsgebietsabgrenzung das einheitliche Klimatop E. Außerhalb, nach Nordosten hin, folgen die Klimatope I und J. In der Reihenfolge dieser Klimatope bedeutet dies abnehmende Oberflächentemperaturen in Richtung Nordost. Danach ist der Einfluß der Bebauungsstruktur gut zu erkennen. Er zeigt sich in erhöhten Oberflächentemperaturen in dem zuvor genannten blockrandbebauten Untersuchungsgebiet bzw. durch niedrigere Oberflächentemperaturen in dem nördlich daran anschließenden Bereich mit erhöhtem Durchgrünungsgrad und Einzelhausbebauung bzw. Kleingärten. In der später erschienenen Bewertungskarte Klima / Luft (STADT HALLE / SAALE - STADTPLANUNGSAMT - ABTEILUNG FLÄCHENNUTZUNGSPLANUNG 1998) flossen diese Einschätzungen mit ein, so daß dem südlichen, blockrandbebautem Teil des Untersuchungsgebietes eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung zugewiesen wurde, dem innerhalb der Schleiermacherstraße gelegenen Siedlungsteil eine mittlere. Entsprechend der Planungsempfehlung bzw. dem Entwicklungsziel ist im letztgenannten Gebiet eine maßvolle Nachverdichtung möglich, jedoch sollen Neuversiegelungen durch Dach- und Fassadenbegrünung sowie Begrünung von Straßenräumen und Blockinnenhöfen ausgeglichen werden. Im Bereich der verdichteten Blockbebauung ist von einer weiteren Versiegelung abzusehen, der Vegetationsanteil zu erhöhen, die Blockinnenhöfe zu entkernen sowie eine Begrünung derselben als auch der Dächer und Fassaden vorzusehen.

4 Methoden

Anregung und Basis einiger Daten dieser Arbeit bildete das an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg von der Verfasserin bearbeitete Forschungsprojekt „Variabilität immissionsökologischer Kenngrößen in Kompartimenten wohnlich genutzter Stadtstrukturtypen in Halle / S.“. Projektleiter dieses vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz Sachsen-Anhalt geförderte (FKZ-Nr. 76213/39/96) und in den Jahren 1996 – 1999 durchgeführte Forschungsvorhaben war Dr. Michael Zierdt.

Dieses Kapitel zeigt zuerst die Entwicklung eines Bewertungsverfahrens auf. Im weiteren werden im einzelnen die Methoden der Datenerhebung und -aufbereitung in den einzelnen Arbeitsschnitten zusammengestellt, deren Einzelergebnisse schließlich in einer Synthese zusammengefaßt werden sollen. Diese Dokumentation der einzelnen Arbeitsschritte über die Datenerhebung, -aufbereitung und -analyse bzw. Synthese gewährleistet die Transparenz und Nachvollziehbarkeit des zu entwickelnden Verfahrens.

Für die Durchführung dieser Arbeit stand am Institut für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg eine Sun-Workstation mit dem Programm ArcInfo 7.2.1 unter Unix-Betriebssystem zur Verfügung. Des weiteren wurde ein Windows95-konfigurierter PC benutzt, der neben den Microsoft Office-Anwendungen WORD7, EXCEL7 und ACCESS7 über ArcView 3.1, SURFER 7.0, das Statistikprogramm SPSS 9.0 und CorelDraw 7 verfügte. Ebenso lief unter diesem Betriebssystem das Programm SHADOW 2.2.1 Ferner wurde das im Internet verfügbare Programm VarioWin 2.2.1 (PANNATIER 1996) verwendet. Am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum konnte das Programm MISKAM 3.4 unter DOS-Betriebssystem benutzt werden.

4.1 Entwicklung eines Bewertungsverfahrens

Für die Transparenz und Nachvollziehbarkeit einer Umweltbewertung ist nicht nur die Dokumentation der einzelnen Verfahrensschritte erforderlich. So gilt es vorab diverse Verfahrensvorgaben und -ziele zu definieren, um nicht das Anliegen der Bewertung zu verfehlen und eine Reproduzierbarkeit zu gewährleisten.

Das **Bewertungsanliegen** des zu entwickelnden Bewertungsverfahrens läßt sich als „human-bioklimatische Bewertung ausgewählter Bebauungsstrukturen“ formulieren. Aus dem Begriff „human“ läßt sich die anthropozentrische **Werthaltung** ableiten. Ziel ist es, die Ausprägung der

- Lufttemperatur,
- Luftfeuchtigkeit,
- Licht- und
- Windverhältnisse

und deren Empfindung und Bewertung mit einem räumlichen (den Untersuchungsgebieten) und zeitlichen **Zielbezug** (Sommerhalbjahr bzw. ganzjährig) darzustellen. Von den diversen Schutzgütern ist das hierbei ausgewählte Umweltmedium „Klima“ Gegenstand der Bewertung. Als **Bewertungskriterien** werden nicht nur die natürlichen wie anthropogenen Klimafaktoren sowie die Klimaparameter selber herangezogen, sondern auch die Empfindungen bzw. Bewertungen der Einwohner und deren Änderungswünsche zu den oben genannten Klimausprägungen in den Untersuchungsgebieten. Trotz der unterschiedlichen Datenherkünfte muß und kann

mit metrischen **Bewertungsskalen** gearbeitet werden. Die **Bewertungsmaßstäbe** sind dabei funktionaler Art, nämlich Referenzwerte in Form von z.B. Durchschnittswerten, Minima oder Maxima.

Ein **Bewertungsverfahren** beschreibt das Zusammenfassen von Sachinformationen und Bewertungsmaßstäben zu einem Werturteil. Das hier angewendete Verfahren ist in Abbildung 2 dargestellt. Weil für diese Arbeit nicht auf vorhandene Daten zurückgegriffen werden kann, müssen zunächst sämtliche Daten erhoben werden. Die nachfolgenden Unterkapitel gehen auf die einzelnen Methoden der Datenerhebung

- Kartierung,
- Messungen an temporären Klimastationen,
- Meßfahrt und räumliche Interpolation
- Simulation,
- Befragung

sowie die weiterführenden Verarbeitungsmethoden näher ein. Um die auf verschiedene Art und Weise erhobenen Daten einer Bewertung zuführen zu können, müssen sie in einer gemeinsamen Datenhaltung zusammengeführt werden. Dies geschieht in einem Geographischen Informationssystem (GIS). GIS haben sich in vielerlei Einsätzen zur Bearbeitung klimatischer Fragestellungen bewährt. Als Beispiele seien DOSCH (1993), GRIMMOND & SOUCH (1994), DUTTMANN & MOSIMANN (1994), KÖNIG (1995), PÜTTMANN (1995), LO, QUATTROCHI & LUVALL (1997), BLENNOW & PERSSON (1998) und HUPF (1998) aufgeführt. Das GIS hat die primäre Aufgabe, den digitalen Datenbestand zu verwalten, diese Daten anderen Anwendungen zur Verfügung zu stellen oder die Ergebnisse solcher externen Anwendungen wieder in den digitalen GIS-Datenbestand zu integrieren – sowohl hinsichtlich der Geometrie als auch der Objektdaten. Schließlich bietet das GIS die einfachste Art Daten und Ergebnisse zu visualisieren (SMIATEK & SCHOENEMEYER 1999, S. 12). Aber „GIS are not able to perform complex dynamic simulations due to lack of numerical capabilities and environmental simulation systems do not support handling and analysis of geographic data“ (BECKER ET AL. 2000, S. 19). Daraus ergibt sich auch in dieser Arbeit das Nebeneinander von Simulationsprogrammen (Kapitel 4.4.3 und 4.4.4) und GIS, welches zuvor genannte Aufgaben übernimmt. Aufgrund des hierbei immer wiederkehrenden Problems des Datenaustausches gehen die Bemühungen hin zu interoperablen offenen GIS, welche Simulationsmodelle mit GIS zu verbinden suchen. BECKER ET AL. (2000, S. 21) führen dazu an, daß „this complete integration of an application and a GIS avoids the loss of semantics occurring in the traditional approach since model specific conversions and exchange formats are no longer necessary“.

Begründet durch die verschiedenen Herkünfte der Daten und deren Zusammenführung stehen nicht nur „klassische“ Klimaparameter wie mittlere Lufttemperatur oder Windgeschwindigkeit als Bewertungskriterien zur Verfügung, sondern auch abgeleitete Kennwerte (vgl. Kapitel 4.6). Da nicht für alle Flächen eine Bewertung der klimatischen Verhältnisse bzgl. Lufttemperatur, -feuchtigkeit sowie Licht durch die Bewohner vorliegt, kann nicht in einem Schritt eine Bewertung und Quantifizierung erfolgen. Deshalb wird zunächst eine Clusteranalyse durchgeführt, für all die Flächen, für die eine Beurteilung der Bewohner vorliegt. Anschließend wird in einer ersten Diskriminanzanalyse die Güte der Clusterbildung überprüft und ggf. Korrekturen vorgenommen. Nach dieser Korrektur wird eine zweite Diskriminanzanalyse durchgeführt, um die verbliebenen Flächen den ermittelten Klassen zuzuordnen. Diese Diskriminanzanalyse wird unter Auslassung der Variablen zur Empfindung bzw. Bewertung durchgeführt, da für die verbliebenen Flächen keine Werte hierfür vorliegen. Neuordnungen der bisherigen – schon überprüften - Flächen, die sich bei dieser Nichtberücksichtigung der zwei genannten Variablen ergeben, werden nicht korrigiert. Der Clusteranalyse zur Bewertung der

Windverhältnisse folgt nur eine Diskriminanzanalyse, da grundsätzlich alle Subtypenflächen in die Bewertung eingehen. Abschließend müssen die Ergebnisse der Clusteranalyse validiert werden. Hierzu werden die Messungen der Klimastationen mit diesen in Beziehung gesetzt. Dieses Verfahren wird im folgenden näher beschrieben.

Die Beurteilung der aus der Clusteranalyse resultierenden Klassen geschieht anhand der Beurteilung (Empfindung und Bewertung) durch die Befragung sowie den weiteren Parameterausprägungen eines jeden Clusters. Ferner fließen die Änderungswünsche mit in die Bewertung ein. Aus dem Gesamturteil wird zunächst der grundsätzliche Handlungsbedarf und daraus die konkreten Handlungsempfehlungen für die einzelnen Flächen abgeleitet. Da das angestrebte Ziel die Erreichung einer Komfort- bzw. Behaglichkeitssituation ist, werden diejenigen Klassen der Gruppe mit Handlungsbedarf zugeschlagen, deren klimatische Situation als unangenehm bewertet wird. Danach lassen sich die Cluster, je Themenbereich und Untersuchungsgebiet, in 2 Gruppen aufteilen: den Klassen mit bzw. denen ohne Handlungsbedarf.

Die Zielsetzung der punktuellen Messungen an den Klimastationen (vgl. Kapitel 4.4.1) ist die Repräsentanz der Messungen für die die Untersuchungsgebiete aufbauenden stadtklimatischen Einheiten: Straße, Innenhof und öffentliche Grünfläche. Die Standorte der Klimastationen gehören dabei - je nach Clusteranalyse - verschiedenen Klassen bzw. den zwei Gruppen - mit oder ohne Handlungsbedarf - an. Wird die im vorherigen Absatz vorgestellte Gruppierung der Cluster in die zwei Kategorien durchgeführt, müssten die Messungen die Verhältnisse derjenigen Gruppe widerspiegeln, in der ihre Standorte liegen. Es werden dabei nur diejenigen Meßdaten verwendet, die für alle Stationen gleichzeitig sowie als ganze Tagesgänge vorliegen.

Eine weitere Validierungsmöglichkeit bestünde darin, das Datenkollektiv zuerst zu splitten. Mit dem ersten Datenkollektiv würde das zuvor beschriebene Verfahren durchgeführt, um die Ergebnisse anschließend mit dem zweiten Datenkollektiv zu validieren. Auch wäre eine Validierung möglich, wenn sämtliche Daten für zwei weitere Untersuchungsgebiete (je eine Plattenbausiedlung und ein Gründerzeitviertel) vorliegen würden. Letztere könnten dann als Kontrollgruppe zur Validierung dienen. Da für den ersteren Fall das vorhandene Datenkollektiv nicht ausreicht bzw. der zweite Fall nicht gegeben ist, entfallen diese Validierungsmöglichkeiten.

Die formalen Vorschriften zur Zusammenfassung oder Aggregation und deren Reihenfolge beschreibt die **Bewertungsmethode** (hier die Clusteranalyse) und füllt somit das Bewertungsverfahren inhaltlich. Die Anwendung einer räumlichen Clusteranalyse oder Klassifikation wird auch Regionalisierung genannt und hat die Diskretisierung räumlicher Kontinua zum Zweck (SCHRÖDER in: SCHRÖDER, VETTER & FRÄNZLE 1994, S. 17). In dem sonst objektiven Verfahren der Clusteranalyse verbleibt in der Regel ein nicht zu vernachlässigender Rest an subjektiven Elementen, da eine ganz Reihe von Entscheidungen zu fällen sind, für die nicht immer harte, objektive Kriterien angeboten werden können (ZÖLITZ-MÖLLER & KLEIN in: SCHRÖDER, VETTER & FRÄNZLE 1994, S. 242). Deshalb sollten zum Zweck der Transparenz und Nachvollziehbarkeit Angaben zu nachstehenden Punkten gemacht werden: Wahl der adäquaten (ggf. räumlichen) Basiseinheiten, Attributauswahl, Externe und interne Gewichtung, Korrelationen, Problem fehlender Daten, Standardisierung, Wahl des Unähnlichkeitsmaßes, Wahl des Klassifikationsverfahrens, Wahl und Integration der Kontingenzrestriktion (räumliche Nähe), Festlegung der zu interpretierenden Klassenzahl (ebenda). Eine kurze Einführung mit Beispielen zur Anwendung in der Geographie geben BAHRENBERG, GIESE & NIPPER (1992). Die Beiträge von SCHRÖDER, ZÖLITZ-MÖLLER & KLEIN sowie MUCHA (in: SCHRÖDER, VETTER & FRÄNZLE 1994) geben weitere Übersichten und Beispiele in der Geoökologie. FISCHER (1982) beschreibt den Wandel der Klassifikations- und Regionalisierungsverfahren in

der Geographie und Regionalforschung. Darstellungen des mathematischen Hintergrundes und Überblicke über die verschiedensten Verfahren bieten z.B. FAHRMEIR, HAMERLE & TUTZ (1996), EVERITT (1993), ARABIE, HUBERT & DE SOETE (1996), TRYON & BAILEY (1970), MIRKIN (1996) und GORDON (1999) ¹⁰. In Abhängigkeit von der Fragestellung werden die diskretisierenden Kriterien als Ausschnitt der Realität festgelegt und bilden damit das Umweltmodell.

Ziel soll es sein, möglichst homogene Klassen zu bilden, die untereinander möglichst verschieden sind. Deshalb wird in dieser Arbeit bei der Clusteranalyse das Ward-Verfahren angewendet, welches zur Bildung von Clustern mit interner minimaler Heterogenität und minimaler Gesamtvarianz innerhalb der Cluster führt (BAHRENBURG, GIESE & NIPPER 1992, S. 286). Mit der Wahl dieses Verfahrens kann nur die quadrierte Euklidische Distanz als Distanz- bzw. (Un)Ähnlichkeitsmaß verwendet werden. Hierbei werden größere Distanzen stärker gewichtet als kürzere. Dieses Maß ist aber unempfindlich, wenn nur hinsichtlich einer einzelnen Variable große Unterschiede zwischen den Kriterien auftreten (ZÖLITZ-MÖLLER & KLEIN in: SCHRÖDER, VETTER & FRÄNZLE 1994, S. 244). Voraussetzung ist das Vorliegen von metrisch skalierten Variablen, i.e. Bewertungskriterien, die orthogonal, d.h. unkorreliert, sind. In Kapitel 4.6 (Tabelle 6, S. 42) werden die schließlich vorliegenden Variablen bzw. Bewertungskriterien aufgelistet. Zur Unterdrückung von Skaleneffekten durch eine unterschiedliche Anzahl von Skalenstufen, Intervallbreiten und Größenordnungen wird die Standardisierung mittels z-Transformation (Mittelwert = 0, Varianz = 1) gewählt.

Die Clusteranalysen werden für jedes Untersuchungsgebiet einzeln je Themenbereich durchgeführt, um die gebietspezifischen Besonderheiten festzustellen. Eine Vergleichbarkeit der Cluster zwischen den Untersuchungsgebieten ist dadurch nicht gegeben und auch nicht sinnvoll im Hinblick auf den zwar gleichen strukturellen Aufbau, den jedoch sehr unterschiedlichen Größendimensionen. Neben der Bewertung ist ein weiteres Ziel der Arbeit Handlungsempfehlungen aus den Ergebnissen abzuleiten. Leitmotive sind hierbei die Empfindung und Bewertung der Bewohner, deren Änderungswünsche und den in die Analyse eingeflossenen Variablen.

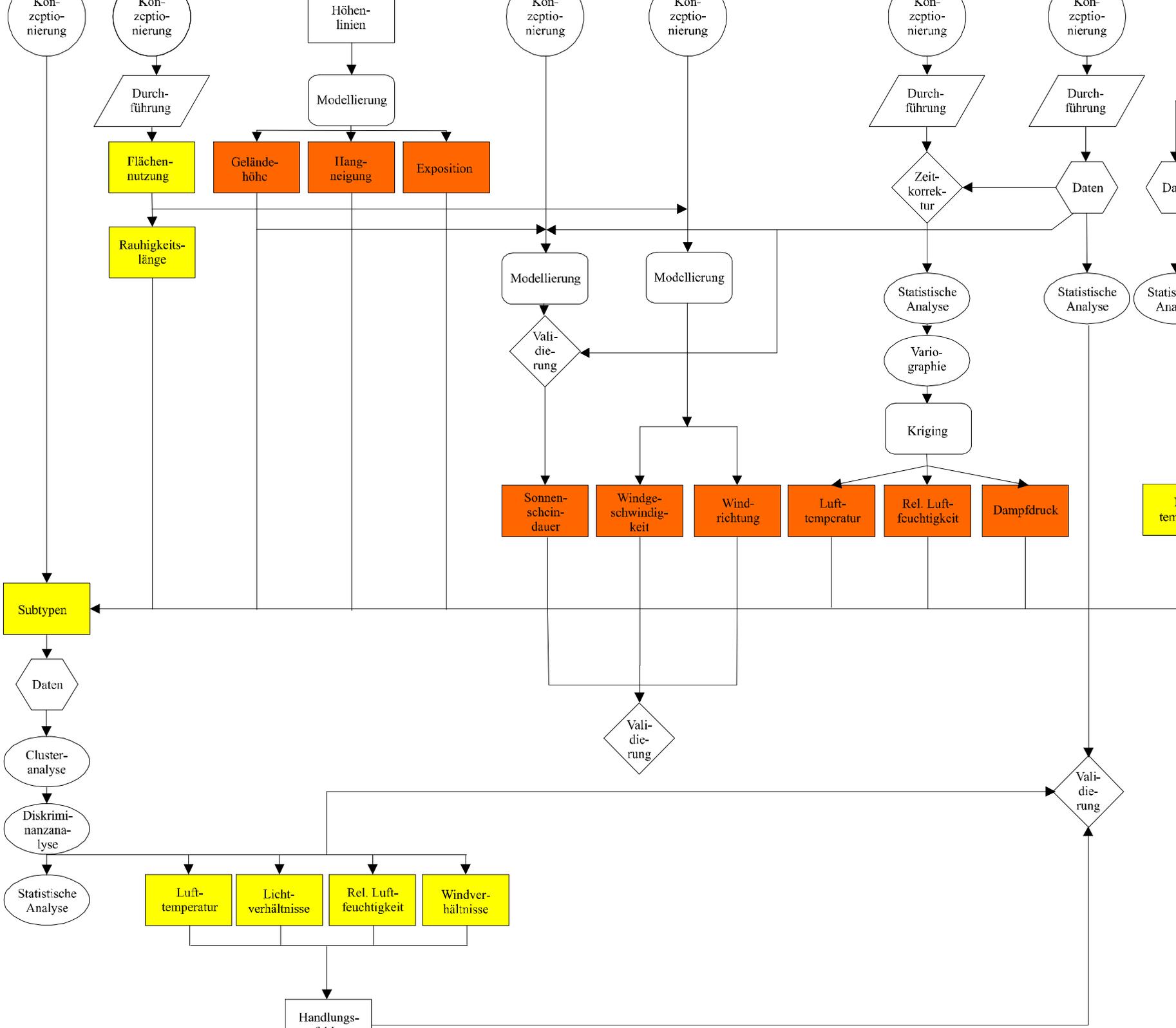
¹⁰ Ein Problem bei der EDV-gestützten Datenverarbeitung ist, daß die Vielfalt der verschiedenen vorhandenen oder neu entwickelten Methoden und Distanzmaße nicht in allen Programmpaketen vorhanden ist. ARABIE, HUBERT & DE SOETE (1996, S. 342) beschreiben das Dilemma: „the well-known statistical packages typically are not able to keep up with advances in a rapidly evolving discipline, especially when the field is not part of the mainstream statistical community“. Auch das weit verbreitete SPSS weist als populäres Statistikprogramm einige Lücken auf, was oftmals zu Eigenentwicklungen, z.B. MUCHA (1992) oder KAUFMAN & ROUSSEEUW (1990), führte und eine Übersicht über bzw. den Zugriff auf die vorhandenen Möglichkeiten erschwert.

**Daten-
erhebung**

**Einzel-
ergebnisse**

**Daten-
aggre-
gation**

Synthese



4.2 Ausweisung und Charakterisierung der Subtypenflächen in den Untersuchungsgebieten

Dieses Kapitel stellt die Arbeiten zur Vorbereitung der räumlichen Analysegrundlage dar. Hierbei wird das Ziel verfolgt, Flächen abzugrenzen, die aufgrund ihres ähnlichen inneren Aufbaus einen vergleichbaren Energieumsatz erwarten lassen. In einer später folgenden Zusammenführung der Einzelergebnisse und deren Analyse sollen dann u.a. speziell solche Strukturen ausfindig gemacht werden, die eine klimatisch ungünstige Wirkung haben. Schließlich lassen sich daraus konkrete Handlungsempfehlungen ableiten.

Zur Herstellung der räumlichen Analysegrundlage werden die Untersuchungsgebiete in kleinere Raumeinheiten unterteilt. Diese umgrenzen das komplexe Wirkungsgefüge in den drei Funktionsräumen Straßen, Innenhöfe und öffentliche Grünflächen. Im weiteren werden diese Stadtelemente Subtypen genannt. Ferner werden noch einige Sonderflächen ausgewiesen, die nicht den vorgenannten Kategorien zugeordnet werden können. Die Abgrenzungen erfolgten auf Basis von Geländebegehungen, Luftbildern, Flächennutzungskarte (STADT HALLE (SAALE) 1998) und topographischen Karten (LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND DATENVERARBEITUNG SACHSEN-ANHALT 1992a-b). Die Abgrenzung der Teilflächen selber richtet sich nach der Flächenfunktion. Jedoch bedingt in einigen Fällen die Grenzziehung räumlicher Übergänge eine nur teilweise befriedigende Abstraktion der Realität. Zusammenfassend werden bei der Ausgrenzung und Charakterisierung der Subtypen folgende grundlegende Prinzipien angewendet:

- Straßen werden nach ihrer Funktion als Verkehrsweg ausgegrenzt, Kreuzungsbereiche werden neben den eigentlichen Straßenabschnitten gesondert ausgewiesen,
- Innenhöfe werden anhand der umgebenden Bebauung charakterisiert; Nutzer dieser Räume sind fast ausschließlich die Anwohner, z.B. zur Erholung
- die öffentlichen Grünflächen werden nach ihrer Erholungsfunktion abgegrenzt,
- alle diesen drei Kategorien nicht zuordbaren Flächen werden als Sonderflächen ausgewiesen.

Der **Straßenraum** wird in zwei Gruppen unterteilt: den eigentlichen Straßenabschnitten und den Kreuzungsbereichen. Eine derartige Unterteilung erscheint sinnvoll, da Kreuzungsbereiche von wesentlich weniger vertikalen Flächen umgeben sind als Straßenabschnitte. Die dadurch bedingte höhere direkte Einstrahlung auf die horizontale Straßenfläche hat einen anderen Energieumsatz zur Folge, als es in den Straßenabschnitten der Fall ist. Im Untersuchungsgebiet Neustadt liegt die Besonderheit darin, daß neben den Durchgangsstraßen auch Stich- oder Erschließungsstraßen als Sackgassen vorhanden sind. Sie werden aber nicht als Subtyp Straße ausgewiesen, sondern den an- und umgrenzenden Flächen zugeordnet, wobei es sich meist um Innenhofflächen handelt. Damit werden sie analog den Hof(zufahrts)wegen im Paulusviertel den Innenhofflächen zugeordnet.

Grundsätzlich ist die Funktion der **Innenhöfe**¹¹ in beiden Untersuchungsgebieten gleich: die Nutzung durch die Bewohner der umliegenden bzw. angrenzenden Gebäude. Hier finden sich oftmals Sandkästen, Sitzgelegenheiten, Wäschetrockenplätze und bei Zufahrtsmöglichkeiten auch Parkplätze. Im Gegensatz zum Paulusviertel ist jedoch in Neustadt der Gesamttraum der Innenhöfe grundsätzlich keinem Einzelgebäude bzw.

¹¹ In Neustadt werden die Innenhöfe auch als Wohnhöfe bezeichnet (vgl. hierzu Kapitel 3)

Blockteil zugewiesen, sondern allen angrenzenden Bewohnern zugänglich. Da insbesondere die Strukturgrößen der Subtypen in Neustadt größer ist als im Paulusviertel, finden sich hier auch Straßen, welche dem Subtyp Innenhof zugeteilt werden.

Die öffentlichen **Grünflächen** dienen neben der Erholung im näheren Wohnumfeld auch der Verbesserung der Luftqualität und des Klimas. Kennzeichnend für diese Flächen ist die Erschließung durch Wege mit der Möglichkeit zum Verweilen auf Bänken. Neben den auszugrenzenden öffentlichen Grünflächen finden sich auch andere Grünflächen, wie z.B. Vorgärten oder straßenbegleitende Anpflanzungen. Wegen ihrer meist geringen Größe sowie ihrer Unzugänglichkeit auf Privatgrundstücken bzw. eingeschränkter Begehrbarkeit zählen diese Flächen nicht zu den eigentlichen öffentlichen Grün- und Erholungsflächen und werden den anderen Subtypenabgrenzungen zugeordnet.

Neben diesen Grundeinheiten müssen schließlich noch einige **Sonderflächen** abgegrenzt werden, da sie keiner der vorgenannten Kategorien zuteilbar sind. Hier sind Flächen mit lockerer Bebauung (z.B. Einkaufszentren) oder nicht öffentliche Flächen (z.B. Schulen), Sport- und Parkplätze zu nennen.

Nachdem die räumliche Analysegrundlage, die Subtypenflächenabgrenzung, in diesem Arbeitsschritt erstellt worden ist, können die erhobenen Daten den jeweiligen Subtypen zugewiesen werden. Nach den Erörterungen zu den Verfahren der einzelnen Datenerhebungen in den nachstehenden Kapiteln 4.3 bis 4.5 veranschaulicht Kapitel 4.6 die inhaltliche Datenaggregation in dieser räumlichen Analysegrundlage.

4.3 Erhebung des flächennutzungsinduzierten und topographischen Charakters der Untersuchungsgebiete

Durch Ermittlung der Flächennutzung und der Topographie können einige natürliche wie anthropogene Klimafaktoren bestimmt werden. Hierzu zählen Hangneigung, Exposition, Geländehöhe, die aus der Flächennutzung abgeleitete Rauigkeitslänge, Gebäudehöhen sowie in Neustadt die Gebäudedurchlässe mit ihrer Ausrichtung. Als Arbeitsgrundlage dient dazu die Digitale Stadtgrundkarte (DSK, STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997), wodurch eine hohe räumliche Auflösung gewährleistet ist. Darin enthalten sind neben Gebäudeumrissen, Mauern, technischen Einrichtungen, Straßen- und Bürgersteigflächen, auch Angaben zur Flächennutzung. Letztere sind allerdings sehr lückenhaft. Um diese Lücken zu schließen und auch um den Stand zum Befragungszeitpunkt zu ermitteln, wurde von der Bearbeiterin im Juli 1998 eine Nutzungskartierung durchgeführt.

4.3.1 Flächennutzung

Als Basis für die digitale Verarbeitung mittels GIS werden die zwei wichtigsten Ebenen der DSK (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997), Polygone und Linien, verschnitten. Der resultierenden Karte werden durch Änderung bzw. Ergänzung der neu generierten Polygone die Ergebnisse der Kartierung zugewiesen. Der Kartierschlüssel für die Flächennutzungskartierung ist Tabelle 3 zu entnehmen. Aus der Nutzung läßt sich ferner die Eingangsparameter Rauigkeitslänge (z_0) für die Simulation der Windverhältnisse bestimmen. Wie mit den in diesem Arbeitsschritt ermittelten Daten weiter verfahren wird, stellt Kapitel 4.6 dar.

Tabelle 3: Schlüssel zur Flächennutzungskartierung

ID	Beschreibung	Kategorie	Rauhigkeitslänge z_0
[-]	[-]	[-]	[m]
1	Gebäude	versiegelt	1
2	<i>Nicht belegt</i>	-	-
3	Grünfläche; Rasen	unversiegelt	0,050
4	Grünfläche; Rasenfläche mit Bäumen	unversiegelt	0,100
5	Grünfläche; locker bewachsen	unversiegelt	0,300
6	Grünfläche; dicht Bewachsen	unversiegelt	0,800
7	Decke; Asphalt	versiegelt	0,010
8	Decke; Beton	versiegelt	0,010
9	Platte; Granit	versiegelt	0,015
10	Platte; Beton	versiegelt	0,015
11	Pflaster; Granit/Prophy/Schlacke/ Ziegel	versiegelt	0,020
12	Verbundpflaster	versiegelt	0,015
13	Unversiegelte Oberfläche: unbewachsen mit Auflage	unversiegelt	0,020
14	Unversiegelte Oberfläche: bewachsen	unversiegelt	0,050
15	Unversiegelte Oberfläche: unbewachsen ohne Auflage	unversiegelt	0,010
16	Rasengitter	unversiegelt	0,025
17	<i>Nicht belegt</i>	-	-
18	Wasserfläche	unversiegelt	0,003

(Datengrundlage: z_0 -Werte z.T. nach EICHHORN (1997a) bzw. eigenen Schätzungen)

4.3.2 Hangneigung und Exposition

Die Topographie wird aus der Topographischen Karte 1 : 10.000 (LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND DATENVERARBEITUNG SACHSEN-ANHALT 1992a-b; Gauß-Krüger-Koordinaten, Krassowski-Ellipsoid mit Lagestatus 150) im GIS digitalisiert und in das Gauß-Krüger-Koordinatensystem mit Bessel-Ellipsoid und gleichem Lagestatus transformiert. Ergänzt durch Vermessungspunkte aus der DSK (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997) wird eine Geländemodellierung durchgeführt wonach die Hangneigung und Exposition vorliegen. Im Zuge des Berechnungsverfahrens liegt ferner auch die Geländehöhe als Raster vor. Die inhaltliche Weiterverarbeitung dieser Daten behandelt Kapitel 4.6.

4.4 Bestimmung und Erhebung klimatischer Parameter

Ziel dieses Kapitels ist, flächenhafte Aussagen zu den klimatischen Ausprägungen in den Untersuchungsgebieten zu machen. Die übliche Methode Klimadaten zu erheben sind Messungen an Klimastationen. Jedoch sind diese Punktmessungen nur repräsentativ für die räumliche Einheit, in der der jeweilige Standort liegt. Als Ergebnis dieser Messungen liegen Zeitreihen vor. Diese Punktmessungen lassen sich aber wegen ihrer geringen Stationsdichte im mikroklimatischen Maßstab nicht auf größere Flächen interpolieren, um für diese Aussagen zu treffen. Jedoch können in dieser Maßstabsebene, bei geeigneter Standortwahl, für typische (Stadt-) Strukturen die klimatischen Ausprägungen erfaßt und untereinander oder mit anderen Standorttypen verglichen werden. Aufbau und Betrieb dieser Klimastationen schildert Kapitel 4.4.1. Für flächenhafte Aussagen müssen also andere Methoden gewählt werden.

Zur Erfassung der räumlichen Verteilung von Klimaparametern können mehrere Wege in Erwägung gezogen werden. Am einfachsten können diese direkt durch Meßfahrten ermittelt werden, eine weitere Methode sind Simulationen. In der Stadtklimatologie sind außerdem Thermalscannerbefliegungen üblich, um insbesondere auf

die Temperaturverteilung, i.e. die Oberflächentemperaturen und deren Abkühlungsraten, zu schließen. Nachteil ist jedoch, daß - je nach Bildauflösung - z.B. Baumkronen, Dächer oder Straßenflächen in einem Bildpunkt zusammengefaßt werden. Für die Stadt Halle liegt eine Thermalscannerbefliegung vor, welche jedoch große Mängel aufweist und deshalb nicht für diese Arbeit verwendet wird. Als Gründe für die Mängel sind hier enorme Verzerrungen auf Grund fehlerhafter Entzerrungen, eine nicht nachvollziehbare Korrektur anhand der parallel zur Befliegung durchgeführten Bodenmessungen und fehlende Angaben zum Temperaturreferenzbereich der Rasterdaten zu nennen.

Für die Erreichung des Zieles, flächenhafte Aussagen über die klimatischen Ausprägungen in den Untersuchungsgebieten zu machen, werden in dieser Arbeit aus den vorgestellten Methoden Meßfahrten und Simulationen angewendet. Dabei werden durch die Meßfahrten Lufttemperatur und -feuchtigkeit (Kapitel 4.4.2), durch Simulationen Licht- und Windverhältnisse (Kapitel 4.4.3 und 4.4.4) ermittelt. Die Messungen an den Klimastationen (Kapitel 4.4.1) dienen der Korrektur der Ergebnisse der Meßfahrt, der Validierung der Simulationen sowie der Syntheseergebnisse (Kapitel 5.2.2 bis 5.2.5).

4.4.1 Punktuelle Messungen: temporäre Klimastationen

In den zwei Untersuchungsgebieten Paulusviertel und Neustadt wurden je 3 Klimastationen aufgestellt, wobei je eine Station auf einer öffentlichen Grünfläche, einem Innenhof und einer Straße positioniert wurde (vgl. Karte 1 und Anhang 1):

- P_G (Paulusviertel, öffentliche Grünfläche)
- P_I (Paulusviertel, Innenhof)
- P_S (Paulusviertel, Straße)
- N_G (Neustadt, öffentliche Grünfläche)
- N_I (Neustadt, Innenhof)
- N_S (Neustadt, Straße)

Im Gegensatz zu der durch den VDI formulierten Richtlinie 3786 zur Umweltmeteorologie (VDI 1985a-c, 1986, 1988 und 1995) stellen die gewählten Stationsstandorte und deren Ausrüstung einen Kompromiß dieser und den Anforderungen der Grundstücksbesitzer bzw. der Meßziele dar. So ist das Meßziel nicht die „optimale Repräsentanz der Messungen für größere naturräumliche Einheiten“ (VDI 1995, S. 23) gewesen, sondern für kleinere, für die Untersuchungsgebiete typische, stadtklimatische Einheiten: den Straßen, Innenhöfen und öffentlichen Grünflächen.

Die technische Einrichtung aller 6 Stationen war gleich, womit eine direkte Vergleichbarkeit der gewonnenen Daten gegeben ist. Die Ausrüstung der Stationen wird in Anhang 2 aufgelistet, Tabelle 4 stellt die für diese Arbeit relevanten erfaßten klimatischen Parameter zusammen¹². Die Messungen wurden alle 10 s durchgeführt und als 10-min-Mittel abgespeichert. Diese zunächst im ASCII-Format vorliegenden Daten wurden unter Verwendung eines VBA-Makros in EXCEL eingelesen. Abschließend wurden die Datenbestände in eine ACCESS-Datenbank importiert und einer Plausibilitätskontrolle mit eventuellen Korrekturen unterzogen. Der Meßzeitraum der Klimastation erstreckte sich über den Zeitraum Februar 1997 bis April 1999, wobei im weiteren nur die vollen Jahreszahlen genannt werden.

¹² Bei allen Standorten war eine netzunabhängige Energieversorgung erforderlich, so daß Blei-Gel-Akkus zur Stromversorgung dienten. Mit dieser Ausstattung war ein mindestens 7-tägiger, wartungsfreier Betrieb gewährleistet. Etwa alle 7 Tage wurden die Loggerdaten mit einem Laptop ausgelesen. Nähere Ausführungen zum Loggerbetrieb sind PÜTTMANN & ZIERDT (1999) zu entnehmen.

Tabelle 4: Zusammenstellung der erfaßten klimatischen Parameter an den temporären Klimastationen

Klimaparameter	Meßhöhe	Bezeichnung	Einheit
Lufttemperatur	2,0 m ü. GOK	LT200	°C
Relative Luftfeuchtigkeit	2,0 m ü. GOK	LF200	%
Windgeschwindigkeit	2,5 m ü. GOK	WG250	m / s
Windrichtung	2,5 m ü. GOK	WR250	°
Globalstrahlung	2,0 m ü. GOK	STR200	W / m ²

4.4.2 Flächenhafte Ermittlung I: Meßfahrten

Zweck von Meßfahrten ist es, durch mobile meteorologische Messungen differenzierte Aussagen zur räumlichen Ausprägung und Variabilität der Klimaparameter zu gewinnen. In dieser Arbeit wurden mit dieser Methode die Parameter Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit ermittelt.

Im Gegensatz zu fest installierten Klimameßstationen, die Zeitreihen für den jeweiligen Meßort registrieren, wird durch Meßfahrten der Zustand eines Klimaparameters zu einem bestimmten Zeitpunkt über die Fläche als Zeitschnitt erfaßt. Grundsätzlich können zwei verschiedene Arten der Datenerfassung bei Meßfahrten unterschieden werden. Die erste Methode ist die kontinuierliche Messung mit vordefinierten Zeitabständen. Die räumliche Zuordnung geschieht anhand von z.B. schriftlichen Aufzeichnungen während der Meßfahrt, d.h. zu welcher Zeit welcher Meßpunkt passiert wurde. Alle dazwischen liegenden Meßwerte können kaum oder nicht verwendet werden, da die Fahrgeschwindigkeit variiert oder auch Ampelstops erforderlich sind. Bei der zweiten Methode wird nur dann gemessen, wenn ein Meßpunkt erreicht wird. Alle weiteren Veränderungen oder Besonderheiten können auch zusätzlich mit Meßwert und Ortsangabe vermerkt bzw. gemessen werden. Der letzten Methode wird im Rahmen dieser Arbeit der Vorzug gegeben.

Gerade bei autochthonen Wetterlagen mit geringen horizontalen Luftbewegungen und großer Einstrahlung bildet sich eine sehr gute Differenzierung des Lufttemperatur- und Luftfeuchtefeldes, bedingt durch die unterschiedlichen Strukturen in Städten, heraus. Deshalb werden zur Durchführung von Meßfahrten Hochdruckwetterlagen bevorzugt. Das Meßergebnis sind zeitlich trendbehaftete, punkthafte Meßdaten, die vor der räumlichen Auswertung (Interpolation) auf eine bestimmte Bezugszeit korrigiert werden müssen.

Für die Durchführung der Meßfahrten wird ein Meßaufbau genutzt, der es ermöglicht, jedes beliebige Auto in ein Meßfahrzeug umzuwandeln. Von vielen Anbietern werden Ausstattungen zur Durchführung von Meßfahrten oder -gängen angeboten, die jedoch sehr kostenintensiv sind. Der grundlegende Aufbau der hier verwendeten Meßanordnung besteht darin, daß zwei Handmeßgeräte mit zwei Spannungsmessern verbunden werden, die die analogen Signale des Handmeßgerätes in digitale umwandeln. Die Spannungsmessgeräte wiederum werden mit einem Laptop verbunden, welches mit Hilfe eines BASIC-Programms die gemessenen Daten an den Schnittstellen abfragt und samt Meßzeit digital erfaßt. Damit stehen die Daten sofort einer EDV-gerechten Weiterverarbeitung in einer ASCII-Datei zur Verfügung. Unter Verwendung von Kabelverlängerungen werden die Multifunktionssonden der Handmeßgeräte an einer Dachlatte, welche auf dem Fahrzeugdach befestigt ist, 0,5 m vor dem Motorhaubenende installiert, um eine Beeinflussung durch die Abwärme des Motors zu verhindern. In Abhängigkeit von dem verwendeten Fahrzeug kann dabei die Meßhöhe leicht variieren. Anhang 3 listet die technische Ausrüstung zur Durchführung der Meßfahrten auf. Weitergehende Details sind PÜTTMANN & ZIERDT (1999) zu entnehmen. Im Laufe der technischen Entwicklung von Meßwertgebern hat sich deren Ansprechzeit wesentlich erhöht. Dennoch wird eine Fahrgeschwindigkeit von ≤ 20 km / h während der eigentlichen Messung

am Kontrollpunkt empfohlen, da sich bei darüberliegenden Fahrtgeschwindigkeiten deutlich andere Ergebnisse ergeben können (z.B. KÜHNE 1999, S. 39). Dies wurde bei der Durchführung der Meßfahrten berücksichtigt.

In Vorbereitung der Meßfahrten werden für die Untersuchungsgebiete Routen festgelegt, die 67 (Paulusviertel) bzw. 81 (Neustadt) Meßpunkte umfassen (Karte 3). Dabei wird auf eine gleichmäßige Verteilung des Meßrasters über das Untersuchungsgebiet, gut erkennbare Örtlichkeiten zur Wiedererkennung der Meßpunkte und einer Fahrtdauer von maximal einer Stunde zum Erreichen aller Meßpunkte geachtet.

Erfaßt werden bei den Meßfahrten die Parameter Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit. Letztere ist allerdings stark von der Lufttemperatur abhängig. Aussagekräftiger für die Luftfeuchteverhältnisse ist dagegen der Dampfdruck, zu dem KÜHNE (1999, S. 124) schreibt: „Der menschliche Körper überführt durch die Körperverdunstung Wasser in Wasserdampf, dadurch wird Wärme verbraucht. Hierzu ist allerdings ein Dampfdruckgefälle von der Körperoberfläche zur Umgebungsluft notwendig, woraus sich ein Problem bei der Kombination von Wärme und hoher Luftfeuchte ergibt, denn der Wärmeverbrauch wird behindert“. Deshalb wird ebenso der Dampfdruck betrachtet, welcher sich nach Formel 3 und Formel 4 (S. 39) errechnen läßt.

Ab einer Meßfahrdauer von mehr als 30 min ist eine Bereinigung des Tagesganges der Klimaparameter während der Dauer der Fahrten nötig (OTTE in: VDI-KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT 1988, S. 299). Oftmals sind nämlich die zeitlichen Schwankungen an einem festen Bezugspunkt größer als zu einem festen Zeitpunkt über einer horizontalen Fläche. Zur Bereinigung wird die von DANZEISEN (in: LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ RHEINLAND-PFALZ 1983, S. 14) beschriebene Globalmethode¹³, d.h. die Korrektur anhand paralleler Messungen an einer Feststation auf eine bestimmte Bezugszeit, angewendet.

Zur Weiterverarbeitung der Meßfahrtergebnisse werden die zunächst im ASCII-Format vorliegenden Daten in EXCEL eingelesen und nach der zuvor genannten Methode zeitlich korrigiert und z.T. umgerechnet.

In Rahmen vieler klimatologischer Arbeiten wurden u.a. Meßfahrten durchgeführt. Zwar werden oftmals Angaben über die Art der notwendigen zeitlichen Korrekturen und der verwendeten Meßgeber gemacht (z.B. MÜLLER 1997, KÜHNE 1999, KÖNIG 1995, BURKERT 1992, BARLAG 1993, BECKRÖGE & BÜRGER 1993, HERGERT, MOSIMANN & TRUTE 1993, OBERSTADTDIREKTOR DER STADT MÜHLHEIM A.D.R. 1990, STOCK, BECKRÖGE & BARLAG 1991), jedoch bleibt die Art und Weise der räumlichen Interpolation bei der flächenhaften Darstellung und darüber, welche Programme verwendet wurden, unklar. Es läßt sich vermuten, daß bei der Interpolation nur einfache Verfahren verwandt wurden. In der „VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 Umweltmeteorologie - Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen“ (VDI 1984) wird die Problematik der Interpolation nicht thematisiert.

Ökologisch relevante Daten sind häufig Meßwerte eines Prozesses, dessen räumliche Verteilung geschätzt werden soll, wie sie häufig in Form von Isolinien dargestellt wird“ (HEINRICH in: SCHRÖDER, VETTER & FRÄNZLE 1994, S. 145). Jedoch ist der Weg von Meßwerten zur räumlichen Darstellung nicht so einfach, wenn man berücksichtigt, daß physikalische Prozesse oft richtungsabhängig sind (Anisotropie) und/oder einen „globalen“ räumlichen Trend (Drift)¹⁴ aufweisen. Im Gegensatz zu nichtstatistischen Interpolationsverfahren

¹³ Als andere Methode führt DANZEISEN (in: LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ RHEINLAND-PFALZ 1983, S. 14) die Arealmethode an: die Zuordnung mehrerer Meßpunkte an jeweils eine von mehreren Stationen

¹⁴ als „globalen Trend/Drift“ ist im allgemeinen eine systematische Änderung der Meßwerte in Abhängigkeit anderer Variablen - innerhalb des Untersuchungsgebietes - zu verstehen. Bei einem räumlichen/richtungsabhängigen Trend/Drift ändern sich die Werte in Abhängigkeit der xy-Koordinaten.

wie Inverse-Distance-Weighted (IDW), Polygonmethode oder Triangulation wird bei geostatistischen (Kriging-) Verfahren nicht nur die Meßnetzgeometrie sondern auch die Variabilität der Meßwerte bei der Berechnung der Schätzwerte berücksichtigt. Unter dem Begriff „Geostatistik“ versteht man sowohl das eigentliche „Kriging“¹⁵, d.h. den linearen Regressionsalgorithmus zur optimalen Berechnung (d.h. minimale Schätzvarianz) lokaler Schätzwerte als auch die vorhergehende räumliche Strukturanalyse zur Erstellung eines mathematischen (Zufalls-)Modells (Variographie). Ziel geostatistischer (Kriging-)Verfahren ist es somit, anhand einer Stichprobe ein geeignetes Zufallsmodell zu entwickeln und damit eine bestmögliche Schätzung für Flächen ohne Beobachtungen zu erhalten. Es ist ein erwartungstreu und lokales Schätzverfahren mit gewichteter räumlicher Mittelwertbildung (Glättungseffekt). Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Kriging-Verfahren entwickelt, welche sich in der Art der Behandlung der Trendkomponente unterscheiden lassen. Es gibt stationäre und nicht-stationäre, lineare und nicht-lineare sowie uni- und multivariate Verfahren. Fortgeschrittene, komplexe Krigingverfahren erlauben auch die Einbeziehung von Hilfsvariablen und deterministischen Modellen. Einen Überblick zu diesem Thema geben JOURNAL & HUIJBREGTS (1978), CRESSIE (1991), WACKERNAGEL (1995), ISAACS & SRIVASTAVA (1989), CLARK & HARPER (2000) und im deutschsprachigen Raum DUTTER (1985), AKIN & SIEMES (1988) und HEINRICH (1992).

Da bei der räumlichen Verteilung von Klimaparametern in großmaßstäbigen Untersuchungen innerhalb von Städten oder Stadtteilen eine großräumige Drift zu erwarten ist, wird für die Interpolation der Ergebnisse der Meßfahrten das Ordinray Kriging angewandt. Es ist das am häufigsten angewandte Verfahren, bei dem schwache Trends „automatisch“ durch die Annahme einer lokalen („Quasi“-)Stationarität berücksichtigt werden. Entsprechend dem von HEINRICH (1992, S. 25) vorgeschlagenen Verfahren zur Datenanalyse im Vorfeld einer Variogrammschätzung wird im weiteren vorgegangen. So werden die Daten zunächst einer einfachen statistischen Analyse unterzogen. Zur Überprüfung, ob für die einzelnen Meßreihen eine Normalverteilung vorliegt, werden im SPSS Wahrscheinlichkeitsdiagramme erstellt.

Für die räumliche Strukturanalyse (Variographie) wird die Freeware VarioWin (PANNATIER 1996) und für das eigentliche Kriging das Programm SURFER verwendet. Zunächst werden mit VarioWin experimentelle Variogramme erstellt und an diese theoretische Modelle angepaßt. Für die Erstellung experimenteller Variogramme gelten einige Faustregeln: so sollten mindestens 30 bis 50 Punktepaare pro lag (engl.; (Winkel)Abstandsklasse) zur Berechnung eingehen und die maximale Distanz sollte für das Semivariogramm kleiner oder gleich der halben Größe des Untersuchungsgebietes sein (JOURNAL & HUIJBREGTS 1978, S. 194). Die berücksichtigten Daten selber sollten normalverteilt sein. Schließlich gilt ein erstelltes Variogramm nur für die Daten, aus welchen es berechnet worden ist. Entfallen Punkte oder kommen neue hinzu, ist das Variogramm neu zu erstellen. Die Anpassung erfolgt durch die Wahl eines Modells (spärisches, exponentielles, lineares, gauß'sches Modell) und die interaktive Parametereinstellungen des Nugget (engl.; Klumpenkonstante), des Sills (engl.; Schwellenwert; entspricht theoretisch der statistischen Varianz der Ausgangsdaten) und der Range (engl.; Reichweite). Für die Güte des Schätzwertes ist v.a. das gewählte theoretische Modell und die Höhe des Nuggeteffektes ausschlaggebend, während die absoluten Werte des Variogramms (Sill) ausschließlich für die Höhe der Schätzvarianz bestimmend sind (HEINRICH in: SCHRÖDER, VETTER & FRÄNZLE 1994, S. 156). Abbildung 3 stellt ein exponentielles Modell mit Nugget, Range und Sill dar. Ein hoher oder reiner Nugget

¹⁵ Der Begriff „Kriging“ wird in Anlehnung an die grundlegende Arbeit des südafrikanischen Bergbauingenieurs KRIGE (1951) verwendet. Den Begriff „Geostatistik“ prägte MATHERON (1963), der die theoretischen Grundlagen dieses Interpolationsverfahrens erarbeitete.

bedeutet, daß die Daten schwach bzw. nicht miteinander räumlich korrelieren. Im zweiten Fall ist eine Interpolation nicht sinnvoll bzw. verboten. Der Nugget- bzw. Klumpeneffekt wird im allgemeinen auf eine durch die Meßnetzanordnung nicht mehr auflösbare Mikrovariabilität zurückgeführt. Der Kurvenanstieg zeigt den Bereich der räumlichen Korrelation. Die Range bzw. die Reichweite der Korrelation, liegt bei 95 % des Sills. Das hier dargestellte hypothetische Modell, sowie die zuvor aufgeführten Modelle, welche sich einem Schwellenwert nähern, werden transitive Modelle genannt. Sie haben eine Stationarität 2. Ordnung, d.h. sie weisen eine endliche Varianz (Sill) auf. Modelle ohne Schwellenwert erfüllen die intrinsische Hypothese, d.h. die räumliche Reichweite ist größer als das untersuchte Areal, nur die Inkremente sind stationär. Bei Stationarität 2. Ordnung kann die Semivarianz auch über die Kovarianz berechnet werden. Exponentielles Ansteigen eines Semivariogramms bei großen Abstandswerten weist auf das Vorhandensein eines starken räumlichen Trends und eine fehlende Stationarität hin. In diesem Fall muß der Bereich der Stationarität eingeschränkt werden oder es müssen komplexe geostatistische Methoden zur Anwendung kommen. Zur Berücksichtigung einer einfachen Anisotropie, d.h. unterschiedlicher Reichweiten in verschiedenen Richtungen werden Variogramme für verschiedenen Richtungsklassen erstellt¹⁶. Der daraus bestimmte Anisotropiefaktor wird, neben den Variogrammparametern Modellart, Nugget und Sill, für das Kriging mittels SURFER¹⁷ verwendet.

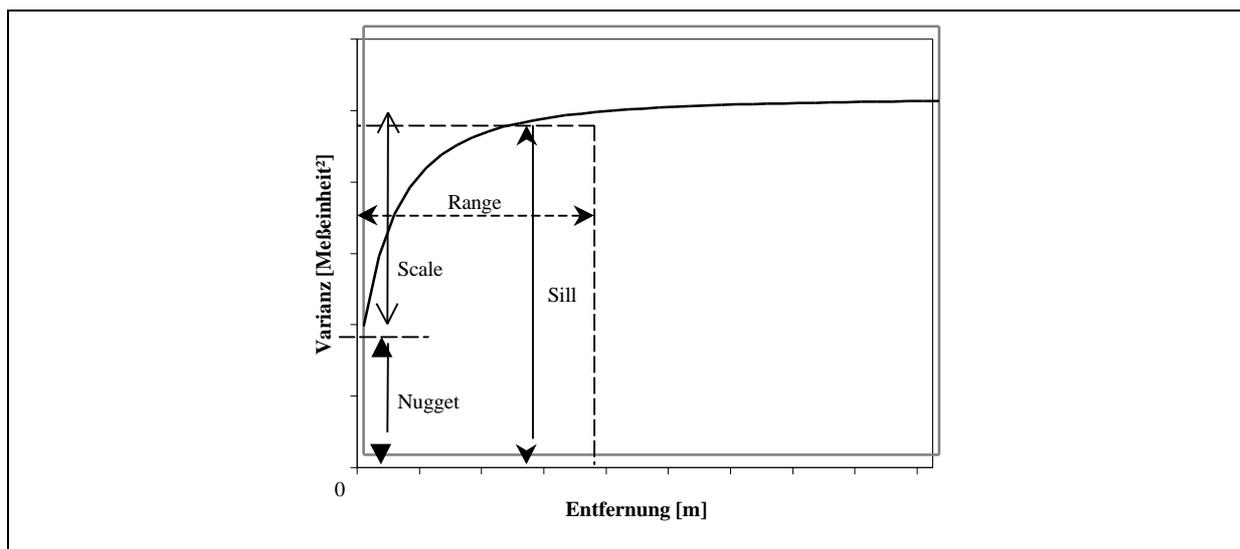


Abbildung 3: Beispielvariogramm (exponentielles Modell)

Wie schon im Kapitel 4.1 für die Clusteranalyse angeführt, gelten auch bei Erstellung von Variogrammen und der Durchführung von Kriging-Verfahren Einschränkungen seitens der EDV. Die Möglichkeiten und die Handhabbarkeit der einzelnen Programme sind sehr verschieden. So bieten weit verbreitete Programme wie ArcInfo, ArcView oder SURFER noch lange nicht alle verfügbaren Kriging-Verfahren an. HEINRICH (in: SCHRÖDER, VETTER & FRÄNZLE 1994, S. 283) weist insbesondere darauf hin, daß Standardsoftwareprogramme nur rechtwinkelige Koordinaten verarbeiten können. Doch ist bei einem größeren Ausschnitt der Erdoberfläche die sphärische Trigonometrie mit zu berücksichtigen.

¹⁶ Im Variowin 2.2.1 (PANNATIER 1996): 0° = Ost, 90° = Nord usw.

¹⁷ Die resultierenden Grids können durch ein von der Firma Golden Software, welche SURFER vertreibt, erhältliches SURFER-Script (grd2arc.bas) problemlos in ein - den ArcInfo- bzw. ArcView-Dateikonventionen - entsprechendes ASCII-Format umgewandelt werden. Damit können die Daten mit den Import-Modulen zur weiteren Verarbeitung in das GIS eingelesen werden.

4.4.3 Flächenhafte Ermittlung II: Simulation der Lichtverhältnisse mit dem Programm SHADOW

Das Programm SHADOW, Version 2.2.1, ist ein vierdimensionales Modell zur Berechnung der relativen oder absoluten Einstrahlung über Zeit und Raum bzw. von Sekundärinformationen wie Schattenwurf, Horizontüberhöhung und Himmelssicht. Dabei lassen sich sowohl Gebiets- (Einstrahlung, Sonnenstunden, Schattenwurf) als auch Punktanalysen (Jahresbilanzen) durchführen.

Der Modellraum selber wird programmintern als äquidistantes Rechengitter (Raster) mit einer Maximalauflösung von äquidistanten $250 * 250$ Gitterpunkten und einer minimalen Gitterauflösung von 1 m dargestellt. Als Modelleingabe sind die Ortsposition, Topographie und die Objekte (Gebäudekonfiguration und Bäume), bei Berechnung der Einstrahlung auch meteorologische Informationen, anzugeben. RÖCKLE (in: DEUTSCHER WETTERDIENST 1992, S. 44) weist auf die Problematik hin, wenn eine nicht rechtwinkelig strukturierte Bebauung auf ein Raster reduziert wird: schräg zum Rechengitter verlaufende Hindernisse können dann nur treppenförmig aufgelöst werden.

Das Geländemodell kann entweder direkt mit einem Texteditor erstellt werden oder aus einem GIS als Rasterformat eingelesen werden. Es kann zwischen den Formaten Matrixwert, Einzelwert und Gauß-Krüger gewählt werden. Im Objektmodell besteht die Möglichkeit verschiedenartige Objekttypen (Quader, Zylinder, Polygone oder Baum) einzugeben. Bei der Simulation über ein Jahr können die Objekte in Abhängigkeit ihrer Erscheinung über den Appearance-Parameter dynamisch dem Simulationsmonat angepaßt werden. Dies gilt insbesondere für die Vegetationsphasen (BRUSE 1998, S. 3).

Der für einen Simulationslauf relevante Gebietsausschnitt wird über die Angabe des Gitterursprunges und der Gitterausdehnung bestimmt. Deshalb kann das Modellgebiet wesentlich größer sein als das gewählte Simulationsgebiet. Änderungen des Gebietsausschnittes werden durch Änderungen der vorgenannten Angaben im Geländemodell und deren erneutes Einlesen in das Programm vorgenommen.

In der Funktionsweise des Programms wird zunächst das Geländemodell eingelesen und legt damit den Verlauf der Topographie innerhalb des Modellgebietes fest. Auf diese fügt sich dynamisch das Objektmodell ein und wird in das Modellgitter gesetzt (ebenda, S. 3). Weil die Hangneigung und Exposition eines Geländes die beiden grundlegenden Einflußfaktoren für die Menge der auf der Oberfläche eintreffenden Strahlung sind, werden in einem ersten Rechenschritt diese beiden Informationen je Gitterpunkt bestimmt. Im zweiten Rechenschritt werden Sonnenazimut, -höhe und eventuell der absolute Betrag der direkten und diffusen kurzwelligen Sonnenstrahlung bestimmt. Im folgenden Rechenschritt werden die Schattengrenzen und der Winkel zwischen Geländeoberfläche und Sonnenstrahlung berechnet. In Abhängigkeit vom Berechnungsziel werden dann die unterschiedlichen Berechnungsgänge zur Gebiets- oder Punktanalyse durchgeführt (ebenda, S. 7ff).

Ziel der Modellierungen im Rahmen dieser Arbeit ist die Ermittlung der maximal möglichen Sonnenscheindauer für die Untersuchungsgebiete, welche anschließend mit den anderen Variablen in Beziehung gesetzt werden sollen. Da hierbei nur das Sommerhalbjahr betrachtet wird, soll die Sonnenscheindauer für den 21.06. (Sonnenhöchststand) als Tagesbilanz berechnet werden. Damit liegen flächendeckend Daten vor. Außerdem ist dieser Parameter der einzige, der über die Fläche als Tagesbilanz mit diesem Programm modelliert werden kann. Die Parameter direkte Strahlung und Globalstrahlung können nur flächenhaft als Zeitschnitte für eine vorgegebene Uhrzeit eines bestimmten Tages modelliert werden. Für diese Modellrechnung müssen dem Programm die Gebäudekonfiguration und Topographie bereitgestellt werden.

Zuvor muß jedoch das Modell auf seine Gültigkeit überprüft werden. Hierzu sollen Punktanalysen durchgeführt werden, welche die Meßergebnisse der Stationen mit den Modellergebnissen vergleichen. Zu diesen Berechnungen muß außerdem eine Meteorologiedatei aufgestellt werden.

Als Basisdaten für die benötigten Eingabedateien dienen die in den Kapiteln 4.3.1 und 4.3.2 erhobenen Gebäudehöhen und die Topographie. Da zwischen den Programmen ArcInfo bzw. ArcView und SHADOW keine direkte Datenschnittstelle besteht, muß zunächst ein Verfahren entwickelt werden, welches dies ermöglicht. Im Anhang 4 wird detailliert das Verfahren des Einlesens der Topographie aus dem Programm ArcInfo aufgelistet. Anhang 5 stellt dies für die Eingabe des Objektmodells zusammen. Die Meteorologiedateien, welche den mittleren monatlichen Dampfdruck in 2 m ü. GOK für die Zeit 4 bis 20 Uhr beinhalten, werden als Monatsmittel aus den Meßwerten der Klimastationen über den gesamten Meßzeitraum errechnet (vgl. Kapitel 4.4.1, ebenso Formel 3 und Formel 4), wodurch eventuelle Datenlücken geschlossen werden. Die Simulationsergebnisse liegen zunächst als binäre Datei im Real-Format vor und können über eine Exportfunktion in eine ASCII-Datei ausgelesen werden. Um die Berechnungsergebnisse der Gebietsanalysen als Rasterdaten in das ArcInfo einzulesen, müssen diese umformatiert werden. Anhang 6 stellt diese Verfahrensschritte zusammen. Die genauen Dateikonventionen sind in der Programmdokumentation von BRUSE (1998) aufgeführt.

4.4.4 Flächenhafte Ermittlung III: Simulation der Windverhältnisse mit dem Programm MISKAM

Bei dem Programm MISKAM (**m**ikroskaliges **K**lima- und **A**usbreitungs**m**odell, Version 3.4) handelt es sich um ein dreidimensionales nicht-hydrostatisches Strömungs- und Ausbreitungsmodell zur kleinräumigen Prognose von Windverteilungen und Immissionskonzentrationen in Straßen bis zu Stadtteilen. Dabei bilden die vollständigen dreidimensionalen Bewegungsgleichungen zur Simulation der Windverhältnisse, sowie die Advektions-Diffusionsgleichung dichteneutraler Substanzen der darauf aufbauenden Ausbreitungsrechnung (EICHHORN 1997a, S. 1-2) die theoretische Grundlage. Bei dieser Arbeit wird nur das Strömungsmodell verwendet, bei dem für eine vorgegebene Windsituation unter Angabe der Anströmrichtung und -geschwindigkeit das Windfeld berechnet wird.

Analog dem Programm SHADOW (Kapitel 4.4.3) wird die Bebauungsstruktur auch hier in einer Gitterstruktur nachgebildet. Bei der Standardversion des Programms kann dabei eine Modellgröße von $60 * 60 * 40$ Gitterboxen berechnet werden. Bei dieser Arbeit wird durch eine spezielle Programmemulation die Gittergröße auf $240 * 240 * 40$ erhöht. Es kann schließlich zwischen zwei Arten der Berücksichtigung der Oberflächenrauigkeiten (Rauigkeitslängen) gewählt werden. Entweder wird für jedes Rasterfeld einzeln ein Rauigkeitswert angegeben, oder es werden Pauschalwerte für Erdboden und Gebäudeoberflächen angesetzt.

Durch drei Dateien wird die Dateneingabe und Steuerung der Rechenläufe bestimmt. In der Konfigurationsdatei wird die Gitterstruktur und die Belegung des Modellgitters mit Hindernissen definiert. Im Gegensatz zum vorgenannten Programm SHADOW muß bei MISKAM für jeden neuen Gebietsausschnitt eine neue Konfigurationsdatei erstellt werden. Die programmtechnischen und meteorologischen Parameter werden in einer Steuerdatei vorgegeben. Schließlich kann noch eine spezielle Datei angelegt werden, welche Durchströmungsbereiche in der Hinderniskonfiguration festlegt.

Ziel dieser Simulationen ist es, flächendeckend Aussagen über die Windverhältnisse machen zu können, unter besonderer Beachtung von Kanalisationseffekten. An den Klimastationen wurden Winddaten nur punktuell gemessen und erlauben somit keine flächenhaften Aussagen. Kanalisationseffekte können schon bei durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten auftreten, weshalb langjährige Mittel der Berechnung zu Grunde gelegt werden sollen. Zwar hätte der Parameter Wind auch durch Meßfahrten erhoben werden können, wegen der nachfolgend angegebenen Gründe wurde jedoch darauf verzichtet.

Zunächst ist die Einschränkung bei der Meßtechnik zu nennen. Die verwendeten Multifunktionssonden können durch eine Hitzkugel die Windgeschwindigkeit messen, jedoch ist dieses Verfahren sehr stromintensiv. Mit nachlassender Batteriespannung nimmt auch die Zuverlässigkeit der Meßwerte stark ab. Zudem wäre die Meßfahrtdauer stark angestiegen, da Windmessungen nur stationär, d.h. bei einem Halt, durchgeführt werden können. Das für die Messung von Lufttemperatur und –feuchtigkeit entwickelte Meßnetz ist schließlich zu grob, um z.B. Kanalisationseffekte erfassen zu können. Es hätten ferner auch neue Meßtermine, z.B. bei zyklonaler Wetterlage, für die Durchführung der Meßfahrten angesetzt werden müssen.

Das Programm MISKAM wird bereits behördlicherseits offiziell als Strömungs- und Ausbreitungsmodell eingesetzt. Als Referenzen gibt EICHHORN (1997b, S.6) technische Überwachungsvereine, Landesämter, Umweltämter etc. an. Validiert wurde das Programm bereits u.a. in Arbeiten von JAESCHKE ET AL. (in: KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN 1996, S. 355-366) und EICHHORN, RIES & BELTZ (in: KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN 1995, S. 473-494).

Als Eingabedaten werden die im Kapitel 4.3.1 erhobenen Gebäudehöhen und Gebäudedurchlässe benötigt. Auch bei diesem Programm gibt es keine direkte Schnittstelle zum Datenaustausch mit ArcInfo bzw. ArcView. Deshalb wird hierzu ebenso ein Verfahren zum Datenaustausch mit dem GIS entwickelt. Anhang 7 stellt das Verfahren zur Erzeugung und zum Einlesen der Hindernis- d.h. Gebäudekonfiguration aus dem ArcInfo zusammen. Die Simulationsergebnisse liegen auch hier zunächst als binäre Datei vor. Mit einem Programmmodul kann diese in das ASCII-Format übersetzt werden. Den Verfahrensweg, zum Einlesen der Simulationsergebnisse in das GIS zeigt Anhang 8 auf.

Die langjährigen Mittel der Station Leipzig-Schkeuditz des DWD (DWD_L) stellen die Eingabedaten des Windfeldes. Da es sich hierbei um eine Freilandstation handelt, gelten die hier gemessenen Daten als durch Bebauung unbeeinflusst. Die in Schkeuditz verwendete Meßhöhe war auch Eingabeparameter in das Programm.

4.5 Befragung

Im Frühjahr 1998 wurde ein standardisierter Fragebogen (Anhang 9) erstellt, mit dem die Empfindung der Bürger für klimatische Parameter sowie deren Bewertung abgefragt werden sollten. Thematisiert wurde die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit sowie die Licht- und Windverhältnisse. Schließlich sollten noch Wünsche geäußert werden, wo und in welcher Richtung die Klimaparameter beeinflußt werden sollten. Neben den hieraus abzuleitenden Handlungsempfehlungen ist das Hauptziel der Befragung, räumliche Aussagen über Empfindung und Bewertung der klimatischen Verhältnisse zu erlangen und diese den Messungen bzw. Simulationen gegenüberzustellen.

Bei der Formulierung der Fragen war zu beachten, daß die Befragten sich in der Regel nicht mit Fachbegriffen im Bereich Stadtklimatologie auskennen. Dergleichen Begriffe, sofern sie nicht anders zu ersetzen sind, mußten

zumindest um- bzw. beschrieben werden, wobei auch sonst auf eine recht einfache Formulierungsweise geachtet wurde.

Die in dem Fragebogen verwendeten Begriffe wurden abweichend von der sonst üblichen Nomenklatur folgendermaßen verwendet: die Lufttemperatur wurde als Temperatur bezeichnet, da man davon ausgehen kann, daß dieser Begriff in der Umgangssprache als Synonym verwendet wird. Die (visuell wirksamen) Ein- und Rückstrahlungsverhältnisse wurden allgemein mit Lichtverhältnisse beschrieben. Da das menschliche Empfinden in keinen Maßeinheiten mißt, reicht dieser Begriff aus, um Helligkeit bzw. Dunkelheit oder Schatten zu umschreiben. Luftfeuchtigkeit wurde als solche bezeichnet, da bei dem Begriff Feuchtigkeit davon ausgegangen werden muß, daß dieser auch mit Bodenfeuchtigkeit, nassem Mauerwerk, Niederschlagswasser o.ä. in Verbindung gebracht werden kann. Ebenso wurde der Begriff Wind als solcher beibehalten.

Die in der ökologischen Psychologie angesiedelte Umweltwahrnehmungsforschung geht davon aus, daß für jedes Individuum eine Beschränkung des sensorischen Wahrnehmungssystems derart vorliegt, daß nicht gegenüber allen Arten und Ausprägungen physikalischer Energie eine Empfindlichkeit vorliegt (TANNER & FOPPA 1996, S. 249). Weiter resultiert aus der Unbestimmtheit ökologischer Zusammenhänge einerseits und der begrenzten sensorischen Wahrnehmungsfähigkeit andererseits eine weitgehende sinnliche Nicht-Wahrnehmungsfähigkeit bzw. Nicht-Erfahrbarkeit (ebenda, S. 250). Aus diesen Gründen sowie der Frage, ob jemand überhaupt Interesse zeigt, an einer solchen Befragung teilzunehmen, wurden die Bewohner persönlich angesprochen. Wenn sie sich sowohl als hinreichend klimatisch empfindsam¹⁸ einschätzten als auch Interesse an der Teilnahme vorhanden war, wurde ein Fragebogen ausgehändigt. Auf diese Weise konnten eventuelle Fragen gleich vor Ort erläutert werden. Gleichzeitig wurde mit den Befragten auch ein Termin für die Abholung der Fragebögen vereinbart. Ende April 1998 wurden die Fragebögen in den Untersuchungsgebieten verteilt und in den darauf folgenden ersten beiden Maiwochen wieder abgeholt.

Einerseits besteht der Nachteil von vorgegebenen Bewertungskategorien, unter denen der Befragte zu wählen hat, darin, ob damit tatsächlich die subjektiv bedeutsame Merkmalsdimension erfaßt wird, oder ob nicht die vom Forscher vorgegebenen Bewertungskategorien untersucht werden (ebenda, S. 252). Andererseits kann mit einer Fragebogenerhebung der Einfluß eines Interviewers ausgeschlossen werden, genauso fühlt sich der Befragte nicht unter Zeitdruck gesetzt (HOLM 1991, S. 187). Schließlich ist aber der Einfluß von Dritten auf die Antworten nicht kontrollierbar (WESSEL 1996, S. 106).

Im Paulusviertel wurden in etwa die Bewohner jedes vierten Hauses befragt, in Neustadt die Bewohner in den Bereichen Gerberastraße - Hallorenstraße - Magistrale - Zur Saaleaue und Selkestraße - Werrastraße - Zur Saaleaue - Hyazinthenstraße - Magistrale - Gimritzer Damm.

Die Befragung ist demnach nicht repräsentativ, da zum einen keine Vollerhebung durchgeführt wurde und zum anderen nur diejenigen einen Fragebogen erhielten, die sich selbst klimatisches Empfinden zugestehen und sich Zeit und Mühe nahmen, dies in dem Fragebogen darzustellen. Für diese Art von Befragung sprach zudem, daß durch persönliche Übergabe und Abholung eine höhere Rücklaufquote erzielt werden kann als bei einer völlig anonymen Befragung über postalische Versendung und Rückantworten.

¹⁸ Nicht im Sinne von Wetterfähigkeit

Im Fragebogen wurden nacheinander die Themenbereiche Lufttemperatur, Lichtverhältnisse, Luftfeuchtigkeit und Windverhältnisse in den Abschnitten 1 bis 4 abgehandelt. Bei den drei erstgenannten wurde unterschieden in sommerliche und winterliche Ausprägung, z.T. noch in besondere Wetterlagen. Im Rahmen dieser Arbeit werden jedoch nur die Antworten für das Sommerhalbjahr berücksichtigt (vgl. 5.1.3.1). Deshalb finden sich in dem im Anhang 9 aufgeführten Fragebogen nur die hierzu relevanten Fragen mit einigen aus den Auslassungen resultierenden „falschen“ Querverweisen.

Zunächst sollten die klimatischen Verhältnisse für die Parameter Lufttemperatur, Lichtverhältnisse und Luftfeuchtigkeit in den Subtypen Straßen, Innenhöfe und öffentliche Grünfläche dahingehend eingeschätzt werden, ob und wenn ja, in welcher Richtung diese vom Mittel abweichend empfunden werden. Eine anschließende Bewertung sollte feststellen, ob die zuvor festgestellten Wahrnehmungen als „angenehm“ oder „unangenehm“ beurteilt werden. Konnten die Befragten keine Bewertung abgeben, stand ihnen die Antwortkategorie „unentschieden“ zu Verfügung. Der räumliche Bezug wurde durch eine abschließende Frage ermittelt, bei dem die vorher bewerteten Zustände in eine Karte eingetragen werden sollten. Bei einigen Parametern wurden noch mögliche Einflußmöglichkeiten auf diese abgefragt. Beim Parameter Wind wurden Kanalisationseffekte thematisiert, welche ebenfalls in Karten eingezeichnet werden sollten. Der Einfluß der Durchlüftungsverhältnisse sollte in einer letzten Frage zum Komplex Wind bewertet werden. Daran schloß der Abschnitt 5 mit Fragen zum Handlungsbedarf an, d.h. wo und in welcher Richtung klimatische Parameter beeinflusst werden sollten. Auch sollte bewertet werden, wie wichtig den Befragten die einzelnen Schutzgüter in der städtischen Planung sind. Abschnitt 6 beinhaltete Fragen zur Person, die einer Auswertung der Antworten bezüglich der demographischen Merkmale der Befragten dienen.

Die Fragebögen werden in einem ersten Schritt codiert. Danach wird jeder Fragebogen einzeln in eine vorbereitete SPSS-Datenbank eingegeben. Vorteil ist dabei, daß durch Zuweisung von Fehlwerten bzw. gültigen Wertebereichen falsche Eingaben automatisch erkannt werden können. Im Anschluß an die Dateneingabe erfolgt eine Plausibilitätsprüfung, bei der diejenigen Datensätze korrigiert werden, bei denen z.B. Folgefragen beantwortet wurden, ohne die vorangegangene zu beantworten oder Karteneintragen nicht erlaubt waren. Für die Berechnung der ersten, räumlich unabhängigen Einzelergebnisse werden Häufigkeitstabellen und Zusammenhangsmaße mit dem genannten Programm berechnet. Als Zusammenhangsmaß für die ordinalskalierten Bewertungen der klimatischen Ausprägungen sowie deren Empfindung wird dabei Kendall-Tau-B gewählt.

Die Erfassung der räumlichen Verteilung der Befragungsergebnisse erfolgt im GIS durch Digitalisierung - zunächst in separaten Covern je Frage. Um die Anzahl der Antworten je Subtypenfläche zu erfassen, wird pro Antwort ein Punkt in die betroffene Fläche digitalisiert. In den Punktattributen enthalten sind dabei die Fragebogennummer und eine Codierung der Bewertung (Anhang 10). Durch Verknüpfung über die Fragebogennummer wurden die Befragungsergebnisse hinsichtlich der Empfindung im GIS verfügbar gemacht. Die Genauigkeit der Eintragungen in den Fragebögen ist oft sehr unterschiedlich: mal grundstücksgenau, mal sehr weiträumig. Das erfordert bei der digitalen Aufbereitung eine Generalisierung bzw. Konkretisierung, welche sich nach den Begrenzungen der Subtypenflächen richtet. Abbildung 4 gibt dazu ein Beispiel.

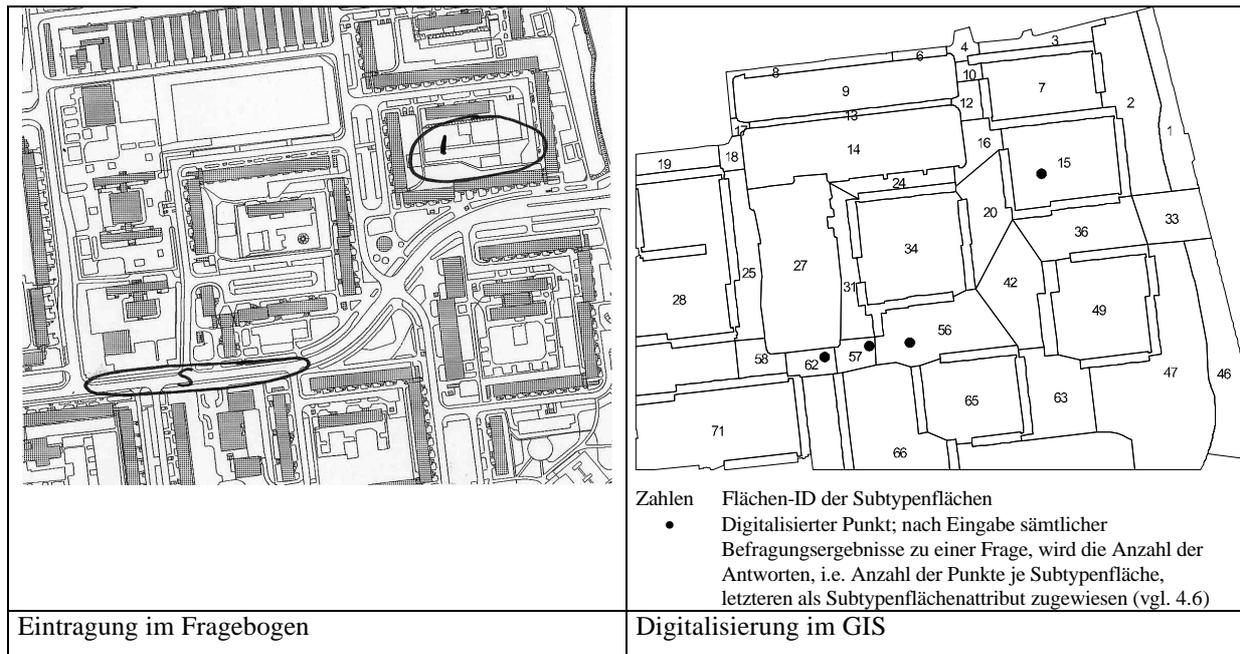


Abbildung 4: Beispiel zur Eingabe der Karteneinträge eines Fragebogens in das GIS

(Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997))

4.6 Datenaggregation und -aufbereitung

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die einzelnen Methoden zur Erhebung der Klimafaktoren **Flächennutzung, Hangneigung, Exposition, Geländehöhe, Rauheitslänge, Gebäudehöhen und -durchlässe** sowie der Klimaparameter **Lufttemperatur und -feuchtigkeit und Windverhältnisse** sowie der **Sonnenscheindauer** dargestellt. Diese Einzelergebnisse, welche bisher separat vorliegen, werden für die weitere Analyse als Flächenattribute den einzelnen Subtypenflächen und somit einer gemeinsamen Datenhaltung einem Synthesecover zugewiesen (vgl. Abbildung 2). Die vorgenannte Zuweisung erfolgt bei Punkt- und Flächendaten derart, daß die Synthesegrundlage, i.e. die Subtypenflächen, mit anderen Flächendaten, z.B. den Befragungsergebnissen, verschnitten werden. Bei Rasterdaten werden zunächst je Subtypenfläche statistische Kennwerte berechnet. In einem zweiten Schritt werden diese Statistiken der Subtypenflächenattributtabelle angehängt.

Einige Ergebnisse werden umgerechnet bzw. es werden neue Attribute, i.e. Variablen, berechnet. Der Versiegelungsgrad¹⁹ je Subtypenfläche berechnet sich danach nach Formel 1. Dabei gelten die ID's 3 – 6 und 13 – 18 aus Tabelle 3 als unversiegelte, die restlichen als versiegelte Fläche.

$$\text{Versiegelungsgrad} = \frac{\sum A_{\text{versiegelt}}}{\sum A_{\text{versiegelt}} + \sum A_{\text{unversiegelt}}} * 100 [\%] \quad \text{Formel 1}$$

mit A = Fläche [m²]

¹⁹ Eine einfache Definition zum Begriff „Versiegelung“ gibt ROSE (1991, S. 41): „Eine Fläche gilt als versiegelt, wenn sie entweder bebaut ist oder eine sonstige künstliche (d.h. nicht natürliche oder nicht naturnahe) Oberfläche aufweist“.

Den kartierten Flächennutzungen werden die in Tabelle 3 ebenfalls enthaltenen Rauigkeitslängen z_0 zugeordnet. Daraus kann die mittlere Rauigkeitslänge je Subtypenfläche ermittelt werden:

$$\bar{z}_0 = \frac{z_{0,1} + z_{0,2} + \dots + z_{0,n}}{n_{z_0}} \quad \text{Formel 2}$$

mit

z_0	= Rauigkeitslänge	[cm]
\bar{z}_0	= mittlere Rauigkeitslänge	[cm]
n_{z_0}	= Anzahl	[-]

Mittels Formel 3 und Formel 4 kann der Dampfdruck bzw. Sättigungsdampfdruck berechnet werden (LITTMANN & STEINRÜCKE 1993, S. 45f):

$$E = 6,107 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times t}{237+t}\right)} \quad \text{Formel 3}$$

$$e = \frac{rF \times E}{100} \quad \text{Formel 4}$$

mit

E	= Sättigungsdampfdruck	[hPa]
t	= Lufttemperatur	[°C]
e	= aktueller Wasserdampfdruck	[hPa]
rF	= relative Luftfeuchtigkeit	[%]

Weiter kann aus der Globalstrahlung mit der nachstehenden Formel die Strahlungssumme (BAUMÜLLER, HOFFMANN, & REUTER in: WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1998, S. 41) berechnet werden:

$$\text{Strahlungssumme} = \frac{\text{Globalstrahlung}}{1,67 \cdot 10^5} \quad \text{Formel 5}$$

mit

Strahlungssumme	[kJ / cm ²]
Globalstrahlung	[W / m ²]

Aus den im Rasterformat vorliegenden Daten (Hangneigung, Exposition, Meßfahrt- und Simulationsergebnisse) werden den Subtypenflächenpolygonen die Werte für Standardabweichung, Mittelwert und Spannweite zugewiesen. Daraus läßt sich der Variationskoeffizient ermitteln:

$$\text{Variationskoeffizient} = \frac{\text{Standardabweichung}}{\text{Mittelwert}} * 100 [\%] \quad \text{Formel 6}$$

Die Differenzen von Lufttemperatur und Dampfdruck im Vergleich Abendmeßfahrt-Morgenmeßfahrt errechnet sich zu:

Differenz = Wert der Abendmeßfahrt – Wert der Morgenmeßfahrt [K bzw. hPa]

Formel 7

Bei den Simulationsläufen im SHADOW und MISKAM müssen jeweils mehrere Läufe durchgeführt werden, um die gesamte Fläche der Untersuchungsgebiete abzudecken. Deshalb muß für die Datenaggregation zuvor jeder einzelnen Subtypenfläche ein gültiger Simulationslauf bzw. eine (Modell-)Teilfläche zugewiesen werden, welche anhand einer Differenzrechnung der Teilflächensimulationen ermittelt wird.

Die Daten der **Befragung** müssen auf verschiedene Weise überarbeitet werden, bevor sie den Subtypenflächen als endgültige Attribute übergeben werden können. Es werden jedoch nur diejenigen Flächen für die Analyse berücksichtigt, für die mindestens 2 Antworten vorliegen.

Nachdem durch Verschneidung die Häufigkeiten je Antwort und je Subtypenfläche den Flächendaten zugewiesen worden sind, wird aus den Antworten für die Bewertung, die Kategorien „angenehm“ und „unangenehm“ der Fragen 1.1.3, 2.1.3 und 3.1.3, ein neuer Spalteneintrag errechnet:

$$\text{mittlere Bewertung} = \frac{\sum \text{Antworten}^{\text{„angenehm“}}}{\sum \text{Antworten}^{\text{„angenehm“}} + \sum \text{Antworten}^{\text{„unangenehm“}}} - \frac{\sum \text{Antworten}^{\text{„unangenehm“}}}{\sum \text{Antworten}^{\text{„angenehm“}} + \sum \text{Antworten}^{\text{„unangenehm“}}} \quad \text{Formel 8}$$

Danach liegt eine Bewertung vor, bei der die Werte zwischen –1 (nur Bewertungen als „unangenehm“) und +1 (nur Bewertungen als „angenehm“) liegen.

Um auf das der Bewertung zugrunde liegende Empfinden schließen zu können, wird aus den Kategorien der Empfindung ebenfalls ein Bewertungsmaß ermittelt. Dies geschieht durch eine ergänzende Codierung der Empfindungseinteilungen nach Tabelle 5 und der anschließenden Berechnung des Mittels nach Formel 9.

Tabelle 5: Ergänzende Codierung der Empfindungskategorien

Frage / Parameter	Empfindungskategorie	Ergänzende Codierung
1.1.1 / Lufttemperatur	höher als das Mittel	1
	dem Mittel entsprechend	2
	niedriger als das Mittel	3
2.1.1 / Licht	grell	1
	hell, licht	2
	schattig	3
	dunkel	4
3.1.1 / Luftfeuchtigkeit	feuchter als das Mittel	1
	dem Mittel entsprechend	2
	trockener als das Mittel	3

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{Formel 9}$$

mit

- x = Code-Nummer für Empfindung, vgl. Tabelle 5 [-]
- \bar{x} = Mittlere Empfindung [-]
- n = Anzahl [-]

So liegt ein Wert vor, welcher zwischen 1 und 3 (Fragen 1.1.1 und 3.1.1) bzw. 1 und 4 (Frage 2.1.1) liegt.

Antworten zu den Fragen 1.1.4, 1.1.7 und 4.3 sind nominal skaliert: „0“ für nicht Vorhandensein des Phänomens bzw. „1“ für das Vorhandensein. Nur die Flächen werden berücksichtigt, für die mindestens 2 Nennungen vorliegen.

Bei der Frage 5.3 wird ein Wert je Klimaparameter entsprechend Formel 8 berechnet, wobei in dieser „angenehm“ durch „+“, i.e. Erhöhung, und umgekehrt zu ersetzen ist. Jedoch werden nur solche Flächen berücksichtigt, für die mindestens zwei Antworten vorliegen. Ebenso entfallen diejenigen Flächen, für die der Wert 0, i.e. unentschieden, berechnet wird. Die Ergebnisse liegen somit zwischen -1 bis <0 bzw. >0 und 1.

Abschließend werden überflüssige Spalten zur Datenreduktion aus der Attributtabelle der Subtypenflächen entfernt. Damit liegen die in Tabelle 6 zusammengestellten Kriterien zur weiteren Analyse bereit. Als Austauschformat wird das DBase-Format genutzt, um diese Objektdatenbank im SPSS der Clusteranalyse bzw. Diskriminanzanalyse zu unterziehen.

Für die Bestimmung der Clusteranzahl werden zwei Verfahren berücksichtigt: zum einen die Bestimmung anhand von Sprüngen der quadrierten Euklidischen Distanz im Zuge der Clusterbildung, zum anderen die überschlagsmäßige Ermittlung der Klassenanzahl anhand der Anzahl der einfließenden Fälle. Letzteres kann anhand der nachstehenden Formel von STURGES (zitiert in SCHÖNWIESE 1985, S. 15) berechnet werden:

$$k = 1 + 3,32 \log n \quad \text{Formel 10}$$

mit $k =$ Anzahl der Klassen [-]
 $n =$ Stichprobenumfang [-]

In Abwägung und Kombination beider Methoden sollte dabei die Anzahl der Klassen nicht zu hoch sein, um sich in einem interpretierbaren Rahmen zu bewegen, aber auch nicht zu gering - was gleichbedeutend mit einer hohen Generalisierung ist. Alternativ stellt LITTMANN (2000) zu diesen Methoden als Abbruchkriterium die interne Varianz der Cluster vor.

Für die Clusterbildung wird der Ward-Algorithmus mit der quadrierten Euklidischen Distanz verwendet, wobei die verwendeten Variablen einer z-Transformation unterzogen werden.

Damit die Ergebnisse letztendlich wieder kartographisch dargestellt werden können, wird dasselbe zuvor genannte DBase-Datenformat genutzt, um die neuen Spalteneinträge, welche sich aus der Clusteranalyse ergeben werden, der Attributtabelle im GIS anzuhängen.

Tabelle 6: Zugewiesene Flächenattribute der Subtypenflächen aus den Kapiteln 4.2 bis 4.5

Methoden	Kap.	Flächenattribut		Itemname	Einheit
Diskretisierung nach	4.2	Subtypenflächen- kategorie		TYP	-
Funktionsprinzip		Flächengröße		AREA	m ²
Kartierung, Geländemodellierung	4.3.1	Versiegelungsgrad		Vgrad	%
		Rauhigkeitslänge		z0	m
	4.3.2	Hangneigung		HN	°
Exposition			EX	°	
Meßfahrten / räumliche Interpolation	4.4.2	Lufttemperatur	abends	MF_T_A	°C
			morgens	MF_T_MO	°C
			Differenz Abend-Morgen	MF_T_DIFF_AMO	K
		relative Luftfeuchtigkeit	abends	MF_rF_A	%
			morgens	MF_rF_MO	%
			Differenz Abend-Morgen	MF_rF_DIFF_AMO	%
		Dampfdruck	abends	MF_e_A	hPa
			morgens	MF_e_MO	hPa
			Differenz Abend-Morgen	MF_e_DIFF_AMO	hPa
Simulationen	4.4.3	Sonnenscheindauer	mittlere	S_SSH	h
			Spannweite	S_r	h
			Standardabweichung	S_s	h
			Variationskoeffizient	S_v	%
	4.4.4	Windgeschwindigkeit	mittlere	M_WG_m	m / s
			Spannweite	M_WG_r	m / s
			Standardabweichung	M_WG_s	m / s
			Variationskoeffizient	M_WG_v	%
		Windrichtung	mittlere	M_WR_m	°
			Spannweite	M_WR_r	°
			Standardabweichung	M_WR_s	°
			Variationskoeffizient	M_WR_v	%
	Befragung	4.5	Lufttemperatur	Empfindung	B111E
Bewertung				B112B	-
Nennung: Auftreten von Kaltluft				B114	-
Nennung: Überwärmter Bereich				B117	-
Lichtverhältnisse			Empfindung	B211E	-
			Bewertung	B212B	-
Luftfeuchtigkeit			Empfindung	B311E	-
			Bewertung	B312B	-
Windverhältnisse			Nennung: Auftreten von Kanalisationseffekten	B43	-
Änderungswünsche			Lufttemperatur	B53T	-
			Luftfeuchtigkeit	B53F	-
			Lichtverhältnisse	B53L	-
			Windverhältnisse	B53W	-

5 Ergebnisse

Im folgenden werden zunächst die Ergebnisse der einzelnen Datenanalysen dargestellt. Sie charakterisieren zum einen die physischen und klimatischen Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet, andererseits wird ein genereller Überblick über die Befragungsergebnisse gegeben. Die Reihenfolge der Darstellungen erfolgt analog dem Ablauf der Datenerhebung, meistens als einfache deskriptive Statistiken. Dann erst folgt in der Synthese die Zusammenführung der Klimafaktoren und -parameter sowie der Befragungsergebnisse mittels Cluster- und Diskriminanzanalyse zu einer abschließenden Bewertung.

5.1 Einzelergebnisse

5.1.1 Zuweisung und Charakterisierung der Subtypen der Untersuchungsgebiete

Es ergeben sich für das Paulusviertel 170 und für Neustadt 75 Einzelflächen der jeweiligen Subtypen. Die Verteilung der relativen Flächenanteile (Abbildung 5) der Subtypenflächenkategorien ist in beiden Untersuchungsgebieten ähnlich. Den höchsten Flächenanteil hat der Subtyp „Straße“, gefolgt von „Innenhof“ und „Sonderflächen“. Den geringsten Flächenanteil weist die Kategorie (öffentliche) „Grünfläche“ auf. Karte 4 stellt die Ergebnisse dieser Abgrenzungen für die beiden Untersuchungsgebiete dar.

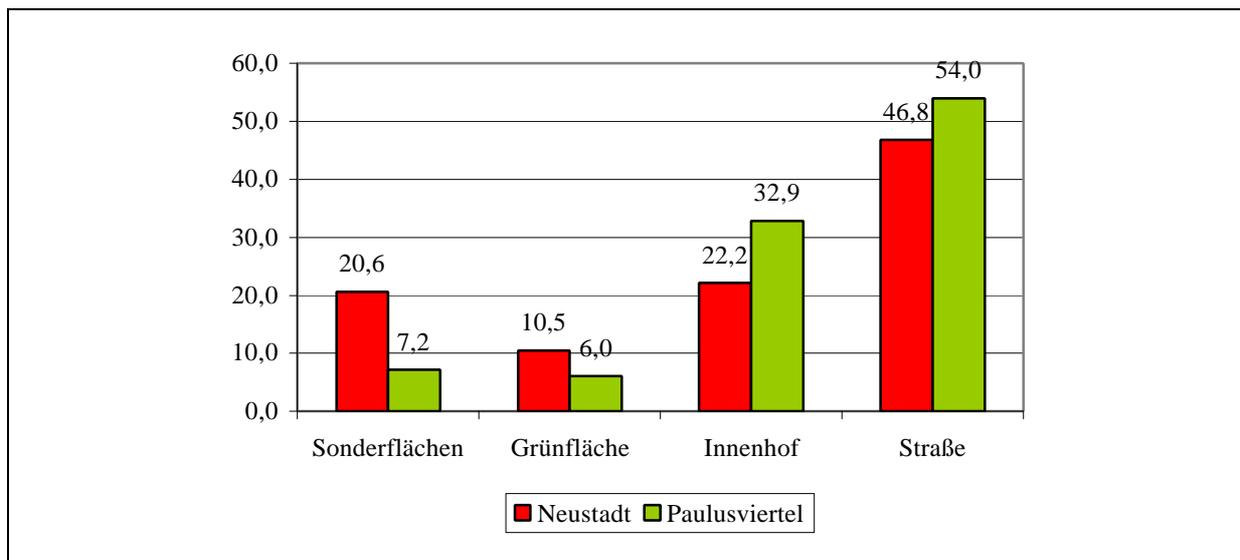


Abbildung 5: Relative Flächenanteile der Subtypenflächen

(Datengrundlage: eigene Erhebung)

5.1.2 Flächennutzungsinduzierter und topographischer Charakter der Untersuchungsgebiete

5.1.2.1 Flächennutzung

Die Ergebnisse der Flächennutzungskartierung sind in Karte 5 wiedergegeben. Insgesamt verteilen sich nach der Kartierung die einzelnen Flächennutzungskategorien in den Untersuchungsgebieten wie in der Abbildung 6 dargestellt.

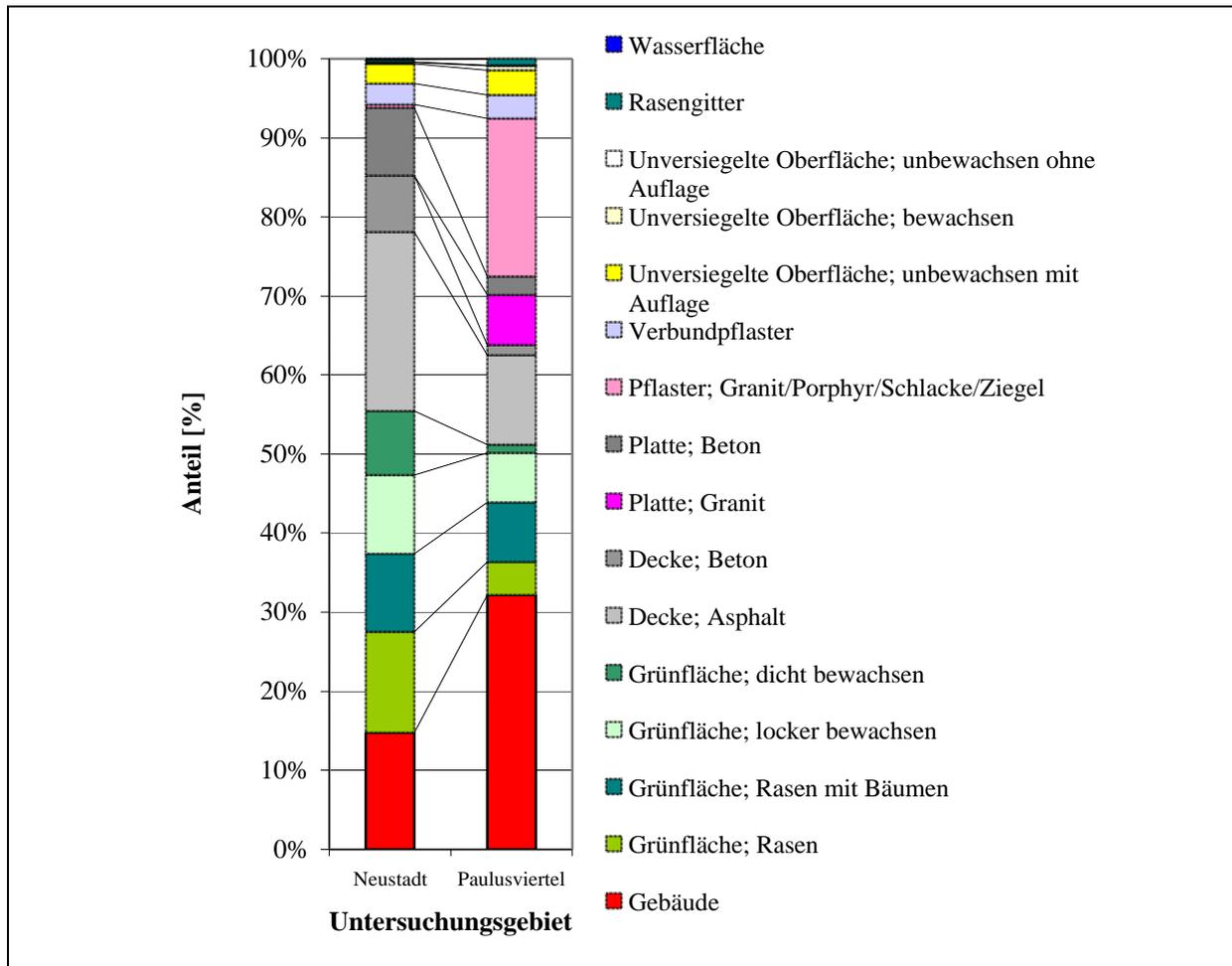


Abbildung 6: Flächennutzungsanteile in den Untersuchungsgebieten

(Datengrundlage: eigene Erhebung)

Es zeigt sich im Paulusviertel ein fast doppelt so hoher Bebauungsgrad (32 %) im Vergleich zu Neustadt (15 %). Beim unversiegelten Flächenanteil findet sich ein umgekehrtes Verhältnis von 19 % im Paulusviertel und 41 % in Neustadt. Bedingt durch ihre unterschiedlichen Entstehungsgeschichten finden sich in Neustadt hauptsächlich Asphalt, Betondecken und -platten, im Paulusviertel überwiegend Pflaster und Granitplatten sowie, die vorwiegend im Zuge von Straßenausbesserungen entstandenen, Asphaltdecken.

5.1.2.2 Hangneigung und Exposition

Ein Großteil der Subtypenflächen in Neustadt hat eine mittlere **Hangneigung** zwischen 0 und 0,5° (Abbildung 7), wobei der Hauptanteil der Flächen Hangneigungen von weniger als 0,25 ° aufweist (22,7 %). Etwas mehr als die Hälfte der Fläche ist in diesem Untersuchungsgebiet eben. Das wesentlich reliefreichere Paulusviertel hat dagegen fast keine ebenen Flächen (0,4 %), wobei die Klasse mit Hangneigungen von 1-3° mit 87,1 % am häufigsten vertreten ist. Alle größeren und kleineren Hangneigungsklassen erscheinen mit weit geringerer Häufigkeit.

Die mittlere **Expositionsrichtung** (Abbildung 7) zeigt in Neustadt ein primäres Maximum in südöstliche und östliche Richtungen, ein sekundäres in Nordrichtung. Trotz der von SAUERWEIN (1998) nachgewiesenen Reliefveränderungen in diesem Gebiet, spiegelt sich die Morphologie der Saaleaue im Primärmaximum wider. Im Paulusviertel entfällt der größte Teil der Expositionsrichtung in westliche und nordwestliche Richtungen.

Eine Porphyrkuppe bildet die Vollform des Hasenberges aus, so daß hier die größten Hangneigungen zu finden sind. Auf eine kartographische Darstellung der Hangneigung und Exposition wird verzichtet, der Verlauf der Höhenlinien ist Karte 1 zu entnehmen.

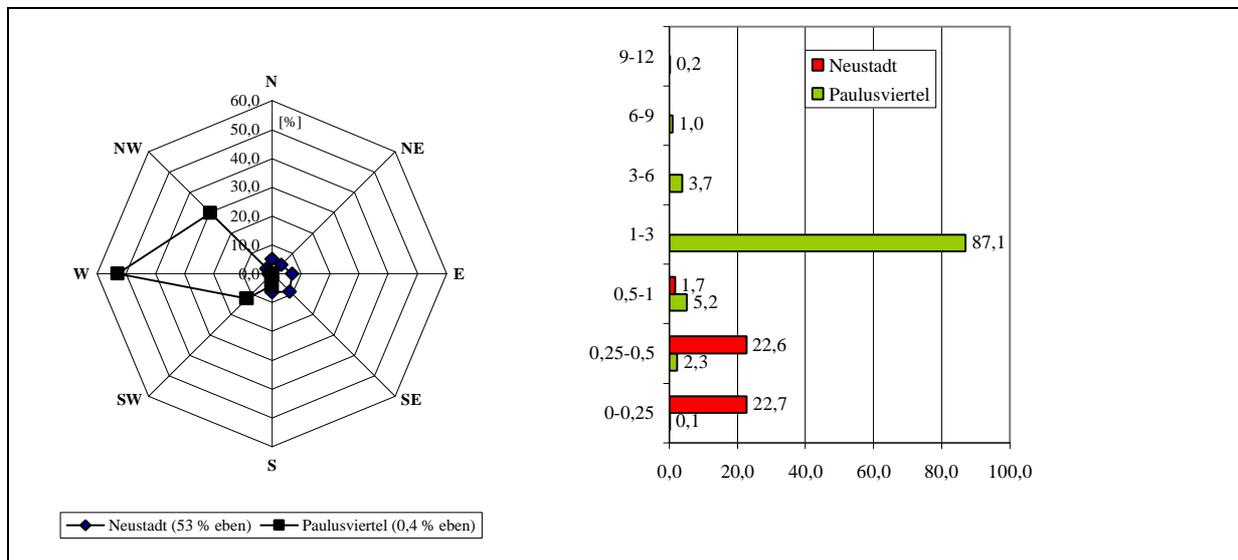


Abbildung 7: Relative Häufigkeiten der Expositionsrichtung (links) und Hangneigung (rechts)

(Datengrundlage: eigene Erhebung auf Basis von LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND DATENVERARBEITUNG SACHSEN-ANHALT 1992a-b)

5.1.3 Klimatische Parameter

5.1.3.1 Punktuelle Messungen: temporäre Klimastationen

Um eine hohe Sicherheit und Qualität der Daten zu gewährleisten, ist ein hoher Aufwand an Wartung und Kontrolle erforderlich. Neben technischem Versagen der Meßwertgeber bzw. der Stromversorgung hatten die Stationen auch unter äußeren Einflüssen, wie Manipulation und Zerstörung zu leiden. Dies führte zu zahlreichen Datenlücken trotz wöchentlicher Wartung.

Der Effekt der städtischen Überwärmung im Vergleich zum Umland stellt Tabelle 7 mit den Daten der DWD-Stationen dar. Mit Ausnahme der temporären Klimastation P_I zeigen die Messungen in den Untersuchungsgebieten eine höhere Anzahl von heißen Tagen und Sommertagen als die DWD-Stationen. Beim Vergleich der Untersuchungsgebiete untereinander werden solche Ereignistage im Paulusviertel weniger häufig gemessen als in Neustadt. Frosttage finden sich dabei vermehrt in letztgenanntem Untersuchungsgebiet. Es zeigt sich deutlich die Auswirkung der Bebauung im Paulusviertel, welche hier durch ein kleineres Breiten-Höhen-Verhältnis²⁰ die Aus- bzw. Einstrahlung behindert mit folglich weniger extremen Ausprägungen der Lufttemperatur. SWAID, BAR-EL & HOFFMAN (1993, S. 58) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, daß die „comfort conditions in the street are more sensitiv to H / W (height to width-ratio) than to the street orientation because the former influences both factors important for comfort, i.e. the air temperature and the mean windspeed“. Das Auftreten von Eistagen ist in beiden Untersuchungsgebieten ausgeglichen. Wie die Frosttage sind auch die Eistage häufiger an den DWD-Stationen. Grund hierfür ist der geringe bzw. fehlende Einfluß von

²⁰ Verhältnis einer horizontalen Fläche in ihrer Breite zu der Höhe der angrenzenden vertikalen Flächen, z.B. Straße und deren Randbebauung

Bebauung mit daraus resultierender ungehinderter Ausstrahlung an den DWD-Stationen. Weitere Ergebnisse werden in den Kapiteln 5.2.2 bis 5.2.5 dargestellt. Eine ausführliche Darstellung und Interpretation der gemessenen Werte der sechs Stationen ist in PÜTTMANN & ZIERDT (1999) enthalten.

Tabelle 7: Mittlere jährliche Zahl der Ereignistage ²¹ an den Stationen P_I, P_G, P_S, N_I, N_G und N_S ermittelt mit LT200

Monat Jahr	Heiße Tage						Sommertage						Frosttage						Eistage													
	Anzahl [-]												Anzahl [-]																			
	P_I	P_G	P_S	N_I	N_G	N_S	DWD_L	DWD_HAL	P_I	P_G	P_S	N_I	N_G	N_S	DWD_L	DWD_HAL	P_I	P_G	P_S	N_I	N_G	N_S	DWD_L	DWD_HAL	P_I	P_G	P_S	N_I	N_G	N_S	DWD_L	DWD_HAL
Jan 1997																																
Feb 1997																	2	2	4	7	4	7	6									
Mrz 1997																	3	4	8	8	8	8	8									
Apr 1997																	4	1	5	5	5	8	8									
Mai 1997		2		2	2	2			5	7	5	6	6	7	4	4																
Jun 1997	1	2		2	2	2	1	1	7	12	8	11	12	12	8	8																
Jul 1997									9	14		10	13	11	10	9																
Aug 1997	1	11		11	12	11	6	7	23	28	1	25	28	26	23	23																
Sep 1997						1			3	7		5	6	7	5	4																
Okt 1997																	3	5		7	8	8	8	9								
Nov 1997																	5	3		6	6	6	12	9								
Dez 1997																	9	7		10	10	10	12	11	2	2		2	2	2	4	5
Jahr 1997	2	15	0	15	16	16	7	8	47	68	14	57	65	63	50	48	20	38	3	40	48	51	79	73	2	12	0	2	2	12	16	17
Jan 1998																	11	10	11	11	11	11	9	3	2	3	3	1	3	4	4	
Feb 1998																	6	4	6	7	3	7	6	6	2	2	2	2	2	2	2	
Mrz 1998																	9	8	8	11	10	11	12	11								
Apr 1998																						2	1									
Mai 1998		2		1	1	2			6	9	6	7	6	7	6	6																
Jun 1998	1	1		1	2	1	2	2	8	7	11	9	11	12	8	8																
Jul 1998	2	3	3	3	3	3	3	3	6	12	10	10	9	12	5	7																
Aug 1998	3	6	3	6	7	7	3	3	12	17	13	14	16	14	12	12																
Sep 1998																																
Okt 1998																				1			1									
Nov 1998																	12	11	12	13	14	12	15	15	3	3	3	2	3	1	3	4
Dez 1998																	15	18	16	12	18	12	19	18	10	6	10	5	6	4	10	10
Jahr 1998	6	12	8	11	13	13	8	8	47	45	40	41	43	46	32	34	53	51	53	54	57	53	65	61	18	11	18	12	10	19	20	
Jan 1999																	8	8	8	9	11	11	11	11	2	1	2	2	2	4	4	
Feb 1999																	9	8	11	10	13	10	17	14	2	1	3	3	1	2	4	3
Mrz 1999																		4		3	4	3	8	6								
Apr 1999																				1	2	1	1	2								

(kursiv: bei weniger als 95 % vorhandener Werte eines Monats; leere Zelle: keine Daten bzw. keine Messungen; Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999) ergänzt durch DEUTSCHER WETTERDIENST 1997b, 1998; DEUTSCHER WETTERDIENST - GESCHÄFTSFELD KLIMA- UND UMWELTBERATUNG 1998, 1999)

Das häufigere Auftreten sommerlicher Belastungszeiten wird durch das im vorigen Absatz erwähnte vermehrte Auftreten sommerlicher Ereignistage im urbanen Raum, d.h. an den temporären Klimastationen, bestätigt. Ebenso wurden während der gesamten Meßdauer der Klimastationen allein in den Monaten April bis September 19 % Hochdruckwetterlagen (HB, HFa, HM, HNa, HNFa; vgl. ², S. 6) verzeichnet, dagegen von Oktober bis März nur 11 % (berechnet nach DEUTSCHER WETTERDIENST 1997b, 1998; DEUTSCHER WETTERDIENST - GESCHÄFTSFELD KLIMA- UND UMWELTBERATUNG 1998, 1999) ²². Charakteristisch für solche Wetterlagen sind hohe Einstrahlungsbeträge und geringer Luftaustausch, welche hohe bioklimatische Belastungen, v.a. im Sommer durch Hitzestreß, hervorrufen können.

²¹ Heiße Tage = Lufttemperaturmaximum ≥ 30°C; Sommertage = Lufttemperaturmaximum ≥ 25°C; Frosttage = Lufttemperaturminimum < 0°C; Eistage = Lufttemperaturmaximum < 0°C

²² Im langjährigen Mittel (1881-1990) der genannten Großwetterlagen kommen diese zu 22 % (April bis September) bzw. 21 % (Oktober bis März) vor (berechnet nach GERSTENGARBE ET AL. 1993, S. 87)

5.1.3.2 Flächenhafte Ermittlung I: Meßfahrten

Ausgewertet wurden für diese Arbeit die Meßfahrten an den Terminen 21.08.1997 (abends nach Sonnenuntergang) und 22.08.1997 (morgens vor Sonnenaufgang). Am 21.08.1997 lag das antizyklonale Hoch „Joe“ über Fennoskandien, dessen Absinkprozesse zu einer Wetterstabilisierung führten. Dies drückte sich u.a. durch Wolkenauflösung aus, was wiederum eine intensive Einstrahlung zur Folge hatte. Am 22.08.1997 hatte sich das Hoch zu einer Hochdruckbrücke über Mitteleuropa ausgedehnt. Dieser Zeitraum war durch 5,1 K über dem langjährigen Mittel gelegenen Temperaturen geprägt. Die hohen Temperaturen und fehlender Niederschlag ließen den Untergrund zusehends austrocknen (DEUTSCHER WETTERDIENST - GESCHÄFTSFELD LANDWIRTSCHAFT AUßENSTELLE HALLE 1997, S. 1).

Eine gemeinsame Bezugszeit für beide Untersuchungsgebiete läßt sich nur mit großen Fehlern berechnen, da die Meßfahrten in der Reihenfolge Neustadt – Paulusviertel durchgeführt wurden. Darum wurde für jedes Gebiet eine Bezugszeit für die innerhalb des Meßzeitraumes gelegene volle bzw. halbe Stunde gewählt. Die Bezugszeit im Paulusviertel liegt demnach ein Stunde nach der Neustädter. Eine direkte Vergleichbarkeit zwischen den Untersuchungsgebieten ist dadurch nicht gegeben. Die Meßhöhe betrug einheitlich 1,5 m ü. GOK. Nachstehende Tabelle 8 faßt die Kenndaten der Meßfahrten zusammen.

Tabelle 8: Kenndaten der Meßfahrten

Kenndaten	Einheit	Untersuchungsgebiet				
		Paulusviertel			Neustadt	
Datum	[TT.MM.JJ]	21.08.97	22.08.97	25.08.97	21.08.97	22.08.97
Beginn	[hh:mm MEZ]	21:56	03:06	14:09	20:48	02:13
Ende	[hh:mm MEZ]	22:26	03:40	14:49	21:35	02:55
Dauer	[hh:mm]	00:30	00:34	00:40	00:47	00:42
Bezugszeit	[hh:mm MEZ]	22:00	03:30	14:30	21:00	02:30
Meßhöhe	[m ü. GOK]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Temperaturminimum	[°C]	21,8	18,1	32,3	21,1	16,6
Temperaturmaximum	[°C]	24,1	19,8	34,8	24,0	18,4
Luftfeuchteminimum	[%]	55,0	74,5	32,3	59,2	82,2
Luftfeuchte maximum	[%]	67,1	82,7	39,5	71,9	90,1
Dampfdruckminimum	[hPa]	16,3	16,8		17,0	16,5
Dampfdruckmaximum	[hPa]	17,7	17,8		18,4	17,9
Maximale Windgeschwindigkeit während der Meßfahrt gemessen an der Station	[m / s]	0,3	0,2	0,6	0,1	0,4
		P_G	P_S		N_S	N_S

(Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999))

Statistische Kenngrößen der Meßfahrten sowie die Ergebnisse der räumlichen Strukturanalyse (Variographie), d.h. die Eingabeparameter für das Ordinary Kriging, sind in Anhang 11 tabellarisch zusammengefaßt. Anhang 12 stellt nur die omnidirektionalen Variogramme graphisch dar, d.h. bei Vorhandensein einer einfachen Anisotropie weichen die Reichweiten je nach Größe des Anisotropiefaktors mehr oder weniger stark davon ab. Es wurde für die Interpolation eine Auflösung von 3 m gewählt. Karte 6 bis Karte 11 geben die Ergebnisse wieder.

Die Auswertung von Histogrammen und Wahrscheinlichkeitsplots mit SPSS zeigte, daß die Daten der Lufttemperatur annähernd normal verteilt sind. Da auch bei der abgeleiteten Variable Dampfdruck keine für das Kriging-Verfahren besonders kritische schiefe Verteilung der Daten zu erkennen ist sowie die Mittelwerte und Mediane sehr nahe beieinander liegen, wurde auf eine Datentransformation verzichtet.

Die Schrittweiten der experimentellen Variogramme betragen zwischen 100 und 250 m. Die maximale interpretierbare Distanz liegt bei beiden Untersuchungsgebieten bei ca. 600 m. Problematisch ist dabei die gestreckte Form und die schräge Lage des Untersuchungsgebietes im Paulusviertel, v.a. bei der Auswertung einfacher Anisotropien. Mit Ausnahme der relativen Luftfeuchtigkeit und des Dampfdruckes der Morgenmeßfahrt im Paulusviertel erreichen alle Variogramme einen Sill. Da sowohl der Dampfdruck als auch die relative Luftfeuchtigkeit eine Funktion der Lufttemperatur sind und diese bei allen Meßfahrten eindeutig Stationarität 2. Ordnung aufweist, ist davon auszugehen, daß dies auch für die beiden abgeleiteten Variablen zutrifft²³. Da die untersuchten Variablen in einem engen physikalischen Zusammenhang stehen wurde - entsprechend der deutlichen räumlichen Struktur der Lufttemperatur - allen Variogrammen ein sphärisches Modell angepaßt. Die Reichweite (range) ist bei allen Variablen ähnlich und beträgt ca. 500 (+/- 100) m. Die Reichweiten der Lufttemperatur bzw. des Dampfdruckes der Abendmeßfahrt in Neustadt weichen davon ab und sind auffallend hoch bzw. niedrig. Anisotropien spielen in beiden Untersuchungsgebieten nur eine untergeordnete Rolle. Nur die Lufttemperatur erreicht Anisotropiefaktoren von knapp unter 2,0 (Neustadt) bzw. über 2,0 (Paulusviertel; beides Abendmeßfahrten). Die Richtungen höherer Reichweiten liegen Abends zwischen 0° und 90° (Ost-West bzw. Nord-Süd) und Morgens bei 45° (Nordost-Südwest). Der relative Nuggeteffekt liegt immer deutlich unter 50 %, d.h. die Anwendung des Kriging-Verfahrens ist auch diesbezüglich problemlos möglich.

Bemerkenswert ist, daß in beiden Untersuchungsgebieten die Stichprobenvarianz und die Spannweite der Messungen in der Morgenmeßfahrt (22.08.1997) geringer ist als in der Abendmeßfahrt (21.08.1997). Am deutlichsten ist dieser Effekt bei der Lufttemperatur zu erkennen und am schwächsten beim Dampfdruck. Als Ursache dafür ist die Nivellierung kleinräumiger Temperaturunterschiede anzusehen.

Neustadt 21.08.97

Die **Lufttemperatur**verteilung (Karte 6, oben) zeigt eine Zonierung von Nordwest nach Südost mit einer in dieser Richtung zunehmenden Lufttemperatur. Die Variogramme zeigen eine leichte Anisotropie mit größerer Range in Ost-West-Richtung. Dies kann den Einfluß der - zwar geringen - Topographie andeuten, die zu Kaltluftzufluß aus Nord bzw. Nordost von den dort befindlichen Freiflächen des ehemaligen Kasernengeländes „Heide“ führt. Dort findet sich eine weit höhere Hangneigung, die nötig ist, um überhaupt Kaltluftabflußprozesse in Gang zu setzen (> 2°, GERH 1986, S. 17). In STEINICKE & STREIFENEDER UMWELTUNTERSUCHUNGEN (1998) und MAGISTRAT DER STADT HALLE - GRÜNFLÄCHENAMT (1992a) wird auf Kaltluftströmungen aus diesem Gebiet hingewiesen.

Karte 8 (oben) zeigt die Verteilung der **relativen Luftfeuchtigkeit**. Sie ähnelt der Lufttemperaturverteilung aufgrund des engen physikalischen Zusammenhanges, jedoch in umgekehrter Folge. So finden sich die höchsten Werte im Nordwesten und nehmen nach Südosten ab. Der luftfeuchtigkeitserhöhende Einfluß der Saaleaue wird

²³ Unter diesen Umständen kann die Semivarianz ($\gamma(h)$) auch über die Kovarianz ($C(0) - C(h)$) berechnet werden. Hierbei fließen die Mittelwerte der Ober- bzw. - Untergrenzen der jeweiligen lags (m_h, m_{-h}) in die Berechnung ein. So daß bei sehr unruhigen Variogrammen die räumliche Struktur dadurch klarer und die Modellanpassung erleichtert wird. Formel der Berechnung siehe (PANNATIER 1996, Seite 41).

im Kreuzungsbereich B80 – Gimritzer Damm – Magistrale deutlich. Eine leichte Anisotropie laut Variographie in Richtung $22,5^\circ$ (= Ostnordost) deutet einen möglichen Einfluß der östlich gelegenen Saaleaue an. Die Range ist deutlich niedriger wie bei der Lufttemperatur. Der hohe Nugget zeigt eine starke - durch die Meßanordnung nicht auflösbare – Mikrovarianz der Meßwerte auf.

Die Verteilung des **Dampfdruckes** (Karte 10, oben) ist sehr heterogen. BRÜNDL, MAYER & BAUMGARTNER (1986, S. 124) weisen darauf hin, daß in Stadtgebieten „quantitative Aussagen über die horizontale Verteilung der Luftfeuchtigkeit aufgrund der inhomogenen Verteilung der Feuchtequellen und –senken, wie Grünflächen, Wasserflächen, Drainagen oder Kanalisation, kaum möglich“ sind und sich darum kaum feste Regeln über die Feuchteverteilung in Stadtgebieten erkennen lassen (DANZEISEN in: LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ RHEINLAND-PFALZ 1983, S. 19). Durch die Umrechnung der Luftfeuchtigkeit in Dampfdruck wird der Einfluß der Temperaturverteilung eliminiert und es zeigt sich ein uneinheitliches Bild. Der Dampfdruck weist die geringste Range auf. Als Feuchtequelle hat die Saaleaue einen gewissen Einfluß auf den östlichen Rand des Untersuchungsgebietes, was zu einem höheren Dampfdruck führt. Der Dampfdruck ist in Stadtgebieten im Mittel höher als in der Umgebung (ebenda, S. 19; KÜHNE 1999, S. 80; BRÜNDL, MAYER & BAUMGARTNER 1986, S. 126). Dadurch läßt sich der geringere Dampfdruck in Norden und Nordwesten erklären. Dies kommt ebenfalls in der gefundenen Anisotropie der Variogramme bei 90° (= Nord) zum Ausdruck.

Neustadt 22.08.97

Die morgendliche **Lufttemperatur**verteilung (Karte 7, oben) weist in Nordost-Südwest-Erstreckung eine Zone erhöhter Lufttemperatur quer über das Untersuchungsgebiet auf. Nach Nordwest bzw. Südost nimmt die Lufttemperatur ab. Auch hier zeigt sich wieder der Einfluß der im Norden des Untersuchungsgebietes gelegenen Fläche durch Kaltluftströmung. Die Anisotropie von 45° (= Nordost) bestätigt diesen Sachverhalt. Das Gebiet im Südosten dürfte zum einen durch Einwirkung der Saaleaue stärker ausgekühlt sein, zum anderen handelt es sich hier um einen großen Kreuzungsbereich ohne Bebauung, weshalb eine nächtliche Ausstrahlung nicht behindert wird. Die Range des Variogramms beträgt weniger als die Hälfte der Abendmeßfahrt und deutet auf den schwächeren räumlichen Zusammenhang hin.

Entsprechend der Lufttemperatur ist die **relative Luftfeuchtigkeit** zoniert (Karte 9, oben), mit niedrigen Werten in Südwest-Nordost-Erstreckung im Kernbereich des Untersuchungsgebietes. Nach Nordwest bzw. Südost nehmen diese zu. Das deutet den Einfluß von Saaleaue und der nördlich des Untersuchungsgebietes anschließenden Grünfläche an. Die Range entspricht dabei der Abendmeßfahrt, jedoch sind Nugget und Sill wesentlich kleiner als beim Abendtermin. Es scheint sich damit eine Stabilisierung der Luftfeuchtigkeitsverteilung anzudeuten.

Bestätigt wird diese Annahme bei der Betrachtung des **Dampfdruckes** (Karte 11, oben), welcher eine annähernd gleiche Verteilung und Richtung wie die Lufttemperatur aufweist. Auch unterstreicht die Anisotropie von 45° (= Nordost) beider Parameter diesen Sachverhalt und dokumentiert die Einflüsse des ehemaligen Kasernengeländes im Norden und der Saaleaue im Osten. Im Gegensatz zur Lufttemperatur hat sich die Range des Dampfdruckes im Vergleich zur Abendmeßfahrt vergrößert. Obwohl es sich um eine Strahlungsnacht handelt, konnten z.T. an den temporären Klimastationen schwache Windbewegungen, i.e. Flurwinde, in 2 m ü. GOK während der Meßfahrten verzeichnet werden. Abbildung 8 zeigt diesen für die Station N_S aus süd- bis östlichen Richtungen. Dies stimmt mit der gefundenen Anisotropie und der Annahme überein, daß aus Richtung der Saaleaue Luft in die Bebauung einströmt.

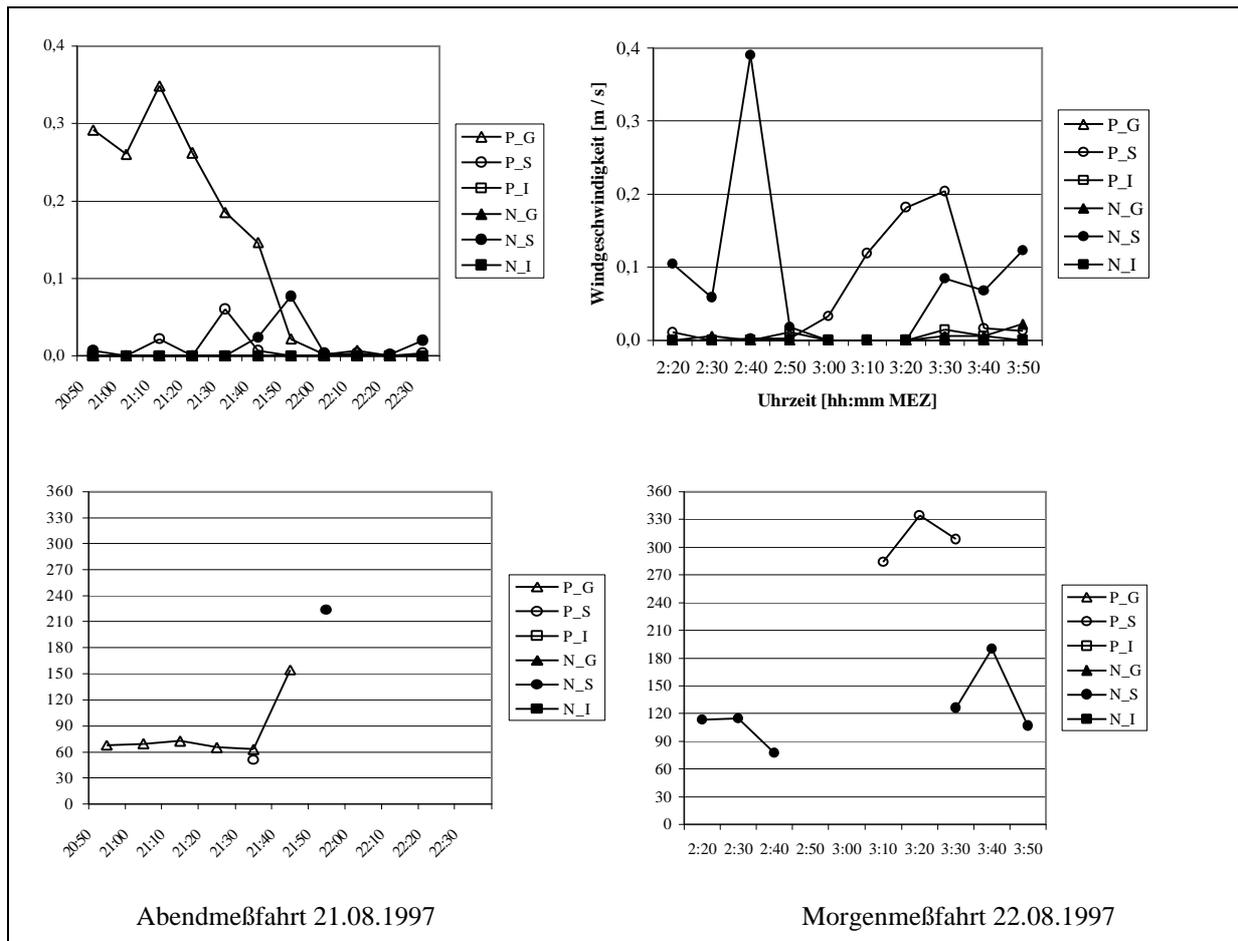


Abbildung 8: Windgeschwindigkeiten und -richtungen 2 m ü. GOK als 10-min-Mittel während der Meßfahrten an den temporären Klimastationen

(Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999))

Paulusviertel 21.08.97

In diesem Untersuchungsgebiet findet sich eine etwa Nord-Süd-gerichtete Lufttemperaturverteilung (Karte 6, unten) mit kühleren Gebieten im Norden und wärmeren im Süden, letztgenannte speziell im Bereich der Ludwig-Wucherer-Straße. Die lockere Bebauungsstruktur im Nordosten, d.h. einzelstehende Gebäude sowie die außerhalb des Untersuchungsgebietes gelegenen Kleingärten, kühlen schneller aus. Abbildung 8 veranschaulicht für die am nördlichen Untersuchungsgebietsrand stehende temporäre Klimastation P_G Luftbewegungen aus nordöstlichen Richtungen, somit aus den zuvor genannten locker bebauten und durchgrüneren Bereichen. Die Blockrandbebauung weist fast geschlossen eine einheitliche Lufttemperaturklasse auf. Eine Anisotropie in 0°-Richtung deutet auf einen leichten Einfluß der Topographie hin (vgl. Abbildung 7).

Die räumliche Ausprägung (Karte 8, unten) der **relativen Luftfeuchtigkeit** zeigt ein inverses Verteilungsbild. So finden sich Bereiche hoher Luftfeuchtigkeit im Norden und niedrige im Süden. Die Range ist wie in Neustadt deutlich kleiner als bei der Lufttemperatur. Der fehlende Nuggeteffekt deutet auf geringe Mikrovariabilität hin. Eine Anisotropie findet sich hier nicht.

Die **Dampfdruck**verteilung (Karte 10 unten) hat eine ähnliche Struktur wie die Lufttemperaturverteilung, jedoch mit niedrigsten Werten im südöstlichen Bereich und höchsten im Nordwesten. Hieraus läßt sich der Einfluß des

höheren Vegetationsanteils bzw. der unversiegelten Flächen als Wasserdampfquellen im Norden ableiten, was sich in einer Anisotropie von 90° (= Nord) widerspiegelt.

Paulusviertel 22.08.97

Am Morgen ist immer noch ein Bereich der Ludwig-Wucherer-Straße der Bereich höchster **Lufttemperaturen** im Untersuchungsgebiet (Karte 7, unten). Nördlich und nordwestlich davon erstreckt sich ein etwas kühleres Gebiet, ebenso im Osten. Im Westen haben die nördlich anschließenden locker bebauten Bereiche ihren Einfluß, im Osten bildet die Paracelsusstraße, als sehr breite Straße, eine gute Ausstrahlungsfläche. Dem Gefälle folgend kann hier kühlere Luft in die einmündenden Straßen des Paulusviertels eindringen. An der temporären Klimastation P_S wird eine Luftbewegung aus nördlichen Richtungen registriert und unterstützt diese Annahme. Die Anisotropie von 45° unterstreicht diesen Sachverhalt mit dem größten Anisotropiefaktor aller Variogramme. Die Range nimmt im Vergleich zur Abendmessung, wenn auch wesentlich weniger als in Neustadt, ab.

Karte 9 (unten) zeigt die inverse Verteilung der **relativen Luftfeuchtigkeit** im Vergleich zur Lufttemperatur. Im Bereich Ludwig-Wucherer-, Schiller-, Goethe- und Lessingstraße findet sich der Bereich mit der niedrigsten relativen Luftfeuchtigkeit. Diese steigt in Richtung Ost und insbesondere Nord bzw. Nordwest an. Auch hier liegt wieder kein Nugget vor. Wie in Neustadt hat sich ebenfalls die Range erhöht, was eine Stabilisierung der Verhältnisse andeutet.

Eine anders gerichtete Verteilung findet sich beim **Dampfdruck** (Karte 11, unten). Dieser nimmt von Süd nach Nord zu. Der Zufluß von kälterer und feuchterer Luft aus den nördlichen Bereichen bedingt hier wahrscheinlich die höheren Dampfdruckwerte im Westteil. Die Form des experimentellen Variogramms zeigt, daß der räumliche Zusammenhang größer als das Untersuchungsgebiet ist. Die Ursache hierfür ist die bereits erwähnte Lage und Form des Untersuchungsgebietes sowie die Tatsache, daß das Paulusviertel in die weiträumige Bebauung des Stadtkörpers eingebettet ist und nur einen kleinen Ausschnitt aus demselben bildet.

Sowohl beim Dampfdruck als auch bei der relativen Luftfeuchtigkeit ist die Anpassung von Übergangsmodellen mit deutlichem Sill schwierig. Dies könnte auf einen starken Trend durch Kaltluftinflüsse hinweisen. Die vorgenommenen Modellanpassungen sind daher mit Einschränkungen bis ca. 500 m interpretierbar. Die Ergebnisse könnten verbessert werden, indem noch mehr Meßpunkte außerhalb des Untersuchungsgebietes hinzugenommen würden.

Die Abnahme der Reichweite - im Vergleich Abend-Morgen-Messung - beim Parameter Lufttemperatur deutet auf einen Einfluß von außen, i.e. Kaltluftzufluß, hin. Auf die Schwierigkeit beim Parameter Dampfdruck wurde schon bei der Erläuterung der Abendmeßfahrt in Neustadt hingewiesen. Es zeigt sich jedoch eine umgekehrte Tendenz bezüglich der Reichweite. So kann derselbe vorgenannte Mechanismus dazu führen, daß sich dadurch großräumigere zusammenhängende Dampfdruckverteilungen ausbilden und nicht so sehr das kleinräumige Vorhandensein bzw. die Abwesenheit von Wasserdampfquellen ausschlaggebend ist.

5.1.3.3 Flächenhafte Ermittlung II: Simulation der Lichtverhältnisse mit dem Programm SHADOW

Validierungsberechnungen

Um die Gültigkeit der Simulationen zu bestimmen, wurden Validierungsläufe durchgeführt. Dabei wurden für die Standorte der temporären Klimastationen die Globalstrahlung über ein Jahr am Stationsstandort als Punktanalyse berechnet, um diese anschließend mit den Messungen zu vergleichen. Es sei an dieser Stelle

bemerkt, daß im Modell weder die „wahre“ Wetterlage und somit auch nicht die Bewölkung, die Oberflächenfarben oder die Vegetation berücksichtigt werden.

Die Ergebnisdateien der Validierungsberechnungen wurden derart umformatiert, daß aus den Tageswerten Monatsmittel gebildet wurden. Zum Vergleich wurden für jede Klimastation einzeln die entsprechenden Monatsmittelwerte über den gesamten Meßzeitraum ermittelt, um anschließend diese beiden Ergebnisse statistisch zu analysieren. Danach liegen die Modellergebnisse zwar z.T. erheblich über den Messungen, weisen jedoch hohe Korrelationen mit $\geq r = 0,92$ (P_G, N_I, N_S, N_G) auf. Die Abweichungen der Berechnungen sind in den zuvor gemachten Modelleinschränkungen begründet und dadurch, daß zwar die Gebäude als Polygone eingegeben werden, diese jedoch modellintern wieder in Raster umgewandelt werden. So korrelieren zwar tendenziell die Ergebnisse der Klimastationen, welche nah an Gebäuden liegen (P_I, P_S), mit den Simulationen, jedoch ist der Zusammenhang nicht so hoch ($r = 0,52$ bzw. $r = 0,47$).

Da die reale Globalstrahlung durch das Modell z.T. erheblich überschätzt wird, eignen sich diese Ergebnisse nicht, um daraus mittels den aus der Flächennutzung ableitbaren physikalischen Eigenschaften - den geschätzten realen Wärmeumsatz - zu bestimmen. Darum wird statt dessen indirekt auf den möglichen Wärmeumsatz bzw. die Lichtverhältnisse geschlossen, indem eine Beziehung zwischen maximal möglicher Sonnenscheindauer und Oberflächenbeschaffenheit hergestellt wird.

Flächenhafte Modellierungen

Nachdem eine hinreichende Gültigkeit des Modells festgestellt wurde, konnte im nächsten Schritt eine flächenhafte Simulation zur Bestimmung der maximal möglichen Sonnenscheindauer am Erdboden für den Termin 21.06. durchgeführt werden. Für beide Untersuchungsgebiete wurde eine Auflösung von 2 m gewählt. Damit wird bei der maximalen Quellgittergröße von $250 * 250$ Gitterpunkten eine Maximalfläche von $500 * 500$ m abgedeckt. Um die gesamten Untersuchungsgebiete (mit Überschneidungen) abdecken zu können, wurden für das Paulusviertel 6 Teilflächen festgelegt, für Neustadt 9. Die Simulationsergebnisse gibt Karte 12²⁴ wieder.

In **Neustadt** (Karte 12, oben) sind Straßenabschnitte mit Nord-Süd-Erstreckung und – für Neustädter Verhältnisse mit relativ engständigen - Gebäuden zu beiden Seiten diejenigen Flächen, welche die geringste Sonnenscheindauer aufweisen. Wegen des hohen Sonnenstandes am gewählten Simulationstermin haben die elfgeschossigen Baublöcke keine weitreichende abschattende Wirkung, so z.B. in der Nordostecke der Kreuzung Zur Saaleaue, Unstrut- und Werrastraße. Die längste Sonnenscheindauer ist in breiten Straßenabschnitten zu finden, an denen die Bebauung nicht zu nah herantritt (Magistrale, Gimritzer Damm). In den Innenhöfen, welche oftmals von fünfgeschossigen Baublöcken umgrenzt werden, kann – begünstigt durch das größere Breiten-Höhen-Verhältnis - eine relativ lange Sonnenscheindauer verzeichnet werden.

Im Gegensatz dazu sind die Innenhöfe des **Paulusviertels** (Karte 12, unten) die Flächen, welche die kürzeste Sonnenscheindauer aufweisen. Verursacht wird dies durch die wesentlich kleineren Innenhofgrößen mit allseits umgebender hoher Bebauung, i.e. kleinerem Breiten-Höhen-Verhältnis. Die höchste Sonnenscheindauer wird in der Paracelsusstraße sowie im Bereich der Pauluskirche berechnet. Kommt der Hasenberg, auf dem die Pauluskirche steht vorwiegend durch seine topologische Besonderheit als Vollform in einen hohen

²⁴ Bei der Darstellung sind die Ergebnisse der Teilgebietssimulationen übereinandergelegt. Deshalb kommt es in den Überlappungsbereichen der einzelnen Simulationsteilgebiete zu Ungenauigkeiten

Einstrahlungsgenuß, bildet die Paracelsusstraße eine breite Straßenfläche, welche auf ihrer Ostseite gar keine Bebauung aufweist. Ein gutes Beispiel, wie sich das Breiten-Höhenverhältnis auf die Sonnenscheindauer auswirkt, bieten die drei parallelen Straßen Goethe-, Lessing- und Schillerstraße. Die beiden erstgenannten sind von einer Blockrandbebauung ohne Vorgärten begrenzt, welche sich jedoch in letzterer finden. Durch das größere Breiten-Höhen-Verhältnis in der Schillerstraße wird hier eine wesentlich höhere Sonnenscheindauer berechnet als in der Goethe- und Lessingstraße.

5.1.3.4 Flächenhafte Ermittlung III: Simulation der Windverhältnisse mit dem Programm MISKAM

Zunächst wurden für die Untersuchungsgebiete Paulusviertel und Neustadt 3 bzw. 5 sich überschneidende Teilgebiete zur Simulation ausgewiesen, welche sich aus der maximal möglichen Modellgröße und der gewählten Auflösung ergeben. Anströmrichtung und -geschwindigkeit werden von der Station Leipzig-Schkeuditz (DWD_L) abgeleitet. Dabei wird auf Basis des langjährigen Mittels (1992-1998) dieser Station (Schriftliche Mitteilung des DWD, Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung / Potsdam, O. THIESSEN vom 8.11.1999, vgl. Abbildung 1) die Anströmrichtung 5,8 m / s aus 240°, das Primärmaximum der dortigen Windrichtungsverteilung, zur Simulation einer typischen advektiven Westwindwetterlage gewählt. Dieses langjährige Mittel entspricht dabei dem langjährigen Mittel für den Monat Oktober.

Danach wurden die Konfigurationsdateien, welche die Gebäudestrukturen enthalten, für die jeweiligen Gebietsausschnitte erstellt. Für das Untersuchungsgebiet Neustadt wurde zusätzlich noch die Gebäudekonfiguration durch die Durchströmungsbereiche ergänzt. Weitere Simulationsparameter waren:

- Modellauflösung 3 m (effektive Modellgröße 720 * 720 m bei maximal 240 * 240 Gitterpunkten; Modellhöhe auf 220 m gesetzt)
- Drehung des Untersuchungsgebietes Neustadt um 6,5° nach Ost
- Anemometerhöhe 10 m
- Schichtung neutral
- Turbulenzschließung mit diagnostischem k-Modell
- Stationarität als Abbruchkriterium
- Rauigkeitslängen für Erdboden 1,5 cm, für Gebäudeoberflächen 0,5 cm ²⁵

Nach Durchführung der Rechnungen mußten die binär vorliegenden Ergebnisse in das ASCII-Format kompiliert werden. Anschließend wurde zur Analyse ein x-y-Schnitt der untersten Modellschicht (1,5 m ü. GOK) erzeugt. Ein Vergleich der modellierten Werte an den Stationsstandorten auf Basis des langjährigen Mittels mit den real gemessenen im Zeitraum Februar 1997 bis April 1999 läßt eine gute Übereinstimmung zu den gemessenen Werten feststellen. Die maximale Windrichtungsabweichung – außer an P_I - beträgt 15°. Bei P_I kommt das weiter oben angeschnittene Problem der Rasterung zum Tragen. Diese Station steht nahe an einem Gebäude. Da das Gebäude quer zum Gitter liegt, erfolgt eine treppenförmige Rasterung im Rechenmodell, weshalb die Windrichtung in diesem Bereich eine größere Abweichung erfährt. Die Windgeschwindigkeiten liegen im Modell grundsätzlich über den Meßwerten, da kleinräumige Flächennutzungsvariationen, wie z.B. Bäume oder

²⁵ In einem Probelauf werden für die Gebäudeoberflächen und dem Erdboden in Abhängigkeit von der Flächennutzung (vgl. 4.3.1, Zuweisung der Rauigkeitslängen nach EICHHORN (1997a, S. 4-9) verschiedene Rauigkeitslängen verwendet. Im Vergleich mit einem Simulationslauf mit Pauschalwerten ergaben sich keine Unterschiede, weshalb im weiteren mit einheitlichen Werten gerechnet wurde.

Gebüsch, nicht berücksichtigt werden. Die Simulationsergebnisse sind in Karte 13 (Windgeschwindigkeit) und Karte 14 (Windrichtung) (vgl. ²⁴, S. 52) dargestellt.

Durch die weitständige Bebauungsstruktur ist die Windgeschwindigkeit in **Neustadt** nur unwesentlich gemindert. Jedoch kommt es an etlichen Stellen zu einer Geschwindigkeitserhöhung bis zu mehr als 10 m/s die sich oftmals mit Bereichen gleicher Windrichtung decken. Diese Kombination von erhöhter Windgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Bündelung der Windrichtung kann als Kanalisationseffekt bezeichnet werden. In den Innenhöfen ist die Windgeschwindigkeit oft gemindert und es bilden sich Rotoren, welche eine Windrichtungsänderung um bis zu 180° in Bodennähe hervorrufen.

Im **Paulusviertel** ist die Windgeschwindigkeit fast durchgehend reduziert. Nur an Stellen mit exponierter Bebauung, wie am Hasenberg (Pauluskirche) und der Kreuzung Paracelsus- / Humboldtstraße (Wasserturm), kommt es zu einer Geschwindigkeitserhöhung bei gleichzeitiger Windrichtungsbündelung. Die Ausrichtung der Straßenverläufe spielt in diesem Untersuchungsgebiet eine große Rolle. So führt eine Erstreckung in etwa der Anströmrichtung zu einer Geschwindigkeitserhöhung und Kanalisation, wie z.B. in der Goethe-, Schiller- und Lessingstraße. Quer zur Anströmrichtung verlaufende Straßenzüge bilden wie schon in Neustadt Rotoren, welche die Windrichtung in etwa entgegengesetzt zur Anströmrichtung laufen lassen. Geringste Windgeschwindigkeiten werden in den Innenhöfen berechnet, welche meistens unter 2 m/s liegen. Hier findet sich auch eine Richtungsumkehr wie schon bei den Straßen beschrieben. Als Beispiel seien die Meßwerte der Station P_I wiedergegeben. Die Windrichtungsverteilung aller Meßwerte während der Betriebsdauer zeigt die in Abbildung 9 dargestellte Verteilung. MERTENS (1997, S. 36) kam ebenso in einer Untersuchung über Berliner Innenhöfe zu dem Schluß, daß die Windrichtung in Hofflächen überwiegend entgegengesetzt zur freien Windrichtung verläuft. Ausschlaggebend dafür ist die Hofgröße sowie die Höhe und Geschlossenheit der Randbebauung (ebenda, S. 30).

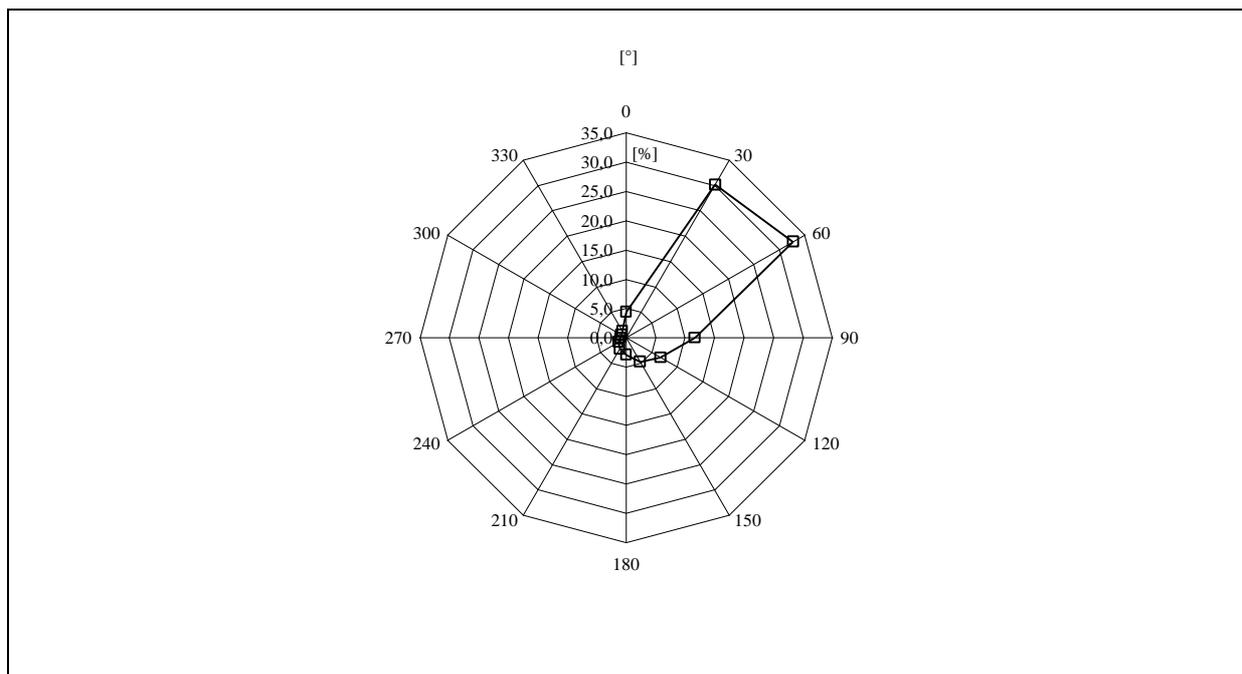


Abbildung 9: Windrichtungsverteilung auf Basis aller Meßwerte an der temporären Klimastation P_I

(Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999))

5.1.4 Befragung

Von den insgesamt 400 Fragebögen wurden je 200 in jedem Untersuchungsgebiet verteilt. Die Rücklaufquote bezogen auf alle 400 Fragebögen betrug 43 % aus Neustadt und 57 % aus dem Paulusviertel. Bezogen auf die 200 Fragebögen je Untersuchungsgebiet lag die Rücklaufquote bei 61 % für das Paulusviertel und 46 % für Neustadt. Zum Zeitpunkt der Befragung zählte das Paulusviertel 8847 Einwohner, die Nördliche Neustadt 21819 (STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT 1998a).

Die Alterszusammensetzung der Antwortenden differiert zu der in den Untersuchungsgebieten insgesamt gegebenen. Abbildung 10 veranschaulicht dies. Danach wurden durch die Befragung in Neustadt vermehrt ältere Bevölkerungsteile erfaßt, im Paulusviertel eher jüngere. Die Wohndauer der Befragten (vgl. Abbildung 11) beträgt Paulusviertel zu fast 67 % höchstens 5 Jahre. Dagegen wohnt in Neustadt der Hauptteil der Befragten, fast 61 %, über 15 Jahre in diesem Untersuchungsgebiet. Die Zahlen verdeutlichen die Auswirkungen der schon in Kapitel 3 angeführten Zuzüge jüngerer Bevölkerungsteile im Paulusviertel. Von den Antwortenden waren in Neustadt 55 % weiblich und 45 % männlich, im Paulusviertel 65 % bzw. 35 %. Laut amtlicher Statistik lag die Verteilung der Geschlechter im 2. Quartal 1998 bei 51 % bzw. 49 % in Neustadt und 52 % bzw. 48 % im Paulusviertel (STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT 1998a).

In der weiteren Analyse werden die Merkmale Alter und Geschlecht nicht weiter berücksichtigt. Deshalb ist auch keine Gewichtung diesbezüglich erforderlich, weil eine Schiefelage der Alters- und Geschlechtsvariable entfällt. Die graphische Darstellung der folgenden Einzelanalysen stellt Anhang 13 zusammen.

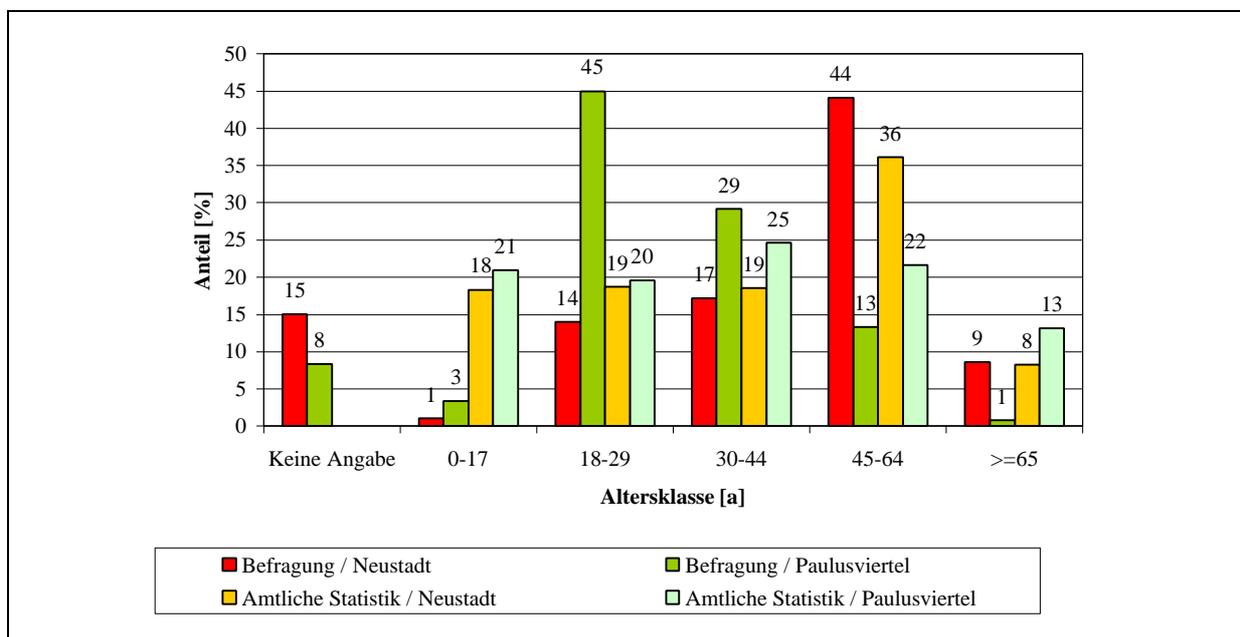


Abbildung 10: Altersstruktur der befragten Personen im Vergleich zur Gesamtaltersstruktur nach Untersuchungsgebieten

(Datengrundlage: eigene Erhebung, ergänzt durch Amtliche Statistik Stand: 31.12.1996 (schriftliche Mitteilung STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT vom 11.03.1997))

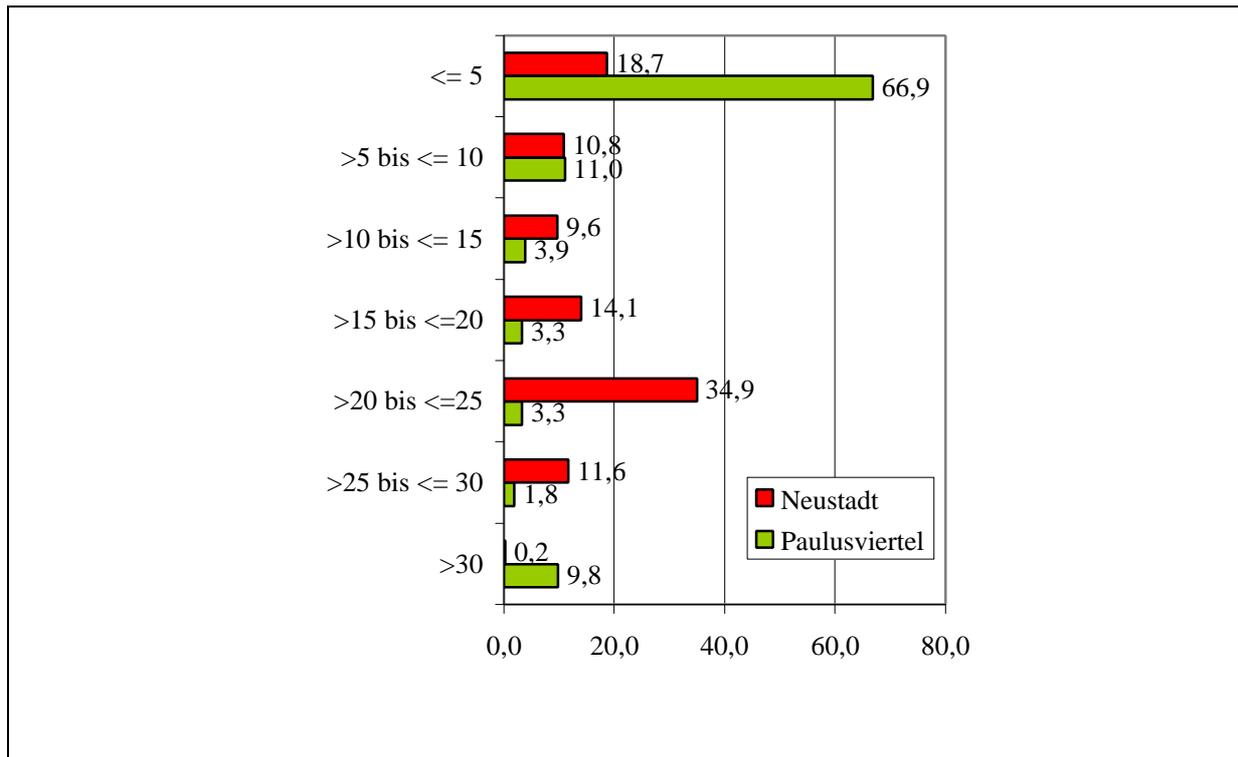


Abbildung 11: Wohndauer in den Untersuchungsgebieten

(Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT 1999)

Der **Stellenwert der belebten wie unbelebten Natur in städtischen Planungsvorhaben** war Gegenstand der Frage 5.4 (Anhang 13; gültige Antworten Neustadt: 81 %, Paulusviertel 86 %). Auf einer Skala zwischen 1 (nicht wichtig) und 5 (sehr wichtig) sollten die Schutzgüter Boden, Grundwasser / Gewässer, Luft, Klima, Vegetation und Tiere bewertet werden. Sind den Neustädtern das Grundwasser bzw. die Gewässer, die Luft und die Vegetation ($\bar{x} = 4,7$) am wichtigsten, ist es im Paulusviertel die Vegetation ($\bar{x} = 4,7$). Erst danach folgen hier Luft und Grundwasser bzw. Gewässer ($\bar{x} = 4,6$ bzw. $4,4$). Die klimatischen Belange stehen in Neustadt an 2. Stelle ($\bar{x} = 4,5$), im Paulusviertel an 4. ($\bar{x} = 4,3$). In beiden Untersuchungsgebieten fanden die Schutzgüter Boden und Tiere den geringsten Stellenwert (Paulusviertel: beide $\bar{x} = 4,0$; Neustadt: $\bar{x} = 4,0$ bzw. $3,5$).

Die geringe bis fehlende Vegetation und der Wunsch nach Erhalt bzw. Neuanpflanzungen wird für die Bewertung im Paulusviertel ausschlaggebend gewesen sein und wird in der Arbeit von PÜTTMANN & ZIERDT (1999, S. 83) bestätigt. So wird in dieser Arbeit hinsichtlich den Veränderungswünschen die Kategorie „mehr Bäume und Grünflächen“ am häufigsten bzw. zweithäufigsten genannt. Ebenfalls findet sich in der genannten Arbeit eine Erklärung für den hohen Stellenwert der Luft(qualität). Danach finden sich Paulusviertler dreimal so stark durch Hausbrand bzw. Ofenheizung belastet als die Neustädter (ebenda, S. 79). Der hohe Stellenwert der Luftqualität in Neustadt wird, da hier keine Emissionen aus Hausbrand bzw. Ofenheizung vorkommen, durch die Belastung durch Autoabgase begründet (ebenda, S. 80). Jeder, der von Neustadt in die Altstadt von Halle gefahren ist, wird seine subjektiven Empfindungen beim Überqueren der Saale gemacht haben, wodurch die Kategorie Grundwasser / Gewässer öfter und einprägsamer ins Bewußtsein gerückt wird. Die Einschätzung des Vegetationsanteils als hoch in diesem Untersuchungsgebiet (ebenda, S. 74) tendiert in Richtung Erhalt, da eine Erhöhung des Grünflächenangebotes weit weniger gewünscht wird als im Paulusviertel. Der Stellenwert klimatischer Belange ist im Paulusviertel wesentlich niedriger als in Neustadt. Als Beispiel soll ein Vergleich der

Untersuchungsgebiete zur Innenstadt von Halle herangezogen werden. Danach empfinden die Paulusviertler ihr Wohngebiet eher kühler als die Innenstadt, die Neustädter umgekehrt (PÜTTMANN, MÜNCH & ZIERDT in: UNIVERSITÄTSZENTRUM FÜR UMWELTWISSENSCHAFTEN ET AL. 1998, S. 153). Das ist der Grund, weshalb letztere dem Klima einen höheren Stellenwert zuordnen.

Im weiteren soll der Zusammenhang zwischen der Empfindung der Ausprägung der klimatischen Parameter in den drei Subtypen (öffentliche) „Grünfläche“, „Straße“ und „Innenhof“ und deren Bewertung dargestellt werden. Der Anteil der gegebenen bzw. gültigen Antworten lag dabei zumeist weit über 80 % in beiden Untersuchungsgebieten.

Der Fragenkomplex 1 hatte die **Lufttemperatur** zum Thema. Bei den Grünflächen ist kein Zusammenhang zwischen der Empfindung „höher / niedriger als das Mittel“ bzw. „dem Mittel entsprechend“ und der Bewertung ob „angenehm“, „unentschieden“ oder „unangenehm“ auszumachen (Fragen 1.1.1 und 1.1.2, Anhang 13). Hier wurde die als „dem Mittel entsprechend“ empfundene Lufttemperatur zu hohen Anteilen als „angenehm“ bewertet (Neustadt 57 %, Paulusviertel 66 % aller Antworten), wie auch insgesamt bei der Einschätzung der Lufttemperatur die Kategorie „dem Mittel entsprechend“ am häufigsten vergeben wurde (Neustadt 80 %; Paulusviertel 78 %). Straßen jedoch wurden, wenn sie „höher als das Mittel“ empfunden wurden, vermehrt als „unangenehm“ bewertet (Neustadt / Paulusviertel: 32 % / 30 %, Kendall-Tau-B = -0,594 / -0,519, beide auf 0,01-Niveau signifikant). Dabei wurde die Lufttemperatur insgesamt im Paulusviertel am häufigsten „höher als das Mittel“ empfunden, in Neustadt knapp am zweithäufigsten. Einen etwas geringeren Zusammenhang gibt es auch in Neustadt bezüglich der Innenhöfe (Kendall-Tau-B = -0,363, auf 0,01-Niveau signifikant). Lufttemperaturen „geringer als das Mittel“ empfunden, werden angenehmer beurteilt und umgekehrt. Am häufigsten wurde jedoch die Lufttemperatur als „dem Mittel entsprechend“ genannt. Hierzu ist im Paulusviertel kein Zusammenhang zu erkennen, wie auch die Lufttemperatur am häufigsten als „geringer als das Mittel“ eingeschätzt wurde.

Grünflächen werden allgemeine „Wohlfahrtswirkungen“ zugesprochen, wie z.B. Abschattungseffekte durch Bäume und angenehmes Lichtklima (BRÜNDL, MAYER & BAUMGARTNER 1986, S. 283). Wegen des geringen Grünflächenanteils im Paulusviertel kommt diesen hier eine besondere Bedeutung zu. Bei ihrer Bewertung nehmen sie eine Mittelstellung ein zwischen Lufttemperaturen, die in den Straßen eher höher und in den Innenhöfen eher niedriger als das Mittel empfunden werden. Die Lufttemperatur der Innenhöfe Neustadts wird hauptsächlich „dem Mittel entsprechend“ oder zu geringeren Teilen als „höher als das Mittel“ empfunden. Der geringere Versiegelungsgrad bzw. höhere Durchgrünungsgrad wird hier ausschlaggebend, auch für deren Bewertung hin zu „angenehm“, gewesen sein. Ebenso der von MERTENS (1997, S. 31) aufgeführte positive Einfluß von Verbindungen zu angrenzenden Innenhöfen oder Straßen, welche bei den Neustädter Innenhöfen vorliegen, wird dazu seinen Beitrag leisten.

Frage 1.1.4 erkundete, ob nach Sonnenuntergang Kaltluft verspürt wird. Von denen, die diese Frage mit „ja“ beantworteten, gaben 53 % in Neustadt an, dieses als „angenehm“ bzw. 29 % als „unangenehm“ zu empfinden (Frage 1.1.5, Anhang 13). Die Antwortenden im Paulusviertel bewerteten dies zu 62 % als angenehm (14 % „unangenehm“). „Unentschieden“ waren im Paulusviertel 24 %, in Neustadt der geringste Teil der Befragten mit 18 %.

Welche Faktoren einen temperatursenkenden Einfluß bei hohen Temperaturen haben könnte, wurde in Frage 1.1.6 (Anhang 13) erfaßt. Bei den vorgegebenen Alternativen gaben die Neustädter jeweils mit 32 % „mehr

Grün“ und „Wasserflächen“ an. Im Paulusviertel lag das Hauptgewicht deutlicher bei „mehr Grün“ (42 %), gefolgt von „Wasserflächen“ (31 %). Weiter wurden hier „hellere Fassadenanstriche“ (14 %; Neustadt: 17 %) und „Verwendung anderer Baumaterialien“ (6 %, Neustadt: 14 %) gewählt. Bei der Möglichkeit einer freien Antwort gaben im Paulusviertel 50 % „geringere Bebauungsdichte bzw. Senkung des Versiegelungsgrades“ an, in Neustadt 67 %. Im erstgenannten Untersuchungsgebiet wurden außerdem noch „engere Straßen“ (6 %) sowie eine „Verbesserte Exposition / Anordnung“ (19 %) vorgeschlagen. Der letzte Punkt ist in der Hinsicht zu verstehen, als daß damit eine bessere Durchlüftung im Sinne von Abtransport erwärmter Luftmassen durch Windeinwirkung gemeint ist. Der Vorschlag „engere Straßen“ meint hingegen eine Reduzierung der Einstrahlung und damit Erwärmung durch engere Bebauung. Beide Punkte sind jedoch kaum umsetzbar, da hierzu ein Abriß und Neubau des Wohnviertels erfolgen müßte.

Die **Lichtverhältnisse** wurden im Fragenkomplex 2 behandelt. Die Empfindung der Lichtverhältnisse als „grell“, „hell, licht“, „schattig“ oder „dunkel“ (Frage 2.1.1) und deren Bewertung als „angenehm“, „unentschieden“ sowie „unangenehm“ (Frage 2.1.2, Anhang 13) zeigt im Paulusviertel hinsichtlich der Grünflächen als auch in Neustadt bei den Innenhöfen keinen Zusammenhang. Im Paulusviertel werden die hellen, lichten bis schattigen Grünflächen zumeist als angenehm (38 % bzw. 49 %) bewertet. Ein niedriger, aber signifikanter, Zusammenhang findet sich bei der Einschätzung der Neustädter Grünflächen (Kendall-Tau-b = -0,412, auf 0,01-Niveau signifikant). Hier werden ebenfalls die Kategorien „hell, licht“ bzw. „dunkel“ am häufigsten genannt (54 % bzw. 25 %). Die Empfindung und Bewertung der Straßen beider Untersuchungsgebiete zeigt einen gleichen signifikanten Zusammenhang (Paulusviertel: Kendall-Tau-b = -0,587, Neustadt: Kendall-Tau-b = -0,595; beide auf 0,01-Niveau signifikant) insofern, als daß grelle Lichtverhältnisse als „unangenehm“ eingeschätzt werden, sowie helle, lichte bzw. schattige Lichtverhältnisse in Straßen vermehrt als „angenehm“ beurteilt werden. Insgesamt wurde die Kategorie „hell, licht“ in beiden Untersuchungsgebieten am häufigsten vergeben. Die Analyse der Innenhöfe des Paulusviertels zeigt einen niedrigen aber signifikanten Zusammenhang (Kendall-Tau-b = 0,368, auf 0,01-Niveau signifikant) zwischen Empfindung und Bewertung. Dabei ist hier der Vorzeichenwechsel des Korrelationskoeffizienten interessant, da hier mit der Zunahme der Verschattung die Einschätzung in Richtung „unangenehm“ steigt, entgegen den anderen Bewertungen. Wurden im Paulusviertel die Lichtverhältnisse am häufigsten als „schattig“ bezeichnet (40 %), gefolgt von „dunkel“ (27 %), ist dies in Neustadt „hell, licht“ (53 %) und schattig (39 %).

Die Empfindung und Bewertung der Lichtverhältnisse wird einerseits durch das unterschiedliche Breiten-Höhen-Verhältnis der Bebauungsstrukturen gesteuert, zum anderen auch durch die vorhandenen Baumaterialien. Das Breiten-Höhen-Verhältnis ist in Neustadt wesentlich größer, was eine erhöhte Einstrahlung bedeutet. Gerade die Straßen werden hier als grell und unangenehm angesehen. Als in diesem Untersuchungsgebiet hauptsächlich verwendetes Baumaterial kann Beton genannt werden, welcher einen wesentlich höheren Albedo²⁶-Wert (71 %) hat, als die im Paulusviertel verwendeten Ziegel (20 – 40 %; SUKOPP & WITTIG 1993, S. 121) und dadurch die Lichtverhältnisse wesentlich beeinflußt. Die an sich kleineren Innenhöfe im Paulusviertel weisen in Kombination mit dem kleineren Breiten-Höhen-Verhältnis eine größere Verschattung auf und werden aus diesem Grunde als eher dunkel empfunden. Diese Verhältnisse werden vornehmlich als „unangenehm“ empfunden. Den Grünflächen kann die weiter oben beschriebene Wohlfahrtswirkung zugeschrieben werden. Extremes

²⁶ Reflektierter Anteil einfallender Lichtstrahlung

Lichtempfinden findet sich kaum. Zumeist als „hell / licht“ bis „schattig“ empfunden, werden diese Verhältnisse zu großen Teilen als „angenehm“ bewertet.

Die Frage 2.1.4 thematisierte die Einflußmöglichkeiten auf unangenehm helle Lichtverhältnisse. Danach (Anhang 13) wurde am häufigsten die Kategorie „mehr Grün“ benannt (Neustadt: 74 %, Paulusviertel 85 %). Der Vorschlag dunklerer Gebäudeanstriche fand geringen Zuspruch (11 % bzw. 3 %). In der freien Antwort wurden in beiden Vierteln zu gleichen Anteilen die „Vermeidung von Reflexionen“ und „andere Baustoffe für Straßen“ benannt. Die im Paulusviertel benannte Rubrik „verbesserte Gebäudeanordnung / Straßenführung“ darf dabei als nicht umsetzbar gelten.

Die **Luftfeuchtigkeit** war Gegenstand des Fragenkomplexes 3. In Kombination der Fragen 3.1.1 („feuchter“ / „trockener“ als das Mittel und „dem Mittel entsprechend“) und 3.1.2 („angenehm“, „unentschieden“, „unangenehm“, Anhang 13) besteht in allen drei Subtypen und beiden Untersuchungsgebieten ein positiver (Kendall-Tau-b = 0,292 bis 0,506) und signifikanter (0,01-Niveau) Zusammenhang unter Annahme einer trocken-heißen Witterungsperiode. Bei den Grünflächen wurde eine Einschätzung der Luftfeuchtigkeit, welche als dem Mittel entsprechend oder darüber liegend eingeschätzt wurde, größtenteils als angenehm bewertet. Die Empfindung der Luftfeuchtigkeit höher als das Mittel wurde am häufigsten im Paulusviertel genannt. Die Neustädter empfinden diese zum größten Teil als „dem Mittel entsprechend“. Eine bei Straßen niedriger als das Mittel empfundene Luftfeuchtigkeit wurde in beiden Untersuchungsgebieten am häufigsten angegeben und hauptsächlich als „unangenehm“ bewertet. Die Innenhöfe zeigen zwei Trends, nämlich zum einen eine als „angenehm“ empfundene höhere Luftfeuchtigkeit bzw. eine als „unangenehm“ empfundene niedrigere Luftfeuchtigkeit, insgesamt jedoch mit höheren Anteilen an Unentschiedenheit bei Luftfeuchtigkeit, die „dem Mittel entsprechend“ empfunden wird.

Deutlich trockener als das Mittel werden die Straßen empfunden und als unangenehm bewertet. Der wesentlich höhere Anteil straßenbegleitender Grünflächen in Neustadt hat keinen Einfluß auf die Bewertung, was schon in der Arbeit von PÜTTMANN, MÜNCH & ZIERDT (in: UNIVERSITÄTSZENTRUM FÜR UMWELTWISSENSCHAFTEN ET AL. 1998, S. 151) nachgewiesen wurde. Die Möglichkeit des Luftaustausches durch offene Durchfahrten und Hausdurchgänge in diesem Untersuchungsgebiet vermindert die Ausprägung von Extremen bei der Luftfeuchtigkeit. Die Ausbildung eines durchgreifenden Luftaustausches hängt im Paulusviertel von der Hofgröße und -ausrichtung ab.

Feuchtigkeitserhöhende Einflußmöglichkeiten bei dieser trocken-heißen Wetterlage war Gegenstand der Frage 3.1.4 (Anhang 13). Die Neustädter benannten in der Reihenfolge „Wasserflächen“ (45 %), „mehr Grün“ (34 %) und „Pflaster statt Asphalt“ (16 %). Im Paulusviertel liegen die Alternativen „Wasserflächen“ und „mehr Grün“ mit 40 % gleich auf, gefolgt von „Pflaster statt Asphalt“ mit 15 %. Die Zahl der Antworten auf die offenen Teilfrage war mit jeweils 5 sehr gering. Auf eine graphische Wiedergabe im Anhang wird deshalb verzichtet. In Neustadt gaben drei Personen als Einflußmöglichkeit die „Sprengung von Grün- und Straßenflächen“ an, eine Person die „Entsiegelung von Fußwegen“. Im Paulusviertel entfielen alle Antworten, in Neustadt eine, auf die Kategorie „andere“.

Der Fragenkomplex 4 behandelte den Parameter **Wind**. Kanalisationseffekte waren dabei Gegenstand der Frage 4.3. Von allen Antworten, die das Auftreten dieses Phänomens bejahen wurde ferner gefragt, wo diese besonders auftreten (Frage 4.4, Anhang 13). Dabei wurden in beiden Untersuchungsgebieten die Straßen am häufigsten

genannt (Neustadt 59 %, Paulusviertel 87 %). Die nachfolgenden Plätze nehmen in Neustadt die Innenhöfe (32 %) und schließlich die Grünflächen (9 %) ein. Im Paulusviertel ist die Reihenfolge umgekehrt: Grünflächen (8 %) und Innenhöfe (6 %).

Schließlich ist der Wind auch für den Abtransport erwärmter Luft von Bedeutung. Dazu sollte in Frage 4.6 (Anhang 13) eine Einschätzung der Durchlüftungsverhältnisse gegeben werden auf einer fünfstelligen Skala von sehr gut (=1) bis sehr schlecht (=5). Danach ergibt sich für Neustadt - hinsichtlich der Bewertung der Verminderung der Temperaturen im Sommer durch Austausch kühlerer mit überwärmter Luft - ein Mittelwert von 2,8, im Paulusviertel 2,9.

Die geringe Rauigkeit der Straßenflächen setzt dem Wind kaum Widerstand entgegen. Je nach Ausrichtung des Straßenverlaufes kann es zu Kanalisationseffekten kommen. Der Windwiderstand der Grünflächen kann je nach Ausstattung variieren. Warum im Paulusviertel den Grünflächen eine höhere Auftrettswahrscheinlichkeit von Kanalisationseffekten zugebilligt wird, verdeutlichen Karte 13 und Karte 14. Von den wenigen vorhandenen Grünflächen liegt die größte auf dem Hasenberg. In den Windfeldsimulationen wurde genau in diesem Bereich sowohl eine Windgeschwindigkeitserhöhung als auch eine Kanalisation nachgewiesen, wogegen in den Innenhöfen die geringsten Windgeschwindigkeiten in Kombination mit Windumkehr belegt wurde. Das größere Breiten-Höhen-Verhältnis der Bebauungsstrukturen in Neustadt wirkt dem entgegen. Außerdem sind, wie weiter oben angemerkt, die Innenhöfe an die umgebenden Bereiche durch Durchfahrten und -gänge angebunden.

Nach dem grundsätzlichen Einfluß von Grünflächen auf Lufttemperatur, -feuchtigkeit, Licht- und Windverhältnisse erkundigte sich Frage 5.1. Hauptsächlich sehen die Bewohner beider Untersuchungsgebiete eine Beeinflussung der Luftfeuchtigkeit, gefolgt von der Lufttemperatur. An dritter Stelle findet sich der Einfluß auf die Lichtverhältnisse, die im Paulusviertel wesentlich mehr betont werden als in Neustadt. Die geringste Auswirkung hat die Vegetation danach auf die Windverhältnisse (vgl. Anhang 13).

In die Clusteranalyse zur Bewertung der Lufttemperatur-, Licht- und Luftfeuchtigkeitsausprägungen gehen nur diejenigen Flächen ein, für die mindestens zwei Antworten zur Empfindung der jeweiligen Verhältnisse sowie deren Bewertung vorliegen. Danach gehen in Neustadt von den insgesamt 75 Subtypenflächen 30, 24 bzw. 28 Flächen in die Clusteranalyse ein. Für das Paulusviertel liegen zu 122, 105 bzw. 107 Flächen dergleichen Angaben vor. Somit müssen in Neustadt 45, 51 bzw. 47 und im Paulusviertel 48, 65 bzw. 63 Subtypenflächen, für die keine Antworten vorliegen, im Anschluß an die Clusteranalyse per Diskriminanzanalyse den zuvor berechneten Clustern zugewiesen werden. Tabelle 9 gibt eine Übersicht über die Anzahl der Karteneintragungen je Frage. In die Clusteranalyse zur Bewertung der Windverhältnisse gehen grundsätzlich alle Flächen ein, da die Befragung keine Empfindung bzw. Bewertung zum Thema hatte.

Tabelle 9: Übersicht über die Antworten der Befragung im GIS

Frage	Thema	Neustadt						Paulusviertel					
		Maximale Häufigkeit je Subtypenfläche	Anzahl der Antworten insgesamt	Anzahl der Subtypenflächen mit Antworten	Anzahl der Subtypenflächen mit 1 Antwort	Anzahl der verwendeten Subtypenflächen für Clusteranalyse	Anteil der verwendeten Subtypenflächen für Clusteranalyse	Maximale Häufigkeit je Subtypenfläche	Anzahl der Antworten insgesamt	Anzahl der Subtypenflächen mit Antworten	Anzahl der Subtypenflächen mit 1 Antwort	Anzahl der verwendeten Subtypenflächen für Clusteranalyse	Anteil der verwendeten Subtypenflächen für Clusteranalyse
		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
1.1.3	Empfindung / Bewertung der Lufttemperatur	13	136	42	12	30	40	69	760	139	17	122	72
1.1.4	Auftreten von Kaltluft ^{*)}	5	7	2	20	-	-	11	25	8	25	-	-
1.1.7	Auftreten von Wärmeinseln ^{*)}	5	18	5	9	-	-	2	32	16	73	-	-
2.1.3	Empfindung / Bewertung der Lichtverhältnisse	11	130	42	18	24	32	67	560	140	35	105	62
3.1.3	Empfindung / Bewertung der Luftfeuchtigkeit	6	99	41	13	28	37	53	586	137	30	107	63
4.3	Windverhältnisse / Kanalisationseffekten ^{*)}	18	49	10	22	75 ^{*)}	100	10	237	59	31	170 ^{**)}	100
5.3	Handlungsbedarf - Lufttemperatur ^{*)}	3	8	3	16	-	-	6	154	39	56	-	-
	Handlungsbedarf - Luftfeuchtigkeit ^{*)}	2	2	1	6	-	-	6	203	64	69	-	-
	Handlungsbedarf - Lichtverhältnisse ^{*)}	2	4	2	10	-	-	6	209	62	61	-	-
	Handlungsbedarf - Windverhältnisse ^{*)}	6	17	6	19	-	-	7	148	35	24	-	-

^{*)} nur Flächen mit mindestens 2 Antworten werden berücksichtigt

^{**)} alle Flächen werden berücksichtigt

5.2 Synthese

Im weiteren werden die Ergebnisse der Gebietsanalysen und die Befragungsergebnisse in einer Synthese zusammengeführt. Ziel ist die bioklimatische Bewertung der Lufttemperatur-, Licht-, Luftfeuchtigkeits- und Windverhältnisse, aus denen Handlungsempfehlungen abzuleiten sind.

Die Vorgehensweise ist dabei einheitlich. Zunächst werden die ausgewählten Variablen mit der Begründung ihrer Wahl vorgestellt. Anschließend werden diese Eingangsdaten einer Korrelationsanalyse und einem Test auf Normalverteilung (KOLMOGOROV-SMIRNOV²⁷⁾ unterzogen. Im folgenden werden die Ergebnisse der Cluster- und Diskriminanzanalyse aufgezeigt. Darauf folgend kann eine Varianzanalyse durchgeführt werden, wenn für alle Eingangsvariablen eine Normalverteilung vorliegt. Dies ist in keinem Themenbereich in beiden Untersuchungsgebieten gleichzeitig gegeben. Ebenso variiert der Stichprobenumfang in den einzelnen Klassen sehr, so daß zum Erhalt der Vergleichbarkeit auf eine Varianzanalyse verzichtet wird. So werden die gebildeten Cluster nur dem nichtparametrischen Test nach KRUSKAL-WALLIS (vgl. ²⁷, S. 61) unterzogen, um eine Unterscheidung der Cluster nach den Mittelwerten der Variablen nachzuweisen. Im weiteren werden die resultierenden Klassen beschrieben, um anschließend auf die abzuleitenden Handlungsempfehlungen unter Beachtung der Änderungswünsche aus der Befragung einzugehen. Schließlich werden die Ergebnisse der

²⁷ Annahme Signifikanzniveau = 0,05

Clusteranalyse mit den Messungen an den temporären Klimastationen validiert. Zur Dokumentation der Validierung werden folgende Angaben gemacht:

- Kurzcharakterisierung der klimatischen Ausprägungen der zwei Gruppen mit bzw. ohne Handlungsbedarf aus denen sich die Nachweisziele der Messungen ergeben
- Annahme der Witterungsverhältnisse bei der Clusteranalyse
- Umsetzung dieser Annahme bei der Auswahl der Meßdaten
- Cluster- und Gruppenzugehörigkeit der temporären Klimastationen
- Ausgewählte Meßparameter der temporären Klimastationen und deren statistische Kennzahlen
- Validierungsergebnisse

Bis zur Fertigstellung dieser Arbeit wurden in beiden Untersuchungsgebieten größere Baumaßnahmen durchgeführt. So wurde mittlerweile z.T. den Handlungsempfehlungen dieser Arbeit, die in den folgenden Kapiteln angeführt werden, entsprochen.

5.2.1 Stadtklimatische Verbesserungsmaßnahmen

Prinzipiell liegt die Schwierigkeit bei der Umsetzung von Maßnahmen bei den Eigentumsverhältnissen der Flächen. So wird hauptsächlich auf öffentliche Flächen eingegangen, wo Umgestaltungsmaßnahmen in kommunaler Hand liegen. Verbesserungen auf Privatgrund können nur durch Bewußtseinsbildung bei den Eigentümern angeregt werden. Jedoch stehen auch andere rechtliche Vorgaben Verbesserungsmaßnahmen im Wege. Als Beispiel seien hier der Denkmal- oder Ensembleschutz genannt, welche einzelne Maßnahmen verbieten können. Schließlich sind noch konkurrierende Flächenansprüche zu nennen. Insbesondere übt der Flächenbedarf des ruhenden wie fließenden motorisierten Verkehrs Druck aus.

Auf diese Thematik soll kurz näher eingegangen werden: Laut der im Rahmen des Forschungsprojektes von PÜTTMANN & ZIERDT (1999) erhobenen Daten (z.T. unveröffentlicht) besitzen in Neustadt 77 % der Befragten mindestens ein Auto, im Paulusviertel 70 %. Reicht den Bewohnern beider Viertel das Gehwegangebot aus (94,4 % Neustadt, 92,7 % Paulusviertel), wird das Radwegangebot unzureichend eingeschätzt (62,1 % bzw. 76,0 %). Deutlicher ist in Neustadt das Urteil über das Parkplatzangebot, was mit 83,6 %, im Paulusviertel nur zu 60,2 % als nicht ausreichend eingeschätzt wird. Der Bestand an Sträuchern und Bäumen sowie an Rasenflächen wird in Neustadt als ausreichend eingeschätzt (89,5 % bzw. 88,7 %). Mit nur 57,8 % bzw. 57,4 % werden diese Grünausstattungen im Paulusviertel eher bemängelt. Von drei anzugebenden Zielen, was für das eigene Stadtviertel gewünscht wird, entfielen in Neustadt 6,2 % der Nennungen auf mehr Grün, 38,1 % auf Verkehrsberuhigung, 18,5 % auf bessere Fuß- / Radwege und 57,7 % auf mehr Parkplätze²⁸. Im Paulusviertel lagen die Nennungen bei 32,8 %, 41,4 %, 37,8 % und 22,3 %. Diese Zahlen zeigen, daß die Bewohner hohes Interesse an Lösungen für den ruhenden wie fließenden Individualverkehr haben.

Bei sämtlichen Maßnahmen muß bedacht werden, daß Maßnahmen, welche positiven Einfluß auf den einen Klimaparameter haben, negative auf einen anderen haben können. So ist immer das Gesamtsystem mit seinen funktionalen ökologischen – und nicht nur klimatologischen - Zusammenhängen zu betrachten. Schließlich muß

²⁸ In der Lokalen Agenda 21 (STADT HALLE O.J.) wurde die Thematik der Fuß- und Radwege aufgegriffen, wonach eine Fuß- bzw. Radwegekonzeption erarbeitet wurde bzw. wird (PLANERSOCIETÄT STADTPLANUNG-VERKEHRPLANUNG-FORSCHUNG 1999 und STADT HALLE - STADTPLANUNGSAMT 1994)

berücksichtigt werden, daß Maßnahmen zur Verminderung extremer Situationen bei durchschnittlichen Witterungsbedingungen keine nachteilige Wirkung zeigen.

Ziel aller Maßnahmen ist die Vermeidung von klimatischen Extremen. Zu nennen sind hier z.B. die thermische Entlastung durch Senkung der Lufttemperatur und langwelliger Rückstrahlung bei sommerlichen Strahlungswetterlagen, die Erhöhung der Luftfeuchtigkeit bei besonders trocken-heißen Witterungsabschnitten, die Minderung der Druckbelastung durch Kanalisations- bzw. Düseneffekte oder die Schaffung eines angenehmen Lichtklimas. Solch besondere Belastungssituationen haben z.T. erhebliche Auswirkungen auf den menschlichen Organismus, wie Überlastung des Kreislaufs, Austrocknung der Atemwege oder Schädigung der Augennetzhaut durch zu große Lichtstärke oder zuviel UV-Strahlung. Weitere Einflüsse wurden schon in Kapitel 2 genannt.

Wichtigste Maßnahme zur Verbesserung des Stadtklimas stellt die Erhöhung des Anteils unversiegelter Oberflächen dar. Hierunter sind nicht nur unbewachsene Brachflächen zu verstehen, sondern vor allem die Art und Ausstattung an Vegetation. Gemein ist ihnen im Gegensatz zu künstlichen Oberflächen ein geringeres Albedo und niedrigere Wärmeleitfähigkeit, die Fähigkeit zur Wasserrückhaltung, -speicherung und -abgabe sowie eine geringere Oberflächentemperatur und somit Strahlungstemperatur.

Bäume verlagern die Fläche des maximalen Energieumsatzes in den Kronenraum. Ihr Schattenwurf vermindert dabei die kurzwelligen Strahlungsflüsse in Bodennähe. Damit werden die langwelligeren Strahlungsflüsse von der Bodenoberfläche reduziert. Das Kronendach verzögert die nächtliche Ausstrahlung und damit das rasche Absinken der Lufttemperatur, was einen längeren Aufenthalt im Freien begünstigt. Wichtig ist die Standortwahl für Baumpflanzungen. Auf Flächen, die ein Großteil des Tages ohnehin beschattet werden, haben Baumpflanzungen kaum Nutzen. Sinnvoll ist die Pflanzung von einheimischen sommergrünen Baumarten, so daß im Winter die Sonneneinstrahlung nicht behindert wird. Je nach den Durchlüftungsverhältnissen können Bäume mit Sträuchern kombiniert werden, um eine größere Windreduktion zu bewirken. Die Interzeption und Evapotranspiration führt zur Erhöhung der Luftfeuchtigkeit, wie auch bei **Wiesen und Rasenflächen**. Letztere können bei entsprechender Größe Kaltluft produzieren und dadurch die Überwärmung mindern. Ihre geringe Rauigkeit hat kaum Einfluß auf die Durchlüftungsverhältnisse. Ebenso ist auf dergleichen Flächen eine ungehinderte nächtliche Ausstrahlung möglich. Die langwellige Rückstrahlung von vertikalen Flächen kann durch **Fassadenbegrünung** vermindert werden. Dazu bieten sich besonders süd- bis westexponierte Flächen an. Im Winter kommt noch der Effekt der Wärmedämmung hinzu, was zu einer Abnahme des Heizaufwandes führt und damit positive Wirkung auf die Lufthygiene hat. Ferner bietet sich noch Dachbegrünung an, jedoch kann hier von keinem Einfluß bis in Bodennähe ausgegangen werden.

In urbanen Gebieten wird ein Großteil des Niederschlagswassers mittels Kanalisation entwässert und steht nicht mehr an Ort und Stelle für den Wasserkreislauf zur Verfügung. Um eine spürbare Wirkung in Richtung Luftfeuchtigkeitserhöhung oder Erhöhung des latenten Wärmefflusses zu erzielen, bedarf es eines ausreichenden Flächenanteils versickerungs- bzw. verdunstungsfähiger Flächen und Bewuchses. Deshalb sollten entwässerte Flächen derart umgestaltet werden, so daß **Versickerungs- und Rückhaltungsmöglichkeiten** gegeben sind. Es bietet sich hierzu der Ersatz von kanalisationsentwässerten Asphalt- oder Betondecken durch versickerungsfähige, wasserdurchlässige Pflasterung, Aschen- bzw. Schotterbelag oder Rasengittersteine z.B. auf Flächen für den ruhenden Verkehr oder Gehwegen an. Baum- und strauchbestandene Flächen sind je nach

Situation den Rasenflächen zu bevorzugen, da sie einen größeren Interzeptionsspeicher besitzen als auch eine höhere Evapotranspiration aufweisen. Bei stadtgestaltenden Maßnahmen können auch Teiche, Brunnen oder Wasserspiele realisiert werden. Stadtklimatisch günstige Materialien und Bauformen sollten schließlich grundsätzlich im Zuge von **Sanierungs- oder Neubaumaßnahmen** berücksichtigt werden.

Für die Umsetzung der vorgenannten Maßnahmen bietet z.B. das Baugesetzbuch (BauGB) Möglichkeiten. Im Rahmen des § 9, Abs. 1 können Bepflanzungen, Grünflächen, Dach- und Fassadenbegrünung, Versickerungs- und Rückhaltungsmöglichkeiten festgesetzt werden.

Der gleiche, aber unterschiedlich dimensionierte, Aufbau der zwei Untersuchungsgebiete Neustadt und Paulusviertel läßt keine gemeinsamen Handlungsempfehlungen geben. Ist das erste Untersuchungsgebiete durch breite Straßenschluchten und großen Innenhöfen mit Durchlässen charakterisiert, finden sich in der Blockrandbebauung des Gründerzeitviertels enge Straßenschluchten und geschlossene Innenhöfe. Letztere weisen eine große Variabilität auf durch die unterschiedlichen Gebäudehöhen, Hofgrößen, Ausrichtungen und Versiegelungsgrade. Die kleinen Innenhöfe sind fast ganzjährig schattig und werden nur schwach durchlüftet. Hier sollten weder Fassadenbegrünung noch Baumpflanzungen vorgenommen werden. Mittlere Höfe können in den besonnten Teilen mit einzelnen Bäumen ausgestattet werden, welche die Auskühlung nicht stark behindern. Im besonnten Teil großer Innenhöfe, in denen nur ein geringer Hofteil beschattet wird, bringen Baumpflanzungen eine Entlastung. Dabei sollte jedoch nicht zu dicht gepflanzt werden, um die Durchlüftung nicht zu behindern. Rasenflächen verbessern ferner die nächtliche Abkühlung. Im beengten Straßenraum kann die langwellige Rückstrahlung von Boden- und Wandflächen durch Baumpflanzungen reduziert werden. Derlei Maßnahmen könnten kombiniert werden bei der Neugestaltung von Parkflächen. In einer Großwohnsiedlung wie Neustadt bietet sich Fassadenbegrünung besonders an den fensterlosen Stirnseiten der Gebäude an. Auf Parkflächen können Rasengittersteine die Asphalt- oder Betondecken ersetzen. In den besonnten Bereichen der Innenhöfe sind gezielte Baumpflanzungen hilfreich, welche keinen negativen Auswirkungen auf die Durchlüftung haben. Düseneffekte an den Gebäudedurchgängen können durch geschickte Anordnung von Pflanzungen vermindert werden. Dabei sollte die Durchlüftung des Innenhofs aber nicht beeinträchtigt werden.

5.2.2 Lufttemperatur

Aus allen zur Verfügung stehenden Variablen der Tabelle 6 wurden für die Clusteranalyse 9 Variablen ausgewählt. Die nachstehende Tabelle 10 stellt die Variablen mit einer Begründung deren Wahl zusammen. Die Korrelationen zwischen den gewählten Variablen gibt Anhang 14 / Punkt 1 an. Es werden in Neustadt 30 und im Paulusviertel 122 Flächen, i.e. Fälle, verwendet. Für beide Untersuchungsgebiete liegt der höchste Korrelationskoeffizient bei der Variablenpaarung B111E und B112B vor, mit $r = 0,758$ in Neustadt und $r = 0,777$ im Paulusviertel. Der erklärte Varianzanteil (r^2) liegt somit bei nur 57 % bzw. 60 %. Hinsichtlich der Verteilungen der einzelnen Parameter liegt im Paulusviertel nur bei EX, HN und S_SSH eine Normalverteilung vor (Anhang 14 / Punkt 2), in Neustadt ist lediglich die Variable AREA nicht normalverteilt. Nach der ersten Diskriminanzanalyse werden in Neustadt keine Flächen, im Paulusviertel 4 Flächen neu zugeordnet (Anhang 14 / Punkt 3). In der zweiten Diskriminanzanalyse werden die noch fehlenden 45 Subtypenflächen in Neustadt bzw. die 48 im Paulusviertel den korrigierten Klassen zugeordnet. Schließlich zeigt der nichtparametrische KRUSKAL-WALLIS-Test eine Unterscheidung der Cluster nach den Mittelwerten der Variablen (Anhang 14 / Punkt 4). Insgesamt ergeben sich für Neustadt 6, für das Paulusviertel 8 Klassen.

Tabelle 10: Ausgewählte Variablen für die Clusteranalyse - Lufttemperatur

Variable	Begründung
B111E Empfindung B112B Bewertung	Verbindung der Empfindung und Bewertung der klimatischer Ausprägungen mit den gemessenen bzw. simulierten Klimaparametern
AREA Flächengröße HN Hangneigung EX Exposition	Die Kombination der Klimafaktoren Flächengröße, Hangneigung und Expositionsrichtung sind mit entscheidend für die Einstrahlungsverhältnisse
Vgrad Versiegelungsgrad	Der Anteil versiegelter Fläche, d.h. unnatürlicher Oberflächen, bestimmt die langwellige Strahlungsbilanz
S_SSH Maximal mögliche Sonnenscheindauer	Die potentiellen mittleren Sonnenstunden am Tag, gemessen auf dem Erdboden, entscheiden über die kurzwellige Strahlungsbilanz mit
MF_T_DIFF_AMO Lufttemperatur; Differenz Abend- Morgen	Die Temperaturdifferenz zwischen Abend und Morgen stellt eine meßbare Größe der Abkühlungsrate dar; geringe Werte lassen auf überwärmte Bereiche schließen; da die außenklimatischen Bedingungen bis in die Innenräume wirken, sind große Abkühlungsraten ein Maß für die Erholungsfunktion in der Nacht
MF_e_A Dampfdruck; abends	Vom Dampfdruck, hier der abendliche, hängt das Maß der Körperverdunstung ab; je geringer das Dampfdruckgefälle ist, um so mehr wird die Abkühlung durch Körperverdunstung behindert

Neustadt

Es zeigt sich eine Zonierung (Karte 15, oben) der gebildeten 6 Cluster, in der die Klasse 5 im südlichen bis südöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes vorliegt. Daran schließen sich in Südwest-Nordost-Richtung nach Nordwest hin zunächst die Klassen 6 und 1 an. Weiter in nördliche Richtung sind die der Klasse 2 zugehörigen Flächen vorzufinden, die der Klasse 3 eher im westlichen und nordwestlichen Bereich. Flächen der Klasse 4 sind unregelmäßig über das Untersuchungsgebiet verteilt. Hier prägen vor allem die Parameterausprägungen die räumlich Verteilung der Cluster. Der kleine Cramer-V-Wert = 0,451 zeigt deutlich, daß nur ein kleiner Zusammenhang zwischen Subtypenflächenkategorie und Klassenzugehörigkeit besteht. Tabelle 12²⁹ gibt eine Kurzbeschreibung der einzelnen Merkmalsausprägungen in den Clustern. Danach lassen sich die 6 entstandenen Klassen wie folgt charakterisieren:

Klasse 1: Kernbereich des Untersuchungsgebietes ohne Extreme; geringe Auskühlung, da meist umbaute Innenhofflächen mit verminderter Ausstrahlung trotz relativ hoher potentieller Sonnenscheinstunden und kleinstem Versiegelungsgrad. Insgesamt werden die Temperaturverhältnisse als angenehm bewertet. Haupteinflußfaktor dürfte die hohe Durchgrünung sein.

Klasse 2: Trotz der geringen Sonnenscheindauer führt zwar nicht der mittlere Versiegelungsgrad zu einem spürbaren langwelligen Energieumsatz, sondern hier sind die vertikalen Flächen ausschlaggebend. Auf Grund der großen Horizontüberhöhung lassen sich nur kleine nächtliche Auskühlungsbeträge feststellen. Bäume in den Innenhöfen verhindern z.T. die Ausstrahlung. Der niedrige Dampfdruck resultiert aus dem geringen Anteil verdunstungsfähiger Wasserdampfquellen. Diese Klasse bildet den Übergangsbereich zwischen dem angenehm bewerteten Kernbereich und dem nördlichen

²⁹ Eine ausführlich Zusammenstellung ist Anhang 14 / Punkt 5 zu entnehmen

- Randbereich, so daß die Lufttemperatur eher höher als das Mittel empfunden wird, was als tendenziell unangenehm bewertet wird.
- Klasse 3: Die in dieser Klasse hauptsächlich vertretene Subtypkategorie „Straße“ spiegelt sämtliche negativen Klimateigenschaften wieder: hoher Versiegelungsgrad und hohe Sonnenscheindauer bewirken in ihrem Zusammenspiel eine Erhöhung des langwelligen Strahlungsumsatzes. Hinzu kommen die vielen vertikalen großflächigen Gebäudefronten, weshalb insgesamt eine geringe nächtliche Abkühlung zu verzeichnen ist. Die Empfindung der Bewohner spiegelt diese Eigenschaften wieder und wird eindeutig als unangenehm empfunden.
- Klasse 4: Die hierin fast ausschließlich vorhandenen Straßenabschnitte mit hohem Versiegelungsgrad werden als überwärmt empfunden und als unangenehm bewertet. Dabei vermindert die Randbebauung kaum die Sonnenscheindauer, andererseits aber die nächtliche Ausstrahlung. Die meisten anderen Parameter zeigen eine geringe Variabilität.
- Klasse 5: Die weitständige Bebauung ermöglicht die größtmögliche Ein- wie nächtliche Ausstrahlung. Trotzdem werden die Lufttemperaturen höher als das Mittel empfunden und diese Ausprägung als unangenehm bewertet. Die Nähe zur Saaleaue als auch die vielen straßenbegleitenden Grünflächen können als Grund für den hohen Dampfdruck angesehen werden kann. Die öffentlichen Grünflächen setzen sich zumeist aus Rasenflächen mit und ohne Baumbestand zusammen. Deshalb wird die nächtliche Abkühlung einerseits nicht durch sie behindert, tagsüber fungieren sie aber auch nicht als Schattenspender.
- Klasse 6: Hier findet sich eine große Spannweite, wie die Lufttemperaturen empfunden und bewertet werden. Der Empfindung kann keine klare Tendenz entnommen werden, jedoch tendiert die Bewertung zum angenehmen hin. Die räumliche Nähe zu Klasse 1 bedingt ähnliche Ausprägungen, so daß hier keine Extreme zu finden sind. Hauptsächlich wird diese Klasse aus Straßen und Innenhöfen gebildet.

Im Fragebogen wurde ferner nach dem Auftreten von Kaltluft bzw. Wärmeinseln gefragt. Zu ersterem wurden in Neustadt 2 Flächen vom Subtyp „öffentliche Grünfläche“ benannt (vgl. Karte 15, oben). Je eine entfällt dabei auf die oben genannten Klassen 1 und 5. Beide Flächen liegen nahe der Saaleaue, deren Einfluß bestätigt und erklärt werden kann. Für die sich in der Aue bildende und sammelnde Kaltluft stellt das flache Ansteigen des Geländes in die Bebauung hinein kein Hindernis dar. Die Kaltluft in der Saaleaue konnte an den beiden Tagen der Meßfahrten (21.8. bzw. 22.8.1997) außerhalb der eigentlichen Messungen sogar auf der Brücke der B80 über der Aue nachgewiesen werden. Die Mindestmächtigkeit der Kaltluft darf somit über 4 m betragen.

5 Flächen wurden als überwärmte Gebiete angegeben (Karte 15, oben). Davon gehören 4 dem Subtyp Innenhof an, 1 den Straßen. Je 2 Flächen sind in der Klasse 6 und 1 enthalten, 1 im Cluster 2. Diese liegen zumeist im Kernbereich der Bebauung.

Aus den bisher gemachten Angaben lassen sich schließlich Handlungsempfehlungen ableiten. Karte 23 (oben) stellt einige wichtige zusammen. Die Flächen, welche der Klasse 1 und 6 zugehören, dürfen als relativ unproblematisch angesehen werden. Wenig Handlungsbedarf besteht bei Flächen der Klasse 2. In Einzelfällen können hier Verbesserungen erzielt werden. So kann z.B. eine Erhöhung des Flächenanteiles unversiegelter Flächen auf den beiden Schulhofflächen im Norden des Untersuchungsgebietes (Subtypenkategorie: Sonderflächen) einen erhöhenden Einfluß auf den Dampfdruck bzw. der relativen Luftfeuchtigkeit haben.

Außerdem wird dadurch die langwellige Rückstrahlung reduziert. Handlungsbedarf weisen Flächen der Klasse 4 auf. Die Dringlichkeit ist jedoch relativ gering, da nur 3,5 % der Analysefläche betroffen sind. Möglichkeiten zur Entsiegelung sollten hier grundsätzlich geprüft werden. Ferner könnte an den Durchgangsstraßen „Zur Saaleue“ bzw. Hallorenstraße damit und in Kombination mit Pflanzungen breitkroniger Bäume am westlichen Seitenstreifen bzw. auf dem Mittelstreifen angenehmer Schattenwurf erzielt werden. Höheren Handlungsbedarf weisen die der Klasse 5 zugehörigen Flächen auf. Die weitständige Bebauung an der Magistrale mit fast gänzlich fehlenden schattenspendenden Bäumen, hat die größten Einstrahlungsbeträge zur Folge. Gerade an den Gehwegen sowie den Seiten- und Mittelstreifen der Fahrbahnen kann diesem Umstand durch Baumpflanzungen Abhilfe geschaffen werden. Entsiegelung ist hier kaum mehr möglich. Höchste Priorität hinsichtlich Änderungsbedarf haben Flächen der Klasse 3, welche fast 21 % der Analysefläche ausmachen. Entsiegelungsmöglichkeiten sollten hier an erster Stelle geprüft werden. Viele Parkplatzflächen könnten so z.B. mit Rasengittersteinen ausgestattet werden. Insbesondere sollte auch hier die schon weiter oben vorgeschlagene Anpflanzung von breitkronigen Bäumen auf Seiten- und Mittelstreifen an der Hallorenstraße, Magistrale oder auch Selke- und Pleissestraße in Betracht gezogen werden. Grundsätzlich sollte überlegt werden, die fensterlosen Gebäudestirnseiten zu begrünen. Dies gilt besonders für süd- und westexponierte Flächen. Dies vermindert einerseits die langwellige Rückstrahlung in den Außenraum, andererseits die Weiterleitung der Wärme in das Gebäudeinnere. Denn mit $4,6 \text{ W} / \text{m}^2 \text{K}^{-1}$ hat Beton mit die höchste Wärmeleitfähigkeit (GEIGER 1961, S. 33).

Der konkrete Handlungsbedarf hinsichtlich Änderungen der Lufttemperaturverhältnisse wurde zudem in der Befragung thematisiert. Nennungen zu lufttemperatursenkenden Maßnahmen (Karte 16, oben) liegen hier zu 3 Flächen vor, von denen zwei dem Subtyp „öffentliche Grünfläche“, eine dem Innenhof angehört. Je eine dieser Flächen ist in der Klasse 1 und 6 enthalten. Für die öffentliche Grünfläche nördlich der Magistrale bzw. östlich des Gimritzer Dammes im Südosten des Untersuchungsgebietes wurden zuvor schon Änderungsvorschläge gemacht. Hier sollte daneben ein weiteres Augenmerk auf den Parkplatz südlich des Einkaufszentrums „Am Meeresbrunnen“ gelegt werden. Auf den Trennstreifen zwischen den einzelnen Parkplatzsektionen würden großkronige Bäume auch hier die Einstrahlung mindern, als auch Rasengittersteine auf den einzelnen Parkflächen einen Beitrag zur Entsiegelung leisten. Im als überwärmt genannten Innenhof würde eine Umgestaltung der Begrünung ebenfalls einen temperatursenkenden Effekt aufweisen. Gleiches sollte in den drei anderen ebenfalls als überwärmt genannten Innenhöfen geprüft werden. Die öffentliche Grünfläche im Westen des Untersuchungsgebietes ist hauptsächlich mit einzelnen Büschen bewachsen, ansonsten findet sich nur Rasen. Zur Verbesserung können auch hier wiederum großkronige Bäume angepflanzt werden, als auch die Asphaltdecke durch Pflaster oder Schotter bzw. Asche ersetzt werden kann.

Paulusviertel

Karte 15 (unten) zeigt die Verteilung der 8 entstandenen Klassen. Auch hier findet sich wieder eine Zonierung, die verdeutlicht, daß hauptsächlich die räumliche Verteilung der Variablen das Muster bestimmt³⁰. Die erste Klasse wird gebildet durch die Schleiermacherstraße und einige nördlich anschließende Bereiche. Räumlich zweigeteilt sind die der Klasse 2 zugehörigen Flächen. Sie finden sich sowohl im Westen wie auch im Osten des Untersuchungsgebietes. Am westlichen Rand liegen die Flächen der Klasse 3, im Norden bilden die den

³⁰ Zusammenhang von Subtypenkategorie und Klassenzugehörigkeit mit Cramer-V = 0,511

Hasenberg angrenzenden Straßen die Klasse 4. Fast sämtliche Innenhöfe außerhalb der Schleiermacherstraße gehören der Klasse 5 an. Die öffentliche Grünfläche auf dem Hasenberg bildet die Klasse 6. Fast ausschließlich Straßen östlich der Willy-Lohmann-Straße bis zur Lessingstraße setzen die Klasse 7 zusammen. Klasse 8 findet sich im südöstlichen Randbereich. Eine Kurzbeschreibung der die Cluster bildenden Variablen gibt Tabelle 13³¹, die sich wie folgt beschreiben lassen:

- Klasse 1: In den alleeartigen Straßenbereichen von Schleiermacher_, Carl-von-Ossietzky- oder Willy-Lohmann-Straße wird zwar die Temperatur tendenziell höher als das Mittel empfunden, jedoch wird der Zustand insgesamt als angenehm bewertet. Die verschiedenartige Ausrichtung der Straßenabschnitte als auch das Vorhandensein von Bäumen hat vielfältige Einstrahlungsbedingungen zur Folge. Die Bäume wiederum vermindern die nächtliche Ausstrahlung. Die vorhandene Vegetation wirkt sich zudem auch positiv auf den Dampfdruck aus, der hier sehr hoch ist.
- Klasse 2: Diese setzt sich aus verschiedenen Subtypen zusammen, welche einen niedrigen Versiegelungsgrad aufweisen und eine hohe nächtliche Abkühlung. Die vielfach niedrige Vegetation bestehend aus Bäumen und Sträuchern hat hierauf kaum einschränkende Wirkung. Obwohl die Lufttemperaturverhältnisse in dieser Klasse höher als das Mittel empfunden werden, zeigt sich keine eindeutige Tendenz bei der Bewertung. Die in den nördlichen Randbereichen gelegenen Flächen dürften zudem von der ausgleichenden Wirkung der weiter nördlich angrenzenden locker bebauten Flächen profitieren.
- Klasse 3: Die Temperaturverhältnisse in der meist aus Straßen zusammengesetzten Klasse 3 werden deutlich höher als das Mittel empfunden. Dergleichen Verhältnisse werden als unangenehm bewertet. Das geringe Breiten-Höhen-Verhältnis und die unterschiedlichsten Ausrichtungen der Straßenverläufe führen zu keinen großen Einstrahlungsbeträgen. Die nächtliche Abkühlung ist die höchste im Untersuchungsgebiet. Jedoch wirkt sich der hohe Versiegelungsgrad und die vielen vertikalen Strahlungsflächen wohl in den Abendstunden negativ auf Empfindung und Bewertung aus.
- Klasse 4: In den Straßenbereichen dieser Klasse wird die Lufttemperatur niedriger als das Mittel empfunden und dieser Zustand deutlich als angenehm bewertet. Die diese Klasse aufbauenden Straßen besitzen fast ausschließlich alleeartigen Charakter. Durch die Abschirmung durch die Baumkronen kommt es aber andererseits nachts zu einer abgeschwächten Abkühlung. Der Dampfdruck wird durch die vorhandene Vegetation erhöht.
- Klasse 5: Die hier nur vorhandenen Innenhöfe zeichnen sich durch die geringste Einstrahlung aus. Das kleine Breiten-Höhen-Verhältnis läßt keine große nächtliche Abkühlung zu. Insgesamt scheint ein hinreichendes Verhältnis von Ein- bzw. Ausstrahlungsbedingungen sowie Vegetation bzw. versiegelten Flächen zu bestehen, welche die Lufttemperatur niedriger als das Mittel empfinden lassen, was als angenehm bewertet wird.
- Klasse 6: Nur eine einzige Fläche ist in dieser Klasse enthalten: die öffentliche Grünfläche auf dem Hasenberg, deren Ausprägung der Lufttemperatur niedriger als das Mittel empfunden wird, was deutlich angenehm bewertet wird. Die hier höchsten Hangneigungen im Untersuchungsgebiet ermöglichen eine hohen Strahlungsgenuß. Der geringe Versiegelungsgrad und damit die vorhandene Vegetation

³¹ Eine ausführlich Zusammenstellung ist Anhang 14 / Punkt 5 zu entnehmen

wirkt sich erhöhend auf den Dampfdruck aus.

Klasse 7: Sie wird großteils aus Straßenabschnitten gebildet, welche einen hohen Versiegelungsgrad aufweisen. Dabei führt die fehlende Vegetation u.a. zu einem niedrigen Dampfdruck. Die nächtliche Abkühlung wird hauptsächlich durch das kleine Breiten-Höhen-Verhältnis vermindert. Insgesamt werden die Temperaturverhältnisse als unangenehm bewertet und die Lufttemperaturen höher als das Mittel empfunden.

Klasse 8: Am eindeutigsten fallen hier die Angaben zur Empfindung und Bewertung aus: die Lufttemperatur wird deutlich höher als das Mittel empfunden, was entschieden unangenehm bewertet wird. Die zumeist südexponierten Flächen kommen in einen hohen Strahlungsgenuß, die vielen senkrechten Strahlungsflächen und das z.T. kleine Breiten-Höhen-Verhältnis verhindern die nächtliche Abkühlung. Die vielfach fehlende Vegetation bedingt zudem den sehr niedrigen Dampfdruck.

Der motorisierte Verkehr, insbesondere der ruhende, hat einen hohen Flächenbedarf, wie schon in Kapitel 5.2.1 dargestellt. Konkurrierende Flächenansprüche, so auch für Verbesserungsmaßnahmen klimatischer Belange, bergen somit ein hohes Konfliktpotential in dem eng bebauten Untersuchungsgebiet. Als flächensparsame Maßnahme käme aber in Einzelfällen eine Gebäudebegrünung in Betracht. Jedoch bietet sich in den engen Straßenschluchten die Anpflanzung von Bäumen in größeren Abständen an, z.B. als Begrenzung von Parkbuchten.

Für 8 Flächen wurde das Auftreten von Kaltluft angegeben (Karte 16, unten). Davon entfällt je eine Fläche auf eine öffentliche Grünfläche bzw. ein Innenhof sowie 6 Straßenabschnitte. Auf die Klassen verteilen sich die genannten Flächen zu je eine auf die Klassen 1, 5 und 6 sowie 5 auf Klasse 7. Die Nennung der Grünflächen auf dem Rathenauplatz kann neben den Ergebnissen der Meßfahrten auch durch die Messungen der Klimastation bestätigt werden (Abbildung 8, Seite 50). Hier läßt sich nach Sonnenuntergang eine leichte Luftströmung aus Nordost nachweisen. Die Angaben zum Auftreten von Kaltluft zu den Straßenabschnitten, welche hauptsächlich in der Carl-von-Ossietzky-Straße liegen, sind allerdings nicht erklärlich.

16 Flächen wurden als überwärmt bezeichnet (Karte 16, unten).. Davon entfallen 2 auf Innenhöfe, der Rest auf Straßen. Auf die Cluster verteilen sich diese Flächen wie folgt: 3 in Klasse 1, 8 in Klasse 3, eine in Klasse 5 und 4 in Klasse 7. Hierin sind Bereiche der Goethe-, Schiller-, Windhorst-, und Ludwig-Wucherer-Straße sowie die Fritz-Reuter-Straße enthalten. Diese Bereiche werden gut in der Lufttemperaturverteilung der Abendmeßfahrt (Karte 6, unten) wiedergegeben.

Die den Klassen 1, 2, 4, 5 und 6 zugehörigen Flächen können als unproblematisch angesehen werden. Größter Handlungsbedarf besteht für Flächen der Klasse 8. Der hohe Versiegelungsgrad hat einen niedrigen Dampfdruck zur Folge. Zudem weisen diese Flächen hohe Einstrahlungsbeträge auf. Hier sollten Straßenrandbereiche wie Parkflächen oder Verkehrsinseln entsiegelt werden. Möglichkeiten zur Baumpflanzung sollten wegen ihres schattenspendenden Effektes möglichst wahrgenommen werden, um den Energieumsatz im langwelligen Bereich zu vermindern. Stellt diese Maßnahme auf den Hauptverkehrsstraßen Ludwig-Wucherer- und Paracelsusstraße nicht das Problem dar, ist die Lage im Bereich der Lessingstraße diffiziler. Da die enge Blockrandbebauung kaum Platz für derlei Anpflanzungen läßt, könnten aber im Zuge verkehrsberuhigender Maßnahmen diese als Parkbuchtbegrenzungen oder auf Straßeninseln angelegt werden. Gleiches kann für die

Straßen der Klasse 3 und 7 empfohlen werden. Den Effekt auf Empfindung und Bewertung als auch auf die Lufttemperatur bei Durchführung solcher Maßnahmen stellen die Klassen 1 und 4 dar. In wie weit Entsiegelung und Bepflanzung für die Innenhofbereiche durchführbar ist, muß in Einzelfallentscheidungen für die Innenhofbereiche der Cluster 8, 3 und 7 entschieden werden. Wichtige Maßnahmen sind in Karte 23 (unten) zusammengestellt.

Als Änderungswünsche für das Untersuchungsgebiet hinsichtlich dem Parameter Lufttemperatur wurde - wie in Neustadt - durchweg eine Senkung der Lufttemperatur genannt (Karte 16, unten). Hauptsächlich betroffen ist die Ludwig-Wucherer-Straße mit den nördlich einmündenden Straßenabschnitten, als auch der mittlere Bereich der Paracelusstraße am Ostrand des Paulusviertels. Diese Problembereiche decken sich mit den zuvor genannten der Klassen 3, 7 und 8, zu denen schon Verbesserungsmaßnahmen genannt wurden. Als weitere Alternative kann die Fassadenbegrünung im Straßenraum und in den Innenhöfen genannt werden.

Validierung

Werden sämtliche Cluster nur in die Kategorien mit bzw. ohne Handlungsbedarf unterteilt, liegen in beiden Untersuchungsgebieten die Klimastationen der Innenhöfe bzw. der öffentlichen Grünflächen in Clustern ohne Handlungsbedarf. In der Gruppe der Klassen mit Handlungsbedarf liegen die Klimastationen der Straßenräume (vgl. Anhang 14, Punkt 6). Die letztgenannte Gruppe kann mit erhöhten Temperaturen charakterisiert werden, wogegen die Gruppe der Flächen ohne Handlungsbedarf durchschnittliche bis niedrigere Lufttemperaturen aufweist. Zur Nachbildung der Annahme sommerlicher, autochthoner Wetterlagen der Clusteranalyse werden bei den Messungen ebenfalls nur Tage mit gleicher Wetterlage berücksichtigt. Von 77 Tagen im Meßzeitraum der Klimastationen die dieses Kriterium erfüllen, liegen für 57 Daten vor. Tabelle 11 listet die Validierungsparameter auf.

Stellt man die aus Tageswerten gewonnenen statistischen Parameter Maximum, Mittelwert und Spannweite (jeweils Maximalwert) der an den Klimastationen gemessenen Lufttemperatur (LT200) gegenüber (Abbildung 12), läßt sich im Vergleich der Untersuchungsgebiet untereinander eine Gruppierung feststellen. So bewegen sich die Tagesmaxima in Neustadt in einem weit höheren Bereich. Gleiches gilt für die Spannweite. Dagegen liegen die Mittelwerte im Paulusviertel im oberen Bereich, wogegen diese in Neustadt weiter streuen. Im Paulusviertel liegen ferner die Spannweiten im mittleren bis niedrigeren Bereich. Das größere Breiten-Höhen-Verhältnis in Neustadt zeigt deutliche Wirkung auf die nächtliche Abkühlung, sowie auf die Maximaltemperaturen durch weniger Verschattung. Im Paulusviertel dagegen behindert das kleinere Breiten-Höhen-Verhältnis die nächtliche Auskühlung. Hinzu kommt die Rückstrahlung der engständigen Bebauung, die zu deutlich höheren Mittelwerten führt.

Tabelle 11: Zusammenstellung der Validierungsparameter - Lufttemperatur

Kurzcharakterisierung der klimatischen Ausprägung der Handlungsgruppen / Nachweisziele	<u>Mit Handlungsbedarf:</u> Erhöhte Lufttemperatur <u>Ohne Handlungsbedarf:</u> Niedrigere Lufttemperatur
Annahme der Witterungsverhältnisse bei der Clusteranalyse	Sommerliche autochthone Wetterlagen (windschwach und einstrahlungsreich)
Umsetzung dieser Annahme bei der Auswahl der Meßdaten	Autochthone Großwetterlagen (HB, HFa, HM, HNa oder HNFa ³²) der Monate April bis September 1997 – 1999 (n = 77)
Cluster- und Gruppenzugehörigkeit der temporären Klimastationen	P_I: Cluster 5 / ohne Handlungsbedarf P_G: Cluster 6 / ohne Handlungsbedarf P_S: Cluster 7 / mit Handlungsbedarf N_I: Cluster 1 / ohne Handlungsbedarf N_G: Cluster 1 / ohne Handlungsbedarf N_S: Cluster 2 / mit Handlungsbedarf
Ausgewählte Meßparameter der temporären Klimastationen	Maximalwerte von LT200 (Maximum, Mittelwert, Spannweite) auf Tagesbasis (n = 57) Voraussetzung: Meßwerte liegen für alle Stationen gleichzeitig sowie als ganze Tagesgänge vor

Beim Vergleich der Messungen innerhalb der Untersuchungsgebiete, kann das Nachweisziel belegt werden, daß die Flächen mit Handlungsbedarf erhöhte Lufttemperaturen aufweisen. Die diese Gruppe repräsentierende Station N_S in Neustadt zeigt die höchste maximale sowie mittlere Lufttemperatur. Die Tagesamplitude ist dabei unwesentlich größer als die kleinste, gemessen an der Station N_I. Im Paulusviertel muß berücksichtigt werden, daß die Fläche, auf der sich die Station P_G befindet, eine Ausnahmestellung hat. Abgesehen von der größten Subtypenflächengröße (= 1,5 ha, im Mittel 0,2 ha), befindet sie sich auf einer Vollform, welche nach allen Seiten abfällt und mit die höchste Erhebung im Untersuchungsgebiet darstellt. Ferner tritt die umgebende Bebauung weit zurück, so daß faßt ungehinderter Strahlungsgenuß möglich ist (vgl. Kapitel 5.2.3). So kommt es, daß zwar der Mittel- und Maximumwert der Lufttemperatur für diese Station über denen der anderen beiden Stationen liegen, jedoch ist die Tagesamplitude durch die nächtliche Ausstrahlung bzw. durch Kaltluftabfluß wesentlich größer. Wird aufgrund dieser Ausnahmestellung diese Station vernachlässigt, zeigt Station P_S die erwarteten höheren Lufttemperaturen. Dies gilt für alle drei Parameter. Das kleinere Breiten-Höhen-Verhältnis im Paulusviertel bedingt die geringe nächtliche Abkühlung.

³² Zusammengestellt mit DEUTSCHER WETTERDIENST (1997b, 1998), DEUTSCHER WETTERDIENST – GESCHÄFTSFELD KLIMA- UND UMWELTBERATUNG (1998, 1999)

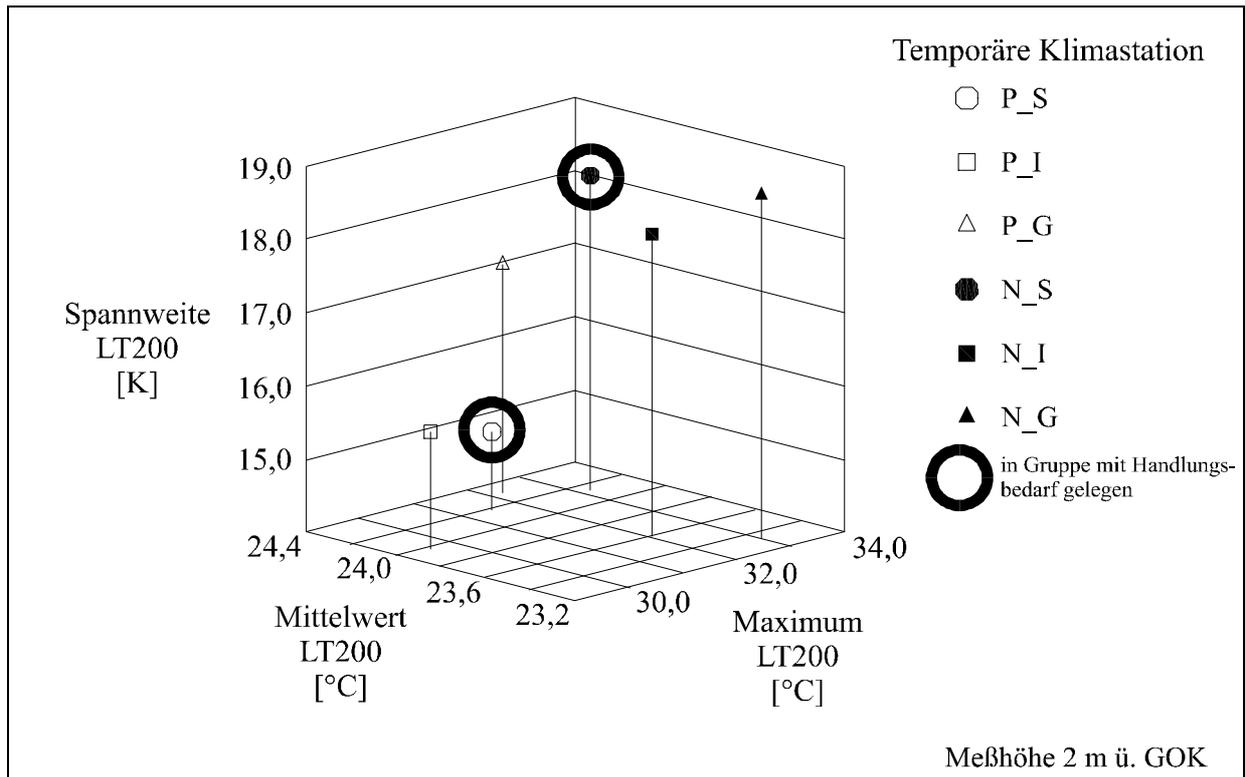


Abbildung 12: Dreidimensionale Darstellung des Zusammenhanges zwischen ausgewählten statistischen Kennwerten aller Stationen - Lufttemperatur

(Quelle: PÜTTMANN & ZIERDT (1999); Berechnet als maximale Ausprägungen auf Basis von Tageswerten; Kriterien: ganze Tagesreihen und gleichzeitige Messungen an allen Stationen, Großwetterlagen HB, HFa, HM, HNa oder HNFa, Zeitraum April bis September; n = 57)

Tabelle 12: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für Neustadt – Lufttemperatur

	Cluster					
	1	2	3	4	5	6
Parameter						
B111E Empfindung	streut weit, tendenziell höher als das Mittel empfunden	eher höher als das Mittel empfunden	deutlich höher als das Mittel empfunden	geringste Spannweite, eher höher als das Mittel empfunden	deutlich höher als das Mittel empfunden	keinerlei Tendenz
B112B Bewertung	streut weit, tendenziell als angenehm bewertet	Tendenz in Richtung unangenehm	prägnant als unangenehm bewertet	geringste Spannweite, vermehrt als unangenehm bewertet	eher als unangenehm bewertet	eher angenehm
AREA Fläche	17,2 % der Analysefläche	20,9 % der Analysefläche, größte Spannweite	20,8 % der Analysefläche	3,5 % der Analysefläche; kleinste Flächen	18,0 % der Analysefläche; größte Flächen	19,5 % der Analysefläche
EX Exposition	Südost	Nord	große Spannweite, Ost	Süd	Nordost bis Ost	Südost
HN Hangneigung	0,1°	eben	0,1°	größte mit 0,3 °	0,2°	0,2°
Vgrad Versiegelungsgrad	geringster	mittlerer	sowohl bei den Einzelwerten als auch beim Mittelwert höchste Werte	zweithöchster	niedriger	mittlerer
S_SSH Sonnenscheindauer	mittlere	geringste	mittlere	hohe	maximale	niedrige
MF_T_DIFF_AMO Lufttemperatur; Differenz Abend-Morgen	recht klein, geringste Variation	recht klein, auch Flächen mit minimalster Abkühlung	geringste	geringste Spannweite, mit Flächen kleinster maximaler Abkühlung	größte	mittlere
MF_e_A Dampfdruck; abends	mittlerer Bereich	geringster	geringster	mittlerer Bereich	größter	mittlerer Bereich
Anzahl Flächen	7	12	33	8	3	12
Beschreibung						
Lage	Südwest-Nordost-Erstreckung; in nordwestlicher Richtung an Klasse 6 anschließend	im nördlichen Bereich, an Klasse 1 anschließend	im westlichen und nordwestlichen Bereich, an Klasse 1 anschließend	unregelmäßig über das Untersuchungsgebiet verteilt	Süden-Südwesten	Südwest-Nordost-Erstreckung; in nordwestlicher Richtung an Klasse 5 anschließend
vertretene Subtypkategorien	hauptsächlich Innenhöfe (3), gefolgt von Grünflächen (2) und Straßen bzw. Sonderflächen (je 1)	hauptsächlich Straßen (6), dann Innenhöfe (4) und Sonderflächen (2)	fast ausschließlich Straßen (31), Sonderflächen (2)	hauptsächlich Straßen (7), ein Innenhof	Straßen (2), eine Grünfläche	Straßen und Innenhöfe (je 5), Sonderflächen (2)

Tabelle 13: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für das Paulusviertel – Lufttemperatur

		Cluster							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Parameter	B111E Empfindung	tendenziell höher als das Mittel	höher als das Mittel	deutlich höher als das Mittel	tendenziell niedriger als das Mittel	niedriger als das Mittel	niedriger als das Mittel	höher als das Mittel	deutlich höher als das Mittel
	B112B Bewertung	angenehm	unentschieden	unangenehm	deutlich angenehm	angenehm	am prägnantesten als angenehm bewertet	unangenehm	am deutlichsten als unangenehm bewertet
	AREA Fläche	17,3 % der Analysefläche	22,9 % der Analysefläche	11,4 % der Analysefläche	5,6 % der Analysefläche; kleinste Flächen	10,9 % der Analysefläche	4,5 % der Analysefläche; größte Flächen	15,8 % der Analysefläche	11,6 % der Analysefläche
	EX Exposition	Südwest	Südwest	Südwest	Süd, große Spannweite	Südwest	Süd	West	Süd
	HN Hangneigung	1,9°	1,5°	geringste mit 1,4°	zweithöchste mit 2,2°, große Spannweite	1,9°	höchste mit 4,6°	2°	1,6°
	Vgrad Versiegelungsgrad	hoher, große Spannweite	mittlerer	hoher	höchster	mittlerer	geringster	zweithöchster	hoher
	S_SSH Sonnenscheindauer	mittlere, große Spannweite	mittlere	zweitniedrigste	zweithöchste	geringste	höchste mit 12,3	mittlere	hohe
	MF_T_DIFF_AMO Lufttemperatur; Differenz Abend-Morgen	zweitniedrigste	zweithöchste	höchste	geringste	mittlere	niedrigste	mittlere	mittlere
	MF_e_A Dampfdruck; abends	zweithöchster	mittlerer, große Spannweite	zweithöchster	höchster	mittlerer	höchster	zweitniedrigster	niedrigster
	Anzahl Flächen	38	8	36	18	10	1	42	17
Beschreibung	Lage	Schleiermacherstraße und einige nördlich davon gelegene Flächen	zwei Bereiche: eine im Westen und eine im Osten	Randbereiche im Westen	Straßen im Norden um den Hasenberg	Innenhöfe außerhalb des Schleiermacher-rings	Grünfläche im Norden auf dem Hasenberg	Bereich südlich der Schleiermacherstraße zwischen Willy-Lohmannstraße im Westen und Lessingstraße im Osten	Bereich südöstlich der Lessingstraße
	vertretene Subtypkategorien	Straßen (31), Innenhöfe (4), Grünflächen (2), Sonderfläche (1)	Innenhöfe (4), Straßen und Sonderflächen (je 2)	Straßen (25), Innenhöfe (11)	Straßen (18)	Innenhöfe (10)	eine Grünfläche	Straßen (36), Innenhöfe (6)	Straßen (13), Innenhöfe (3), eine Sonderfläche

5.2.3 Lichtverhältnisse

Für die Clusteranalyse der Lichtverhältnisse wurden aus allen in Tabelle 6 zur Verfügung stehenden Variablen nachstehende (Tabelle 14) ausgewählt.

Tabelle 14: Ausgewählte Variablen für die Clusteranalyse - Lichtverhältnisse

Variable	Begründung
B211E Empfindung B212B Bewertung	Verbindung der Empfindung und Bewertung der klimatischen Ausprägungen mit den gemessenen bzw. simulierten Klimaparametern
AREA Flächengröße HN Hangneigung EX Exposition	Die Kombination von Flächengröße, Hangneigung und Expositionsrichtung sind entscheidende Einflußfaktoren für die Einstrahlungsverhältnisse
Vgrad Versiegelungsgrad	Dieser Parameter steht indirekt für das Reflexionspotential, i.e. hohes Albedo künstlicher Flächen
Z ₀ Rauhigkeitslänge	Die Rauhigkeitslänge ist ebenfalls ein indirekter Parameter, der die durch die Flächennutzung resultierende Beschattung darstellen soll; in die Berechnung dieser gehen die mittlere Hindernishöhe, die Frontflächengröße sowie die Grundflächengröße ein (siehe FEZER 1995, S. 85f), also Parameter, welche auch für den Schattenwurf entscheidend sind
S_SSH Maximal mögliche Sonnenscheindauer	Sie sind die potentiell möglichen, mittleren Sonnenscheinstunden je Subtypenfläche
S_v Variationskoeffizient der Sonnenschein- dauer	Durch die Bebauung verändert sich im Tagesverlauf für eine gegebene Fläche die beschatteten Bereiche. Diese Veränderungen finden sich im Variationskoeffizient wieder

In Anhang 15 / Punkt 1 sind die Korrelationen der gewählten Parameter untereinander angegeben. Auch hier liegt die höchste Korrelation bei dem Variablenpaar B211E und B212B vor. Der ungeklärte Varianzanteil beträgt danach im Paulusviertel nur 38 %, in Neustadt immerhin 13 %. Liegt in Neustadt für alle Parameter eine Normalverteilung (Anhang 15 / Punkt 2) vor, ist dies im Paulusviertel nur bei den Variablen EX, HN und S_v der Fall. Nach der Clusteranalyse ergeben sich in Neustadt 6 Cluster, im Paulusviertel 8. Die erste Diskriminanzanalyse ergibt im Paulusviertel 3 Neuzuordnungen, in Neustadt keine (Anhang 15 / Punkt 3), worauf in der zweiten Diskriminanzanalyse die fehlenden 65 bzw. 51 Subtypenflächen den Clustern zugewiesen werden. Die Cluster lassen sich schließlich nach dem KRUSKAL-WALLIS-Test anhand ihrer Mittelwerte unterscheiden (Anhang 15 / Punkt 4).

Neustadt

Im Gegensatz zur räumlich strukturierten Clusterverteilung der Lufttemperatur, läßt sich bei den Lichtverhältnissen keine Zonierung erkennen (Karte 17, oben). Diese ist bei den Lichtverhältnissen in erster Linie strukturell bedingt. So zeigt sich ein relativ großer Zusammenhang zwischen der Subtypenflächenkategorie und der Clusterzugehörigkeit mit Cramer-V = 0,625. Eine Kurzbeschreibung der Clustervariablen gibt Tabelle 16, Anhang 15 / Punkt 5 listet detailliert die Kennwerte auf. Die 6 Klassen lassen sich danach wie folgt charakterisieren:

- Klasse 1: Diese Flächen wurden mit ihren hellen Lichtverhältnissen am deutlichsten angenehm bewertet. Die hohe Sonneneinstrahlung wird kaum behindert, so daß die Werte gering variieren. Begünstigt wird die Einstrahlung durch leicht nach Süden geneigtes Gelände. Der geringe Versiegelungsgrad, d.h. der hohe Anteil an natürlichen Flächen, hat keine große Reflexionen zur Folge. In dieser Klasse sind alle Neustädter öffentlichen Grünflächen enthalten.
- Klasse 2: Fast alle Innenhöfe sind in dieser Klasse zu finden. Die große Rauigkeitslänge, als stellvertretende Größe für den Schattenwurf, zeigt ihre Wirkung in der geringen Sonnenscheindauer und deren höchsten Variabilität. Insgesamt werden die Flächen als schattig und angenehm empfunden bzw. bewertet.
- Klasse 3: Hauptsächlich Straßen bilden diese Klasse, deren Lichtverhältnisse als sehr hell empfunden werden, was wiederum unangenehm bewertet wird. Diese Bewertung ist Folge des geringen Anteils natürlicher Flächen und der hohen Sonnenscheindauer. Der geringe Schattenwurf führt zur kleinsten Variabilität dieser Werte.
- Klasse 4: Die grellen Lichtverhältnisse werden als deutlich unangenehm bewertet. Der hohe Anteil künstlicher Flächen führt zu hohen Reflexionen. Sie resultieren nicht nur aus den hier genannten horizontalen Flächen, sondern insbesondere aus den vertikalen. Denn die zumeist betroffenen Straßenflächen werden von großflächigen Gebäudewänden gesäumt.
- Klasse 5: In den zwei Straßenbereichen dieser Klasse werden die Lichtverhältnisse sowohl als grell als auch als unangenehm bewertet. Die Kombination von einem mittleren Versiegelungsgrad und wenig Schattenspendendem hat keinen erhöhenden Einfluß auf die Sonnenscheindauer, welche auf diesen Flächen die geringste ist. Der Hauptgrund, weshalb trotzdem die zuvor genannte Bewertung zustande kam, wird in dem Nord-Süd-Verlauf der Straßen deutlich. Um die Mittagszeit scheint die Sonne ungehindert in die Straßen. Vor und nach Sonnenhöchststand reflektieren die großen Gebäudefronten die Sonneneinstrahlung.
- Klasse 6: Bei diesen Flächen fällt das Urteil am deutlichsten aus: grell und extrem unangenehm. Eigen ist dieser Klasse die höchste Sonnenscheindauer mit einer niedrigen Variabilität. Mit fast 50 % künstlicher Oberflächen ist dazu ein hohes Reflexionspotential zu erwarten.

Das grundsätzliche Manko in Bezug auf die Lichtverhältnisse liegt begründet in der zwar reichlich vorhandenen, aber oft ungünstig zusammengesetzten und plazierten Begrünung. Niedriger, buschartiger Bewuchs, oftmals zwischen Gehweg und Gebäuden gelegen, spendet wenig Schatten und hält nicht die Reflexionen gegenüberliegender Häuserfronten zurück. Das große Breiten-Höhen-Verhältnis läßt zumeist direkte Einstrahlung zu. Zudem weisen die hauptsächlich verwendeten Baumaterialien hohe Albedowerte (SUKOPP & WITTIG 1993, S. 121) auf: Asphalt 5-20 %, Beton 10-35 % (geweißt sogar 71 %) und Glas 9 – 52 %. Deshalb ist oftmals eine Umstrukturierung der Anordnung der Begrünung in Kombination mit Anpflanzung großkroniger Bäume der wirksamste Weg, extrem helle oder grelle Situationen zu Verbessern. Ferner sind die Erhöhung des Anteils natürlichen Oberflächen, Fassadenbegrünungen - besonders der Gebäudestirnseiten - als auch die Wahl pastellfarbener statt weißer Gebäudeanstriche im Zuge von Sanierungsarbeiten weitere Beiträge in diese Richtung.

Geringer Handlungsbedarf besteht bei den Flächen der Klasse 5. Diese machen nur 0,9 % der Analysefläche aus, jedoch handelt es sich bei diesen um hochfrequentierte Straßenabschnitte. Baumpflanzungen auf dem westlichen Seitenstreifen der Straße „Zur Saaleaue“ bzw. auf dem Mittel- und Seitenstreifen der Hallorenstraße werden zur Verbesserung vorgeschlagen. Dringlichere Notwendigkeit für Verbesserungsmaßnahmen weist dagegen die Situation in Flächen der Klasse 3 auf. Die Mittel- und Seitenstreifen des Gimritzer Dammes bzw. der Hallorenstraße sollten auch hier möglichst mit großkronigen Bäumen bepflanzt werden. Für die diese Straßenzüge fortsetzenden Flächen der Klasse 4 kann dieselbe Handlungsempfehlung gegeben werden. Der Ersatz von Asphalt- bzw. Betondecken durch Rasengittersteine sollte auf den Parkplatzflächen geprüft werden. Ebenfalls sind Baumpflanzungen auf dem Seiten- und Mittelstreifen bzw. an den Gehwegen der Magistrale (Klasse 6) empfehlenswert. Für die Cluster 1 und 2 kann grundsätzlich kein Handlungsbedarf festgestellt werden. In Karte 23 (oben) werden wesentliche Handlungsempfehlungen dargestellt.

Nur ein Änderungswunsch, i.e. eine Erhellung, liegt laut Befragung (Karte 18, oben) für die öffentliche Grünfläche der Klasse 1 zwischen Hibiskusweg und Oleanderstraße vor. Durch die Generalisierung bei der Subtypenflächenbildung wurde der eigentlich in den Fragebögen benannte Bereich zwischen den Häuserzeilen im Norden (Block 274) und Süden (Block 213, vgl. Karte 1, oben) ausgedehnt. So sind die Bereiche hohen Strahlungsgenusses im Westen und Osten der öffentlichen Grünfläche (vgl. Karte 12, oben) hier mit eingeschlossen. Deshalb erscheint der Änderungswunsch zunächst unsinnig. Ferner wurde der gleiche Änderungswunsch noch für das Nordende des Hibiskusweges angegeben.

Paulusviertel

Hier läßt sich eine leichte räumliche Regionalisierung der 8 Klassen erkennen (Karte 17, unten). Wie in Neustadt ist die Klassenbildung aber ebenfalls stark durch die strukturelle Ausprägung des Untersuchungsgebietes gekennzeichnet. So beträgt Cramer-V = 0,601 für den Zusammenhang von Subtypenkategorie und Klassenzugehörigkeit. Eine Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen stellt Tabelle 17 zusammen. Eine ausführliche Auflistung findet sich in Anhang 15 / Punkt 5.

- Klasse 1: Hell und angenehm werden diese Flächen beurteilt. Die vielen Straßen sind hauptsächlich mit Baumalleen bestanden und das kleine Breiten-Höhen-Verhältnis der Bebauungsstruktur läßt keine zu große Einstrahlung zu.
- Klasse 2: Ebenfalls hell und angenehm beurteilt werden die Straßen dieser Klasse. Auch hier handelt es sich meistens um alleearartige Straßenzüge bzw. deren Kreuzungsbereiche. Hier findet sich eine hohe Sonnenscheindauer mit kleinster Variabilität.
- Klasse 3: Schattig und angenehm wird diese nur aus Innenhöfen zusammengesetzte Klasse beurteilt. Die hohe Rauigkeitslänge zeigt stellvertretend eine schattenspendende Struktur an. Gepaart mit dem kleinen Breiten-Höhen-Verhältnis findet sich aber eine niedrige Sonnenscheindauer, welche einen großen Variationskoeffizienten aufweist. Deshalb hat der hohe Anteil versiegelter Flächen keine großen Reflexionen zur Folge. Dies liegt an den dunklen Baumaterialien für Häuser und Bodenbelag.
- Klasse 4: Eine einzige öffentliche Grünfläche ist in dieser Klasse enthalten, deren Lichtverhältnisse als schattig empfunden werden, was als sehr angenehm bewertet wird. Die hohe Hangneigung führt zur höchsten potentiell möglichen Sonnenscheindauer. Die zahlreich vorhandenen Bäume und Sträucher, welche

- sich in der mittleren Rauigkeitslänge wiederfinden, zeigen jedoch, daß die Sonnenscheindauer deutlich nach unten zu korrigieren ist, da die Bepflanzung nicht in die Simulation mit eingegangen ist.
- Klasse 5: Der hohe Versiegelungsgrad und die niedrige Rauigkeitslänge charakterisieren diese nur aus Straßen zusammengesetzte Klasse. Die hohe Sonnenscheindauer und deren niedriger Variationskoeffizient umschreiben die als grell empfundenen und sehr unangenehm eingeschätzten Lichtverhältnisse. Zusätzlich zum hohen Anteil künstlicher Flächen in der Horizontale kommen die Fassaden der Blockrandbebauung, was insgesamt zu großen Reflexionen führt.
- Klasse 6: Straßen, Innenhöfe und Sonderflächen setzen diese Klasse zusammen. Die Verschiedenartigkeit der genannten Subtypenflächen führt zu keiner extremen Ausprägung der Variablen. Ein Anteil von immerhin 56 % versiegelter Flächen birgt ein gewisses Reflexionspotential, ebenso die vertikalen Flächen der Gebäude. Durch das größte Breiten-Höhen-Verhältnis der Straßen im ganzen Untersuchungsgebiet, kommen gerade hier die Fassadenflächen in einen hohen Strahlungsgenuß.
- Klasse 7: Hierin enthaltene Straßen mit unterschiedlichen Richtungsverläufen zeigen die niedrigste Sonnenscheindauer mit einem hohen Variationskoeffizienten. Zumeist vegetationslos werden sie als hell und unangenehm beurteilt. Hier ist die Quelle der Beurteilung eher in den vertikalen Flächen zu suchen. So bieten großflächige Fassadenfronten der Blockrandbebauung viel Reflexionspotential.
- Klasse 8: Nur hochversiegelte Straßen setzen diese als grell wie unangenehm beurteilte Klasse zusammen. Die niedrige Rauigkeitslänge zeigt als Indikator wenige schattenspendende Strukturen an. Das kleine Breiten-Höhen-Verhältnis führt nur zu einer mittleren Sonnenscheindauer mit niedriger Variabilität. Das Hauptreflexionspotential liegt auch hier bei den vertikalen Flächen der Häuserfronten.

Schwierig erweist sich auch hier die Durchführung verbessernder Maßnahmen für die Lichtverhältnisse, sofern sie mit Flächenverbrauch zu tun haben (vgl. Kapitel 5.2.1). Dennoch sind zur Minderung von hellen oder grellen Lichtverhältnissen Baumpflanzungen empfehlenswert. Baumaßnahmen oder verkehrsberuhigende Umgestaltungen bieten die Chance, dies umzusetzen, z.B. zwischen Parkbuchten auf Hauptstraßen oder auf wechselseitigen Verkehrsinseln in Nebenstraßen. Ferner kann noch Fassadenbegrünung eingesetzt werden.

Einige der folgenden Handlungsempfehlungen werden in Karte 23 (unten) wiedergegeben. Von den 8 vorliegenden Clustern können die Flächen der Klasse 1 bis 4 als unproblematisch angesehen werden. Hauptaugenmerk gilt der Klasse 5. Die hier herrschenden grellen Lichtverhältnisse resultieren aus dem hohen Reflexionspotential der versiegelten Flächen als auch den großflächigen Fassadenfronten in Kombination mit den hohen Einstrahlung. Die Hauptstraßen Reil-, Ludwig-Wucherer- (ebenso Klasse 8) sowie die Paracelsusstraße (auch Klasse 6) weisen zudem ein für das Untersuchungsgebiet großes Breiten-Höhen-Verhältnis auf, so daß kaum Verschattung durch Gebäude vorliegt. Wenn möglich, sollten Baumanpflanzungen zwischen Parkbuchten oder gehwegbegleitend erfolgen. Nach der Clusteranalyse ergibt sich für die vielen vegetationslosen Nebenstraßen zwischen diesen drei genannten Straßen und der Schleiermacherstraße, welche den Klassen 5, 6, 7 und 8 angehören, Handlungsbedarf. Danach ist eine wechselseitige Baumpflanzung, z.B. auf Verkehrsinseln, welche die hellen bis grellen Lichtverhältnisse dämpfen, empfehlenswert. Auf die Problematik der Umsetzung solcher Maßnahmen wurde zuvor schon eingegangen.

Der letztgenannte Handlungsbedarf entfällt jedoch, wenn die Änderungswünsche laut Befragung (Karte 18, unten) berücksichtigt werden. Danach werden gerade in diesen Straßen hellere Lichtverhältnisse gefordert. Ein eindeutiges Votum hinsichtlich Handlungsbedarf zeigt sich jedoch in der Ludwig-Wucherer-Straße, für die Maßnahmen zur Minderung der grellen Lichtverhältnisse gefordert werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit den im vorigen Absatz geschilderten Ergebnissen der Clusteranalyse.

Validierung

Die Lichtverhältnisse lassen sich durch keinen einzelnen Meßwert wiedergeben. Jedoch können verschiedene andere Meßwerte erfaßt werden, von denen auf die Lichtverhältnisse geschlossen werden kann. So unter anderem durch Messung der direkten Sonnenstrahlung oder der Globalstrahlung. Letztere wurde an den Klimastationen erfaßt. Durch Umrechnung kann aus der Globalstrahlung auch die Strahlungssumme bestimmt werden (vgl. Formel 5, S. 39).

Gruppiert man die Clusteranalyseergebnisse in zwei Gruppen, denen mit bzw. ohne Handlungsbedarf, sollten Klimastationen die der einen bzw. anderen Gruppe angehören, die Verhältnisse wiedergeben: helle bis grelle Lichtverhältnisse in der Gruppe mit Handlungsbedarf bzw. helle bis dunkle in der anderen. Die Annahme einer sommerlichen einstrahlungsreichen autochthonen Wetterlage wird dabei auf die Messungen übertragen. Wegen etlicher technischer Probleme bei den Strahlungsmessungen (vgl. PÜTTMANN & ZIERDT 1999), liegen nur für 10 von 77 möglichen Tagen auswertbare Ergebnisse vor (Tabelle 15). Die Klimastationen, welche die Innenhöfe bzw. die Grünflächen repräsentieren, liegen dabei in der Gruppe ohne, die Straßenstationen in der Gruppe mit Handlungsbedarf (vgl. Anhang 15, Punkt 6). Bei letzteren ist im Paulusviertel zu beachten, daß der zunächst ausgesprochenen Handlungsbedarf durch die Änderungswünsche der Befragung verworfen wurden.

Tabelle 15: Zusammenstellung der Validierungsparameter - Lichtverhältnisse

Kurzcharakterisierung der klimatischen Ausprägung der Handlungsgruppen / Nachweisziele	<u>Mit Handlungsbedarf:</u> Helle bis grelle Lichtverhältnisse <u>Ohne Handlungsbedarf:</u> Helle bis schattige Lichtverhältnisse
Annahme der Witterungsverhältnisse bei der Clusteranalyse	Sommerliche autochthone Wetterlagen (windschwach und einstrahlungsreich)
Umsetzung dieser Annahme bei der Auswahl der Meßdaten	Autochthone Großwetterlagen (HB, HFa, HM, HNa oder HNFa; vgl. ³² , S. 71) der Monate April bis September 1997 – 1999 (n = 77)
Cluster- und Gruppenzugehörigkeit der temporären Klimastationen	P_I: Cluster 3 / ohne Handlungsbedarf P_G: Cluster 4 / ohne Handlungsbedarf P_S: Cluster 6 / mit Handlungsbedarf N_I: Cluster 2 / ohne Handlungsbedarf N_G: Cluster 1 / ohne Handlungsbedarf N_S: Cluster 4 / mit Handlungsbedarf
Ausgewählte Meßparameter der temporären Klimastationen	Maximalwerte von STR200 (Maximum und Mittelwert als Globalstrahlung, Strahlungssumme errechnet aus Globalstrahlung) auf Tagesbasis (n = 10) Voraussetzung: Meßwerte liegen für alle Stationen gleichzeitig sowie als ganze Tagesgänge vor

Bei einer dreidimensionalen Darstellung (Abbildung 13) der maximalen Tageswerte der ausgewählten Parameter (Mittelwert und Maximum der Globalstrahlung sowie Strahlungssumme) läßt sich eine Gruppierung beim Vergleich der Untersuchungsgebiete untereinander feststellen. Liegen die Neustädter Werte aller drei Variablen im oberen Bereich, finden sich die Werte des Paulusviertel am anderen Skalenende. Eine Ausnahme bildet hier

wieder die Station P_G, deren Begründung schon in Kapitel 5.2.2 im Abschnitt Validierung dargelegt wurde. So wird diese nicht weiter in Betracht gezogen. Grundsätzlich erkennt man den Einfluß der unterschiedlichen Bebauungsstruktur der Untersuchungsgebiete. Die weitständige Bebauung in Neustadt ermöglicht höhere direkte Einstrahlung, wie auch die großen hellen Fassadenflächen durch Reflexion die Globalstrahlung erhöhen dürften. Besonders sticht in Neustadt der Standort N_S hervor, der bei allen drei Variablen die größten Beträge aufweist. Dies deckt sich mit der These, daß hier helle bis grelle Lichtverhältnisse vorliegen müssen. Die Meßwerte der Stationen P_I und P_S sind dagegen z.T. weit weniger als halb so groß wie die kleinsten Neustädter Werte. Die Meßwerte von P_S sind ferner faßt dreimal so groß, wie die an P_I gemessenen. Dies deckt sich mit den Begründungen der zunächst ausgesprochenen aber später verworfenen Handlungsempfehlung, den hellen bis grellen Lichtverhältnissen.

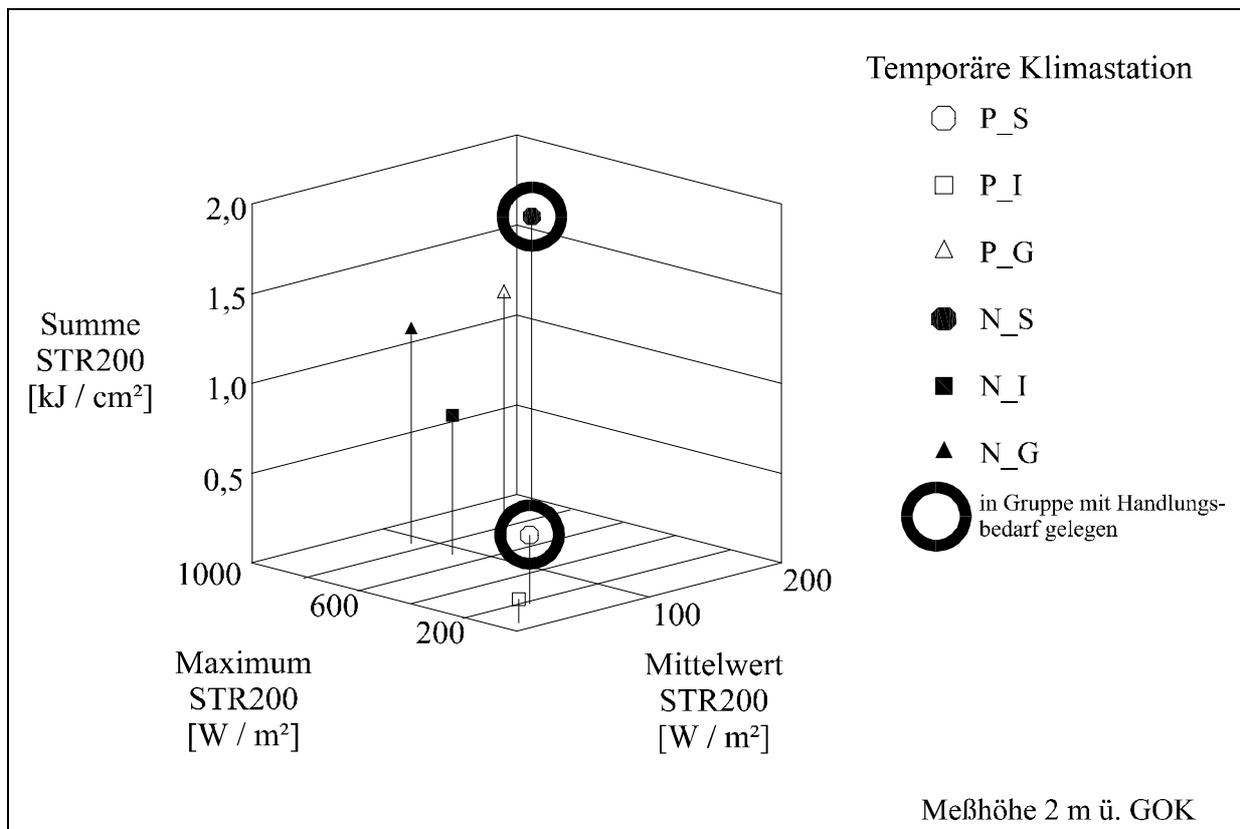


Abbildung 13: Dreidimensionale Darstellung des Zusammenhangs zwischen ausgewählten statistischen Kennwerten aller Stationen - Lichtverhältnisse

(Quelle: PÜTTMANN & ZIERDT (1999); Berechnet als maximale Ausprägungen auf Basis von Tageswerten; Kriterien: ganze Tagesreihen und gleichzeitige Messungen an allen Stationen, Großwetterlagen HB, HFa, HM, HNa oder HNFa, Zeitraum April bis September; n = 10)

Tabelle 16: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für Neustadt – Lichtverhältnisse

		Cluster					
		1	2	3	4	5	6
Parameter	B211E Empfindung	hell	schattig	sehr hell	grell	grell	grell
	B212B Bewertung	deutlich am angenehmsten	angenehm	tendenziell unangenehm	deutlich unangenehm	unangenehm	am prägnantesten unangenehm
	AREA Fläche	18,7 % der Analysefläche; im Mittel zweitgrößte Flächen, jedoch große Variabilität	32,2 % der Analysefläche; kleine	9,2 % der Analysefläche; kleine	20,9 % der Analysefläche; kleine	0,9 % der Analysefläche; kleinste Flächen mit geringster Variabilität	18,1 % der Analysefläche; größte Flächen
	EX Exposition	Süd	Nordost	Süd	Nord	Süd	Nord
	HN Hangneigung	geringe	sehr geringe	geringe	eben	größte mit 0,4°	sehr geringe
	Vgrad Versiegelungsgrad	niedriger	mittlerer	hoher	hoher	mittlerer	mittlerer
	Z ₀ Rauhigkeitslänge	mittlere	höchste	niedrige	geringste	niedrige	mittlere
	S_SSH Sonnenscheindauer	hohe	zweitniedrigste	zweithöchste	mittlere	geringste	höchste
	S_v Variationskoeffizient der Sonnenscheindauer- daten	niedriger	höchster	kleinster	mittlerer	mittlerer	niedriger
	Beschreibung	Anzahl Flächen	6	15	18	31	2
Lage		keine Zonierung in einzelne Bereiche					
vertretene Subtypkategorien		Grünfläche (3), Straßen (2), eine Sonderfläche	hauptsächlich Innenhöfe (11), Sonderflächen (3), eine Straße	hauptsächlich Straßen (16), Innenhof und Sonderfläche (je 1)	Hauptsächlich Straßen (29), Sonderfläche und Innenhof (je 1)	nur Straßen (2)	Straßen (2), eine Sonderfläche

Tabelle 17: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für das Paulusviertel – Lichtverhältnisse

	Cluster							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Parameter								
B211E Empfindung	hell	hell	schattig	schattig	grell	sehr hell	hell	grell
B212B Bewertung	angenehm	angenehm	angenehm	sehr angenehm	sehr unangenehm	unangenehm	unangenehm	unangenehm
AREA Fläche	13,8 % der Analysefläche	5,4 % der Analysefläche; kleinste Flächen	23,0 % der Analysefläche	4,5 % der Analysefläche; größte Flächen	15,0 % der Analysefläche	22,8 % der Analysefläche; große Flächen	15,0 % der Analysefläche; kleine Flächen	22,8 % der Analysefläche
EX Exposition	Südwest	Südwest	Südwest	Süd	Südwest	Südwest	West	West
HN Hangneigung	1,8°	2,2°	1,8°	höchste mit 4,6°	geringste mit 1,3°	1,7°	1,7°	2,1°
Vgrad Versiegelungsgrad	mittlerer	hoher	hoher	niedrigster	hoher	mittlerer	höchster	zweithöchster
z ₀ Rauhigkeitslänge	niedrige	niedrige	höchste	mittlere	niedrigste	mittlere	niedrige	niedrige
S_SSH Sonnenscheindauer	mittlere	hohe	niedrige	höchste	hohe	mittlere	niedrigste	mittlere
S_v Variationskoeffizient der Sonnenscheindauer- daten	niedriger	kleinster	größter	niedriger	niedriger	mittlerer	hoher	niedriger
Beschreibung								
Anzahl Flächen	23	27	21	1	33	12	29	24
Lage	Schleiermacher- straße und angrenzende Gebiete	Rathenauplatz und angrenzende Straßen	Innenhöfe außerhalb der Schleier- macherstraße	Grünfläche auf dem Rathenauplatz	Straßen am West- , Südwest-, Süd- und Südostrand des Gebietes	keine Zonierung in einzelne Bereiche	keine Zonierung in einzelne Bereiche	Straßen am Südwest- bzw. Nordostrand
vertretene Subtypkategorien	hauptsächlich Straßen (15), Innenhöfe (4), Grün- und Sonder- flächen (2)	nur Straßen (27)	nur Innenhöfe (21)	nur eine Grünfläche	nur Straßen (33)	Straßen (7), Innenhöfe (3) und Sonderflächen (2)	hauptsächlich Straßen (19), Innenhöfe (10)	nur Straßen (24)

5.2.4 Luftfeuchtigkeit

Für die Clusteranalyse der Luftfeuchtigkeit wurden neben den Angaben zur Empfindung und Bewertung dieser aus der Befragung fünf weitere Parameter ausgesucht, welche sich auf eine trocken-heiße Witterungsperiode beziehen. Tabelle 18 stellt diese zusammen. Von den gewählten Parametern liegt die höchste Korrelation (Anhang 16 / Punkt 1) in den Untersuchungsgebieten jeweils bei der Variablenkombination relative Luftfeuchtigkeit – Lufttemperatur vor. Bedingt ist dies durch den engen physikalischen Zusammenhang beider Größen, wobei die negative Korrelation den inversen Verlauf der Klimagrößen widerspiegelt. Der unerklärte Varianzanteil beträgt danach aber immerhin noch 14 % Neustadt bzw. 12 % im Paulusviertel. Letzterer wird aber als ein tolerierbarer Zusammenhang angesehen. Eine Normalverteilung liegt bei den verwendeten Variablen im letztgenannten Untersuchungsgebiet bei MF_rF_A vor. In Neustadt sind dies bei Vgrad, S_SSH, MF_rF_A und MF_T_A (Anhang 16 / Punkt 2) der Fall. In die Clusteranalyse gehen zunächst in Neustadt 28 Flächen bzw. 107 im Paulusviertel ein. Die nach der Klassifizierung jeweils entstandenen 6 Cluster werden in der ersten Diskriminanzanalyse für Neustadt bestätigt. Im Paulusviertel erfolgt eine Umordnung von 9 Klassenzugehörigkeiten (Anhang 16 / Punkt 3). In der zweiten Diskriminanzanalyse werden die noch fehlenden Flächen den entstandenen Klassen zugeordnet. Dies sind in Neustadt 47 Flächen und im Paulusviertel 63. Schließlich wird die Unterscheidung der Klassen anhand ihrer Mittelwerte überprüft. Nach Anhang 16 / Punkt 4 ist diese in beiden Untersuchungsgebieten bei allen Variablen gegeben.

Tabelle 18: Ausgewählte Variablen für die Clusteranalyse - Luftfeuchtigkeit

Variable	Begründung
B311E Empfindung B312B Bewertung	Verbindung der Empfindung und Bewertung der klimatischen Ausprägungen mit den gemessenen bzw. simulierten Klimaparametern
MF_rF_A Rel. Luftfeuchtigkeit; abends MF_T_A Lufttemperatur; abends	Hohe Lufttemperaturen mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit lassen sich als feuchtere Bereiche lokalisieren, im Gegensatz zu Flächen mit zwar ebenfalls hohen Lufttemperaturen, aber niedriger relativer Luftfeuchtigkeit. Dampfdruck kann im Gegensatz zur relativen Luftfeuchtigkeit nicht wahrgenommen werden. Gleiches gilt ferner auch für die absolute Luftfeuchtigkeit.
AREA Flächengröße Vgrad Versiegelungsgrad S_SSH Maximal mögliche Sonnenscheindauer	Die Kombination von großen Flächen, deren unversiegelter Anteil und die mögliche Sonnenscheindauer ist ein Indikator auf die potentiell mögliche Verdunstung.

Neustadt

In Karte 19 (oben) findet sich für 5 von 6 der entstandenen Cluster eine Zonierung im Untersuchungsgebiet. Hauptsächlich weist sie eine Südwest-Nordost-Erstreckung auf. Von Südost nach Nordwest schließen sich die Klassen wie folgt aneinander an: 5, 6, 2, 1 und 4. Flächen der Klasse 3 sind uneinheitlich über die Analysefläche verstreut. Zwischen Subtypenflächenkategorie und Klassenzugehörigkeit zeigt sich nur ein kleiner Zusammenhang von Cramer-V = 0,502. Letztere wird also eher durch die räumliche Verteilung der eingehenden Parameter bestimmt. Anhand der aus Anhang 16 / Punkt 5 zusammengestellten Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen in Tabelle 20 können die 6 Klassen folgendermaßen charakterisiert werden:

Klasse 1: Sie hat den größten Flächenanteil im Untersuchungsgebiet und ist recht heterogen aufgebaut, da

- sämtliche Subtypenklassen hierin enthalten sind. Der niedrige Versiegelungsgrad bietet hohes Verdunstungspotential. Die hier gemessenen niedrigen Lufttemperaturen in Kombination mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit entspricht den Ergebnissen der Befragung. So wurden die Flächen als tendenziell feuchter als das Mittel eingeschätzt und entsprechend angenehm bewertet.
- Klasse 2: Südöstlich anschließend an Klasse 1 liegt diese zumeist aus Straßen zusammengesetzte Klasse. Die Ausprägung der Luftfeuchtigkeit wird in diesen Bereichen trockener als das Mittel empfunden und als unangenehm bewertet. Mit 64 % versiegelter Flächen liegen nur relativ wenige verdunstungsfähige Flächen vor. In der niedrigen relativen Luftfeuchtigkeit findet der genannte Sachverhalt seinen Ausdruck.
- Klasse 3: Ausschließlich Straßen bilden dieses Cluster. Der hohe Versiegelungsgrad bietet auch hier kaum Verdunstungspotential, so daß die Beurteilung der Luftfeuchtigkeit als unangenehm, da trockener als das Mittel, ausfällt. Über alle enthaltenen Flächen gemittelt ergibt sich zwar eine relative Luftfeuchtigkeit bzw. Lufttemperatur im mittleren Bereich, jedoch mit großen Abweichungen, sowohl nach oben als auch nach unten.
- Klasse 4: Diese Gebiete werden deutlich trockener als das Mittel empfunden und ausschließlich als unangenehm bewertet. Unterstützt der hohe Versiegelungsgrad, i.e. niedriges Verdunstungspotential, diese Bewertung, entsprechen dem jedoch nicht die Ergebnisse der Meßfahrten hinsichtlich Lufttemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit. Es zeigt sich die in 5.1.4 angesprochene extreme Bewertung der Straßen als besonders trocken und unangenehm. So erfahren 19 von 20 benannten Straßenflächen eine derartige Beurteilung, unbeeinflußt von der Grünflächenausstattung bzw. der reell gemessenen Werte ³³.
- Klasse 5: Als trocken und unangenehm werden diese Flächen eingeschätzt. Die hier vorliegende niedrigste relative Luftfeuchtigkeit kombiniert mit der höchsten Lufttemperatur bestätigt diese Einschätzung.
- Klasse 6: Eine positive Bewertung liegt in dieser Klasse vor: die feuchter als das Mittel eingeschätzte Luftfeuchtigkeit wird als angenehm bewertet. Die Ergebnisse der Meßfahrt, welche in die Clusteranalyse eingegangen sind, können die Bewertung jedoch nicht bestätigen. Grund hierfür liegt im Meßzeitpunkt. Noch am späten Abend liegen relativ hohe Lufttemperaturen einher gehend mit niedriger relativer Luftfeuchtigkeit vor. In Kapitel 5.2.2 wurde schon auf das Eindringen (feuchter) Kaltluft aus der Saaleaue eingegangen. Diese läßt sich aber erst in der Morgenmeßfahrt nachweisen (vgl. Karte 7, oben und Karte 9, oben). Deshalb kann der Bewertung laut Befragung zugestimmt werden.

Aufgrund des engen Wirkungszusammenhanges zwischen der relativen Luftfeuchtigkeitsverteilung und der Lufttemperatur sowie der Abhängigkeit vom Verdunstungspotential der vorliegenden Flächenstrukturen und deren Reichweite werden genaue Angaben zum Handlungsbedarf erschwert. Deshalb soll nicht weiter auf Einzelflächen eingegangen werden. Grundsätzlich bedürfen nach dieser Analyse die Gebiete der Klasse 1, 4 und 6 keiner Maßnahmen. Für die anderen Flächen sollten im Einzelfall die zuvor genannten Maßnahmen überprüft werden.

³³ Ferner besteht ein sehr hoher Zusammenhang zwischen Subtypenkategorie und Bewertung. Auf der Basis aller 28 in die Bewertung eingehender Flächen ergibt sich $\text{Eta} = 0,851$

Zudem stellt sich in Neustadt die Situation so dar: der Grünflächenanteil in Neustadt ist mit 41 % sehr hoch, so daß verbessernde Flächenumstrukturierungen mit einer weiteren Erhöhung des Grünflächenanteils in Konflikt mit anderen Nutzungen bzw. Nutzungsansprüchen geraten werden. Der Grünflächenanteil wird ohnehin sehr hoch eingeschätzt und steht bei den Änderungswünschen der Neustädter an letzter Stelle (vgl. 5.2.1). Nur beim ruhenden Verkehr könnten Flächenentsiegelungen durch Einsatz von Rasengittersteinen durchgesetzt werden. Ferner bieten sich Pflasterungen oder Aufschotterungen z.B. auf Gehwegen sowie Fassadenbegrünung an. Schließlich wurde nur für eine Fläche (Innenhöfe der Klasse 6) als Änderungswunsch eine Erhöhung der Luftfeuchtigkeit angegeben (Karte 20, oben).

Paulusviertel

In diesem Untersuchungsgebiet weisen 5 von 6 Cluster ein bevorzugtes räumliches Vorkommen auf (Karte 19, unten). Der kleine Zusammenhang von Cramer-V = 0,481 zwischen Klassenzugehörigkeit und Subtypenflächenkategorie verdeutlicht die Beeinflussung der eingehenden Parameter auf die räumliche Verteilung. Der strukturelle Gebietsaufbau spielt auch hier eine untergeordnete Rolle. Die Klasse 1 findet sich vorwiegend innerhalb der Schleiermacherstraße. An diese schließt sich die Klasse 3 an. Die westlichen und südwestlichen Randbereiche werden von der Klasse 2 eingenommen, im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes liegen die Flächen der Klasse 6. Die Straßen des Rathenauplatzes sowie einmündende Straßen bilden die Klasse 5. Lediglich die Flächen der Klasse 4 zeigen keine Zonierung. Anhand der Tabelle 21³⁴ lassen sich die 6 Klassen wie folgt beschreiben:

- Klasse 1: Hohe relative Luftfeuchtigkeit gepaart mit niedriger Lufttemperatur führt zu einer angenehmen Bewertung. Der niedrige Versiegelungsgrad bietet ein hohes Verdunstungspotential und spiegelt sich in den Messungen wider. Diese Wirkung wird unterstützt durch die hier auftretenden großen Flächengrößen.
- Klasse 2: Trockener als das Mittel und ausnahmslos als unangenehm bewertet wird die hauptsächlich aus Straßenflächen gebildete Klasse. Der hohe Versiegelungsgrad zeigt geringe Verdunstungsmöglichkeiten an, was die niedrige relative Luftfeuchtigkeit wiedergibt. Letztgenannte in Kombination mit hoher Lufttemperatur bestätigen die Beurteilung.
- Klasse 3: Unentschieden fällt die Beurteilung in dieser Klasse aus. Die in die Clusteranalyse eingegangenen Klimaparameter zeigen ebenfalls keine Extreme. Diese finden sich alle im mittleren Bereich.
- Klasse 4: Als trocken und unangenehm werden diese Flächen beurteilt. Der hohe Versiegelungsgrad der diese Klasse bildenden Straßen und Innenhöfe beeinflusst die relative Luftfeuchtigkeit nicht in ein niedriges, d.h. trockenes, Extrem. Ebenso findet sich die Lufttemperatur in einem mittleren Bereich. Besonders die Bewertung der Straßen, wie schon in den Kapiteln 5.2.2 und 5.1.4 hingewiesen, fällt bei diesem Cluster ins Gewicht: als besonders trocken und unangenehm.
- Klasse 5: Wie in Klasse 4 werden auch diese Flächen als trocken und unangenehm beurteilt. Gleichfalls handelt es sich auch hierbei – jedoch ausschließlich – um Straßen. Sie weisen, widersprüchlich zur Beurteilung, die höchste relative Luftfeuchtigkeit und niedrigste Lufttemperatur auf. Dabei werden die in räumlicher Nähe angrenzenden Flächen dieser Straßen am Rathenauplatz als angenehm

³⁴ Zusammengestellt aus Anhang 16 / Punkt 5

beurteilt. Hier zeigt sich wieder die zuvor genannte bevorzugte Beurteilung von Straßen als besonders trocken und unangenehm.

Klasse 6: Die Kombination von niedriger relativer Luftfeuchtigkeit und hoher Lufttemperatur wurde entsprechend eingeschätzt: trockener als das Mittel und unangenehm. Hierin sind neben den Straßen am häufigsten Innenhöfe genannt, welche einen hohen Versiegelungsgrad von fast 70 % aufweisen.

Im Gegensatz zu Neustadt verfügt das Paulusviertel über knapp die Hälfte des Grünflächenanteils und einem mehr als doppelt so hohen Bebauungsgrad. Auf die Problematik bei der Durchführung von Verbesserungsmaßnahmen wurde schon öfters hingewiesen. Der hohe Flächenanspruch seitens des Verkehrs führt sogar zur Nutzung von ehemaligen Vorgärten und Innenhöfen als Parkflächen. Die kleinteiligen Eigentumsverhältnisse erschweren zudem großräumige Umgestaltungsmaßnahmen, sowohl im Straßenraum als auch in den Innenhöfen. Aus diesem Grund sollen auch hier keine Einzelmaßnahmen erörtert werden. Als grundsätzliches Ziel im Straßenraum sollte der Einsatz von Rasengittersteinen auf den Parkflächen angestrebt werden. Im Zuge der schon in den Kapiteln 5.2.2 und 5.2.3 vorgeschlagenen Baumpflanzungen würde weitere Flächen entsiegelt.

Kein Handlungsbedarf besteht für die Klassen 1 und 3. Soweit möglich, sollten die zuvor genannten Handlungsmaßnahmen bei Umgestaltungen in den Klassen 2, 4, 5 und 6 einfließen. Durch bewußtseinsbildende Maßnahmen sollte dabei versucht werden, auf Baumaßnahmen privater Eigentümer Einfluß zu nehmen.

Änderungswünsche – ausschließlich zu luftfeuchtigkeitserhöhenden Maßnahmen - wurden hier zu 65 Subtypenflächen gegeben (Karte 20, unten). Davon entfallen 64 auf Straßen und eine auf die kleine Grünflächen am Thomas-Müntzer-Platz. 59 Flächen fallen in die Klassen, bei denen zuvor Umgestaltungsmaßnahmen empfohlen worden sind. Fast durchgängig sind die Reil-, Ludwig-Wucherer-, Paracelsus-, Humboldt- sowie Maxim-Gorki-Straße am Rande des Untersuchungsgebietes genannt. Des weiteren noch einige Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes. Deutlich spiegelt sich hier die im Kapitel 5.1.4 geschilderte generelle Empfindung und Bewertung der Luftfeuchtigkeit im Straßenraum wieder: niedrigere Luftfeuchtigkeit, welche als unangenehm beurteilt wird. Im vorherigen Absatz wurden Änderungsmaßnahmen genannt.

Validierung

Die entstandenen Klassen können in zwei Gruppen unterteilt werden: denen mit bzw. denen ohne Handlungsbedarf. In der erstgenannten Gruppe finden sich eher trockenere Luftfeuchtigkeitsverhältnisse, wogegen in der letztgenannten eher feuchtere Luftfeuchtigkeitsverhältnisse zu erwarten sind. Die Klimastationen auf den öffentlichen Grünflächen (N_G, P_G) beider Untersuchungsgebiete gehören demnach der Gruppe ohne Handlungsbedarf an. In Neustadt zählt hierzu ebenfalls die Station N_I. Die Straßenstationen N_S, P_S und P_I repräsentieren dagegen die Gruppe mit Handlungsbedarf (siehe Anhang 16, Punkt 6).

Wurde in der Clusteranalyse eine trocken-heiße Witterungssituation angenommen, wird diese in der Validierung umgesetzt, indem nur Messungen an Tagen mit autochthonen Hochdruckwetterlagen berücksichtigt werden. Von den 77 möglichen Tagen, die diesem Kriterium entsprechen, liegen für 64 Messungen vor. Zur Validierung werden die maximalen Tageswerte Maximum, Mittelwert und Spannweite der Variablen LF200 verwendet (vgl. Tabelle 19).

Abbildung 14 zeigt in einer dreidimensionalen Darstellung den Zusammenhang zwischen den ausgewählten statistischen Parametern von LF200. Beim Vergleich der Untersuchungsgebiete untereinander läßt sich bei zwei

Variablen eine Gliederung nach Untersuchungsgebieten feststellen. Weisen die Neustädter Stationen vorzugsweise hohe Tagesamplituden und geringe Maxima auf, ist dieses Verhältnis im Paulusviertel umgekehrt. Die Mittelwerte streuen dabei in beiden Untersuchungsgebieten weit, wobei die Straßenstationen die geringsten aufweisen. Dieses Ergebnis bestätigt die These, daß hier eher niedrigere Luftfeuchtigkeiten auftreten müßten. Ausreißer ist die Stationen P_I, da hier zum einen sehr hohe Maxima, zum anderen auch der zweithöchste Mittelwert im Untersuchungsgebiet Paulusviertel verzeichnet wird. Gründe hierfür sind der relativ geringe Versiegelungsgrad von 68 % (Mittelwert aller Innenhöfe: 74 %), sowie der Standort der Klimastation. Dieser liegt im zumeist beschatteten Teil des Innenhofes, was sich auch in den sehr niedrigen Globalstrahlungswerten bzw. der Strahlungssumme niederschlägt (vgl. Abbildung 13). Geringe (direkte) Einstrahlung und große verdunstungsfähige Flächen führen zu einer erhöhten Luftfeuchtigkeit.

Tabelle 19: Zusammenstellung der Validierungsparameter - Luftfeuchtigkeit

Kurzcharakterisierung der klimatischen Ausprägung der Handlungsgruppen / Nachweisziele	<u>Mit Handlungsbedarf:</u> Trockene Luftfeuchtigkeitsverhältnisse <u>Ohne Handlungsbedarf:</u> Feuchte Luftfeuchtigkeitsverhältnisse
Annahme der Witterungsverhältnisse bei der Clusteranalyse	Sommerliche autochthone Wetterlagen (windschwach und einstrahlungsreich)
Umsetzung dieser Annahme bei der Auswahl der Meßdaten	Autochthone Großwetterlagen (HB, HFa, HM, HNa oder HNFa; vgl. ³² , S. 71) der Monate April bis September 1997 – 1999 (n = 77)
Cluster- und Gruppenzugehörigkeit der temporären Klimastationen	P_I: Cluster 6 / mit Handlungsbedarf P_G: Cluster 1 / ohne Handlungsbedarf P_S: Cluster 6 / mit Handlungsbedarf N_I: Cluster 1 / ohne Handlungsbedarf N_G: Cluster 1 / ohne Handlungsbedarf N_S: Cluster 2 / mit Handlungsbedarf
Ausgewählte Meßparameter der temporären Klimastationen	Maximalwerte von LF200 (Maximum, Mittelwert, Spannweite) auf Tagesbasis (n = 64) Voraussetzung: Meßwerte liegen für alle Stationen gleichzeitig sowie als ganze Tagesgänge vor

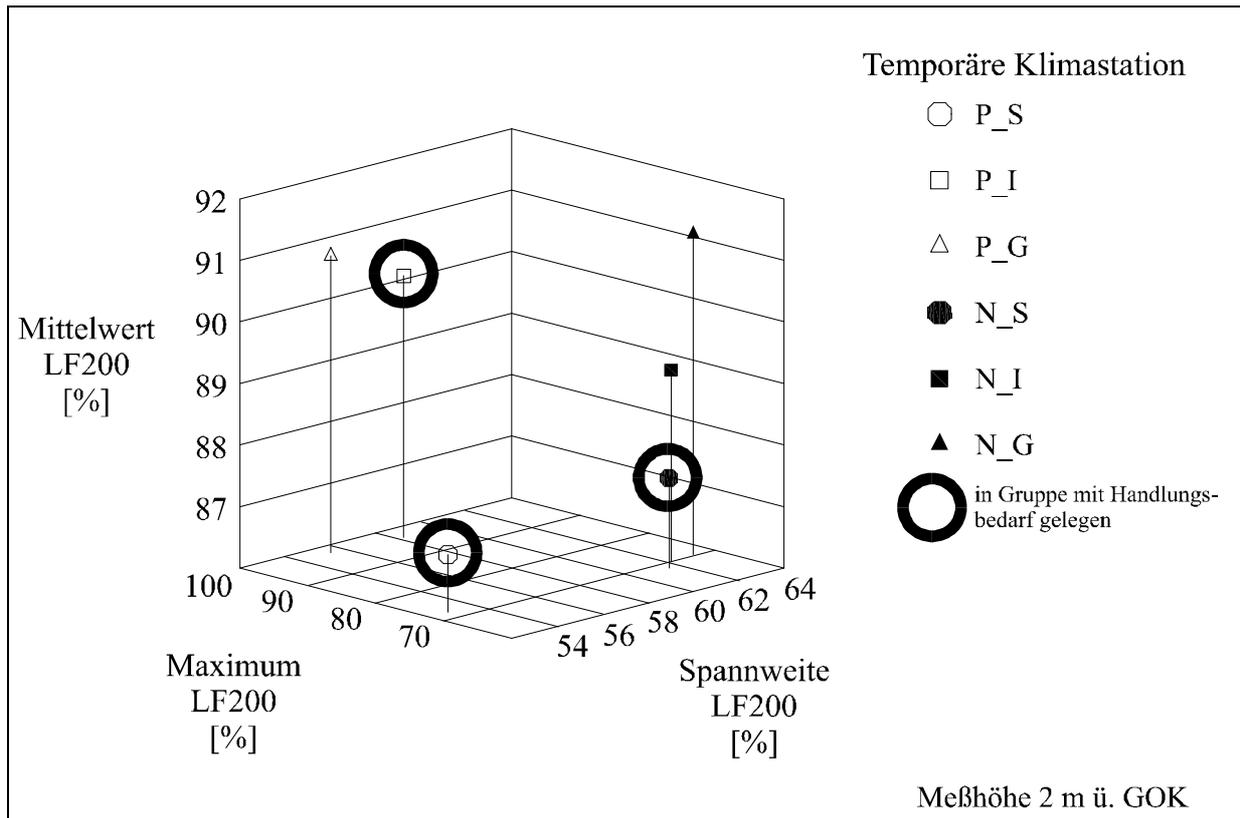


Abbildung 14: Dreidimensionale Darstellung des Zusammenhanges zwischen ausgewählten statistischen Kennwerten aller Stationen - Luftfeuchtigkeit

(Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999); Berechnet als maximale Ausprägungen auf Basis von Tageswerten; Kriterien: ganze Tagesreihen und gleichzeitige Messungen an allen Stationen, Großwetterlagen HB, HFa, HM, HNa oder HNFa, Zeitraum April bis September; n=64)

Tabelle 20: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für Neustadt – Luftfeuchtigkeit

		Cluster					
		1	2	3	4	5	6
Parameter	B311E Empfindung	tendenziell feuchter	trockener	nur trockener	nur trockener	trockener	feuchter
	B312B Bewertung	angenehm	unangenehm	unangenehm	nur unangenehm	unangenehm	nur angenehm
	Vgrad Versiegelungsgrad	niedrigster	mittlerer	höchster	hoher	mittlerer	mittlerer
	S_SSH Sonnenscheindauer	mittlere	niedrigste	hohe	mittlere; größte Spannweite	höchste	niedrige
	AREA Fläche	34,6 % der Analysefläche	14,8 % der Analysefläche; kleinste Flächen	8,2 % der Analysefläche	17,9 % der Analysefläche	18,0 % der Analysefläche; größte Flächen	6,4 % der Analysefläche
	MF_rF_A relative Luftfeuchtigkeit; abends	hohe	niedrige	mittlere; größte Spannweite	höchste	niedrigste	niedrige
	MF_T_A Lufttemperatur; abends	niedrige	mittlere	mittlere	niedrigste	höchste	hohe
	Anzahl Flächen	13	10	17	28	3	4
Beschreibung	Lage	tendenzielle Südwest-Nordost- Erstreckung	Südwest-Nordost- Ausdehnung südöstlich von Klasse 1	keine Zonierung in Bereiche	Nordwestecke im Anschluß an Klasse 1	Südwestecke im Anschluß an Klasse 2	Gruppierung im Südosten zwischen Klasse 2 und 5
	vertretene Subtypkategorien	Innenhöfe (7), Sonderflächen (3), Grünflächen (2), Straßen (1)	Straßen (7), Innenhöfe (2), Sonderflächen (1)	ausschließlich Straßen (17)	hauptsächlich Straßen (25), Sonderflächen (2) und ein Innenhof	Straßen (2) und eine Grünfläche	Innenhöfe (3), Sonderflächen (1)

Tabelle 21: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für das Paulusviertel – Luftfeuchtigkeit

		Cluster					
		1	2	3	4	5	6
Parameter	B311E Empfindung	unentschieden	trockener	unentschieden	trockener	trockener	trockener
	B312B Bewertung	tendenziell angenehm	ausnahmslos unangenehm	unentschieden	unangenehm	unangenehm	tendenziell unangenehm
	Vgrad Versiegelungsgrad	niedrigster	höchster	mittlerer	hoher	hoher	hoher
	S_SSH Sonnenscheindauer	hohe	mittlere	mittlere	niedrigste	höchste	mittlere
	AREA Fläche	16,2 % der Analysefläche; größte Flächen	17,1 % der Analysefläche	22,0 % der Analysefläche	8,1 % der Analyseflächen; kleinste Flächen	12,1 % der Analysefläche	24,6 % der Analysefläche
	MF_rF_A relative Luftfeuchtigkeit; abends	höchste	niedrigste	mittlere	mittlere	höchste	niedrige
	MF_T_A Lufttemperatur; abends	niedrigste	höchste	mittlere	mittlere	niedrigste	hohe
	Anzahl Flächen	9	50	35	27	35	14
Beschreibung	Lage	Flächen innerhalb der Schleier- macherstraße	Westliche und südliche Rand- bereiche	Schleiermacher- straße und angren-zende Flächen	keine Zonierung in Bereiche	Rathenauplatz und einmündende Straßen	hauptsächlich im östlichen Unter- suchungsgebiet
	vertretene Subtypkategorien	Innenhöfe (4), Grünflächen (3), Sonderflächen (2)	hauptsächlich Straßen (47), Innenhöfe (3)	häufig Straßen (22), Innenhöfe (12), Sonder- flächen (1)	Straßen (15), Innenhöfe (12)	ausschließlich Straßen (35)	Innenhöfe (7), Straßen (6), Sonderflächen (1)

5.2.5 Windverhältnisse

Tabelle 22 stellt die 10 gewählten Variablen für die Clusteranalyse zusammen. Die höchsten Korrelationen (Anhang 17 / Punkt 1) zeigt in beiden Untersuchungsgebieten das Variablenpaar $M_WG_r - M_WG_s$, mit 25 % unerklärtem Varianzanteil in Neustadt und 18 % im Paulusviertel. Normalverteilungen (Anhang 17 / Punkt 2) liegen in Neustadt nur bei den Parametern M_WG_m , M_WR_m , M_WG_r , M_WG_s , M_WR_s und $Vgrad$ vor. Im Paulusviertel ist dies bei M_WG_m , M_WR_m , M_WG_r , M_WG_s und EX der Fall. Von den 7 entstandenen Clustern in Neustadt werden nach der Diskriminanzanalyse 3 Flächen neu zugeordnet (Anhang 17 / Punkt 3), im Paulusviertel 16. Die Unterscheidung nach Mittelwerten (Anhang 17 / Punkt 4) der Klassen ist in Neustadt für alle Variablen gegeben. Dagegen ist diese im Paulusviertel nicht für den Parameter EX gegeben, was jedoch vernachlässigt werden kann.

Tabelle 22: Ausgewählte Variablen für die Clusteranalyse - Windverhältnisse

Variable	Begründung
M_WG_m Mittlere Windgeschwindigkeit	Hohe Windgeschwindigkeiten in Kombination mit geringer Variabilität dieser Werte sowie der Windrichtung können Kanalisationseffekte andeuten; hohe Windgeschwindigkeiten können aber auch unangenehm oder belästigend wirken
M_WR_m Mittlere Windrichtung	Große Abweichungen aus der Anströmrichtung lassen auf baulich bedingte Ablenkungen, z.B. Rotorbildung, schließen
M_WG_r Spannweite der Windgeschwindigkeit M_WR_r Spannweite der Windrichtung M_WG_s Standardabweichung der Windgeschwindigkeit M_WR_s Standardabweichung der Windrichtung	Spannweite und Standardabweichung sind Maße für die Variabilität der Windströmung, sowohl bei der Windgeschwindigkeit als auch bei der Windrichtung. Kleine Werte lassen dabei auf Kanalisationseffekte schließen.
AREA Flächengröße Z_0 Rauhigkeitslänge EX Exposition Vgrad Versiegelungsgrad	Klimafaktoren, welche die Windverhältnisse mit bestimmen

Neustadt

Für 3 der 7 entstandenen Klassen lassen sich Vorzugsbereiche feststellen (Karte 21, oben). So finden sich Flächen der Klasse 1 in der Südwestecke des Untersuchungsgebietes. Klasse 6 nimmt vornehmlich den Nordwestrand ein und der Ostrand wird aus Flächen der Klasse 2 gebildet. Alle anderen Klassen sind ohne räumliche Bevorzugung über das Untersuchungsgebiet verteilt. Es zeigt sich, wie schon bei den Lichtverhältnissen, eine Abhängigkeit struktureller Art, wonach Cramer-V = 0,552 einen relativ großen Zusammenhang zwischen Subtypenflächenkategorie und Klassenzugehörigkeit angibt. Nach Tabelle 24³⁵ können die Klassen folgendermaßen beschrieben werden:

³⁵ Zusammengestellt aus Anhang 17 / Punkt 5

- Klasse 1: Die zumeist aus Straßen gebildete Klasse weist eine kleine mittlere Windgeschwindigkeit auf. Diese, wie auch die Windrichtung, zeigen eine hohe Variabilität, welche aus der Queranströmung der Gebäude resultiert.
- Klasse 2: Geringe Variabilität von Windrichtung und -geschwindigkeit liegt in dieser Klasse vor. Die geringe Rauigkeit der Straßenflächen reduziert mäßig die Windgeschwindigkeit. Diese Verknüpfung läßt auf Kanalisationseffekte schließen. Für die Gebiete am Ostrand des Untersuchungsgebietes ist dies nicht zutreffend. Auf den breiten Straßenflächen stellt sich eher die ungehinderte Grundanströmrichtung ein.
- Klasse 3: Die Rauigkeit bewirkt eine hohe Variabilität von Windrichtung und -geschwindigkeit. Letztere wird dadurch abgeschwächt. Die Flächen dieser Klasse nehmen über die Hälfte der Analysefläche ein.
- Klasse 4: Trotz der hohen Variabilität von Windrichtung und -geschwindigkeit zeigt dieses Cluster höchste Windgeschwindigkeiten. Die Straßen zeigen zumeist einen Ost-West-Verlauf, der zur Rotorbildung führt. Indiz hierfür ist die Windrichtung Nordost.
- Klasse 5: Die hier auftretenden höchsten Rauigkeitslängen haben neben der niedrigsten Windgeschwindigkeit auch die hohe Variabilität dieser zur Folge.
- Klasse 6: Die vielen versiegelten Flächen der Straßen mit ihrer geringen Rauigkeit stellen dem Wind kein Hindernis dar. Die geringe bis mittlere Variabilität der Winddaten sowie die große mittlere Windgeschwindigkeit in Verbindung mit den meist Ost-West verlaufenden Straßenachsen läßt im westlichen Teil der Lilienstraße auf Rotorbildung schließen. Die anderen Flächen sind dagegen eher in ihrer näheren Umgebung hindernisfrei, was kaum Umlenkung und Abbremsung des Windes zur Folge hat.
- Klasse 7: Die hauptsächlich das Cluster aufbauenden Straßen haben in etwa eine Nord-Süd-Erstreckung, was die hohe Variabilität durch Umlenkung des Windes begründet. Im Schnitt stellt sich jedoch eine Südströmung mit nur mittleren Windgeschwindigkeiten entsprechend dem Straßenverlauf ein.

Nach diesen Angaben können die Windverhältnisse in den Klassen 1, 3, 5 und 7 als unkritisch bezeichnet werden. Für die drei anderen Klassen läßt sich jedoch Handlungsbedarf erkennen, problematische Bereiche zu verbessern. Die Notwendigkeit kann damit begründet werden, daß schon bei mittleren Windgeschwindigkeiten, wie dem hier verwendeten langjährigen Mittel bzw. dem langjährigen Oktobermittel von 5,8 m/s aus 240° (vgl. 5.1.3.4), kritische Situationen auftreten. Bei windmindernden Maßnahmen ist jedoch zu beachten, daß dabei die eigentliche Durchlüftung nicht unterbunden wird. Durch die Bildung von Flächenmitteln je Subtypenfläche gehen allerdings wichtige Informationen durch die Generalisierung verloren. Hilfreich als Ergänzung zu den folgenden Handlungsempfehlungen sind deshalb die Karte 13 (oben) und Karte 14 (oben).

Die Lilienstraße aus der Klasse 6 sollte demnach auf ihrer Nordseite entlang der Garagengebäude mit hochwachsender Vegetation, z.B. Bäumen, bepflanzt werden. Diese können die Rotorbildung streckenweise durch Turbulenzbildung unterbrechen. In der Pleisse- und Selkestraße (Klasse 2) ist eine derartige Bepflanzung an der Südseite nützlich. Im südlichen Straßenabschnitt der Straße „Zur Saaleaue“, ebenfalls der Klasse 2 zugehörig, kann eine straßenrandnahe Bepflanzung der Westseite förderlich sein. Auf den Flächen am Ostrand kann eine geschickte, wechselseitige Anordnung von straßenbegleitenden Hecken und Bäumen die Situation

verbessern. Gleiches gilt für die Straßenabschnitte der Klasse 4. Dargestellt werden wesentliche Handlungsempfehlungen in Karte 23 (oben).

Gebiete, bei denen das Auftreten von Kanalisationseffekten genannt wurde (Karte 21, oben), finden sich hauptsächlich im südöstlichen Untersuchungsgebiet. Es zeigt sich auf Grund der Generalisierung in den Clustern keine Übereinstimmung der Syntheseergebnisse mit den Angaben zum Auftreten von Kanalisationseffekten. So lassen sich die Abweichungen zunächst nicht erklären. Betrachtet man jedoch die hochauflösende Karte 13 (oben) und Karte 14 (oben) zeigt sich aber z.B. deutlich im Bereich der drei Punkthochhäuser am Rennbahnkreuz eine Windgeschwindigkeitserhöhung in der Hauptwindrichtung. Gleiches ist zwischen dem Punkthochhaus und Block 225 am Primelweg, der Häuserlücke zwischen Block 201 und 202 an der Hallorenstraße oder südöstlich des Hochhauses (Block 204) am Myrtenweg der Fall. Die hier simulierten Windgeschwindigkeiten liegen dabei zwischen 5 und 10 m / s. Aus dem zuvor Gesagten kann festgestellt werden, daß sich die Subtypenabgrenzungen eignen, grundsätzliche Aussagen zu den Windverhältnissen zu machen. Jedoch ist die Generalisierung z.T. zu hoch, um kleinräumigere Phänomene wie Kanalisationseffekte genauer zu erfassen. Die Bereiche im Südosten des Untersuchungsgebietes mit Nennungen zum Auftreten von Kanalisationseffekten entsprechen dabei den Gebieten mit Änderungswünschen hinsichtlich Windminderung (Karte 22, oben). Verbesserungsvorschläge wurden dazu schon genannt.

Paulusviertel

Nur für 2 der insgesamt 8 entstandenen Klassen lassen sich bevorzugte Bereiche erkennen (Karte 21, unten). Sämtliche Innenhöfe außerhalb der Schleiermacherstraße gehören dem Cluster 7 an. Die meisten Flächen innerhalb der Schleiermacherstraße gehören dagegen der Klasse 3 an. Auch hier ist wieder die Gebietsstruktur prägend für die Klassenzugehörigkeit. Diese und deren Korrelation mit der Subtypenkategorie zeigt deshalb einen relativ großen Wert von Cramer-V = 0,548. Die engständige Bebauung führt besonders in den Innenhöfen zu einer deutlichen Windgeschwindigkeitsverminderung. Je nach Ausrichtung bilden sich in den quer zu Anströmrichtung verlaufenden Straßen Rotoren, in gleich zur Windrichtung verlaufenden Straßen Kanalisationseffekte. Ebenfalls bilden sich Rotoren oftmals in den Innenhöfen. Hierauf wurde schon im Kapitel 5.1.3.4 eingegangen. Im Vergleich zu Neustadt ist die Variabilität der Windparameter zumeist mittel bis hoch, was durch die kleinteilige Bebauungsstruktur hervorgerufen wird. Basierend auf Anhang 17 / Punkt 5 wurde die Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen in Tabelle 25 erstellt. Die 8 Klassen lassen sich demnach wie folgt beschreiben:

- Klasse 1: Gebiete dieser Klasse zeigen oftmals Rotorbildung, in einigen Fällen auch Kanalisationseffekte in den dazugehörigen Straßen.
- Klasse 2: Diese Straßen weisen höchste Windgeschwindigkeiten auf. Ihr Verlauf entspricht etwa der Anströmrichtung, weshalb man von Kanalisationseffekten reden kann.
- Klasse 3: In diesen Bereichen finden sich mittlere Windgeschwindigkeiten. Die heterogene Struktur drückt sich mit in der hohen Variabilität der Windparameter aus und bedingt z.T. die Bildung von Rotoren.
- Klasse 4: Neben Kreuzungsbereichen bilden Innenhöfen diese Klasse. Letztere weisen aber nur sehr kleine Flächengrößen auf. Insgesamt nimmt diese Klasse nur 1,3 % der Analysefläche ein. Die Windgeschwindigkeit ist gering mit kleiner Variabilität der Windvariablen.

- Klasse 5: Die Straßen liegen oft quer zur Anströmrichtung und bilden wie die Innenhöfe Rotoren aus (vgl. Abbildung 9). Dies ist auch in den sehr kleinen dieser Klasse zugehörigen Innenhöfen der Fall.
- Klasse 6: Die niedrige Rauigkeit der Straßen führt zu keiner wesentlichen Verringerung der Windgeschwindigkeit. Bei quer zur Anströmrichtung verlaufenden Straßen bilden sich Rotoren aus, was sich in der hohen Variabilität der Windparameter widerspiegelt. Längs zur Windrichtung verlaufende Straßenzüge lassen Kanalisationseffekte erwarten.
- Klasse 7: In der hauptsächlich durch Innenhöfe vertretenen Klasse kommt es zu einer Windumkehr durch Rotorbildung (s.o.). Die kleinteilige Innenhofstruktur bewirkt eine große Rauigkeitslänge, deren Wirkung sich in der mittel bis hohen Variabilität der Windkennzahlen ausdrückt.
- Klasse 8: Ähnliches wie zu den Straßen der Klasse 6 gesagt, gilt auch hier. Lediglich die Windparameter weisen eine mittlere bis niedrige Variabilität auf.

Konträr zum Untersuchungsgebiet Neustadt reicht hier die räumliche Auflösung der Subtypenflächen gut aus. Die kleinteilige Struktur des Paulusviertel wird ausreichend erfaßt, weshalb hier Aussagen zu Kanalisationseffekten oder zur Rotorbildung gemacht werden können.

In den vegetationslosen Straßenabschnitten der Klasse 2 sollte geprüft werden, in wieweit eine geschickte Anordnung von Bäumen und Sträuchern möglich ist, um die hohen Windgeschwindigkeiten zu reduzieren. Liegen bei diesen Flächen vornehmlich Kanalisationseffekte vor, ist es in den Straßenabschnitten der Klasse 1 eher die Rotorbildung. In der ebenfalls vegetationslosen Ludwig-Wucherer-Straße können Baumpflanzungen dem Abhilfe schaffen. Neben der Klasse 1 sind hier die Klassen 6 und 8 vertreten, bei denen das selbe Phänomen auftritt. Die Humboldtstraße am nordöstlichen Untersuchungsgebietsrand gehört hauptsächlich der letztgenannten Klasse an. Trotz des Baumbestandes können sich Rotoren ausbilden. Baumpflanzungen auf der Südseite dürften diese Strömung aber in eine turbulenterere, nicht die Durchlüftung behindernde, wandeln. Flächen der Klassen 3, 4, 5 und 7 sind unproblematisch. In den hierin enthaltenen Innenhöfen sollte eine weitere Windreduktion verhindert werden. Zusammengestellt sind einige Handlungsempfehlungen in Karte 23 (unten).

Kanalisationseffekte werden nach der Befragung für die Ludwig-Wucherer-, Willy-Lohmann-, Goethe-, Schiller- und Lessingstraße, dem Hasenberg und westlich einmündende Straßen, der Carl-von-Ossietzky-Straße sowie der Fläche am Wasserturm angegeben (Karte 21, unten). Außer zu den beiden letztgenannten stimmen die Nennungen mit den Syntheseergebnissen überein. Dabei unterscheiden die Befragten nicht nach Kanalisationseffekt und Rotor. Da beide erhöhte Windgeschwindigkeiten bedeuten, werden sie anscheinend synonym verwandt. Die Unstimmigkeiten bzgl. der Carl-von-Ossietzky-Straße läßt sich leicht erklären. So wurde bei der Windfeldsimulation nur eine Windrichtung berücksichtigt. Unter der Annahme von südöstlichen Winden, liegt der Straßenverlauf dieser Straße genau im Windrichtungsverlauf. In diesen Situationen ist – trotz Minderung durch den Baumbestand - hier mit Kanalisationseffekten zu rechnen. Die Abweichungen bei der Fläche am Wasserturm als auch am Hasenberg selber resultieren eher aus der mangelnden Auflösung der Subtypenflächen (topographische Besonderheiten). Betrachtet man die Ergebnisdateien der Windfeldsimulationen selber (Karte 13, unten und Karte 14, unten), zeichnen sich deutlich erhöhte Windgeschwindigkeiten um den Wasserturm bzw. der Pauluskirche ab.

Einvernehmlich, wie in Neustadt, wurden als Änderungswünsche der Bewohner die Senkung der Windgeschwindigkeit genannt (Karte 22, unten). Insbesondere die beiden zuvor genannten Problembereiche Ludwig-Wucherer- und Humboldtstraße sind neben der Willy-Lohmann-Straße hierin eingeschlossen. Wurden für die ersten beiden Straßenzüge schon Verbesserungsvorschläge gemacht, können für letztere kaum Handlungsempfehlungen gegeben werden. Hier ist die Ausrichtung des Straßenverlaufes in der Hauptwindrichtung kombiniert mit dem Anstieg zum Hasenberg. Bäume sind durchweg auf der östlichen Straßenseite zu finden, auf der westlichen nur im südlichen Teil. Einzig die Pflanzung von Bäumen oder Sträuchern im Bereich des Regierungspräsidiums kann noch abschwächende Wirkung auf die Windgeschwindigkeit haben.

Validierung

Schwieriger wie die Validierung der Clusteranalyseergebnisse hinsichtlich Lufttemperatur-, Licht- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse gestaltet sich die der Windverhältnisse. Wie in den vorangegangenen Erläuterungen dieses Kapitels dargestellt, ist schon durch die Generalisierung in Subtypenflächen gerade in Neustadt keine ausreichende Auflösung hinsichtlich Kanalisations- bzw. Rotoreffekten gegeben. Bei den sich kleinräumig verändernden Windverhältnissen, sind zudem punktuelle Messungen nur sehr bedingt repräsentativ. Bei Gruppierung der Klassen der Clusteranalyse in die zwei Kategorien mit bzw. ohne Handlungsbedarf, liegen in Neustadt alle Klimastationen, im Paulusviertel die Stationen P_I und P_G in der Gruppe ohne Handlungsbedarf. Nur die Station P_S liegt in der Gruppe mit Handlungsbedarf (vgl. Anhang 17, Punkt 6). Der Clusteranalyse wurde dabei eine durchschnittliche Witterungssituation zu Grunde gelegt, die – übertragen auf die Messungen an den Klimastationen – eine Berücksichtigung aller gemessenen Werte bedeutet. Die Gruppe der Flächen mit Handlungsbedarf läßt sich meßtechnisch beschreiben durch erhöhte Mittel- bzw. Maximalwerte der Windgeschwindigkeit sowie eine geringe Variabilität der Windrichtung (Tabelle 23).

Tabelle 23: Zusammenstellung der Validierungsparameter - Windverhältnisse

Kurzcharakterisierung der klimatischen Ausprägung der Handlungsgruppen / Nachweisziele	<u>Mit Handlungsbedarf:</u> Erhöhte Windgeschwindigkeit, bei Kanalisations- oder Rotoreffekten geringe Variabilität der Windrichtung <u>Ohne Handlungsbedarf:</u> Geringe Windgeschwindigkeiten, große Variabilität der Windrichtung
Annahme der Witterungsverhältnisse bei der Clusteranalyse	Langjähriger Mittelwert
Umsetzung dieser Annahme bei der Auswahl der Meßdaten	Verwendung aller gemessenen Winddaten im Zeitraum Februar 1997 – April 1999 (n = 80352 10-min-Mittel)
Cluster- und Gruppenzugehörigkeit der temporären Klimastationen	P_I: Cluster 7 / ohne Handlungsbedarf P_G: Cluster 3 / ohne Handlungsbedarf P_S: Cluster 2 / mit Handlungsbedarf N_I: Cluster 3 / ohne Handlungsbedarf N_G: Cluster 3 / ohne Handlungsbedarf N_S: Cluster 7 / ohne Handlungsbedarf
Ausgewählte Meßparameter der temporären Klimastationen	WG250 (Mittelwert, Maximum) sowie WR250 (Standardabweichung) alle Meßwerte Voraussetzung: Meßwerte liegen für alle Stationen gleichzeitig sowie als ganze Tagesgänge vor

In der dreidimensionalen Darstellung der drei gewählten statistischen Kennwerte (Abbildung 15) streuen diese in allen drei Dimensionen weit. Eine besondere Anordnung nach Untersuchungsgebieten findet sich hier nicht.

Das größte Maximum bzw. der größte Mittelwert der Windgeschwindigkeit findet sich im Paulusviertel bei der Station P_G. Gepaart sind diese beiden Werte mit der geringsten Standardabweichung der Windrichtung in dem Untersuchungsgebiet. Diese Kombination der Variablenausprägungen bestätigt Kanalisationseffekte, welche auch in der Befragung für diese Fläche angegeben wurden. Die Ergebnisse der Station P_S bestätigen nicht das erwartete Auftreten von Kanalisationseffekten. Begründet wird dies durch den seitlichen Standort im Straßenraum und den in stationsnähe befindlichen Baum- bzw. Strauchpflanzungen, quer zum Straßenverlauf. Diese reduzieren die Windgeschwindigkeit erheblich. Von den Neustädter Stationen weist N_S die größte maximale Windgeschwindigkeit auf, jedoch liegen die Mittelwerte der Windgeschwindigkeit sowie die Standardabweichung der Windrichtung eher unter denen der Stationen im Paulusviertel.

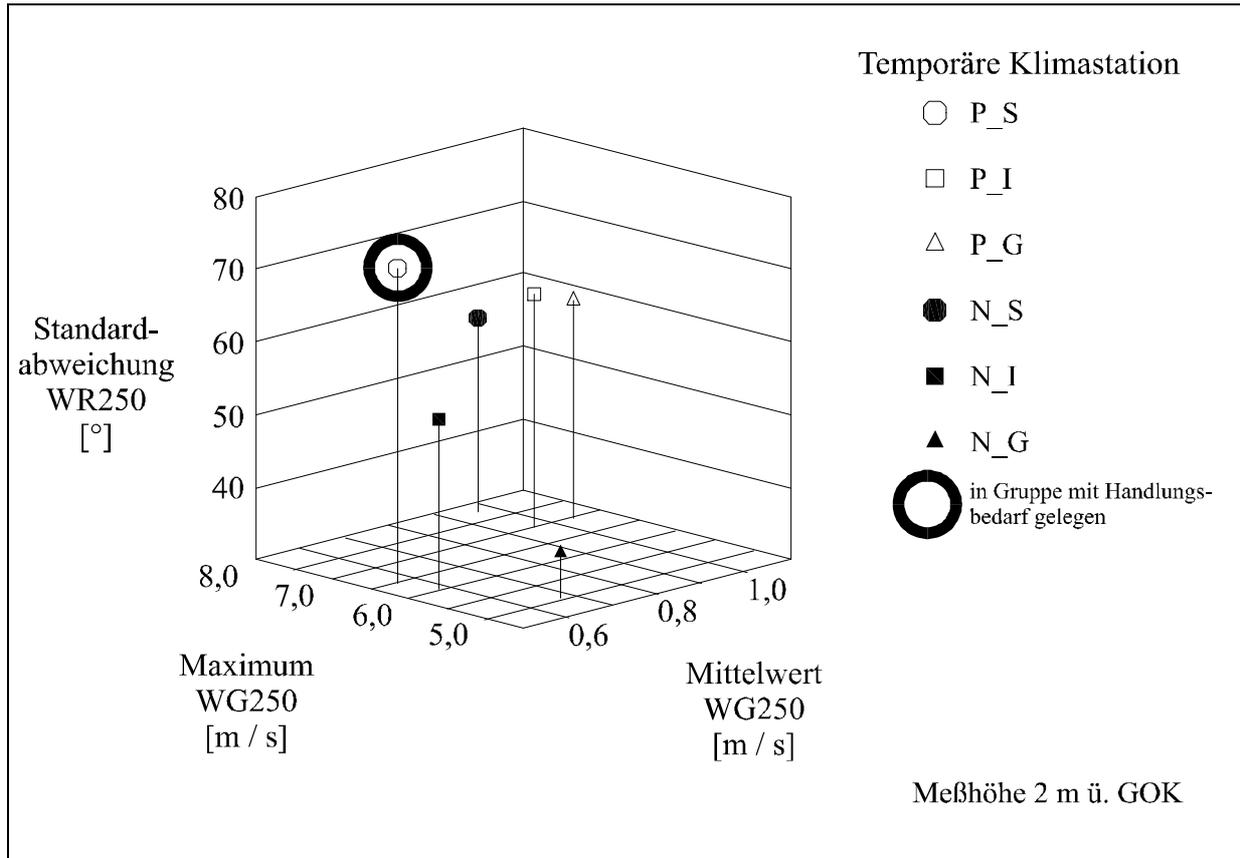


Abbildung 15: Dreidimensionale Darstellung des Zusammenhangs zwischen ausgewählten statistischen Kennwerten aller Stationen - Windverhältnisse

(Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999); Berechnet auf Basis von 10-min-Mittel; Kriterien: ganze Tagesreihen und gleichzeitige Messungen an allen Stationen; n = 80352)

Tabelle 24: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für Neustadt – Windverhältnisse

	Cluster						
	1	2	3	4	5	6	7
Parameter							
M_WG_m Mittlere Windgeschwindigkeit	niedrig	mittel	niedrig	höchste	niedrigste	hoch	mittel
M_WR_m Mittlere Windrichtung	Südost	Südwest	Südost	Nordost	Südwest	Südost	Süd
M_WG_r Spannweite der Windgeschwindigkeits- daten	mittlere	niedrige	hohe	hohe	höchste	niedrigste	hohe
M_WR_r Spannweite der Windrichtungsdaten	hohe	niedrigste	höchste	hohe	hohe	mittlere	hohe
M_WG_s Standardabweichung der Windgeschwindigkeits- daten	hohe	niedrige	höchste	höchste	höchste	niedrigste	höchste
M_WR_s Standardabweichung der Windrichtungsdaten	hohe	niedrigste	höchste	mittlere	hohe	mittlere	hohe
AREA Fläche	9,4 % der Analysefläche	10,8 % der Analysefläche	53,2 % der Analysefläche	5,6 % der Analysefläche	7,9 % der Analysefläche; größte Flächen	2,8 % der Analysefläche; kleinste Flächen	10,3 % der Analysefläche
z ₀ Rauhigkeitslänge	niedrige	niedrige	mittlere	niedrige	höchste	niedrigste	niedrige
EX Exposition	West	Südost	Nordost	Nord	Südost	Nordost	Nordost
Vgrad Versiegelungsgrad	mittlerer	mittlerer	niedrigster	mittlerer	mittlerer	höchster	mittlerer
Beschreibung							
Anzahl Flächen	10	8	22	9	3	10	13
Lage	Südwestecke	Ostrand	keine Zonierung in einzelne Bereiche	keine Zonierung in einzelne Bereiche	keine Zonierung in einzelne Bereiche	Nordwestrand	keine Zonierung in einzelne Bereiche
vertretene Subtypkategorien	Straßen (9), ein Innenhof	ausschließlich Straßen (8)	Innenhöfe (10), Straßen (5), Sonderflächen (4) und Grünflächen (3)	hauptsächlich Straßen (8) und ein Innenhof	nur Sonderflächen (3)	allein Straßen (10)	meistens Straßen (12) und ein Innenhof

Tabelle 25: Kurzbeschreibung der Variablenausprägungen des Clusteranalyseergebnisses für das Paulusviertel – Windverhältnisse

	Cluster							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Parameter								
M_WG_m Mittlere Windgeschwindigkeit	hoch	höchste	mittlere	niedrige	niedrige	mittlere	niedrigste	mittlere
M_WR_m Mittlere Windrichtung	Nordost	Südwest	Südost	Südost	Ost	Südwest	Ost	Südost
M_WG_r Spannweite der Windgeschwindigkeits- daten	höchste	hohe	hohe	niedrigste	mittlere	hohe	mittlere	mittlere
M_WR_r Spannweite der Windrichtungsdaten	hohe	mittlerer	hohe	niedrige	hohe	hohe	höchste	niedrigste
M_WG_s Standardabweichung der Windgeschwindigkeits- daten	höchste	hohe	hohe	niedrigste	mittlere	hohe	mittlere	mittlere
M_WR_s Standardabweichung der Windrichtungsdaten	mittlere	niedrige	hohe	niedrige	hohe	mittlere	höchste	niedrigste
AREA Fläche	12,9 % der Analysefläche	13,8 % der Analysefläche	22,8 % der Analysefläche; größte Flächen	1,3 % der Analysefläche; kleinste Flächen	5,8 % der Analysefläche	9,9 % der Analysefläche	25,3 % der Analysefläche	8,2 % der Analysefläche
z ₀ Rauhigkeitslänge	niedrige	niedrige	mittlere	niedrige	niedrige	niedrige	höchste	niedrigste
EX Exposition	Südwest	Südwest	Südwest	Südwest	Südwest	Südwest	Südwest	West
Vgrad Versiegelungsgrad	hoher	mittlerer	niedrigster	hoher	höchster	hoher	mittlerer	hoher
Anzahl Flächen	25	20	12	10	26	29	22	26
Beschreibung								
Lage	keine Zonierung in einzelne Bereiche	keine Zonierung in einzelne Bereiche	Flächen innerhalb der Schleier- macherstraße	keine Zonierung in einzelne Bereiche	keine Zonierung in einzelne Bereiche	keine Zonierung in einzelne Bereiche	Innenhöfe außer- halb der Schleier- macherstraße	keine Zonierung in einzelne Bereiche
vertretene Subtypkategorien	ausschließlich Straßen (25)	hauptsächlich Straßen (18), je eine Grün- und Sonderfläche	Innenhöfe (5), Sonderflächen (3), Grünflächen und Straßen (je 2)	Straßen (6) und Innenhöfe (4)	Straßen (19) und Innenhöfe (7)	nur Straßen (29)	zumeist Innenhöfe (21), eine Straße	meistens Straßen (25) und ein Innenhof

5.2.6 Zusammenfassung der bioklimatischen Bewertung

Mit Hilfe der Clusteranalyse konnte eine bioklimatische Bewertung der Lufttemperatur-, Licht-, Luftfeuchtigkeits- und Windverhältnisse der beiden Untersuchungsgebiete Neustadt und Paulusviertel durchgeführt werden. Je Untersuchungsgebiet wurde eine eigene Clusteranalyse durchgeführt, deren letztendliche Klassenzahl anhand von Abbruchkriterien bestimmt wurde. Wegen der getrennten Analyse und der unterschiedlichen Klassenzahl können diese nicht untereinander verglichen werden. Anhand der Charakterisierung der resultierenden Cluster konnten zunächst diejenigen Cluster bestimmt werden, für die Handlungsbedarf besteht. Die hohe räumliche Auflösung der Subtypenabgrenzungen in der Clusteranalyse und die hierin einfließenden Originaldaten ließen außerdem Verbesserungspotentiale ableiten, welche in einer Karte mit Handlungsempfehlungen (Karte 23) zusammengefaßt worden sind. Darin sind ferner noch die Änderungswünsche der Bewohner mit berücksichtigt worden. Im Gegensatz zu vorangegangenen Klimaanalysen in Halle (z.B. MAGISTRAT DER STADT HALLE - GRÜNFLÄCHENAMT 1992a-b; SPACETEC DATENGEWINNUNG GMBH 1992; STADT HALLE / SAALE - STADTPLANUNGSAMT - ABTEILUNG FLÄCHENNUTZUNGSPLANUNG 1998 und STEINICKE & STREIFENEDER UMWELTUNTERSUCHUNGEN 1998) konnten die Handlungsempfehlungen konkretisiert werden. Durch Einbeziehung der menschlichen Empfindung einzelner Klimaausprägungen und deren Bewertung wurde die Bewertung zugleich am Menschen validiert.

Da bei dem hier angewendeten Verfahren grundsätzlich auch alle in die Analyse einfließenden Einzelergebnisse vorlagen, konnten diese bei der Interpretation der Ergebnisse mit hinzugezogen werden. Nicht zuletzt ermöglichte dies auch die räumliche Spezifizierung des Verbesserungspotentials. Gerade die Betrachtung der Befragungsergebnisse im einzelnen (Kapitel 5.1.4) ergab, daß – hinsichtlich der Empfindung / Bewertung der Lufttemperatur – die Straßen häufig wärmer als das Mittel empfunden werden, was als unangenehm bewertet wird, unabhängig von den real herrschenden Werten. Weitere Abweichungen waren dahingehend festzustellen, als daß der zeitliche Bezug der Empfindung / Bewertung nicht mit dem Zeitbezug der gewählten Klimaparameter übereinstimmte. Auf einigen wenigen Flächen war das bei Betrachtung der Luftfeuchtigkeit in Neustadt (Kapitel 5.2.4) bzw. der Windverhältnisse im Paulusviertel (Kapitel 5.2.5) der Fall. Mit Fachkenntnis und unter Einbeziehung der Einzelergebnisse der Analyseattribute können solche Fehler erklärt werden. Die Subtypenabgrenzungen in Neustadt stellten sich bei der Bewertung der Windverhältnisse als zu grob heraus im Hinblick auf Kanalisationseffekte. Schließlich konnte gezeigt werden, daß die aus der Analyse abgeleiteten Handlungsempfehlungen nicht unbedingt mit den Änderungswünschen der Bewohner übereinstimmen müssen. Ein Beispiel hierzu gibt die Analyse der Lichtverhältnisse im Paulusviertel (Kapitel 5.2.3).

Es zeigte sich ferner, daß die Anzahl, Ausstattung und Flächengröße von Grünflächen nicht unbedingt eine klimatisch günstige Wirkung zur Folge haben muß. So sind in Neustadt oftmals buschartige, niedrige Bepflanzungen zu finden, welche sich dann auch noch auf der straßenabgewandten Seite befinden. Günstiger wäre dagegen die Plazierung zwischen Geh- bzw. Radwegen und den Fahrbahnen, so wie eine günstigere Kombination von Bäumen und Sträuchern. Dadurch könnten - insbesondere hinsichtlich der Lufttemperatur - bessere schattenspendene Effekte und damit eine Verringerung der direkten Einstrahlung sowie der langwelligen Rückstrahlung vom Erdboden erzielt werden.

Die für die Validierung der Clusteranalyseergebnisse herangezogenen Messungen an den temporären Klimastationen bestätigen den durch die Cramer-V-Werte der Clusteranalyse festgestellten Einfluß der

Untersuchungsgebietsstruktur auf die Licht- bzw. Windverhältnisse. In den dreidimensionalen Darstellung der ausgewählten Parameter ist dabei keine Gruppierung nach Untersuchungsgebieten festzustellen. Anders verhält es sich dagegen bei den Parametern Lufttemperatur und –feuchtigkeit. In den dazugehörigen dreidimensionalen Darstellungen zeigt sich eine Gruppierung nach Untersuchungsgebieten. Das deutet auf eine großräumig unterschiedliche Ausprägung der Lufttemperatur- und –feuchtigkeitsverteilungen an, da sich die beiden Untersuchungsgebiete deutlich unterscheiden.

Mit den Messungen der temporären Klimastationen konnte schließlich der Clusteranalyseergebnisse – außer bei den Windverhältnissen - validiert werden. Aber ebenso konnte festgestellt werden, daß die Standortwahl der Punktmessungen nicht immer repräsentativ waren. Besonders hat sich die sehr exponierte Lage der Station P_G in Ausreißern niedergeschlagen. Besondere Schwierigkeiten ergaben sich bei der Verwendung der Punktmessungen zur Validierung der Windverhältnisse. Die sehr kleinräumige Variabilität läßt sich auf diesem Wege kaum erfassen.

Bis zur Fertigstellung dieser Arbeit wurden in beiden Untersuchungsgebieten größere Baumaßnahmen durchgeführt. Neustadt wurde an das schon vorhandene halesche Straßenbahnnetz angebunden. Die neue Trasse wurde auf den Mittelstreifen der Magistrale gelegt. Im Zuge dieser Baumaßnahmen wurden schienenbegleitend, östlich des Rennbahnkreuzes, z.T. Baumpflanzungen vorgenommen, wie auch auf den Seitenstreifen. Damit wurde den Handlungsempfehlungen dieser Arbeit im Voraus entsprochen.

Im Paulusviertel herrschte ebenfalls rege Bautätigkeit, mit der ebenfalls Handlungsempfehlungen in dieser Arbeit realisiert wurden. So wurde zunächst die Reilstraße umgestaltet und im folgenden die Ludwig-Wucherer-Straße. Dabei wurde beim Umbau der Parkbuchten auf den Seitenstreifen die Möglichkeit genutzt, Grünflächen z.T. mit Baumpflanzungen zur Trennung der einzelnen Buchten einzurichten.

6 Diskussion

Abweichend von der in der VDI-Richtlinie 3787 vorgeschlagenen „Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung“ (VDI 1996) wurde in dieser Arbeit ein neues Bewertungsverfahren entworfen und angewendet. Die einzelnen darin enthaltenen Hilfsmittel und Methoden sollen hier mit ihren Vor- und Nachteilen diskutiert werden. Welche Aussagekraft die gewonnenen Ergebnisse haben und inwieweit die Einzelmethoden bzw. das Gesamtverfahren in der Stadtplanung angewandt werden können, wird abschließend besprochen.

Die gesamte **Datenverwaltung** der räumlichen Daten erfolgte je nach Praktikabilität mittels der GIS ArcInfo und ArcView. Der Datenaustausch zwischen diesen Programmen ist problemlos sowie ein schneller Zugriff auf alle vorhandenen Daten möglich. Zur weitergehenden Datenanalyse mit den Programmen SPSS, EXCEL und ACCESS wurde das DBase-Datenformat genutzt, mit dem ein Datenaustausch ohne Schwierigkeiten möglich ist. Da die Interpolationsmöglichkeiten in den beiden verwendeten GIS nur unzureichend sind, wurde hierzu das Programm SURFER genutzt. Für die Migration der SURFER-Dateien in das GIS stand ein Script der Herstellerfirma zur Verfügung, welches eine direkte Umwandlung in das Importformat ermöglicht. Nachteilig erwiesen sich die fehlenden direkten Transfermöglichkeiten zwischen den GIS und den Simulationsprogrammen SHADOW bzw. MISKAM. Hierzu mußten zunächst Wege des Datenex- bzw. -importes ermittelt werden.

Für die Ermittlung der aktuellen **Flächennutzung** wurde eine Kartierung durchgeführt, welche auf Basis der DSK schnell und zweckmäßig aufbereitet wurde. Zwar sind in dieser Kartengrundlage schon etliche Flächennutzungen enthalten, jedoch nicht auf dem neuesten Stand. Der Zeitaufwand für die Erstkartierung relativiert sich, sobald eine regelmäßige Nachkartierung die Flächennutzung auf dem aktuellsten Stand hält. Der große Maßstab der DSK ermöglicht Analysen bis in den mikroskaligen Bereich. So konnten hochauflösende Daten erzeugt werden, welche in die folgenden Arbeitsschritte einfließen.

Die punktuellen Messungen an den **temporären Klimastationen** hatten in dieser Arbeit nur ergänzende bzw. charakterisierende Funktion. Hoher Aufwand an Wartung und Kontrolle ist erforderlich, soll eine große Sicherheit und Qualität der Daten gewährleistet sein. Die Meßwertgeber sind dabei unterschiedlich störanfällig bzw. wartungsfrei. Trotz wöchentlicher Wartung kam es immer wieder zu Meßausfällen, z.B. durch Stromausfall oder Zerstörung bzw. Manipulation der Meßeinrichtungen. Jedoch ermöglicht ein wie in dieser Arbeit verwendeter oder ähnlicher Meßaufbau hochauflösende Zeitreihen, welche zudem gleich digital weiterverarbeitet werden können.

Gute Gebietskenntnis ist für die Ausarbeitung der **Meßfahrten** notwendig. Die Meßfahrten selber lassen sich mit dem entwickelten Meßaufbau mit jedem Fahrzeug durchführen. Jedoch sind die Meßtermine nicht planbar, da sie vom Wetter und dem Meßziel abhängig sind. In Abhängigkeit von der verwendeten Meßtechnik lassen sich die unterschiedlichsten Klimaparameter messen, wobei die Wahl der Meßpunktdichte im Einzelfall die räumliche Auflösung bestimmt. Die Ansprechgeschwindigkeit der Meßwertgeber entscheidet mit über den Zeitaufwand. Windmessungen sind sogar nur bei Fahrzeugstillstand durchführbar. Dies erhöht die Meßfahrtdauer wesentlich. Auch besitzen die punktuellen Messungen nur eine begrenzte räumliche

Aussagekraft. Die gemessenen Werte beschreiben jedoch nur den Ist-Zustand. Auf einen Prognosezustand kann mit Meßfahrten nicht geschlossen werden. Die Variabilität der meteorologischen Randbedingungen führt allerdings an verschiedenen Meßtagen zu stark streuenden Ergebnissen. Bei andauernden windschwachen und einstrahlungsintensiven Hochdruckwetterlagen bedingen die unterschiedlichen Stadtstrukturen die Ausprägung des Lufttemperatur und –feuchtefeldes. Diese Meßtermine bieten die besten Voraussetzungen, die rein strukturell hervorgerufenen Unterschiede in Quantität und Qualität zu erfassen.

Als Ergebnis der Meßfahrten stehen die gewonnenen Daten mit dem hier verwendeten Meßaufbau direkt digital zu weiteren Verarbeitung zur Verfügung. Unter Berücksichtigung des Temperaturverlaufs an den temporären Klimastationen wurde eine lineare Korrektur zur Trendbereinigung angewendet, da die Meßfahrtdauern über 30 min lagen. So wurde der Tagesgang der Klimaparameter eliminiert. Um auf die räumliche Verteilung zu schließen, wurde zur **Interpolation** das Ordinary Kriging-Verfahren gewählt. Wenn auch die Ermittlung der Eingangsparameter für das Kriging-Verfahren durch die Variographie einiges (mathematisches wie geographisches) Fachwissen verlangt, können diese jedoch genutzt werden, um Angaben zur räumlichen Korrelation der Daten sowie über Richtung und Reichweite des Zusammenhangs zu machen. Andere Interpolationsverfahren, wie z.B. inverse-distance-weighted (IDW), bieten solche Aussagemöglichkeiten nicht. Wie unterschiedlich die Ergebnisse verschiedener Interpolationsverfahren aussehen können, soll nachstehende Abbildung 16 am Beispiel Kriging vs. IDW verdeutlichen. Grundsätzlich stellt sich im Paulusviertel das Problem, daß in den Innenhöfen keine Meßpunkte angefahren werden konnten. Deshalb sind die Ergebnisse der Interpolation mit einiger Unsicherheit behaftet. Gerade bei der Lufttemperatur dürften - wenn man die z.T. Sonnenscheindauer in den Innenhöfen berücksichtigt - die berechneten Werte unter den realen liegen. Im Paulusviertel führte die ungleichmäßige Untersuchungsgebietesausdehnung zu Schwierigkeiten in der Modellanpassung. Zur Lösung solcher Probleme sollten zusätzliche Meßpunkte – hier im Nordosten und Südwesten außerhalb des Untersuchungsgebietes - angefahren werden, um eine möglichst rechteckige Fläche abzudecken.

Simulationen liefern flächenhafte wie räumlich hochauflösende Daten. Unter Berücksichtigung von Änderungen in den Untersuchungsgebieten kann neben dem Ist-Zustand auch ein Prognosezustand ermittelt werden. Daneben ist ferner vorteilhaft, daß sie wetterunabhängig und die Ergebnisse immer wieder reproduzierbar sind. Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Programm SHADOW zur Berechnung der maximal möglichen Sonnenscheindauer genutzt, sowie MISKAM zur Windfeldberechnung. Als einfache DOS-basierte Programme sind sie benutzerfreundlich und die erforderlichen Parameterdateien sind leicht bereitzustellen und editierbar. Da beide Programme ihre räumlichen Strukturen im Rasterformat vorhalten, kann dies bei schräg zum Rechengitter verlaufenden Strukturen zur Treppenbildung führen. In diesen Grenzbereichen sind die Ergebnisse deshalb nur unzureichend. Je nach gewählter Gittergröße geht die Auflösung bis in den mikroskaligen Bereich. In den Rechenalgorithmen werden z.T. wichtige physikalische Prozesse nicht berücksichtigt. Im SHADOW sind dies die kurzweilige Reflexion von Gebäudewänden als auch die fehlende Einbindung langweiliger Strahlungsflüsse, die nicht in die Kalkulation einfließen. Thermisch induzierte Strömungen werden im MISKAM nicht berücksichtigt. Nur grob generalisiert oder parametrisiert einfließen können besondere Ausstattungsmerkmale der Untersuchungsgebiete. Das gilt z.B. für die Vegetation. Da Bäume und Sträucher nicht in die Simulationen mit eingeflossen sind, werden die realen Bedingungen z.T. erheblich überschätzt. Dies wurde in der SHADOW-Validierungsberechnung (Kapitel 5.1.3.3) nachgewiesen, wie auch in den

Interpretationen der Clusteranalysen festgestellt (Erläuterungen zum Paulusviertel in Kapitel 5.2.3). Da die Kartierung ohnehin einige Eingabeparameter den Simulationen zur Verfügung stellt, sollte im Rahmen dieser die Vegetationsstruktur hochauflösend mit erhoben werden. Dadurch können die Simulationsergebnisse wesentlich verbessert werden.

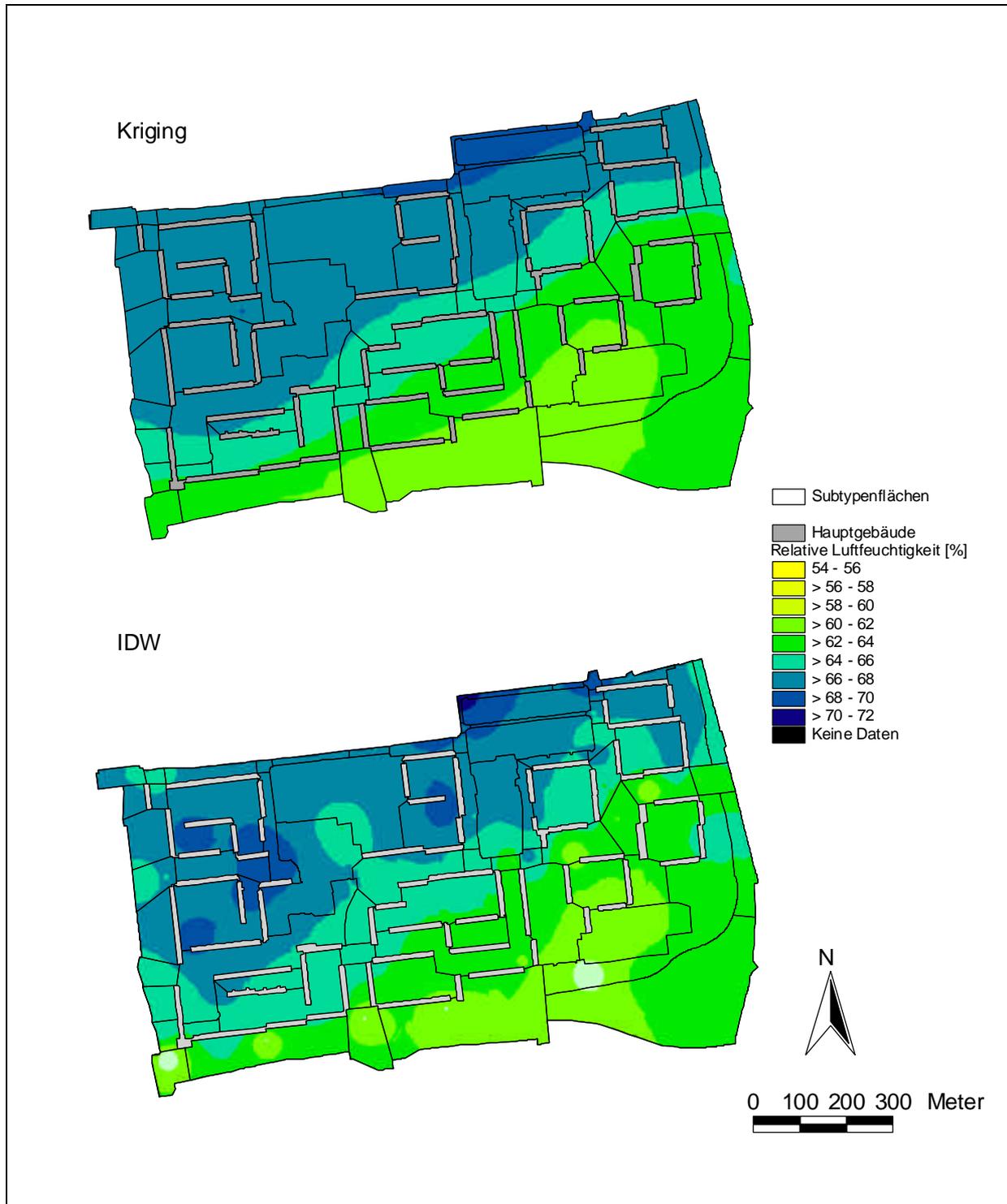


Abbildung 16: Gegenüberstellung von Interpolationsergebnissen auf gleicher Datenbasis mittels Kriging und IDW

(Beispiel: Verteilung der relativen Luftfeuchtigkeit im Untersuchungsgebiet Neustadt; Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999), Meßfahrt am 21.08.1997, Bezugszeit 21 Uhr MEZ, Meßhöhe 1,5 m über GOK; vgl. Karte 8, oben; Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997))

Die Vorbereitung, Durchführung und Analyse einer **Befragung** ist je nach Umfang sehr zeit- und arbeitsintensiv. Um dem Ziel dieser Arbeit gerecht zu werden, Messungen bzw. Simulationen klimatischer Parameter und deren Bewertung am Menschen zu eichen, ist dieser Aufwand jedoch gerechtfertigt. Die Rücklaufquoten waren zufriedenstellend, ebenso die gewonnenen Ergebnisse, letztere besonders im Hinblick auf die erzielten räumlichen Aussagen. Lediglich zu Änderungswünschen der klimatischen Situation lagen nur sehr wenige Antworten vor.

Es kann festgestellt werden, daß der „Normalbürger“ mit seinem räumlichen und zeitlichen Erfahrungshorizont sehr gut die klimatische Situation einzelner Parameter in seinem Wohnumfeld erfaßt. Trotz der Vielfalt des subjektiven Empfindens und Bewertens wird die reale Situation mit ihren Problembereichen erfaßt. Mit in die Bewertung fließt dabei das subjektive Regulationsverhalten in Extremsituationen ein, wie z.B. die Anpassung von Kleidung, Aktivität und Aufenthaltsdauer im Freien. Ungeachtet aller Anpassungen können immer noch kritische Bereiche ausgemacht werden. Es scheint weiter unerheblich zu sein, daß z.T. unterschiedliche Zeitbezüge verwendet wurden. Abbildung 17 soll dies verdeutlichen. Danach sind die Meßfahrten bzw. die Simulationen Zeitschnitte bzw. –scheiben. Der Zeitbezug der Kartierung liegt bei Juli 1998. Der Begriff „Sommer“³⁶, wie er in der Befragung verwendet wurde, hat jedoch kein genauen Jahresbezug. Hierin ist der gesamte Erfahrungsschatz der von den Befragten erlebten Sommerperioden gemeint. Ebenso sind die Simulationen auf kein bestimmtes Jahr bezogen. Da die Klimafaktoren relativ statisch sind, ist die Verwendung unterschiedlicher Zeitbezüge jedoch gerechtfertigt.

In wenigen Einzelfällen hat es jedoch Abweichungen zwischen Empfindung / Bewertung der Befragten und den Messungen gegeben (z.B. in Kapitel 5.2.4 Neustadt). Hier passen die gewählten Zeitbezüge nicht zu den Wahrnehmungen der Befragten. Die Lichtverhältnisse werden eher auf den Vormittag bzw. Nachmittag bezogen. Bei einem Aufenthalt im Freien, z.B. beim Einkauf, sind die Eindrücke besonders stark. Die Lufttemperatur wird außer tagsüber vermehrt auch in den Abendstunden beim Aufenthalt auf dem Balkon oder im Garten bewußt wahrgenommen. In dem vorgenannten Beispiel aus Kapitel 5.2.4 hat sich gezeigt, daß ein ausgeprägtes (positives) stadtklimatisches Phänomen, welches zu einer bestimmten Tageszeit vorkommt, auch ein anderes negatives überdecken kann. In diesem Fall ist das Eindringen feuchter Luft aus der Saaleaue in den Morgenstunden einprägsamer und wichtiger für die Beurteilung als die abendliche trockene Luft.

Daß die Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen auf Basis einer reinen Interpretation von gemessenen bzw. simulierten Werten an den Änderungswünschen der Betroffenen vorbei gehen kann, zeigt ein Beispiel aus Kapitel 5.2.3. Hier ließ sich aus den Syntheseergebnissen in etlichen Straßen Handlungsbedarf zur Verbesserung des Lichtklimas in Richtung schattenspendender Maßnahmen ableiten. Jedoch zeigten die Änderungswünsche der Befragten genau das Gegenteil.

Der Aufbau und Inhalt des Fragebogens ist nach den in dieser Arbeit gemachten Erfahrungen verbesserungsbedürftig. So wurde auf der letzten Kommentarseite öfters die Monotonie des Fragebogaufbaus bzw. der zu große Maßstab der Karten und darin fehlende Straßenbezeichnungen bemängelt. Des weiteren hätte genauer auf die Definition von „öffentlichen Grünflächen“ hingewiesen werden müssen. So entfielen etliche Karteneintragungen, da sich diese auf straßenbegleitende Grünzüge oder Privatflächen bezogen. Hierbei und bei der manchmal auftretenden Schwierigkeit, die Karteneintragungen in das GIS zu übertragen, wäre die Vorgabe der drei Hauptkompartimente - Straßen, Innenhöfe und öffentliche Grünflächen – in Form der verwendeten

³⁶ Nicht verwendet für den Themenbereich Windverhältnisse

Subtypenabgrenzungen nützlich gewesen. Fehlende, aber wichtige Fragen zur Wohndauer, Einschätzung des Gehweg-, Fahrrad- und Parkplatzangebotes, Autobesitz sowie Aufenthaltsdauer, -orte und -häufigkeiten konnten z.T. aus einer vorangegangenen Befragung (PÜTTMANN & ZIERDT 1999) genutzt werden, welche den selben räumlichen Bezug hatte. Interessant wäre ferner zu erfahren, wie häufig das Auftreten klimatischer Extreme von den Bewohnern selbst eingeschätzt wird, als auch Bewertungen zur Wärmeinsel, Kanalisationseffekten und Kaltlufteinfluß.

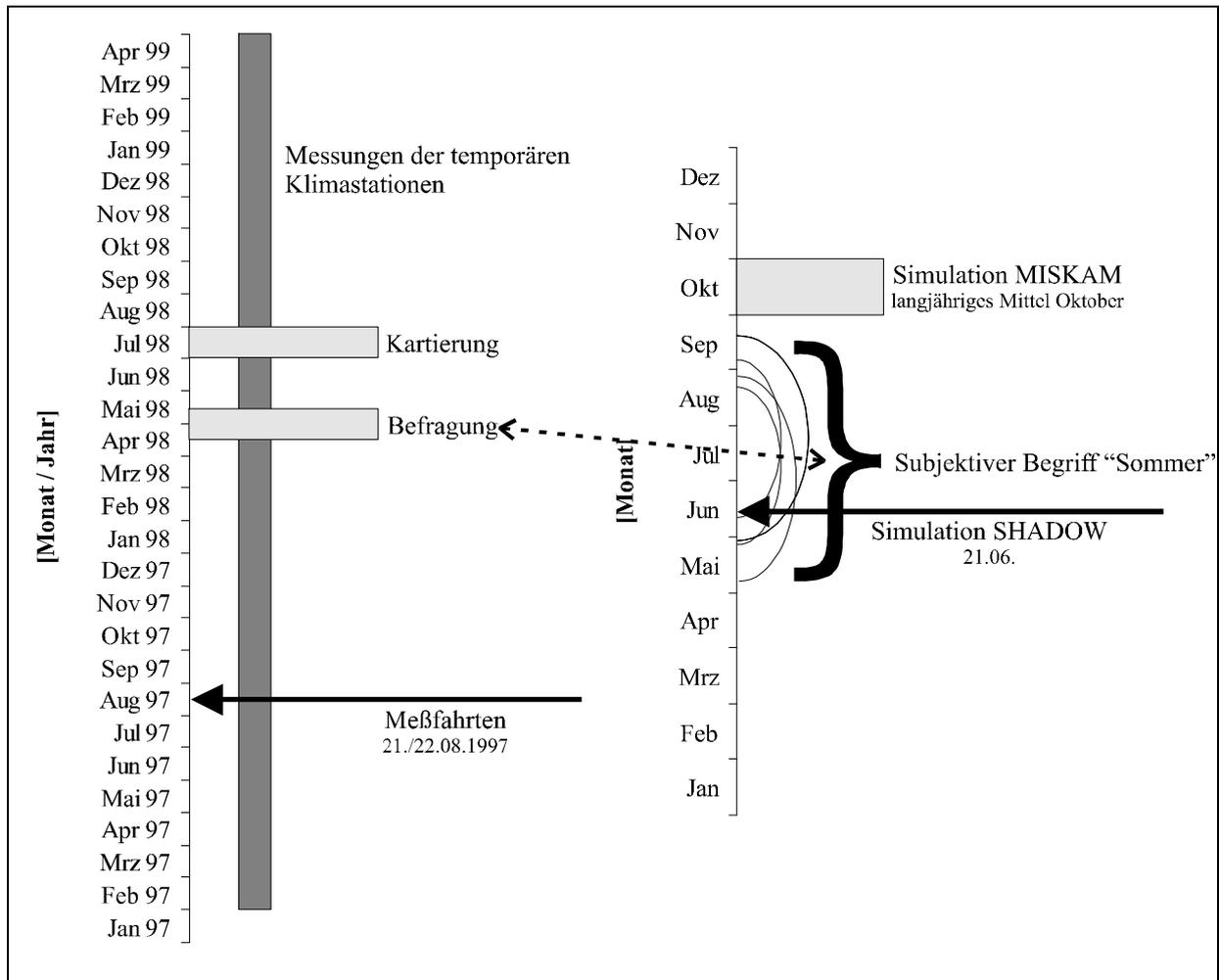


Abbildung 17: Zeitbezüge der angewendeten Methoden

Mit den angewendeten **Verfahren zur Synthese** der Einzelergebnisse, die Cluster- und Diskriminanzanalyse, konnte eine aussagekräftige bioklimatische Bewertung der Untersuchungsgebiete durchgeführt werden. Durch die Einbeziehung des menschlichen Empfindens und seiner Bewertung wurde das Verfahren zugleich am Menschen geeicht. Schließlich konnte aus den Ergebnissen Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, da u.a. eine ausreichende räumliche Auflösung vorlag. Auf die letztendlichen Schwierigkeiten der Umsetzung der vorgeschlagenen Verbesserungsmaßnahmen wurde in den entsprechenden Kapiteln (5.2.1 bis 5.2.5) hingewiesen.

Die Unterteilung der Untersuchungsgebiete in Subtypenflächen (Straßen, Innenhöfe, öffentliche Grünflächen und Sonderflächen) war größtenteils ausreichend, auch wenn die Grenzziehung bei räumlichen Übergängen z.T. nur eine unzureichende Abstraktion der Realität darstellt. Lediglich zur Lokalisierung von Kanalisationseffekten

in Neustadt und auf 2 Flächen im Paulusviertel war diese Auflösung in Subtypen zu gering. Ansonsten werden die spezifischen lokalen Klimaausprägungen im Wirkungsgefüge dieser Flächen gut abgebildet. Eine Unterteilung des Straßenraumes in Straßenabschnitte und Kreuzungsbereich kann entfallen, da keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden konnten.

Der Einsatz der Clusteranalyse setzt weitergehende mathematische und analysespezifische (Fach-) Kenntnis des Bearbeiters voraus. Das sonst objektive Verfahren weist dabei einige subjektive Entscheidungen auf, wie z.B. Attributwahl, Festlegung der Klassenzahl, die diese Sachkenntnis verlangen. Jedoch ist das Verfahren transparent und nachvollziehbar, wenn die gewählten Sachkriterien und Analyseparameter dargelegt und begründet werden. Zu bedenken ist, daß bei einer anderen Variablenauswahl bzw. Anwendung anderer Clusterverfahren andere Ergebnisse erzielt werden.

Die Anzahl der erhaltenen Antworten aus der Befragung kann als ausreichend angesehen werden. Jedoch genügte sie nicht, die zwei Datenkollektive der Untersuchungsgebiete zu teilen, um je eine Kontrollgruppe für eine Gegenrechnung zu erhalten. Die Clusterneuuzuordnungen der 1. Diskriminanzanalyse zeigen jedoch, daß die Güte der Clusterung sehr hoch ist. So wurden in Neustadt nur beim Parameter Wind 4 Flächen anderen Klassen zugeordnet, was umgekehrt bedeutet, daß 94,7 % der Flächen richtig zugeordnet waren. Im Paulusviertel wurden 4 Fälle bei der Clusteranalyse bei der Lufttemperatur, 3 bei den Lichtverhältnissen, 9 bei der Luftfeuchtigkeit und 14 bei den Windverhältnisse neu zugeordnet. Dabei lag der Anteil der korrekt klassifizierten Flächen bei 96,7 %, 97,1 %, 91,6 % und 90,6 % (vgl. Anhang 14 bis 17, jeweils Punkt 3).

Die Verwendung der Messungen an den Klimastationen zur Validierung der Clusteranalyseergebnisse brachte zum Großteil zufriedenstellende Ergebnisse. Standortsspezifische Besonderheiten bedingten jedoch gerade bei der Stationen P_G und P_I Ausreißer in den Meßwerten. Wegen der kleinräumigen Variabilität der Windverhältnisse sind Punktmessungen eher ungeeignet zur Validierung dieser.

In der Synthese wurden Daten aus verschiedensten Quellen zusammengeführt. So finden sich mögliche Fehlerquellen zum einen in den Methoden der Datenerhebung, zum anderen auch in deren Weiterverarbeitung. Als Beispiel für Meßfehler seien eine ungünstige Standortwahl oder defekte bzw. falsch bediente Meßgeräte genannt. Falsche Eingabeparameter bei den Simulationen haben falsche Modellergebnisse zur Folge. Bei der Befragung führen falsche Codierungen oder Dateneingaben zu irrtümlichen Ergebnissen. Deshalb sind eine gute Vorbereitung und Kontrollmessungen und –rechnungen wie auch Gegen- bzw. Validierungsberechnungen unerlässlich.

Vorteil des in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Verfahrens ist, daß sämtliche Einzelergebnisse zur weitergehenden oder ergänzenden Interpretation verwendet werden können. Nachteil der Ergebnisdarstellung ist sicherlich die nicht sehr griffige Darstellung in Klassen, zu denen keine einfache Legende ausreicht. Da sich die Cluster meistens nicht nur in ihren Mittelwerten der eingeflossenen Variablen unterscheiden, können auch die Minimal- und Maximalwerte sowie die Spannweite zur Analyse und Beschreibung hinzugezogen werden. Obwohl die Clusteranalyse zu einer Datenreduktion führt, ist die Interpretation dennoch von der Anzahl der eingehenden Parameter abhängig. Hierin sind z.B. die Ergebnisse der bioklimatischen Bewertungsverfahren PMV oder PET, welche nur eine Maßzahl wiedergeben, den Ergebnissen dieses Verfahren durch ihre Einfachheit überlegen. Die Klassennumerierung der Clusteranalyse ist ferner nicht ordinal, da die Werte der verwendeten Attribute nicht mit dieser ansteigen bzw. abfallen. In den Ergebniskarten wurde deshalb auf eine besondere Farbgebung verzichtet und in allen Karten dieselbe Farbdarstellung verwendet. Möglich wäre sicherlich z.B. die Anwendung von Rottönen für Klassen, welche Handlungsbedarf aufweisen bzw. Grün für

Cluster ohne Handlungsbedarf. Bei der Interpretation der Clusterzuordnungen können keine Schwellen- oder Grenzwerte angegeben werden, wann, wo und bei welcher Dauer größte Belastungen vorliegen. Grund hierfür sind die verwendeten Zeitschnitte der Messungen und Modellierungen. Werden jedoch sämtliche Attribute in ihren Tagesverläufen bzw. die Windverhältnisse insbesondere aus unterschiedlichen Anströmrichtungen ermittelt (siehe letzter Absatz des Kapitels) und daraus Mittel-, Minimum- und Maximumwerte sowie die Spannweite berechnet, könnte auf Grenzwerte geschlossen werden.

Das Verfahren könnte inhaltlich weiter verbessert bzw. geändert werden. Je nach Themenbereich wäre die Einbindung des Breiten-Höhen-Verhältnisses, des absoluten oder prozentualen Anteils horizontaler Flächen oder der Ausrichtung der Längsachse der Subtypenflächen denkbar. Unter dem Einsatz von einem GIS sind diese Werte leicht auf Basis der ohnehin schon kartierten Flächennutzungen zu ermitteln. Ergänzungen zum Fragebogen sowie Berichtigungen zu den Modellierungen wurden schon im Abschnitt zur Befragung in diesem Kapitel genannt. Bezüglich letzteren wäre bei der Windfeldsimulation die Berechnung einer weiteren Windrichtung, z.B. Ost (vgl. Abbildung 1, S. 16) nützlich. Grundsätzlich könnten ferner die Befragung und die Messungen zeitgleich durchgeführt werden. Für die Erhaltung des Zeitbezuges müßte dann jedoch die Befragung in Interviewform erfolgen.

Übertragen werden kann das Verfahren auf Stadtstrukturen gleichen Aufbaus (Straße, Innenhof, Grünfläche) in Städten ähnlicher topographischer Situation in Mitteleuropa. Dabei ergibt sich zu dieser Untersuchung eine direkte Vergleichbarkeit, wenn ebenfalls ein gründerzeitliches Viertel bzw. eine Plattenbausiedlung gewählt werden. Da in dieser Arbeit eine Clusteranalyse je Untersuchungsgebiet durchgeführt wurde, können die Klassen nicht zwischen den beiden Untersuchungsgebieten verglichen werden. Gerechtfertigt ist diese Vorgehensweise aber durch die unterschiedlichen Größen der Strukturen in den Gebieten. Interessant wäre ferner, dieses Verfahren auf andere Stadtstrukturen zu übertragen und auf seine Anwendbarkeit zu überprüfen.

Vergleichbar mit anderen bioklimatischen Bewertungsverfahren sind die Ergebnisse dieser Arbeit nicht. Am Beispiel der Bewertung der Lufttemperatur sei dieser Umstand erklärt. Die Resultate der bioklimatischen Bewertungsverfahren PMV und PET sind einfache Maßzahlen, die auf einer bestimmten Skala das thermische Empfinden bzw. die physiologische Belastung wiedergeben. Da es sich hierbei um statische Modelle handelt, liegen die Ergebnisse nur für einen Zeitschnitt vor. Mit diesen Methoden wird der Einfluß der Mobilität der Menschen in Städten, ihre Aufenthaltsdauer im Stadtgebiet sowie ihre Aktivität sowie der zeitliche Verlauf nicht erfaßt (ergänzt nach KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN 1990, S. 93). Als Ergebnis dieser Arbeit liegen jedoch 6 (Neustadt) bzw. 8 (Paulusviertel) Klassen vor, deren Klassenbezeichnung keine inhaltlichen Aussagen macht. Die eigentliche Charakterisierung der Klassen erfolgt anhand deskriptiver statistischer Werte, wie Mittel-, Minimum- oder Maximumwert der in die Berechnung eingegangenen Parameter. Die zuvor genannten Einflüsse auf das klimatische Empfinden des Menschen gehen in dem hier angewendeten Verfahren ein: Die Fragen nach Empfindung und Bewertung haben keinen konkreten Zeitbezug, so daß der komplette, in den Untersuchungsgebieten gesammelte, Wissens- und Erfahrungsschatz mit berücksichtigt wird. Ferner wurde die Sonnenscheindauer für einen gesamten Tagesverlauf und bei der Lufttemperatur die Differenz zwischen Abend- und Morgentermin berücksichtigt. Damit wird das angewendete Modell zwar noch nicht dynamisch, jedoch fließt die Variabilität der Klimaparameter mit in die Bewertung ein. Die gewonnenen Indizes zur thermischen Bewertung mittels PMV und PET geben eine aktuelle Bewertung, dagegen wird in dieser Arbeit eine grundsätzliche durchgeführt. Schließlich liegen die Resultate der Modelle PMV und PET im Rasterformat vor, dagegen die Klassen dieser Arbeit in Flächen. Verbessert werden können die Modelle PET und PMV, wenn

statt eines Zeitschnittes ein kompletter Tagesverlauf berechnet würde, nach dem z.B. der prozentuale Anteil ungünstiger Verhältnisse angegeben wird. Dadurch wird vermieden, daß durch die Berechnung einer Zeitscheibe unter Umständen eine Belastungssituation berechnet wird, die wegen ihrer vielleicht kurzen Dauer nicht relevant ist. Auch wäre die Kombination von Modellläufen hilfreich, bei denen die Definition des Modellmenschen variiert.

Großer Nachteil des in dieser Arbeit entwickelten Verfahrens liegt darin, daß zwar der Ist-Zustand berechnet werden kann, jedoch kein Prognose-Zustand. Grund hierfür liegt in der verwendeten Datenbasis: den Messungen. Diese geben grundsätzlich nur den Ist-Zustand wieder. Um Prognosen zu erstellen, müßten sowohl die Messungen der Lufttemperatur als auch der Luftfeuchtigkeit durch Simulationen ersetzt werden. Die steigende Kapazität und Schnelligkeit in der EDV ermöglicht die Durchführung zunehmend hochkomplexer und aufwendig werdender Berechnungen. So stehen in der Zwischenzeit derlei Modelle zur Verfügung³⁷. Bei solchen Modellen muß allerdings bedacht werden, daß die Erhebung und Bereitstellung der Eingabeparameter z.T. einen erheblichen Aufwand erfordert. Wird jedoch die Auswirkung von einzelnen Änderungsmaßnahmen derart simuliert, können die gewonnenen Ergebnisse den in der Ist-Analyse gewonnenen Klassen durch Diskriminanzanalyse zugeordnet werden.

³⁷ z.B. ENVI-met 2.5 (ENVI-met Mainpage)

7 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war, aus dem Zusammenspiel und der Ausprägung des klimatischen Wirkungsgefüges einerseits, sowie der Bewertung des Klimas durch den Menschen andererseits eine räumlich und zeitlich integrale Klimaanalyse zu erstellen. Darin sollten Angaben über die Lufttemperatur-, Licht-, Luftfeuchtigkeits- und Windverhältnisse gemacht werden, um nach einer Bewertung Handlungsmaßnahmen ableiten zu können. Zu den drei erstgenannten wurden sommerliche Belastungssituationen untersucht. Beim Parameter Wind, insbesondere im Hinblick auf Kanalisationseffekte und Rotorbildung, eine durchschnittliche Windsituation.

Als **Untersuchungsgebiete** wurden zwei Wohngebiete in Halle / S. ausgesucht: eine Plattenbausiedlung (ein Teilgebiet der nördlichen Neustadt in Halle-Neustadt – im weiteren nur noch Neustadt genannt) und eine gründerzeitliche Siedlung (Paulusviertel). Gerade weniger mobile Bevölkerungsteile – Kinder, Kranke und ältere Menschen, welche zudem eher empfindlich gegenüber klimatischen Belastungen sind, haben in Wohngebieten ihren Hauptaufenthaltsraum. Der innere Aufbau beider Untersuchungsgebiete ist gleich. So setzen sich diese aus Straßen, Innenhöfe und öffentlichen Grünflächen zusammen. Diese Strukturen werden als Analysegrundlage verwendet und werden im weiteren Subtypen genannt.

Zunächst wurde ein Bewertungsverfahren entwickelt. Darin enthalten war eine Beschreibung der im einzelnen anzuwendenden **Methoden** der Datenerhebung und –analyse. Da bei dieser Arbeit nicht auf vorhandene Daten zurückgegriffen werden konnte, mußten zunächst sämtliche Daten mit verschiedenen Methoden erhoben werden (in Klammern: Erhebungsparameter, z.T. weiterführende Methoden): Kartierung (Flächennutzung, Gebäudehöhe), Punktmessungen an temporären Klimastationen (Lufttemperatur, -feuchtigkeit, Windrichtung, -geschwindigkeit, Globalstrahlung), Meßfahrt (Lufttemperatur, -feuchtigkeit; räumliche Interpolation mittels Kriging), Simulation (Sonnenscheindauer, Windrichtung und -geschwindigkeit) und Befragung (Empfindung, Bewertung, räumliche Zuordnung dieser). Um die zuvor genannten Einzelergebnisse für die abschließende Synthese zusammen zu fassen, wurden diese den vorgenannten Subtypenflächen zugewiesen. Durch Berechnungen konnten ergänzende Flächenattribute ermittelt werden. Für die Synthese wurde die Clusteranalyse gewählt, wobei - je nach untersuchtem Klimaparameter - aus der zur Verfügung stehenden Variablenliste verschiedene Attributkombinationen (7 - 10) für die 4 Clusteranalysen ausgewählt wurden. Die Güte der Clusterzuordnungen wurde u.a. mit einer Diskriminanzanalyse geprüft. Anhand der Messungen an den temporären Klimastationen wurden die Clusteranalyseergebnisse validiert. Ferner dienten diese Messungen noch zur Validierung der Modellierungen sowie der zeitlichen Korrektur der Meßfahrten.

Die statistische Analyse der gewonnenen Daten wurde mit einer Statistiksoftware durchgeführt. Für die geostatistische Untersuchung und räumliche Interpolation wurde besondere geostatistische Software genutzt. Die Verwaltung der räumlichen Daten erfolgte mit einem GIS.

Zunächst wurden die **Einzelergebnisse** analysiert. Im folgenden Schritt erfolgte eine Synthese der Einzelergebnisse zur einer abschließenden bioklimatischen Bewertung, woraus Handlungsempfehlungen abgeleitet werden konnten.

Bei der Synthese wurden die Untersuchungsgebiete einzeln einer Clusteranalyse unterzogen, weshalb es je Klimaparameter zu einer unterschiedlichen Klassenzahl konnte. Aus diesem Grunde können die resultierenden

Klassen auch nicht untereinander verglichen werden. Die Anzahl der Klassen lag dabei zwischen 6 und 8. Es zeigte sich bei den Lufttemperatur- und -feuchtigkeitsverhältnissen eine Zonierung der gebildeten Klassen. Bei den Licht- und Windverhältnissen ist dies nicht der Fall und zeigt deutlich den Einfluß der Untersuchungsgebietsstrukturen auf die Klassenzugehörigkeit. Handlungsempfehlungen zu einzelnen Klassen wurden in Abwägung der Ausprägungen der berücksichtigten Parameter, der Beurteilung laut Befragung sowie der geäußerten Änderungswünsche ausgesprochen. Wiederholt wurde dabei auf die Problematik bei der Umsetzung der vorgeschlagenen Verbesserungsmaßnahmen eingegangen. Neben den Eigentumsverhältnissen erschwert konkurrierender Flächenanspruch, insbesondere von (ruhenden) motorisierten Individualverkehr, die Umsetzung von derlei Maßnahmen. Mit den Meßergebnissen der temporären Klimastationen konnten schließlich die Clusteranalyseergebnisse validiert werden.

In einigen Fällen gab es Unstimmigkeiten zwischen Messungen und Befragungsergebnissen aus verschiedenen Gründen: Hinsichtlich der Empfindung / Bewertung der Lufttemperatur in der Befragung wurden die Straßen häufig wärmer als das Mittel empfunden, was als unangenehm bewertet wurde, unabhängig von den real herrschenden Werten. Weitere Abweichungen waren dahingehend festzustellen, als daß der zeitliche Bezug der Empfindung / Bewertung nicht mit dem Zeitbezug der Meßwerte übereinstimmte (Luftfeuchtigkeit, Neustadt). Ferner konnte gezeigt werden, daß die aus der Analyse abgeleiteten Handlungsempfehlungen nicht unbedingt mit den Änderungswünschen der Bewohner übereinstimmen müssen (Lichtverhältnisse, Paulusviertel). Die Subtypenabgrenzungen in Neustadt stellte sich als zu grob heraus, bei der Bewertung der Windverhältnisse im Hinblick auf Kanalisations- und Rotoreffekte. Es zeigte sich ebenfalls in diesem Untersuchungsgebiet, daß die Anzahl, Ausstattung und Flächengröße von Grünflächen nicht unbedingt eine klimatisch günstige Wirkung zur Folge haben muß.

Die Ergebnisdarstellung erfolgte in Karten: In 15 Karten wurden die Einzelergebnisse wiedergegeben, die eigentliche bioklimatische Bewertung in 4 Karten. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Handlungsempfehlungen wurde in einer eigenen Karte aufgeführt. Eine allgemeine Einführung in die Untersuchungsgebiete geben 3 Karten. Der Erläuterung der Resultate dienten 25 Tabellen und 17 Abbildungen. Weiterführende Informationen wurden in einem Anhang zusammengestellt.

In einer abschließenden **Diskussion** wurde auf die Vor- und Nachteile der einzelnen in dieser Arbeit angewendeten Methoden bzw. des Gesamtverfahrens und etwaige Fehlerquellen eingegangen. Weiter wurde die Aussagekraft der Ergebnisse und die Übertragbarkeit des Verfahrens erläutert. Geklärt wurde ferner, warum die Ergebnisse dieser Arbeit nicht mit denen anderer bioklimatischer Bewertungsverfahren vergleichbar sind. Schließlich wurden inhaltliche und verfahrenstechnische Verbesserungen bzw. Änderungen des Verfahrens besprochen.

Das Ziel, die bioklimatischen Bewertung ausgewählter Stadtstrukturen, konnte mit dem in dieser Arbeit neu entwickelten Verfahren erreicht werden. Die aus der Bewertung abgeleiteten Handlungsempfehlungen konnten im Gegensatz zu vorangegangenen Klimaanalysen in Halle konkretisiert werden. Bis zur Fertigstellung dieser Arbeit wurden dabei schon einige Handlungsempfehlungen in den Untersuchungsgebieten umgesetzt. Im Vergleich zu gängigen Bewertungsmethoden liegt hier nicht nur ein Einzelergebnis in Form eines Indexes oder einer Maßzahl vor. Dies erschwert zwar die schnelle Erfassung der Bedeutung der resultierenden Klassen je Analyse, jedoch ist der Informationsgehalt wesentlich größer.

8 Literaturverzeichnis

- AKIN, H. & SIEMES, H. (1988): Praktische Geostatistik. Eine Einführung für den Bergbau und die Geowissenschaften. Hochschultext. Berlin u.a..
- ALEXANDER, J. (1994): Bewertung von Klima und Luft bei Umweltverträglichkeitsprüfungen. In: Meteorologische Zeitschrift, Bd. 3, S. 111-115.
- ALEXANDER, J.: Methoden zur Bewertung von "Klima" und "Luft" bei der kommunalen Umweltplanung. In: FRENZEL, B. & SERVATIUS, C. [HRSG.] (1995): Regionaler Naturhaushalt: Bewertung und Nutzungspotential. Ökosystemanalyse und Umweltforschung, Bd. 2. Stuttgart, Jena, New York, S. 301-312.
- ARABIE, P.; HUBERT, L. J. & DE SOETE, G. (1996): Clustering and classification. Singapore u.a.
- BACH, H. (1993): Modelle für Abweichungen von der thermischen Behaglichkeit. In: Heizung, Lüftung / Klima, Haustechnik, Bd. 44, S. 620-622.
- BAHRENBERG, G.; GIESE, E. & NIPPER, J. (1992): Statistische Methoden in der Geographie: Multivariate Statistik. Teubner Studienbücher Geographie, Bd. 2. 1. Aufl. Stuttgart.
- BARLAG, A.-B. (1993): Planungsrelevante Klimaanalyse einer Industriestadt in Tallage. Essener Ökologische Schriften, Bd. 1. Essen.
- Baugesetzbuch (BauGB) vom 27. August 1997.
- BAUMÜLLER, J. & HOFFMANN, U.: Bewertung des Klimas und seiner anthropogenen Veränderungen. In: SCHIRMER, H.; KUTTLER, W. L. J. & WEBER, K. [HRSG.] (1993): Lufthygiene und Klima. Ein Handbuch zur Stadt- und Regionalplanung. Düsseldorf, S. 2-15.
- BAUMÜLLER, J.; HOFFMANN, U. & REUTER, U. (1998): Städtebauliche Klimafibel. In: WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG [HRSG.]: Hinweise für die Bauleitplanung, Bd. 2. Stuttgart.
- BECKER, L.; DÖLLNER, J.; HAMMELBECK, S.; HINRICHS, K.; BERNARD, L.; KRÜGER, T.; SCHMIDT, B. & STREIT, U. (2000): Integration of dynamic atmospheric modeling and object-oriented GIS. In: GIS: Geo-Informationssysteme, Bd. 13, S. 19-23.
- BECKRÖGE, W. & BÜRGER, M. (1993): Klimaanalyse Stadt Herten. Essen.
- BECKRÖGE, W.: Veränderungen des Klimas im Stadtbereich. In: VDI-KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT [HRSG.] (1988): Stadtklima und Luftreinhaltung. Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung. Berlin u.a., S. 12-90.
- BLENNOW, K. & PERSSON, P. (1998): Modelling local-scale frost variations using mobile temperature measurements with a GIS. In: Agricultural and forest meteorology, Bd. 89, S. 59-72.
- BRETSCHNEIDER, H. [HRSG.] (1995): Gesundheit in der Stadt: Tradition und Perspektiven für Stadtplanung und Kommunalpolitik. Symposium zum Wissenstransfer der Public-Health-Forschung am 2.3.1995 im Deutschen Institut für Urbanistik in Berlin. Materialien, Bd. 5/95. Berlin.
- BREUSTE, J. (1986): Methodische Ansätze und Problemlösungen bei der Erfassung der urbanen Landschaftsstruktur und ihrer ökologischen und landeskulturellen Bewertung unter Berücksichtigung von Untersuchungen in Halle / Saale. Diss. (B), Fakultät für Naturwissenschaften des Wissenschaftlichen Rates der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- BRÜNDL, W.; MAYER, H. & BAUMGARTNER, A. (1986): Untersuchung des Einflusses von Bebauung und Bewuchs auf das Klima und die lufthygienischen Verhältnisse in bayerischen Großstädten. Kennwort: Stadtklima Bayern. Abschlußbericht zum Teilprogramm "Klimamessungen München". München.
- BRUSE, M. (1998): Shadow Version 2.2.1. 6. Aufl. Essen, Bochum.
- BRUSE, M. (1999): Die Auswirkungen kleinskaliger Umweltgestaltung auf das Mikroklima. Entwicklung des prognostischen numerischen Modells ENVI-met zur Simulation der Wind-, Temperatur- und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen <http://www.geographie.ruhr-uni-bochum.de/agklima/index.html>. Diss., Institut für Geographie der Ruhr-Universität Bochum.
- BUCHER, K. (1993): Ein Verfahren zur objektiven Klassifikation des Wetters unter biosynoptischen Gesichtspunkten. Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Bd. 183. Offenbach.

- BURKERT, F. M. (1992): Urbane Ausbreitungsklimate. Entwicklung eines Systems zur großmaßstäbigen Charakterisierung des Luftaustauschpotentials von Stadtstrukturen. Diss., Fachbereich Geowissenschaften der Universität Hannover.
- BÜRO FÜR STÄDTEBAU UND ARCHITEKTUR DES RATES DES BEZIRKES HALLE [HRSG.] (1972): Halle-Neustadt. Plan und Bau der Chemiarbeiterstadt. Berlin.
- BUZIEK, G. [HRSG.] (1995): GIS in Forschung und Praxis. Stuttgart.
- CHAPIN, F. S. (1974): Human activity patterns in the city. Things people do in time and in space. Wiley series in urban research. New York u.a..
- CLARK, I. & HARPER, W. V. (2000): Practical Geostatistics 2000. Columbus Ohio.
- CRESSIE, N. A. C. (1991): Statistics for spatial data. New York.
- DANZEISEN, H.H.: Experimentelle Untersuchung bodennaher Lufttemperatur- und Feuchteverteilungen in Stadtgebieten mit Hilfe eines Meßwagens. In: LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ RHEINLAND-PFALZ [HRSG.] (1983): Landschaftsökologie: Boden - Klima - Fauna - Flora. Beiträge zur Landespflege in Rheinland-Pfalz, Bd. 9. Oppenheim, S. 7-34.
- DEUTSCHER WETTERDIENST - GESCHÄFTSFELD KLIMA- UND UMWELTBERATUNG [HRSG.] (1998): WitterungsReport - Express. Offenbach.
- DEUTSCHER WETTERDIENST - GESCHÄFTSFELD KLIMA- UND UMWELTBERATUNG [HRSG.] (1999): WitterungsReport - Express. Offenbach.
- DEUTSCHER WETTERDIENST - GESCHÄFTSFELD LANDWIRTSCHAFT AUßENSTELLE HALLE [HRSG.] (1997): Agrarmeteorologischer Wochenbericht für Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen. Offenbach: Nr. 34, Woche 18.8.97 – 24.8.97
- DEUTSCHER WETTERDIENST - GESCHÄFTSFELD LANDWIRTSCHAFT AUßENSTELLE HALLE [HRSG.] (1998): Agrarmeteorologischer Monatsbericht für Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen. Offenbach.
- DEUTSCHER WETTERDIENST - GESCHÄFTSFELD LANDWIRTSCHAFT AUßENSTELLE HALLE [HRSG.] (1999): Agrarmeteorologischer Monatsbericht für Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen. Offenbach.
- DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1992): Internationale Tagung für Human-Biometeorologie vom 16. bis 18. September 1992 in Freiburg. Annalen der Meteorologie, Bd. 28. Offenbach.
- DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1997a): 3. Fachtagung BIOMET am 4. und 5. Dezember 1996 in München. Annalen der Meteorologie, Bd. 33. Offenbach.
- DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1997b): Monatlicher Witterungsbericht. Offenbach.
- DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1998): Monatlicher Witterungsbericht. Offenbach.
- DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1999): 4. Fachtagung BIOMET: (19.-20. April 1999 in München) des Fachausschusses BIOMET der DMG gemeinsam mit der Gesellschaft zur Förderung Medizin-Meteorologischer Forschung e.V.. Annalen der Meteorologie, Bd. 39. Offenbach.
- DEUTSCHER WETTERDIENST: komplette Stationsliste aller DWD-Stationen (Stand: 13.08.2001). http://www.dwd.de/research/klis/daten/stationen/lex_mirakel.txt
- DOSCH, F. (1993): Geographische Informationssysteme in der kommunalen Planungspraxis am Beispiel einer stadtklimatologischen Raumanalyse und Raumbewertung. Diss., Universität Mainz.
- DUTTER, R. (1985): Geostatistik: eine Einführung mit Anwendungen. Mathematische Methoden in der Technik, Bd. 2. Stuttgart.
- DUTTMANN, R. & MOSIMANN, T. (1994): Modellierung klimaökologischer Prozeßgrößen mit dem geoökologischen Informationssystem GOEKIS. Empirisch-statistische Modelle zur flächenhaften Abbildung von Klimaparametern. Hannover.
- EICHHORN, J. (1997a): Handbuch MISKAM. Mainz.
- EICHHORN, J. (1997b): MISKAM - anspruchsvolle numerische Immissionsprognose. Mainz, Wackersheim.
- EICHHORN, J.; RIES, R. & BELTZ, N.: Naturmessungen verkehrsbedingter Immissionen als Grundlage zur Validierung des mikroskaligen Ausbreitungsmodells MISKAM. In: KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN, S. 2. A. v. K.-E. V. [HRSG.] (1995): 1. Düsseldorfer Umweltkonferenz. VDI-Berichte, Bd. 1228. Düsseldorf, S. 473-494

- ENVI-met Mainpage: <http://www.geographie.ruhr-uni-bochum.de/agklima/envimet/index.html>
- Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27. Februar 1986.
- EVERITT, B. S. (1993): Cluster Analysis. 3. Aufl. Kent.
- FAHRMEIR, L.; HAMERLE, A. & TUTZ, G. [HRSG.] (1996): Multivariate statistische Verfahren. 2. überarb. Aufl. Berlin, New York.
- FANGER, P. O. (1972): Thermal comfort. Analysis and applications in environment engineering. Düsseldorf, New York, London.
- FEZER, R. (1995): Das Klima der Städte. Perthes Geographiekolleg. 1. Aufl. Gotha.
- FISCHER, M. M. (1982): Eine Methodologie der Regionaltaxonomie: Probleme und Verfahren der Klassifikation und Regionalisierung in der Geographie und Regionalforschung. Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, Bd. 3. Universität Bremen, Fachbereich 1.
- FLADE, A. : Wohnen und Wohnumfeld. In: GÜNTHER, R. & WINTER, G. (1986): Umweltbewußtsein und persönliches Handeln. Der Bürger im Spannungsfeld zwischen Administration, Expertentum und sozialer Verantwortung. Fortschritte der politischen Psychologie, Bd. 8. Basel, S. 197 – 206.
- FRENZEL, B. & SERVATIUS, C. [HRSG.] (1995): Regionaler Naturhaushalt: Bewertung und Nutzungspotential. Ökosystemanalyse und Umweltforschung, Bd. 2. Stuttgart, Jena, New York.
- FROTSCHER, W. (1991): Luftbildgestützte Erfassung städtischer Oberflächenarten in Halle. In: Wissenschaftliche Zeitschrift: Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe, Bd. 40, S. 27-39.
- GEBHARD, A.; BELLACH, A. & HOFFMANN, L.: Anforderungen der Stadtplanung an die Stadtklimatologie. In: MAYER, H. [HRSG.] (1986): Bioklima in der Stadt. Münchener Universitäts-Schriften / Fakultät für Physik - Universität München / Meteorologisches Institut, Bd. 53. München, S. 127-141.
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig.
- GEIGER, R.; ARON, R. H. & TODHUNTER, P. (1995): The climate near the ground. 5. Aufl. Braunschweig.
- GERSTENGARBE, F.-W.; WERNER, P.; BUSOLD, W.; RÜGE, U. & WEGENER, K.-O. (1993): Katalog der Großwetterlagen Europas nach Paul Hess und Helmuth Brezowski. Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Bd. 113. 4. vollständig überarbeitete Aufl. Offenbach.
- GERTH, H.-P. (1990): Untersuchung von Standortmerkmalen unversiegelter urbaner Freiflächen in Halle / Saale. Diss. (A), Fakultät für Naturwissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- GERTH, H.-P. (1991a): Untersuchungen zur stadtklimatischen Situation in Halle / Saale. In: Meteorolog. Rdsch. oder Naturwissenschaftliche Rundschau, Bd. 44, S. 180-184.
- GERTH, H.-P. (1991b): Erfassung des pH-Wertes in Boden und Niederschlag an ausgewählten Standorten in Halle / Saale. In: Wissenschaftliche Zeitschrift: Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe, Bd. 40, S. 42-46.
- GERTH, W. P. (1986): Klimatische Wechselwirkungen in der Raumplanung bei Nutzungsänderungen. Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Bd. 171. Offenbach.
- Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) vom 12. Februar 1990.
- Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz-BNatSchG) In der Fassung der Bekanntmachung vom 12. März 1987.
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) vom 14. Mai 1990.
- Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz - BWaldG) vom 2. Mai 1975, geändert durch Gesetz vom 27.7.1884.
- GORDON, A. D. (1999): Classification. Monographs on statistics and applied probability, Bd. 82. 2. Aufl. Boca Raton u.a..
- GRÄTZ, A.; JENDRITZKY, G. & SIEVERS, U.: Modellierung des Bioklimas zu Stadtplanungszwecken. In: DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1992): Internationale Tagung für Human-Biometeorologie vom 16. bis 18. September 1992 in Freiburg. Annalen der Meteorologie, Bd. 28. Offenbach, S. 20-22.

- GRIMMOND, C. S. B. & SOUCH, C. (1994): Surface description for urban climate studies: a GIS based methodology. In: Geocarto International, Bd. 1, S. 47-59.
- GROB, G.: Numerische Modellierung stadtklimatischer Aspekte. In: MÜLLER, U.; KUTTLER, W. & TEZTLAFF, G. [HRSG.] (1999): Workshop Stadtklima 17./18. Februar 1999 in Leipzig. Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig und dem Institut für Troposphärenforschung e.V. Leipzig, Bd. 13. Leipzig, S. 52-64.
- GÜNTHER, R. & WINTER, G. (1986): Umweltbewußtsein und persönliches Handeln. Der Bürger im Spannungsfeld zwischen Administration, Expertentum und sozialer Verantwortung. Fortschritte der politischen Psychologie, Bd. 8. Basel.
- HEINRICH, U. (1992): Zur Methodik der räumlichen Interpolation mit geostatistischen Verfahren: Untersuchungen zur Validität flächenhafter Schätzungen diskreter Messungen kontinuierlicher raumzeitlicher Prozesse. Geowissenschaft. Wiesbaden.
- HEINRICH, U.: Flächenhafte Ableitung der Klimaparameter Niederschlag und Temperatur mittels geostatistischer Verfahren. In: SCHRÖDER, W.; VETTER, L. & FRÄNZLE, O. [HRSG.] (1994): Neuere statistische Verfahren und Modellbildung in der Geoökologie. Vieweg-Unweltwissenschaften. Braunschweig, S. 283-295.
- HEINRICH, U.: Flächenschätzung mit geostatistischen Verfahren - Variogrammanalyse und Kriging. In: SCHRÖDER, W.; VETTER, L. & FRÄNZLE, O. [HRSG.] (1994): Neuere statistische Verfahren und Modellbildung in der Geoökologie. Vieweg-Unweltwissenschaften. Braunschweig, S. 145-164.
- HERGERT, T.; MOSIMANN, T. & TRUTE, P. (1993): Großmaßstäbige klima- und immissionsökologische Analyse und Prognose für die Bauleitplanung. Begutachtung der Kronsbergbebauung im Rahmen der Planungen für die Weltausstellung EXPO 2000 in Hannover. Geosynthesis, Bd. 5. Hannover.
- HOELSCHER, L. (1954): Beiträge zur Kenntnis des Klimas von Halle / S.. Abhandlungen des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik, Bd. 3/24. Berlin.
- HOFFJANN, T. (1994): Klimaökologie in der Stadtplanung. Diss., Technische Universität Hamburg.
- HOLM, K. [HRSG.] (1991): Die Befragung 1: Der Fragebogen - Die Stichprobe. UTB für Wissenschaft: Uni-Taschenbücher, Bd. 372. 4. Aufl. Tübingen.
- HÖPPE, P. R. (1984): Die Energiebilanz des Menschen. Diss., Universität München. Zugleich: Münchener Universitätsschriften - Wissenschaftliche Mitteilungen, Bd. 49.
- HÖPPE, P. R. (1985): Anwendungsmöglichkeiten eines instationären Energiebilanzmodells zur Bewertung der thermischen Behaglichkeit. Annalen der Meteorologie, Bd. 22. Offenbach.
- HÖPPE, P. R. (1993): Heat balance modelling. In: Experientia: interdisciplinary journal for the life, Bd. 49, S. 741-746.
- HÖPPE, P.R.: Die Bedeutung der Human-Biometeorologie für die Umweltmedizin. In: DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1999): 4. Fachtagung BIOMET: (19.-20. April 1999 in München) des Fachausschusses BIOMET der DMG gemeinsam mit der Gesellschaft zur Förderung Medizin-Meteorologischer Forschung e.V.. Annalen der Meteorologie, Bd. 39. Offenbach, S. 125-127.
- HÖPPE, P.R.: Die physiologisch äquivalente Temperatur PET - nicht immer, aber immer öfter. In: DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1997): 3. Fachtagung BIOMET am 4. und 5. Dezember 1996 in München. Annalen der Meteorologie, Bd. 33. Offenbach, S. 108-112.
- HUPF, M. (1998): Kopplung von Geographischen Informationssystemen und Simulationsmodellen: exemplarische Realisierung einer Schnittstelle zwischen dem Simulationssystem Mobile und dem GIS ArcView.
- ISAAKS, E. H. & SRIVASTAVA, R. M. (1989): An introduction to Applied Geostatistics. New York, Oxford.
- JAESCHKE, W.; BELTZ, N.; VON TRÜMBACH, J.; RIES, R.; HEIL, O. & EICHHORN, J.: Ermittlung von Immissionsfeldern in verschiedenen Straßentypen und an Tunnelportalen - Meßergebnisse und Validierung von Ausbreitungsmodellen. In: KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN [HRSG.] (1996): Aktuelle Aufgaben der Meßtechnik in der Luftreinhaltung. VDI-Berichte, Bd. 1257. Düsseldorf, S. 355-366.
- JENDRITZKY, G. (1990): Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen: fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell. Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Bd. 114. Hannover .

- JENDRITZKY, G.: Bioklimakarten in unterschiedlichen Maßstäben. In: DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1992): Internationale Tagung für Human-Biometeorologie vom 16. bis 18. September 1992 in Freiburg. Annalen der Meteorologie, Bd. 28. Offenbach, S. 86-89.
- JENDRITZKY, G.; SIEVERS, U. & SUPPAN, P.: Über die Bedingungen der Wärmeabgabe des Menschen im Klima der Stadt. In: MAYER, H. [HRSG.] (1986): Bioklima in der Stadt. Münchener Universitäts-Schriften / Fakultät für Physik - Universität München / Meteorologisches Institut, Bd. 53. München, S. 109-126.
- JENDRITZKY, G.; SÖNNING, W. & SWANTES, H. J. (1979): Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung ("Klima-Michel-Modell"). Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung: Beiträge, Bd. 28. Hannover.
- JOHNSON, G. T.; OKE, T. R.; LYONS, T. J.; STEYN, D. G.; WATSON, I. D. & VOOGT, J. A. (1991): Simulation of surface urban heat islands under 'ideal' conditions at night. Part 1: Theory and tests against field data. In: Boundary-Layer Meteorology, Bd. 56, S. 275-294.
- JOURNAL, A. G. & HUIJBREGTS, C. (1978): Mining Geostatistics. London u.a..
- KAUFMAN, L. & ROUSSEEUW, P. J. (1990): Finding Groups in Data. An Introduction to Cluster Analysis. Wiley series in probability and mathematical statistics. Applied probability and statistics. New York u.a..
- KERSCHGENS M.: Modellierungen. In: VDI-KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT [HRSG.] (1988): Stadtklima und Luftreinhaltung. Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung. Berlin u.a., S. 311-360.
- KLEEMANN, A. R. (1879): Das Klima von Halle. Diss., Philosophische Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- KLEEMANN, A. R. (1888): Beiträge zur Kenntnis des Klimas von Halle 1851 bis 1885. Mitteilung des Vereins für Erdkunde zu Halle a.S..
- KOCH, A. (1907): Das Klima von Halle, vom Saal- und Mansfelder-Seekreis. Diss., Halle.
- KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN [HRSG.] (1990): Umweltmeteorologie. Sitzung des Hauptausschusses II am 7. und 8. Juni 1990 in Lahnstein. Schriftenreihe, Bd. 15. Düsseldorf.
- KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN [HRSG.] (1996): Aktuelle Aufgaben der Meßtechnik in der Luftreinhaltung. VDI-Berichte, Bd. 1257. Düsseldorf.
- KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN, SEKTION 2, AUSBREITUNG VON KFZ-EMISSIONEN VERKEHR [HRSG.] (1995): 1. Düsseldorfer Umweltkonferenz. VDI-Berichte, Bd. 1228. Düsseldorf.
- KÖNIG, G. (1995): Entwicklung einer GIS-gestützten Methode klimaökologischer Standortbewertung am Beispiel Bremens. Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, Bd. 29. Bremen.
- KREMSER, V. (1888): Über das Klima der preußischen Universitätsstädte (Sonderabdruck aus dem klinischen Jahrbuch).
- KREMSER, V. (1899): Die klimatischen Verhältnisse des Elbstromgebiets. Sonderabdruck aus dem Elbewerk. Berlin.
- KRIGE, D. G. (1951): A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. In: Journal of the chemical, metallurgical and mining society of South Africa, Bd. 52, S. 119-139.
- KÜHNE, O. (1999): Die Wetterlagen-, Tages- und Jahreszeitabhängigkeit der Verteilung von Lufttemperatur, spezifischer Luftfeuchte, Windfeld, Äquivalenttemperatur und anderer bioklimatisch wirksamer Größen im Lokalklima der Stadt Homburg / Saar. Diss., Philosophische Fakultät der Universität des Saarlandes.
- KUTTLER, W. (1997): Bewertungsmaßstäbe für Stadtklima und Lufthygiene. In: Geographische Rundschau, Bd. 49, S. 576-582.
- KUTTLER, W.: Human-biometeorologische Bewertung stadtklimatologischer Erkenntnisse für die Planungspraxis. In: MÜLLER, U.; KUTTLER, W. & TEZTLAFF, G. [HRSG.] (1999): Workshop Stadtklima 17./18. Februar 1999 in Leipzig. Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig und dem Institut für Troposphärenforschung e.V. Leipzig, Bd. 13. Leipzig, S. 100-115.
- KUTTLER, W.: Städtische Klimamodifikation. In: VDI [HRSG.] (1997): Umwelt- und Klimabeeinflussung durch den Menschen IV. VDI-Berichte, Bd. 1330. Düsseldorf, S. 87-108.

- KUTTLER, W.: Stadtklima. In: SUKOPP, H. & WITTIG, R. [HRSG.] (1993): Stadtökologie. 1. Aufl. Stuttgart, Jena, New York, S. 113-153.
- LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ RHEINLAND-PFALZ [HRSG.] (1983): Landschaftsökologie: Boden - Klima - Fauna - Flora. Beiträge zur Landespflege in Rheinland-Pfalz, Bd. 9. Oppenheim.
- LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND DATENVERARBEITUNG SACHSEN-ANHALT [HRSG.] (1992a): Topographische Karte 1 : 10.000 Blatt M-32-24-D-b-1 Halle-Neustadt. Halle.
- LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND DATENVERARBEITUNG SACHSEN-ANHALT [HRSG.] (1992b): Topographische Karte 1 : 10.000 Blatt M-32-24-D-b-2 Halle (Saale). Halle.
- LANGEHEINE, R. & LEHMANN, J.: Stand der empirischen Umweltbewußteinsforschung. In: GÜNTHER, R. & WINTER, G. (1986): Umweltbewußtsein und persönliches Handeln. Der Bürger im Spannungsfeld zwischen Administration, Expertentum und sozialer Verantwortung. Fortschritte der politischen Psychologie, Bd. 8. Basel, S. 39-41.
- LITTMANN, T. & STEINRÜCKE, J. (1993): Physikalische Grundlagen und Übungen zur Klimatologie. Bochum.
- LITTMANN, T. (2000): An empirical classification of weather types in the mediterranean basin and their interrelation with rainfall. In: Theoretical and applied climatology, Bd. 66, S. 161-171.
- LO, C. P.; QUATTROCHI, D. A. & LUVALL, J. C. (1997): Application of high-resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect. In: International journal of remote sensing, Bd. 18, S. 287-301.
- MAGISTRAT DER STADT HALLE - GRÜNFLÄCHENAMT [HRSG.] (1992a): Ventilationsplan Halle / Saale mit Umland. Halle.
- MAGISTRAT DER STADT HALLE - GRÜNFLÄCHENAMT [HRSG.] (1992b): Klimatopkarte in Mikroklimatopdarstellung Halle / Saale mit Umland. Halle.
- MATHERON, G. (1963): Principles of geostatistics. In: Economic Geology, Bd. 58, S. 1246-1266.
- MAYER, H. (1993): Urban bioclimatology. In: Experientia: interdisciplinäre Zeitschrift für die Naturwissenschaften, Bd. 49, S. 957-963.
- MAYER, H. (1996): Human-biometeorologische Probleme des Stadtklimas. In: Geowissenschaften, Bd. 14, S. 233-239.
- MAYER, H. [HRSG.] (1986): Bioklima in der Stadt. Münchener Universitäts-Schriften / Fakultät für Physik - Universität München / Meteorologisches Institut, Bd. 53. München.
- MAYER, H.: Biometeorologische Auswirkungen des Stadtklimas. In: VDI [HRSG.] (1997): Umwelt- und Klimabeeinflussung durch den Menschen IV. VDI-Berichte, Bd. 1330. Düsseldorf, S. 109-126.
- MAYER, H.: Human-Biometeorologische Bewertung des Stadtklimas. In: KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN [HRSG.] (1990): Umweltmeteorologie. Sitzung des Hauptausschusses II am 7. und 8. Juni 1990 in Lahnstein. Schriftenreihe, Bd. 15. Düsseldorf, S. 87-104.
- MAYER, H.: Stadtklima und seine humanbiometeorologische Bewertung. In: MAYER, H. [HRSG.] (1986): Bioklima in der Stadt. Münchener Universitäts-Schriften / Fakultät für Physik - Universität München / Meteorologisches Institut, Bd. 53. München, S. 1-18.
- MAYER, H.: Thesen zu Stadtklima und Gesundheitsförderung. In: BRETSCHNEIDER, H. [HRSG.] (1995): Gesundheit in der Stadt: Tradition und Perspektiven für Stadtplanung und Kommunalpolitik. Symposium zum Wissenstransfer der Public-Health-Forschung am 2.3.1995 im Deutschen Institut für Urbanistik in Berlin. Materialien, Bd. 5/95. Berlin, S. 35-43.
- MERTENS, E. (1997): Das Bioklima städtischer Baustrukturen: eine Analyse- und Bewertungsmethode für den gesundheitsorientierten Städtebau. Berlin.
- METEOROLOGISCHER UND HYDROLOGISCHER DIENST DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK [HRSG.] (1953): Klimaatlas für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik. Berlin.
- MIRKIN, B. (1996): Mathematical classification and clustering. Nonconvex optimization and its applications, Bd. 11. Dordrecht, Boston, London.
- MORISKE, H.-J. & TUROWSKI, E. (1998): Handbuch für Bioklima und Lufthygiene: Mensch, Wetter, Innen- und Außenraumlufthygiene; Grundlagen, Forschungsergebnisse, Trends. Landsberg / L..
- MRUSEK, H.-J. (1976): Halle / Saale. Kunstgeschichtliche Städtebücher. Leipzig.

- MUCHA, H.-J. (1992): Clusteranalyse mit Mikrocomputern. Berlin.
- MUCHA, H.-J.: Clusteranalyse (Automatische Klassifikation). In: SCHRÖDER, W.; VETTER, L. & FRÄNZLE, O. [HRSG.] (1994): Neuere statistische Verfahren und Modellbildung in der Geoökologie. Vieweg-Umweltwissenschaften. Braunschweig, S. 109-127.
- MÜLLER, U. (1997): Beziehungen zwischen urbanen Flächennutzungsstrukturen und klimatischen Verhältnissen am Beispiel der Stadtregion Leipzig. Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben. UFZ-Bericht, Bd. 2/1997. Leipzig.
- MÜLLER, U.; KUTTLER, W. & TEZTLAFF, G. [HRSG.] (1999): Workshop Stadtklima 17./18. Februar 1999 in Leipzig. Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig und dem Institut für Troposphärenforschung e.V. Leipzig, Bd. 13. Leipzig.
- MÜNCH, M. (1998): Die Wahrnehmung der eigenen Umweltsituation in Abhängigkeit von der Lebenslage. Diplomarbeit (unveröffentlicht), Fachbereich Geschichte, Philosophie und Sozialwissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- NEUMANN, N. (1998): Erfassung und Bewertung von Sanierungsfolgen sei 1989 aus stadtoökologischer Sicht am Beispiel eines gründerzeitlichen Wohngebietes in Halle (Saale). Diplomarbeit (unveröffentlicht), Fachbereich Geowissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- o.A. (1983): Halle - Geschichte der Stadt in Wort und Bild. Berlin.
- o.A. (1992): Halle. Ein Führer durch die Stadt und ihre Geschichte. Leipzig.
- o.A. (1996): Meßpunkt Leipzig. Leipziger Blätter, Bd. Sonderheft. Leipzig.
- o.A. (o.J.): 3. Biomet 4.-5.12.1996 in München (Abstracts). o.O..
- OBERSTADTDIREKTOR DER STADT MÜHLHEIM A.D.R. [HRSG.] (1990): Klimaanalyse der Stadt Mühlheim an der Ruhr - Teilraum Broich / Speldorf. Beiträge zur Stadtentwicklung. Mühlheim a.d.R..
- OKE, T. R. (1987): Boundary layer climates. 2. Aufl. London, New York.
- OTTE, U.: Meteorologische Meßnetze in Stadtgebieten. In: VDI-KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT [HRSG.] (1988): Stadtklima und Luftreinhaltung. Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung. Berlin u.a., S. 293-305.
- PANNATIER, Y. (1996): Variowin. Software for Spatial Data Analysis in 2D. Statistics and Computing. New York u.a..
- PLANERSOCIETÄT STADTPLANUNG-VERKEHRPLANUNG-FORSCHUNG (1999): Fußwegekonzept der Stadt Halle. Abschlußbericht. Halle, Dortmund.
- PÜTTMANN, H. & ZIERDT, M. (1999): Untersuchungen zur Variabilität immissionsökologischer Kenngrößen in Kompartimenten wohnlich genutzter Stadtstrukturtypen in der Stadt Halle (Saale). Forschungsvorhaben des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt - Forschungsbericht 76213/39/96. Halle.
- PÜTTMANN, H. (1995): Bewertungskriterien des Schutzgutes Klima für die Anwendung in einem Umweltinformationssystem. Diplomarbeit (unveröffentlicht), Fakultät XVII Geowissenschaften der Ruhr-Universität Bochum.
- PÜTTMANN, H.; MÜNCH, M. & ZIERDT, M.: Klimaparameter - gemessen und empfunden. In: UNIVERSITÄTSCENTRUM FÜR UMWELTWISSENSCHAFTEN; MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT HALLE-WITTENBERG; FRÜHAUF, M. & HARDENBICKER U. [HRSG.] (1998): Geowissenschaftliche Umweltforschung im Mitteldeutschen Raum: Beiträge der 3. Tagung zur Geographischen Umweltforschung in Mitteldeutschland 6.-7. November 1997, Halle (Saale). UZU-Schriftenreihe, Bd. 2. Halle, S. 147-154.
- RAU, M.; WINKLER, C. & KUNZ, R. (1999): Biometeorological assessment of urban climate. In: Staub, Reinhaltung der Luft, Bd. 59, S. 343-348.
- Raumordnungsgesetz (ROG) vom 18.8.1997 geändert durch Art. 3 des Gesetzes über die Errichtung eines Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung sowie zur Änderung besoldungsrechtlicher Vorschriften vom 15.12.1997.
- REICHSAMT FÜR WETTERDIENST [HRSG.] (1939): Klimakunde des Deutschen Reiches - Tabellen. Berlin.
- REINHOLD, M. (1998): Bewertung des Klimas in der Stadt- und Landschaftsplanung. Diss., Universität / Gesamthochschule Kassel.

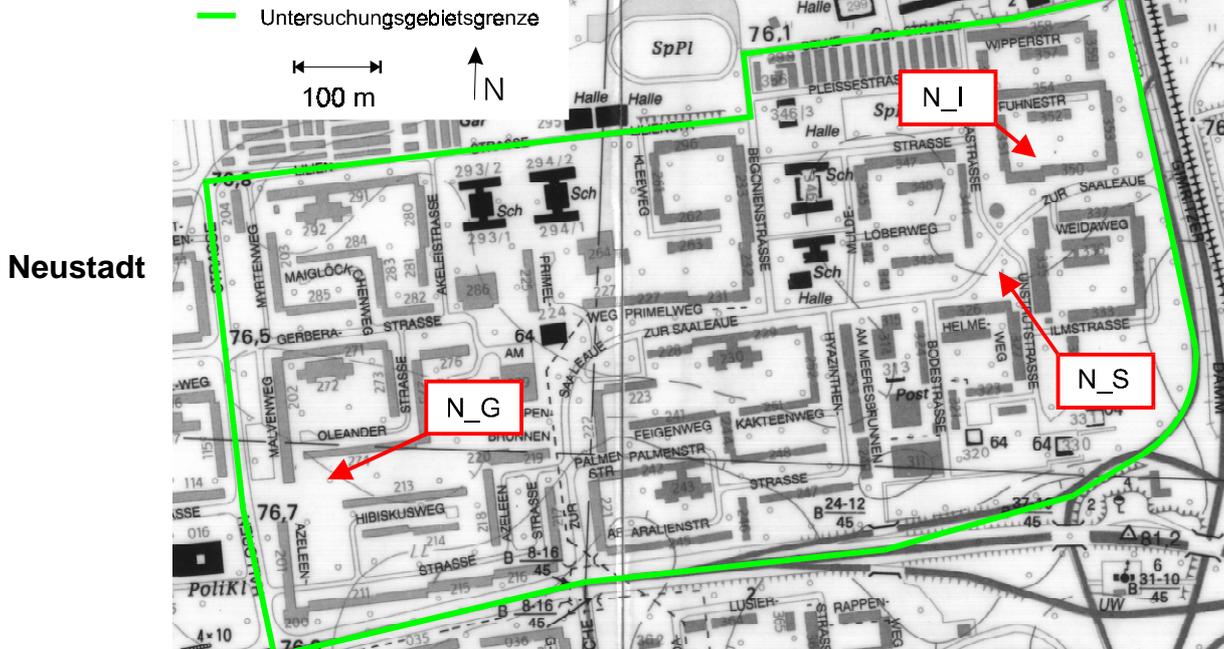
- Richtlinie 85/337/EWG des Rates vom 27. Juni über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten.
- RÖCKLE, R.: Einsatz mikroskaliger Strömungsmodelle bei Planungsfragen. In: DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1992): Internationale Tagung für Human-Biometeorologie vom 16. bis 18. September 1992 in Freiburg. Annalen der Meteorologie, Bd. 28. Offenbach, S. 43-45.
- ROSE, H. (1991): Der KÖP-Wert in der ökologisch orientierten Stadtplanung. Mannheimer Geographische Arbeiten, Bd. 33. Mannheim.
- SAUERBREY, U. (1992): Wärmeklimatische Gliederung und ihre Bedeutung für die Stadtplanung der Stadtregion Halle. Diplomarbeit (unveröffentlicht), Institut für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- SAUERWEIN, M. (1998): Geoökologische Bewertung urbaner Böden am Beispiel von Großsiedlungen in Halle und Leipzig - Kriterien zur Ableitung von Boden-Umweltstandards für Schwermetalle und Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe. Diss., Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Zugleich: UFZ-Bericht, Bd. 19/1998.
- SCHÄDLER, G.; BÄCHLIN, W.; LOHMEYER, A. & VON WEES, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. PEF-Bericht, Bd. 138. Karlsruhe.
- SCHILLER, F. (1991): Modifikation des Stadtklimas durch innerstädtische Grünflächen. Ergebnisse stadtklimatischer Untersuchungen ausgewählter Parkanlagen und Straßenräume in Halle (Saale). Diss., Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- SCHIRMER, H.; KUTTLER, W. L. J. & WEBER, K. [HRSG.] (1993): Lufthygiene und Klima. Ein Handbuch zur Stadt- und Regionalplanung. Düsseldorf.
- SCHÖNWIESE, C.-D. (1985): Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. Berlin, Stuttgart.
- SCHRÖDER, W.: Regionalisierung in den Geowissenschaften. In: SCHRÖDER, W.; VETTER, L. & FRÄNZLE, O. [HRSG.] (1994): Neuere statistische Verfahren und Modellbildung in der Geoökologie. Vieweg-Unweltwissenschaften. Braunschweig, S. 17-30.
- SCHRÖDER, W.; VETTER, L. & FRÄNZLE, O. [HRSG.] (1994): Neuere statistische Verfahren und Modellbildung in der Geoökologie. Vieweg-Unweltwissenschaften. Braunschweig.
- SCHUBERT, H. (1990): Thermische Differenzierung in ausgewählten Baukörperstrukturen der Stadt Halle. Diss., Fakultät für Naturwissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- SMIATEK, G. & SCHOENEMEYER, T. (1999): GIS-Unterstützung für das multiskalige atmosphärische Modell MCCM. In: GIS: Geo-Informationssysteme, Bd. 12, S. 12-17.
- SPACETEC DATENGEWINNUNG GMBH (1992): Stadtklimauntersuchung Halle / Saale. Abschlußbericht. Freiburg i. Br..
- STADT HALLE - STADTPLANUNGSAMT [HRSG.] (1994): Radverkehrskonzeption (Entwurf). Beschlußvorlage für den Stadtrat. Dezember 1994. Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1996a): Quartalsbericht 1/1996. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1996b): Quartalsbericht 3/1996. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1996c): Quartalsbericht 2/1996. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1997a): Quartalsbericht 3/1997. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1997b): Quartalsbericht 1/1997. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1997c): Quartalsbericht 4/1996. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1997d): Quartalsbericht 2/1997. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.

- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1998a): Quartalsbericht 2/1998. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1998b): Quartalsbericht 4/1997. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1998c): Quartalsbericht 3/1998. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1998d): Quartalsbericht 1/1998. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1999a): Quartalsbericht 4/1998. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1999b): Quartalsbericht 1/1999. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1999c): Quartalsbericht 2/1999. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (1999d): Quartalsbericht 3/1999. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (2000a): Quartalsbericht 1/2000. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT [HRSG.] (2000b): Quartalsbericht 4/1999. Kommunalstatistik der Stadt Halle (Saale). Halle.
- STADT HALLE (SAALE) - EINWOHNER- UND STATISTIKAMT: Auszug aus der amtlichen Statistik mit Stand 31.12.1996, schriftliche Mitteilung vom 11.03.1997.
- STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT [HRSG.] (1997): Digitale Stadtgrundkarte 1 : 500. Halle.
- STADT HALLE (SAALE) [HRSG.] (1998): Stadt Halle (Saale) Flächennutzungsplan. Halle.
- STADT HALLE / SAALE - STADTPLANUNGSAMT - ABTEILUNG FLÄCHENNUTZUNGSPLANUNG [HRSG.] (1998): Bewertungskarte Klima/Luft Halle / Saale mit Umland. Halle.
- STADT HALLE [HRSG.] (o.J.): Lokale Agenda 21 Halle (Saale): Handlungsfeld Klimaschutz. o.O..
- STAIGER, H. K.; BUCHER, K. & JENDRITZKY, G.: Gefühlte Temperatur. Die physiologisch gerechte Bewertung von Wärmebelastung und Kältestreß beim Aufenthalt im Freien mit der Maßzahl Grad Celsius. In: DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1997): 3. Fachtagung BIOMET am 4. und 5. Dezember 1996 in München. Annalen der Meteorologie, Bd. 33. Offenbach, S. 100-107.
- STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND [HRSG.] (o.J.): Auslandsstatistische Daten: <http://www.statistik-bund.de/basis/d/ausl/ausl103.htm>.
- STEINICKE & STREIFENEDER UMWELTUNTERSUCHUNGEN (1995): Klimagutachten für die Stadt Magdeburg - ein Beitrag zur Flächennutzungsplanung. Magdeburg.
- STEINICKE & STREIFENEDER UMWELTUNTERSUCHUNGEN (1998): Beitrag zur Landschaftsplanung der Stadt Halle / Saale: Schutzgut Klima / Luft. Freiburg i. Br..
- STOCK, P.; BECKRÖGE, W. & BARLAG, A.-B. (1991): Klimaanalyse Stadt Bochum. Bochum.
- SUKOPP, H. & WITTIG, R. [HRSG.] (1993): Stadtökologie. 1. Aufl. Stuttgart, Jena, New York.
- SWAID, H.; BAR-EL, M. & HOFFMAN, M. E. (1993): A bioclimatic design methodology für urban outdoor spaces. In: Theoretical and applied climatology, Bd. 48, S. 49-61.
- SZALAI, A. [HRSG.] (1972): The use of time. Daily activities of urban und suburban populations in twelve countries. Publications of the European Coordination Centre for Research an Documentation in the Social Sciences, Bd. 5. The Hague, Paris.
- TANNER, C. & FOPPA, K. (1996): Umweltwahrnehmung, Umweltbewußtsein und Umweltverhalten. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie / Sonderhefte, Bd. , S. 245-271.
- TETZLAFF, G.: Vortrag auf dem Workshop Stadtklima, 17. Februar 1999 in Leipzig
- TETZLAFF, G.; DAUNKE, R. & FANENBRUCK, O.: Die Validierung von Modellergebnissen für Stadtgebiete - am Beispiel der Stadt Leipzig. In: MÜLLER, U.; KUTTLER, W. & TETZLAFF, G. [HRSG.] (1999): Workshop

- Stadtklima 17./18. Februar 1999 in Leipzig. Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig und dem Institut für Troposphärenforschung e.V. Leipzig, Bd. 13. Leipzig, S. 65-70.
- THIESSEN, O.: Regionales Gutachtenbüro Potsdam des DWD, schriftliche Mitteilung, vom 21.03.00
- THIESSEN, O.: Regionales Gutachtenbüro Potsdam des DWD, schriftliche Mitteilung, vom 08.11.99
- TISCHER, U. (1991): Untersuchungen zur funktionsorientierten Kennzeichnung des natürlichen und technisch gestalteten Oberflächenreliefs der Stadt Halle (Testgebiet Halle-Nord). Diplomarbeit (unveröffentlicht), Institut für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- TRYON, R. C. & BAILEY, D. E. (1970): Cluster Analysis. New York.
- UNIVERSITÄTSZENTRUM FÜR UMWELTWISSENSCHAFTEN; MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT HALLE-WITTENBERG; FRÜHAUF, M. & HARDENBICKER U. [HRSG.] (1998): Geowissenschaftliche Umweltforschung im Mitteldeutschen Raum: Beiträge der 3. Tagung zur Geographischen Umweltforschung in Mitteldeutschland 6.-7. November 1997, Halle (Saale). UZU-Schriftenreihe, Bd. 2. Halle.
- VDI [HRSG.] (1984): VDI 3787 Blatt 1 Umweltmeteorologie. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. VDI-Richtlinien. Düsseldorf.
- VDI [HRSG.] (1985a): VDI 3786 Blatt 4 Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhalteung; Luftfeuchtigkeit. VDI-Richtlinien. Düsseldorf.
- VDI [HRSG.] (1985b): VDI 3786 Blatt 7 Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhalteung; Niederschlag. VDI-Richtlinien. Düsseldorf.
- VDI [HRSG.] (1985c): VDI 3786 Blatt 3 Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhalteung; Lufttemperatur. VDI-Richtlinien. Düsseldorf.
- VDI [HRSG.] (1986): VDI 3786 Blatt 5 Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhalteung; Globalstrahlung, direkte Sonneneinstrahlung und Strahlungsbilanz. VDI-Richtlinien. Düsseldorf.
- VDI [HRSG.] (1988): VDI 3786 Blatt 2 Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhalteung; Wind. VDI-Richtlinien. Düsseldorf.
- VDI [HRSG.] (1995): VDI 3786 Blatt 1 Umweltmeteorologie - Meteorologische Messungen - Grundlagen. VDI-Richtlinien. Düsseldorf.
- VDI [HRSG.] (1996): VDI 3787 Blatt 2 Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt und Regionalplanung Teil I: Klima. VDI-Richtlinien. Düsseldorf.
- VDI [HRSG.] (1997): Umwelt- und Klimabeeinflussung durch den Menschen IV. VDI-Berichte, Bd. 1330. Düsseldorf.
- VDI-KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT [HRSG.] (1988): Stadtklima und Luftreinhalteung. Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung. Berlin u.a..
- VEIT, U.; PETZOLD, B. & PIEHL, H.-D. (1987): Klimadaten der Deutschen Demokratischen Republik - Ein Handbuch für die Praxis: Klimatologische Normalwerte 1951/80. Reihe B, Bd. 14. Potsdam.
- VOM HAGEN, C. H. (1867): Die Stadt Halle nach amtlichen Quellen historisch-topographisch-statistisch dargestellt. Zugleich Ergänzung und Fortsetzung der Dreyhaupt'schen Chronik. Halle.
- WACKERNAGEL, H. (1995): Multivariate Geostatistics: an introduction with applications. Berlin u.a..
- WEIHE, W.H.: Autonome und bewußt gesteuerte Regulation: Beziehungen zwischen Wetter und Mensch. In: DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1997): 3. Fachtagung BIOMET am 4. und 5. Dezember 1996 in München. Annalen der Meteorologie, Bd. 33. Offenbach, S. 52-57.
- WEIHE, W.H.: Autonome und bewußt gesteuerte Regulation: Wetter und Mensch. In: o.A. [HRSG.] (o.J.): 3. Biomet 4.-5.12.1996 in München (Abstracts). o.O., S. 8.
- WEIHE, W.H.: Klassifikation atmosphärischer Faktoren mit biotroper Wirkung nach Art der Rezeption im Organismus. In: DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.] (1999): 4. Fachtagung BIOMET: (19.-20. April 1999 in München) des Fachausschusses BIOMET der DMG gemeinsam mit der Gesellschaft zur Förderung Medizin-Meteorologischer Forschung e.V.. Annalen der Meteorologie, Bd. 39. Offenbach, S. 122-124.

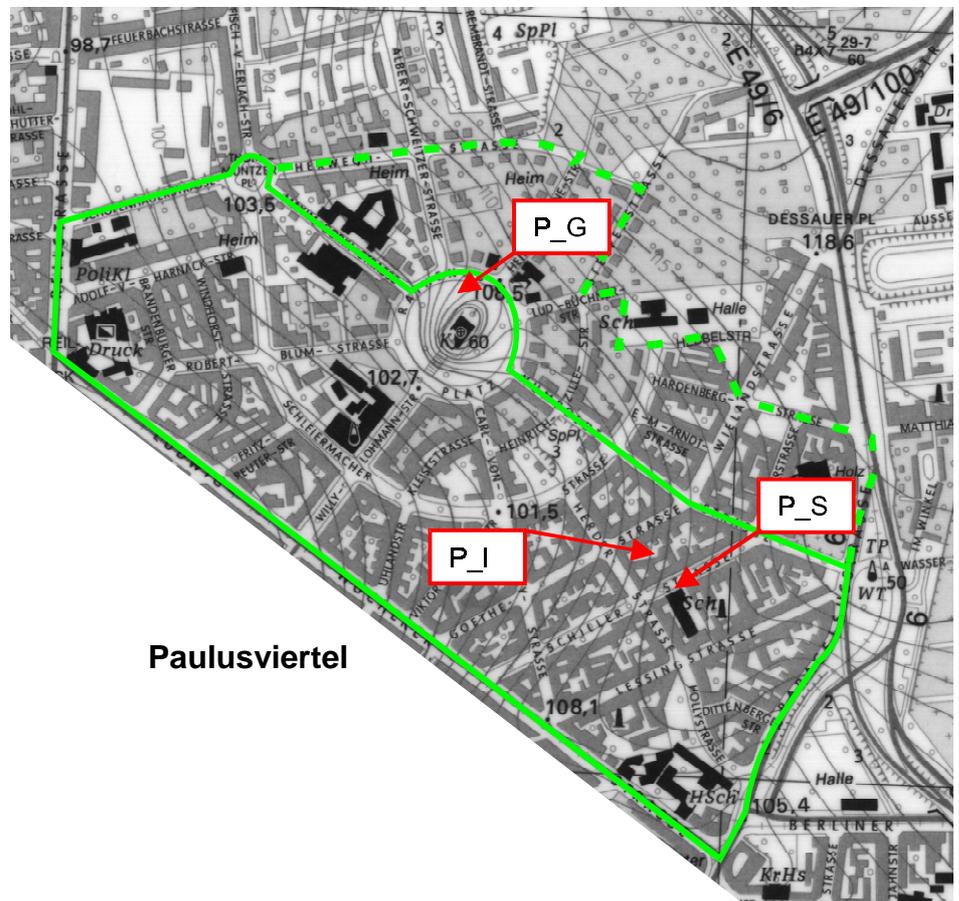
-
- WERHEIT, M. & FRIEDRICH, K. (in Vorbereitung): Erarbeitung von Leitbildern und Qualitätszielen für ausgewählte stadtstrukturelle Teilräume der Stadt Halle / Saale im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung. UFZ-Bericht. Leipzig.
- WESSEL, K. (1996): Empirisches Arbeiten in der Wirtschafts- und Sozialgeographie. UTB für Wissenschaft: Uni-Taschenbücher, Bd. 1956. Paderborn u.a..
- WICKOP, E.; BÖHM, P.; EITNER, K. & BREUSTE, J. (1998): Qualitätszielkonzept für Stadtstrukturtypen am Beispiel Leipzig. Entwicklung einer Methodik zur Operationalisierung einer nachhaltigen Stadtentwicklung auf der Ebene von Stadtstrukturen. UFZ-Bericht, Bd. 14/98. Halle.
- WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG [HRSG.]: Hinweise für die Bauleitplanung, Bd. 2. Stuttgart.
- WOLF, S. (1997): Stadtklimatische Bewertung für das Untersuchungsgebiet Halle / Saale. Diplomarbeit (unveröffentlicht), Fachbereich Geowissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- ZIERDT, M. & DIPPANN, S. (1996): Untersuchungen zum Stadtklima und zur Lufthygiene mittels Bioindikatoren in der Stadt Halle / S. - Abschlußbericht. Halle.
- ZÖLITZ-MÖLLER, R. & KLEIN, A.: Cluster-Analyse an Daten aus der europaweiten Luftqualitätsüberwachung. In: SCHRÖDER, W.; VETTER, L. & FRÄNZLE, O. [HRSG.] (1994): Neuere statistische Verfahren und Modellbildung in der Geoökologie. Vieweg-Umweltwissenschaften. Braunschweig, S. 239-154.

Kartenanhang



Darstellung auf der Grundlage von Geobasisinformationen der VuKV Sachsen-Anhalt. Mit Erlaubnis des Landesamtes für Landesvermessung und Datenverarbeitung des Landes Sachsen-Anhalt vom 14.06.2001. Erlaubnisnr.: LVermD/W/265/2001

Herausgegeben vom Landesamt für Landesvermessung und Datenverarbeitung des Landes Sachsen-Anhalt. Diese Karten sind gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

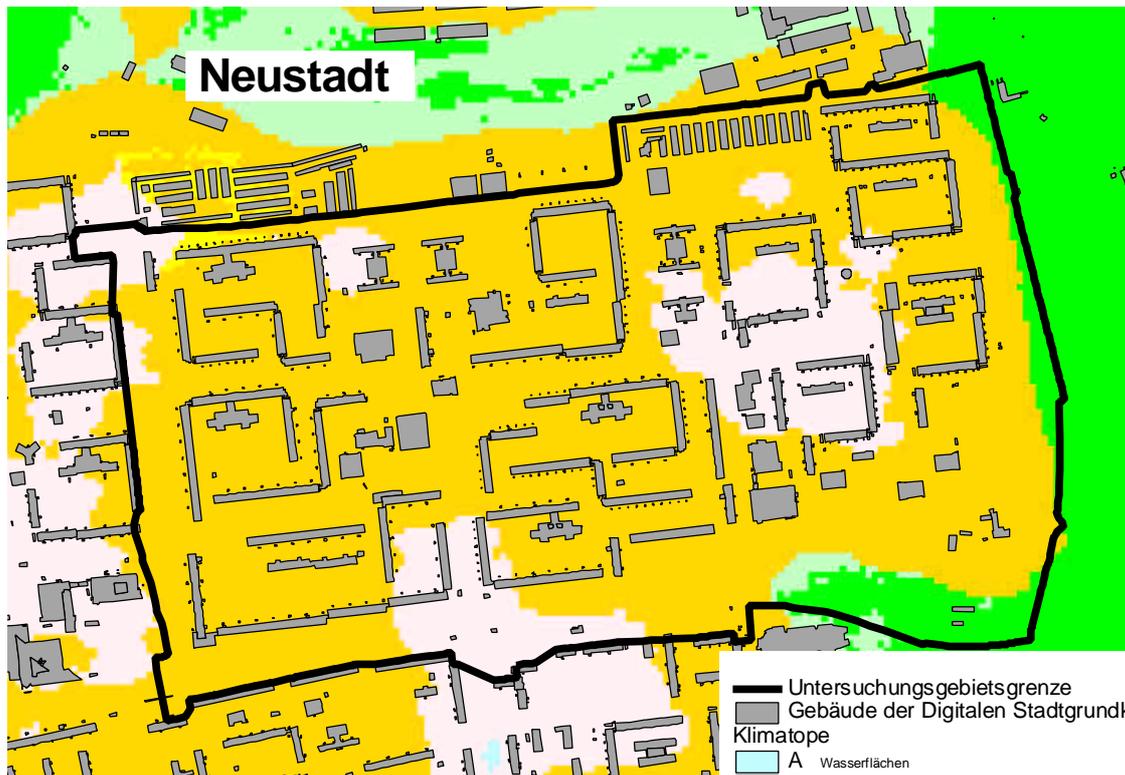


Temporäre Klimastationen:

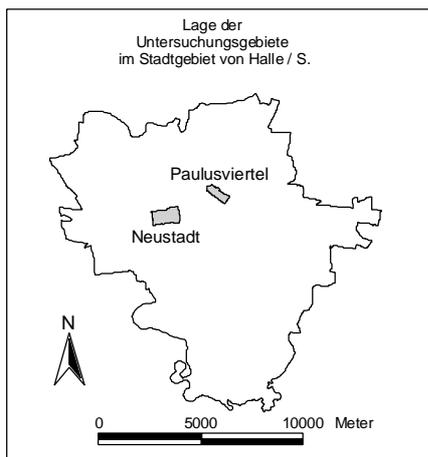
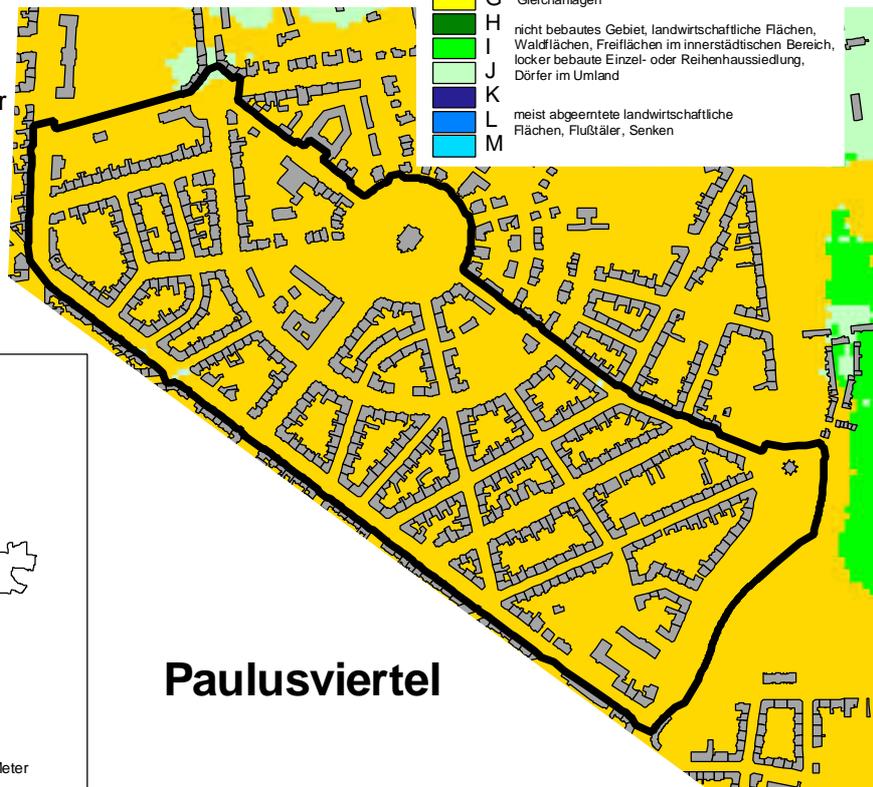
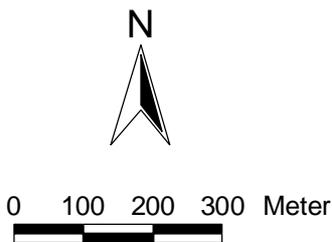
- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| P_G: Paulusviertel / Grünfläche | N_G: Neustadt / Grünfläche |
| P_I: Paulusviertel / Innenhof | N_I: Neustadt / Innenhof |
| P_S: Paulusviertel / Straße | N_S: Neustadt / Straße |

Karte 1: Abgrenzung der Untersuchungsgebiete und Lage der Klimastationen in Neustadt und im Paulusviertel

Kartengrundlage: Ausschnitte aus LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND DATENVERARBEITUNG SACHSEN-ANHALT (1992a-b)
 Kartographie: Heike Püttmann



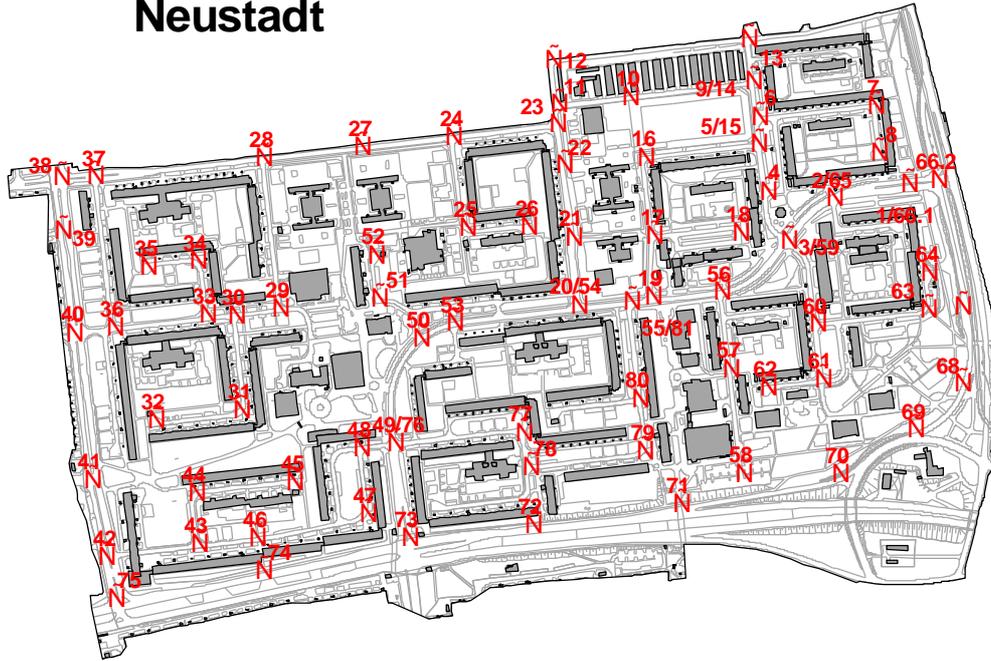
- Untersuchungsgebietsgrenze
- Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte
- Klimatope**
- A Wasserflächen
- B Verkehrsknotenpunkte
- C innerstädtisches Straßennetz,
- D Industriegebiete mit hohem Versiegelungsgrad
- E Bausubstanz im städtischen Bereich, städtische Parks
- F Gleichanlagen
- H nicht bebautes Gebiet, landwirtschaftliche Flächen, Waldflächen, Freiflächen im innerstädtischen Bereich, locker bebaute Einzel- oder Reihenhaussiedlung, Dörfer im Umland
- I
- J
- K
- L meist abgemietete landwirtschaftliche Flächen, Flußtäler, Senken
- M



Karte 2: Klimatopkarte der Stadt Halle (Auszug)

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: Klimatopkarte in Mikroklimatopdarstellung Halle / Saale mit Umland (MAGISTRAT DER STADT HALLE - GRÜNFLÄCHENAMT (1992b))
 Kartographie: Heike Püttmann

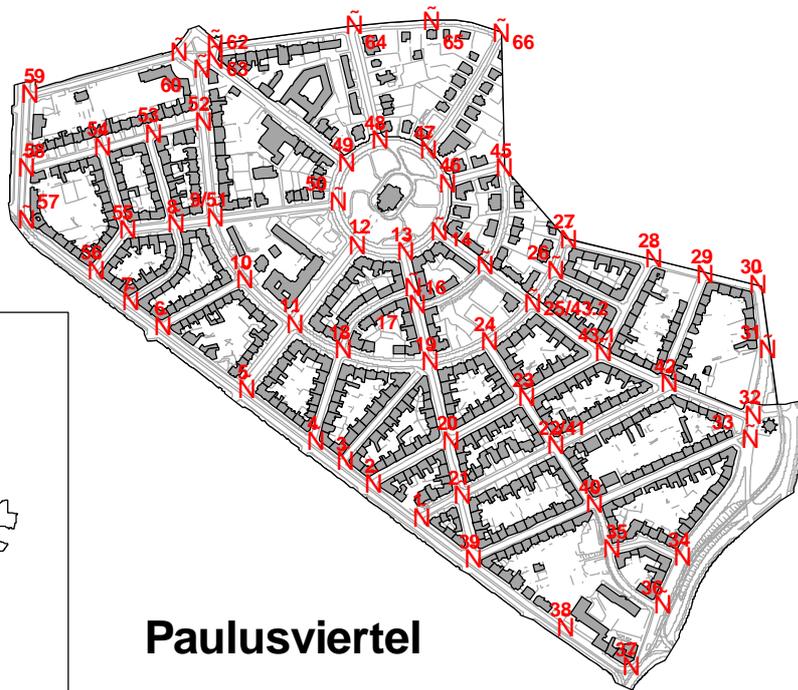
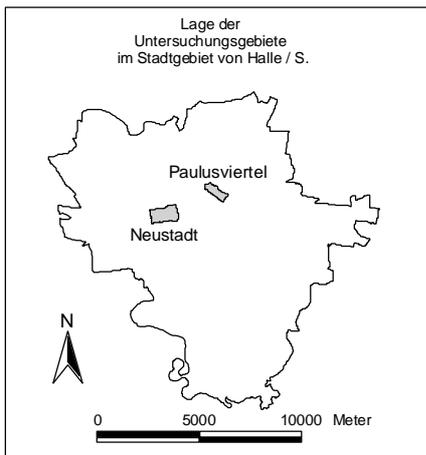
Neustadt



- N Meßpunkte
- Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte
- Umrisse / Begrenzungen der Digitalen Stadtgrundkarte



0 100 200 300 Meter

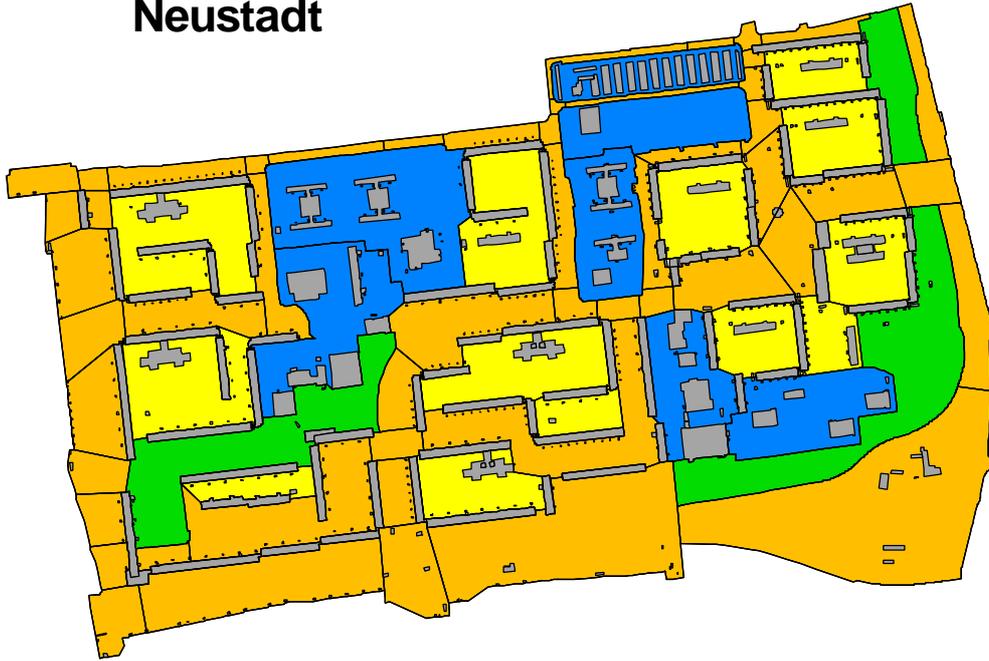


Paulusviertel

Karte 3: Meßpunkte der Meßfahrten

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999)
 Kartographie: Heike Püttmann

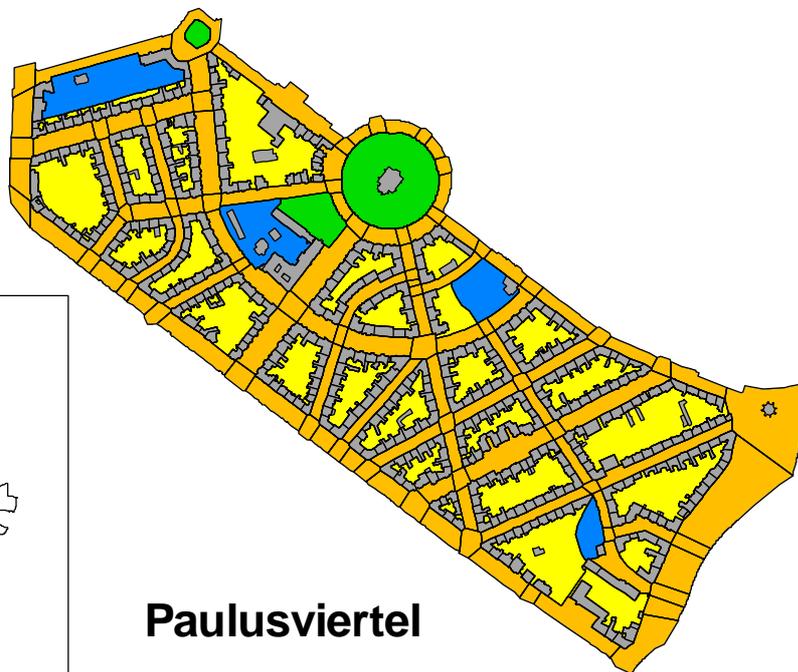
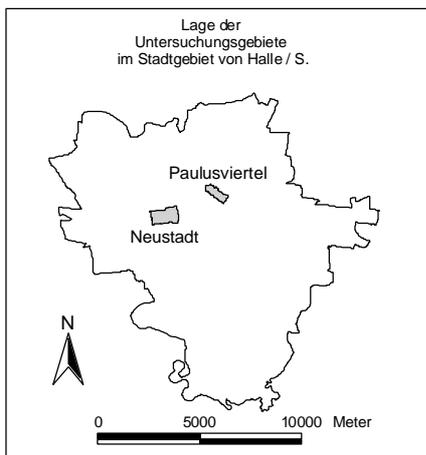
Neustadt



- Subtypenflächen
- Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte
- Subtypenkategorien
 - öffentliche Grünflächen
 - Straßen (Straßenabschnitte / Kreuzungsbereiche)
 - Innenhöfe
 - Sonderflächen



0 100 200 300 Meter

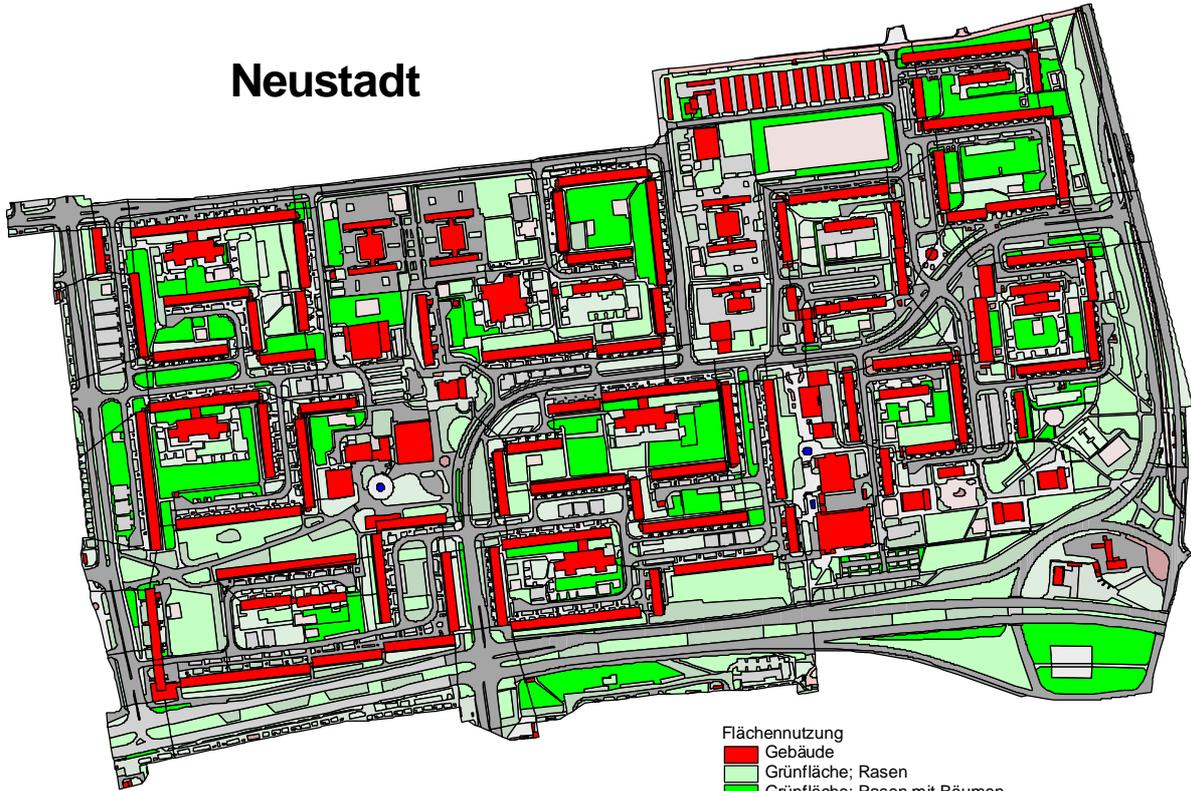


Paulusviertel

Karte 4: Ausgewiesene Subtypenabgrenzungen in den Untersuchungsgebieten

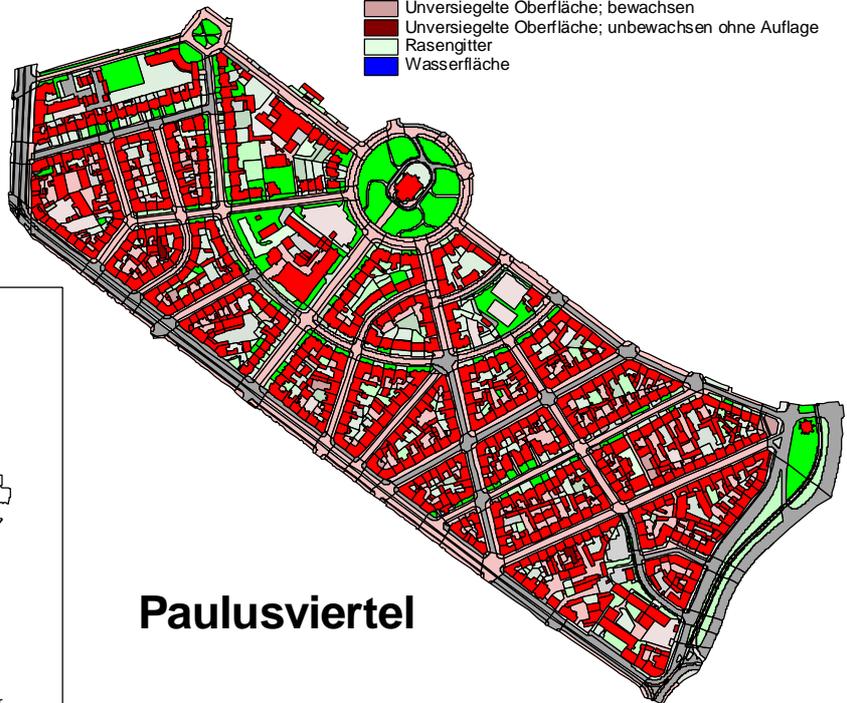
Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
Datengrundlage: eigene Erhebung
Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt

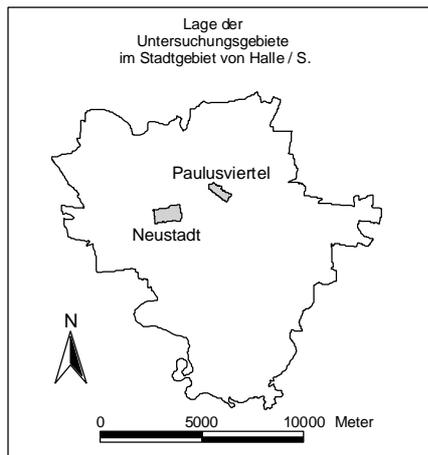


0 100 200 300 Meter

- Flächennutzung
- Gebäude
 - Grünfläche; Rasen
 - Grünfläche; Rasen mit Bäumen
 - Grünfläche; locker bewachsen
 - Grünfläche; dicht bewachsen
 - Decke; Asphalt
 - Decke; Beton
 - Platte; Granit
 - Platte; Beton
 - Pflaster; Granit/ Porphyr/Schlacke/Ziegel
 - Verbundpflaster
 - Unversiegelte Oberfläche; unbewachsen mit Auflage
 - Unversiegelte Oberfläche; bewachsen
 - Unversiegelte Oberfläche; unbewachsen ohne Auflage
 - Rasengitter
 - Wasserfläche



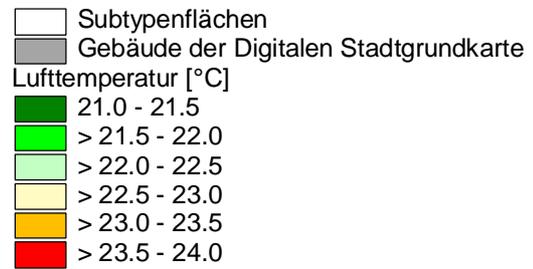
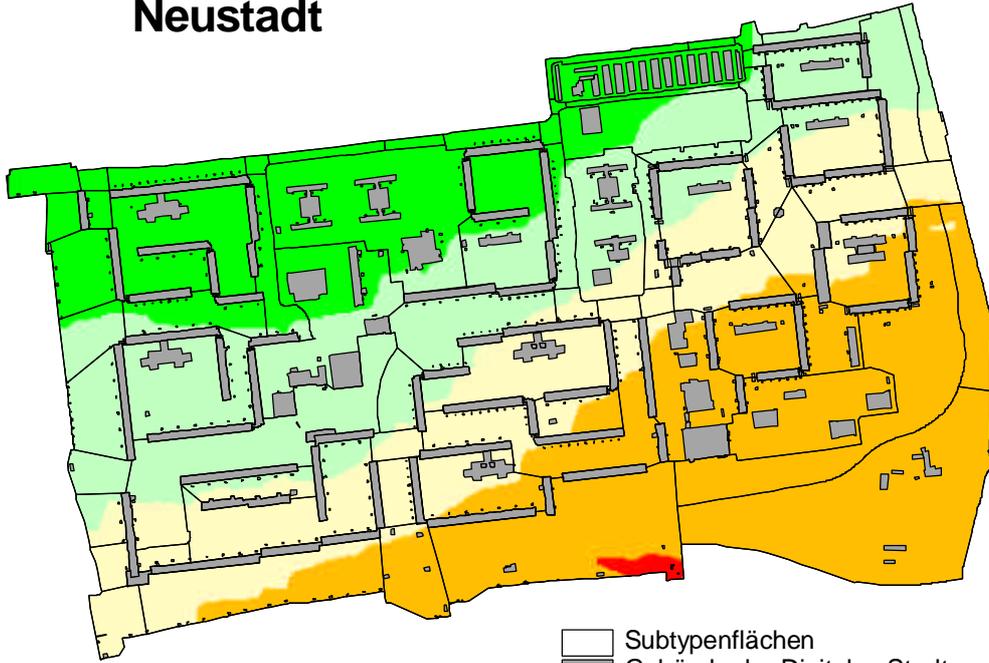
Paulusviertel



Karte 5: Ergebnisse der Flächennutzungskartierung

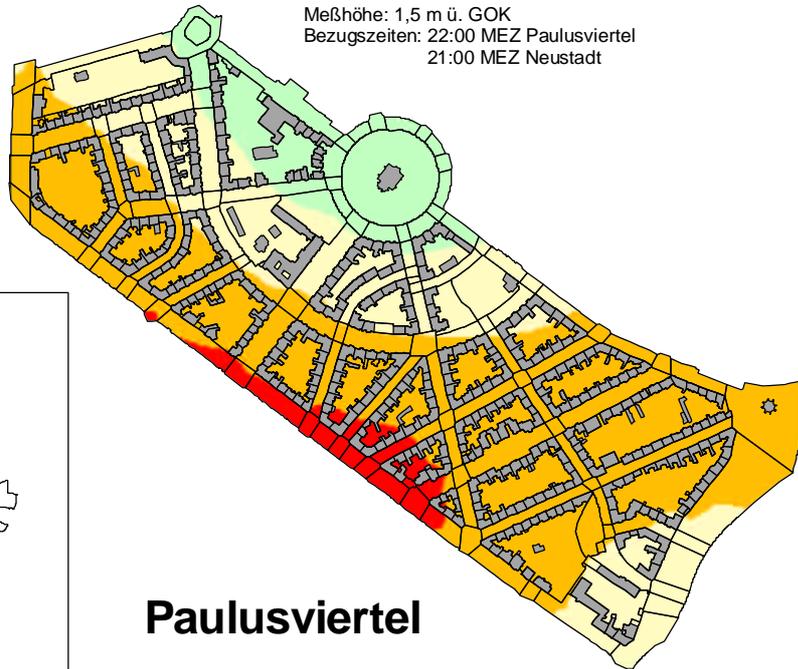
Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: eigene Erhebung
 Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt

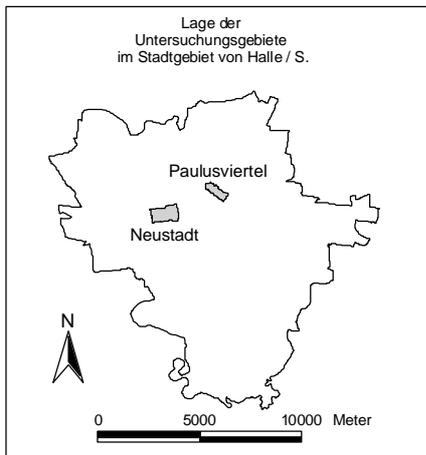


0 100 200 300 Meter

Meßhöhe: 1,5 m ü. GOK
 Bezugszeiten: 22:00 MEZ Paulusviertel
 21:00 MEZ Neustadt



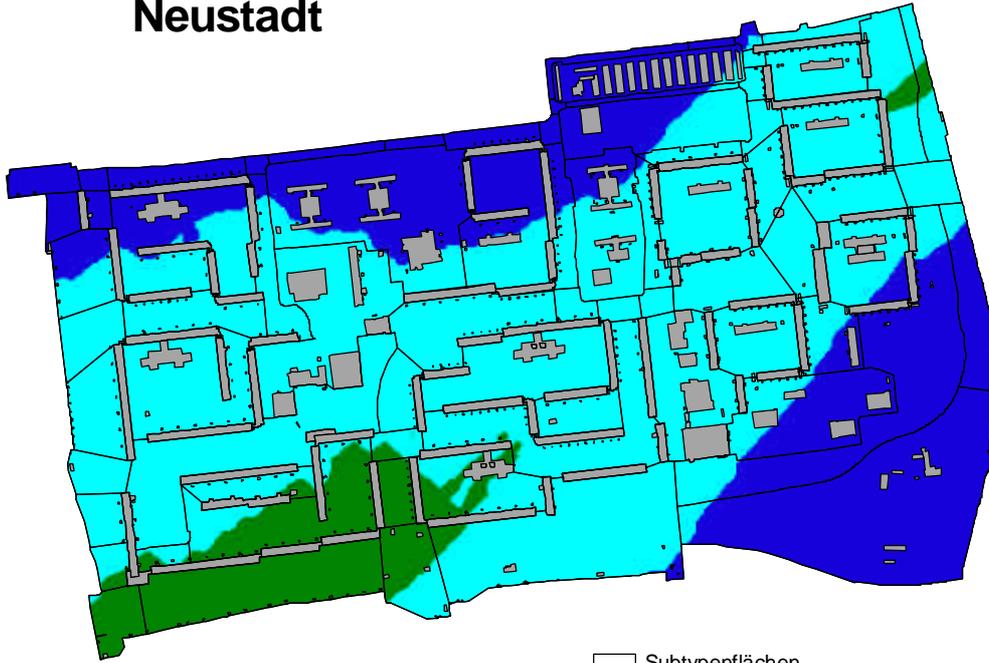
Paulusviertel



Karte 6: Ergebnisse der Abendmeßfahrt vom 21.08.1997 - Lufttemperatur

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999)
 Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt

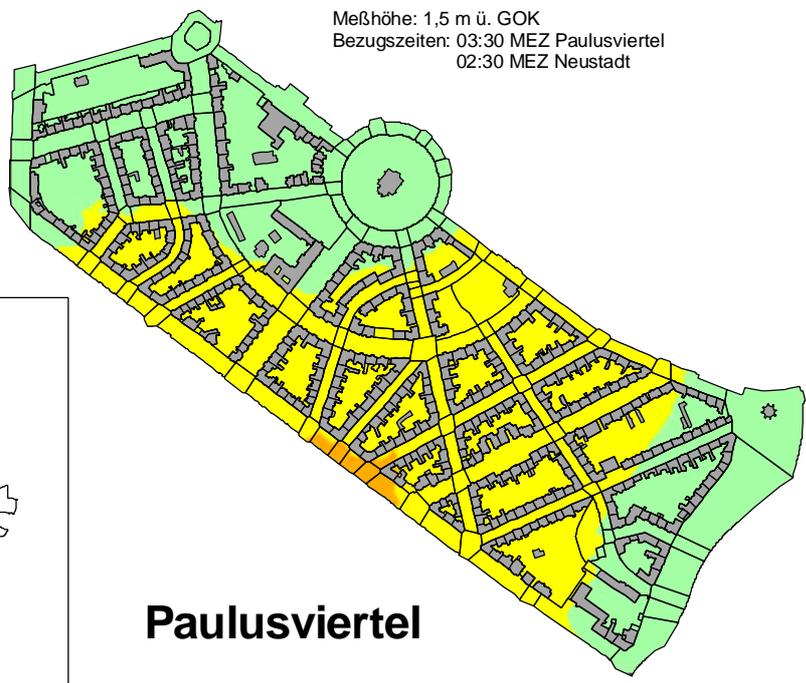


- Subtypenflächen
- Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte
- Lufttemperatur [°C]
- 16.5 - 17.0
- > 17.0 - 17.5
- > 17.5 - 18.0
- > 18.0 - 18.5
- > 18.5 - 19.0
- > 19.0 - 19.5
- > 19.5 - 20.0

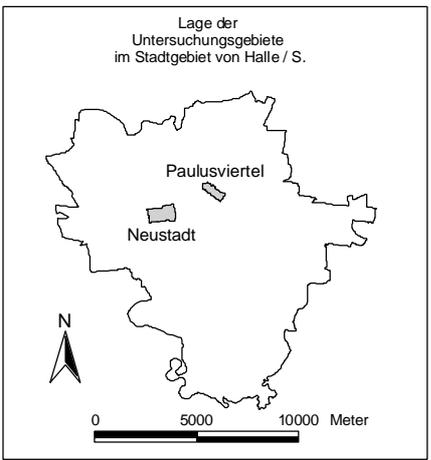


0 100 200 300 Meter

Meßhöhe: 1,5 m ü. GOK
 Bezugszeiten: 03:30 MEZ Paulusviertel
 02:30 MEZ Neustadt



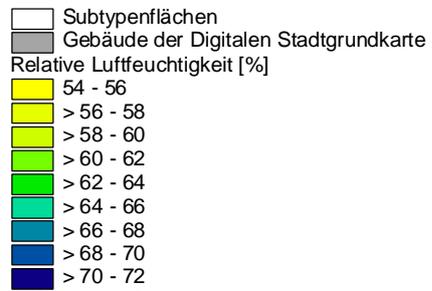
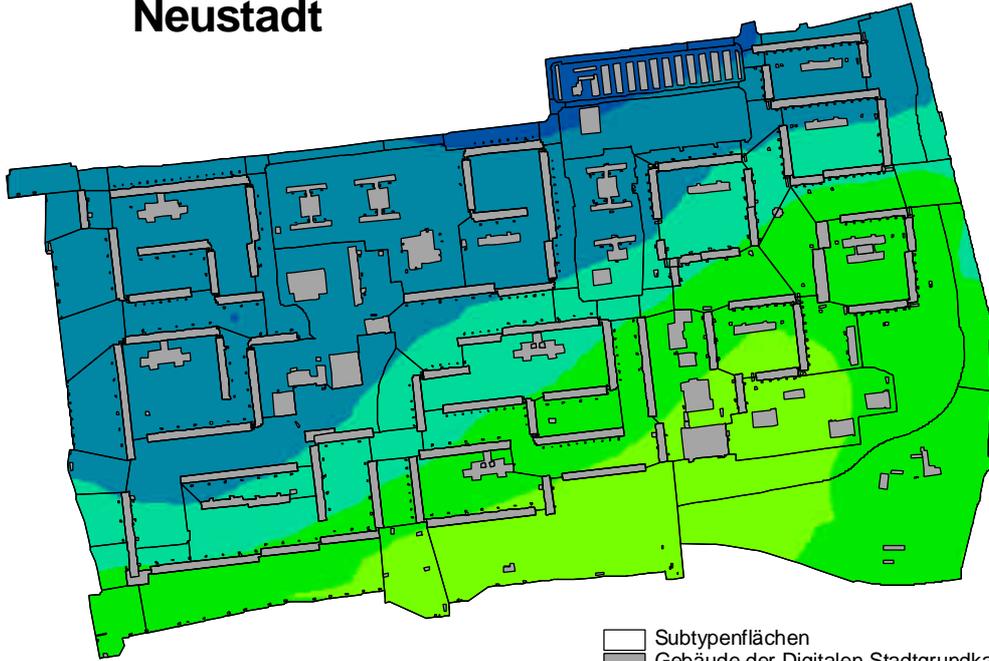
Paulusviertel



Karte 7: Ergebnisse der Morgenmeßfahrt vom 22.08.1997 - Lufttemperatur

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999)
 Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt

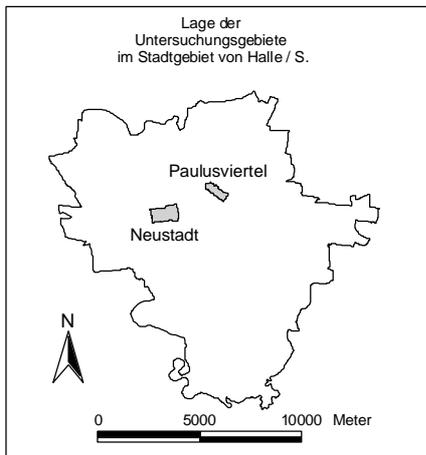


0 100 200 300 Meter

Meßhöhe: 1,5 m ü. GOK
 Bezugszeiten: 22:00 MEZ Paulusviertel
 21:00 MEZ Neustadt



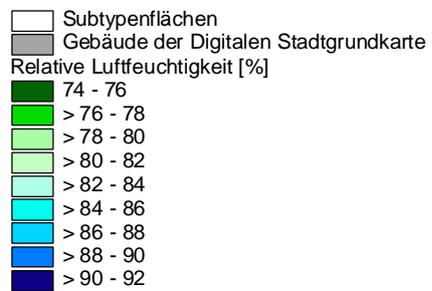
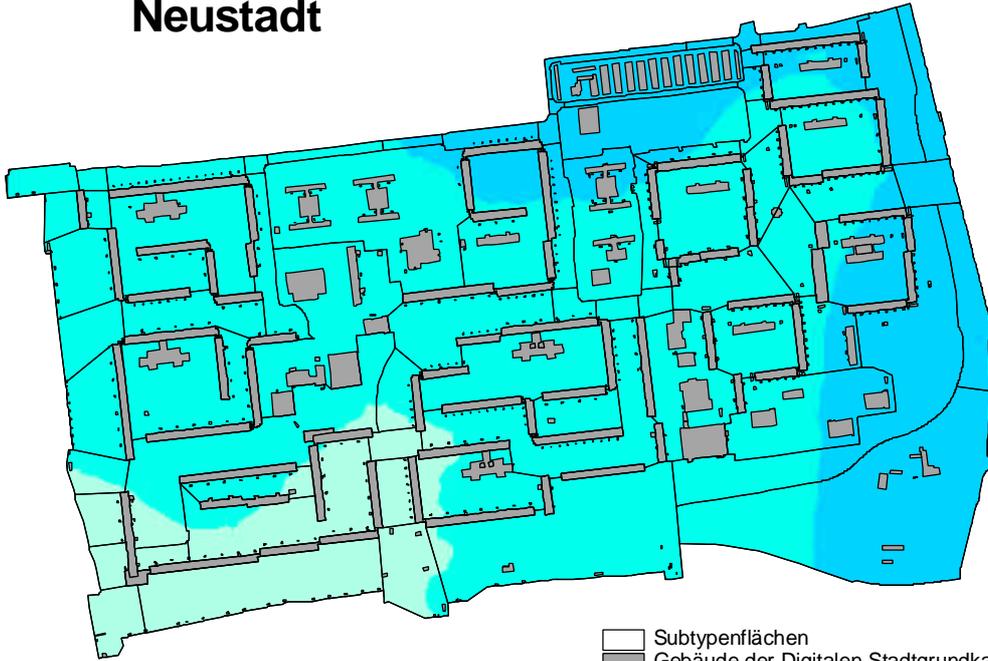
Paulusviertel



Karte 8: Ergebnisse der Abendmeßfahrt vom 21.08.1997 – Relative Luftfeuchtigkeit

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999)
 Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt

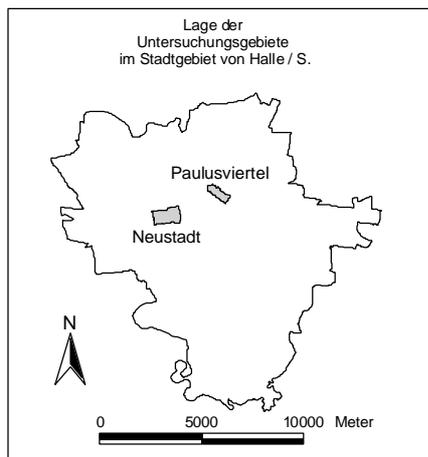


0 100 200 300 Meter

Meßhöhe: 1,5 m ü. GOK
 Bezugszeiten: 03:30 MEZ Paulusviertel
 02:30 MEZ Neustadt



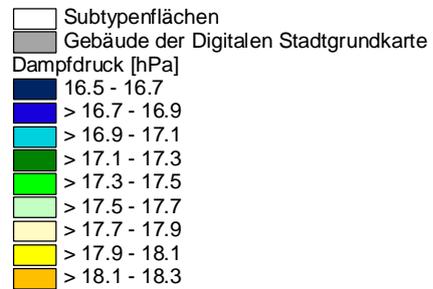
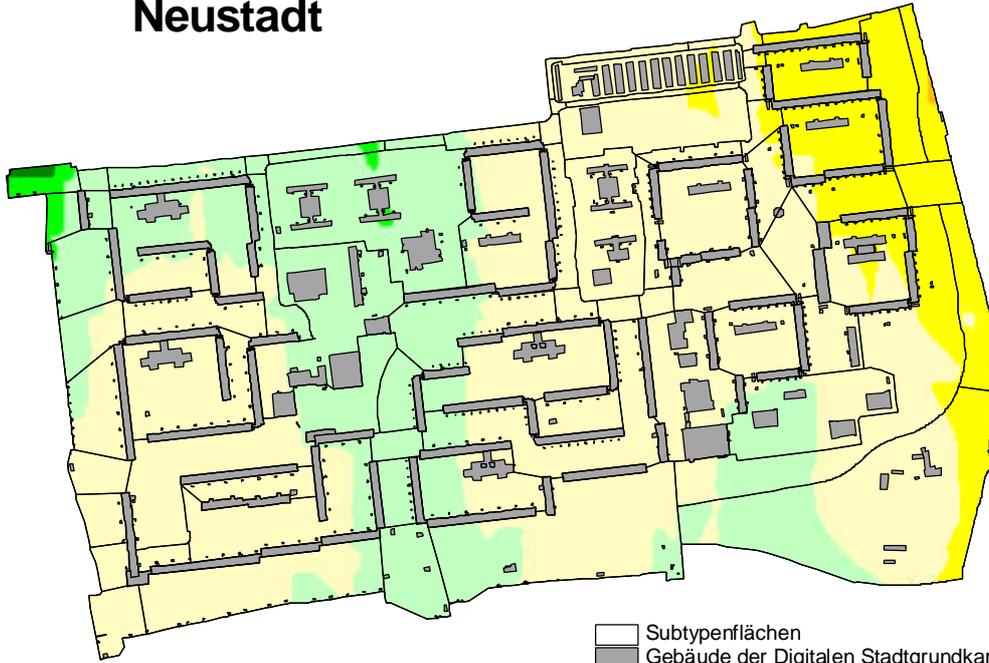
Paulusviertel



Karte 9: Ergebnisse der Morgenmeßfahrt vom 22.08.1997 - Relative Luftfeuchtigkeit

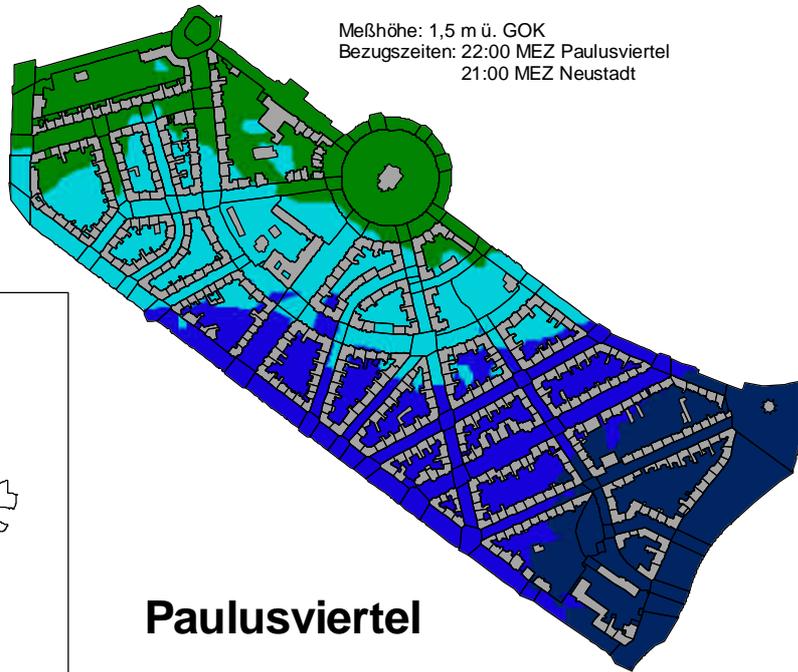
Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999)
 Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt

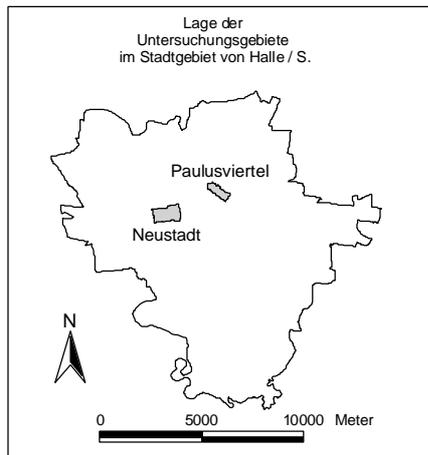


0 100 200 300 Meter

Meßhöhe: 1,5 m ü. GOK
 Bezugszeiten: 22:00 MEZ Paulusviertel
 21:00 MEZ Neustadt



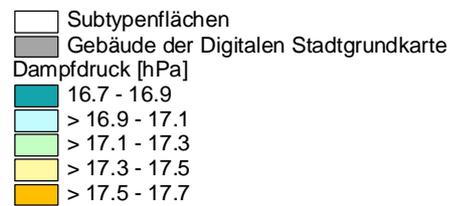
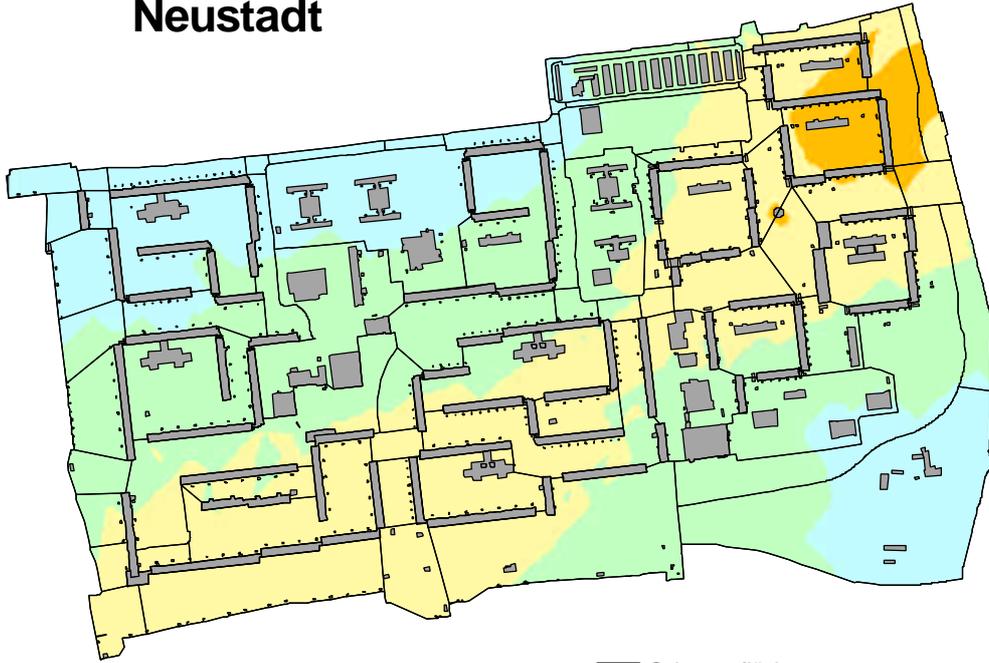
Paulusviertel



Karte 10: Ergebnisse der Abendmeßfahrt vom 21.08.1997 - Dampfdruck

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999)
 Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt

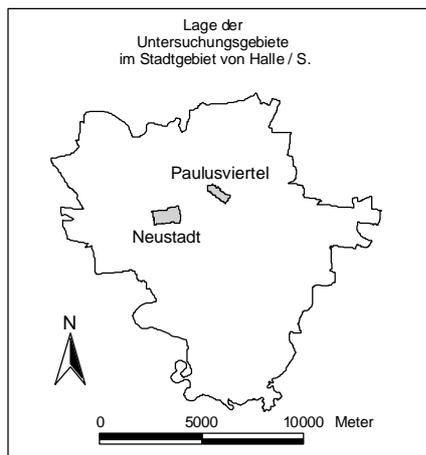


Meßhöhe: 1,5 m ü. GOK
Bezugszeiten: 03:30 MEZ Paulusviertel
02:30 MEZ Neustadt

0 100 200 300 Meter



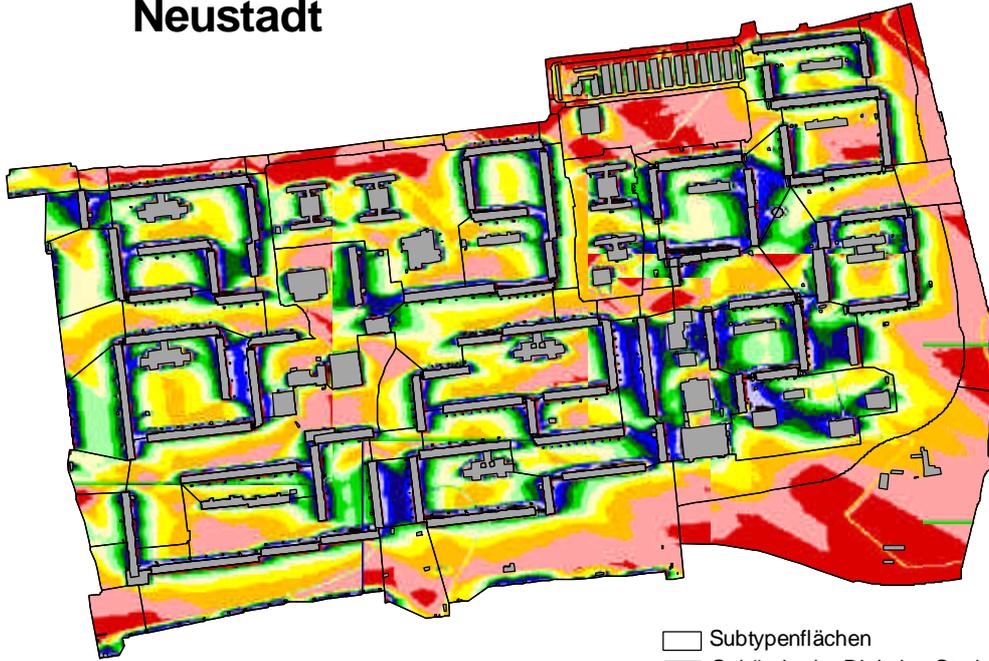
Paulusviertel



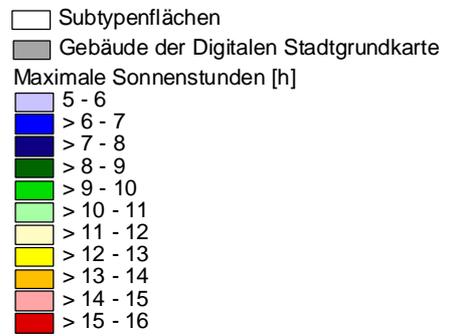
Karte 11: Ergebnisse der Morgenmeßfahrt vom 22.08.1997 - Dampfdruck

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
Datengrundlage: PÜTTMANN & ZIERDT (1999)
Kartographie: Heike Püttmann

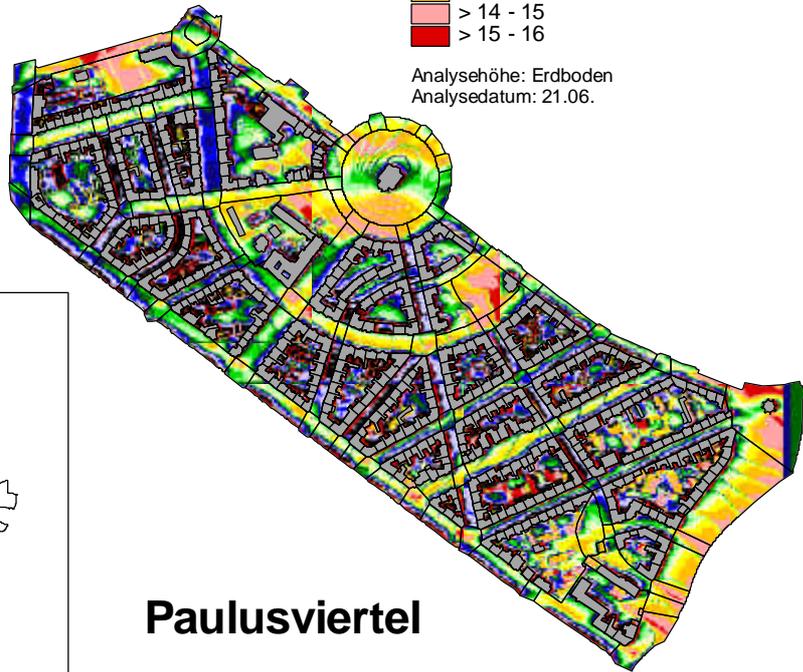
Neustadt



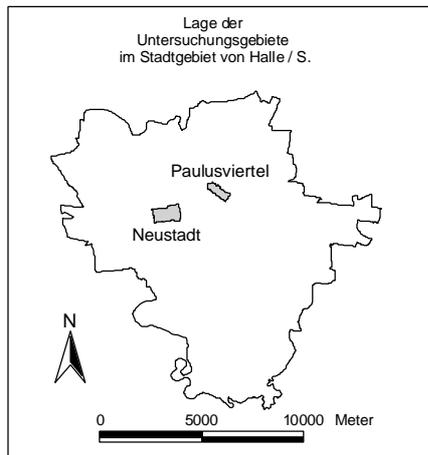
0 100 200 300 Meter



Analysehöhe: Erdboden
Analysedatum: 21.06.



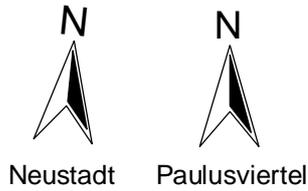
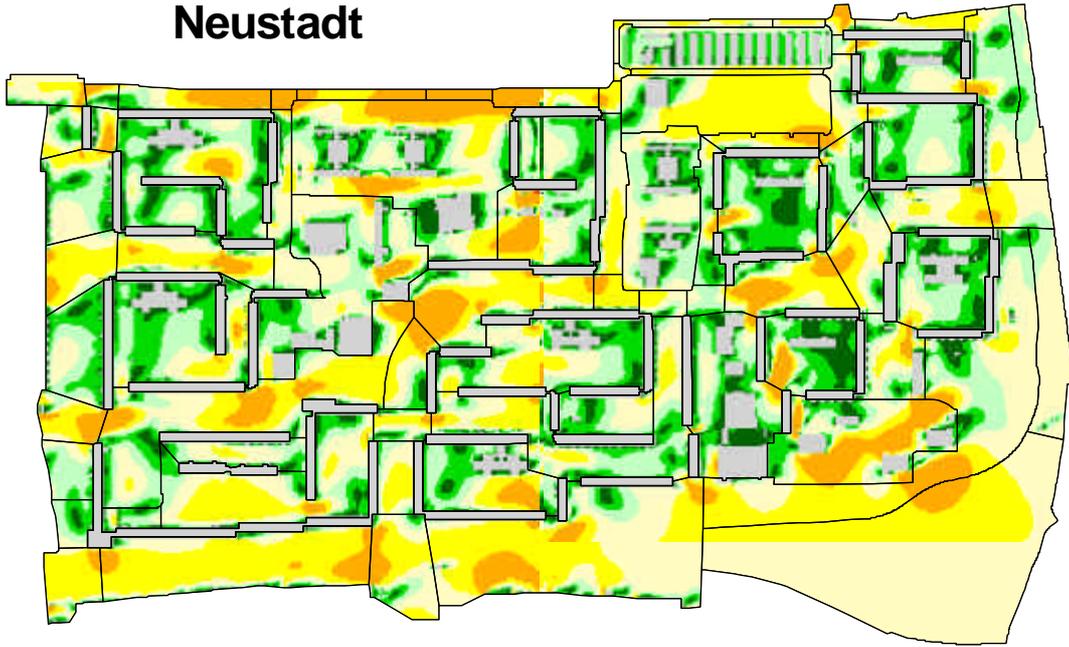
Paulusviertel



Karte 12: Ergebnisse der SHADOW-Simulationen - maximale Sonnenstunden

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: eigene Erhebung
 Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt



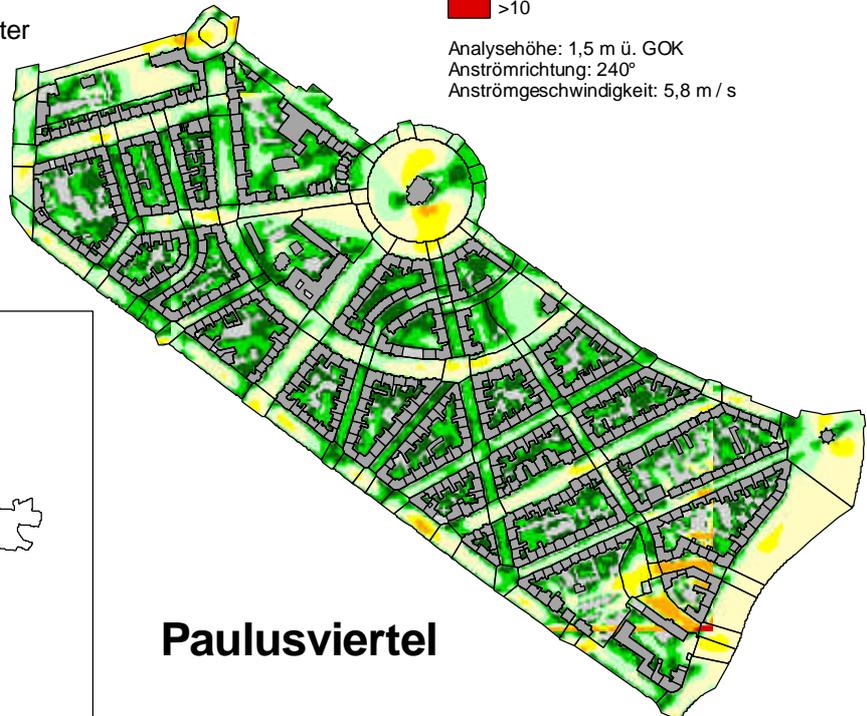
0 100 200 300 Meter

- Subtypenflächen
- Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte

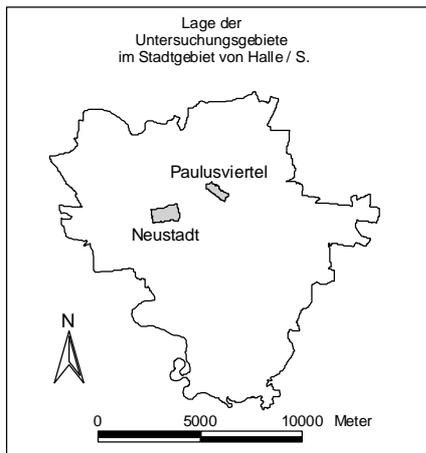
Windgeschwindigkeit [m / s]

- 0 - 1
- > 1 - 2
- > 2 - 3
- > 3 - 4
- > 4 - 5
- > 5 - 10
- >10

Analysehöhe: 1,5 m ü. GOK
Anströmrichtung: 240°
Anströmgeschwindigkeit: 5,8 m / s



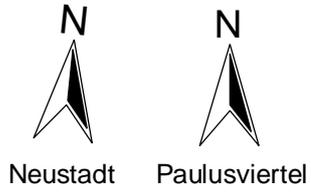
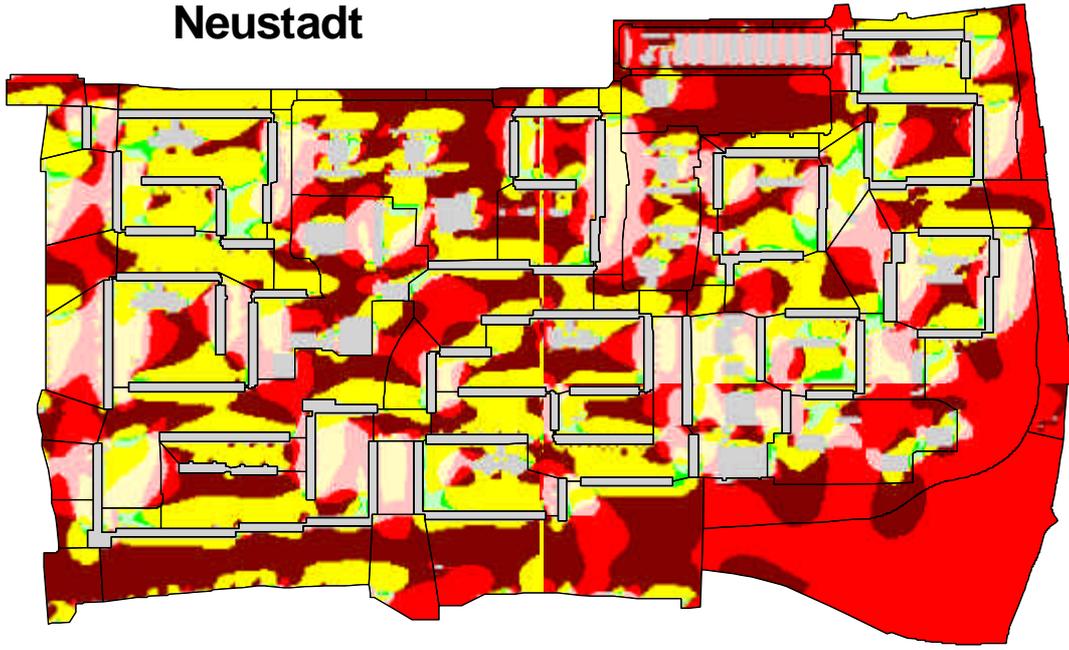
Paulusviertel



Karte 13: Ergebnisse der MISKAM-Simulationen - Mittlere Windgeschwindigkeit

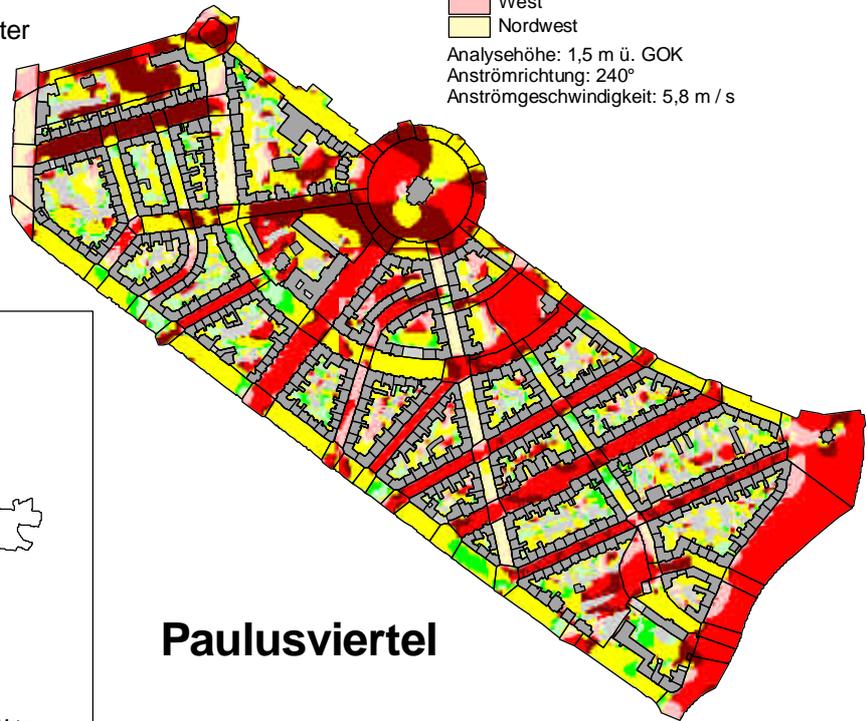
Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
Datengrundlage: eigene Erhebung
Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt

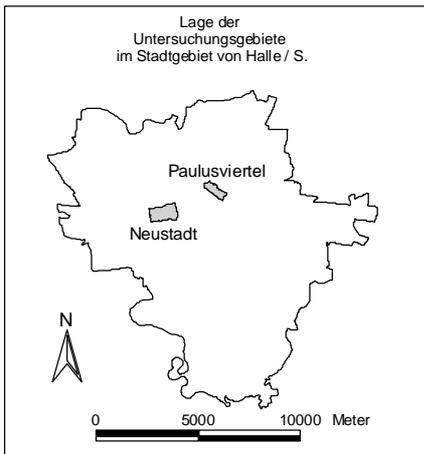


- Subtypenflächen
- Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte
- Windrichtungssektoren
- Nord
- Nordost
- Ost
- Südost
- Süd
- Südwest
- West
- Nordwest

Analysehöhe: 1,5 m ü. GOK
 Anströmrichtung: 240°
 Anströmgeschwindigkeit: 5,8 m / s



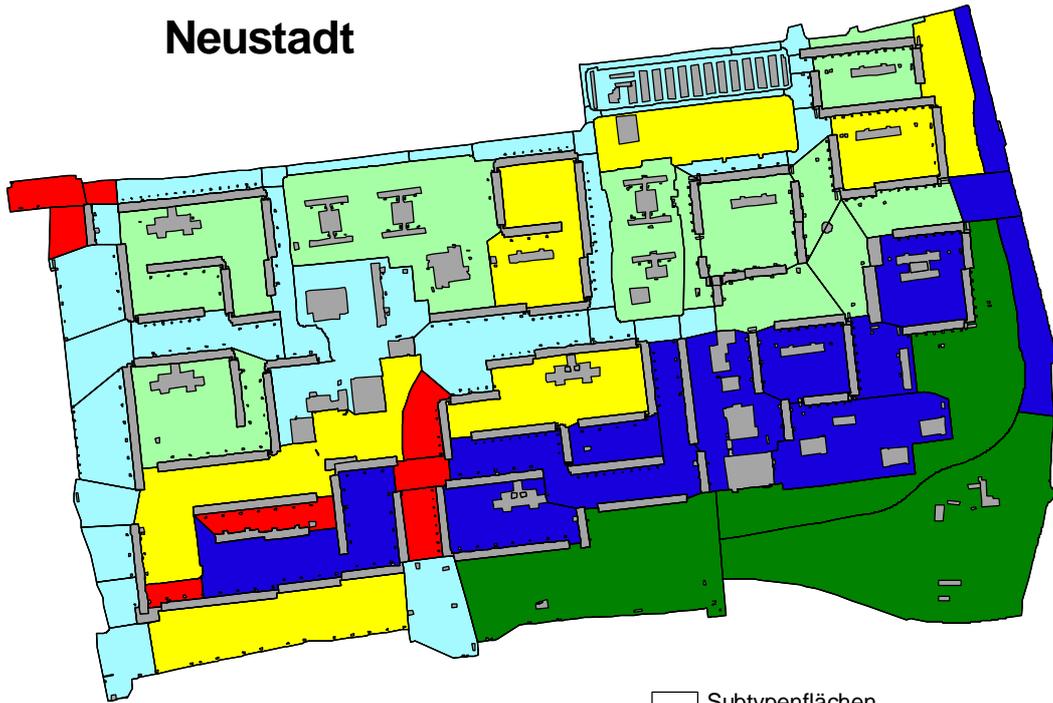
Paulusviertel



Karte 14: Ergebnisse der MISKAM-Simulationen - Mittlere Windrichtung

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: eigene Erhebung
 Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt



0 100 200 300 Meter

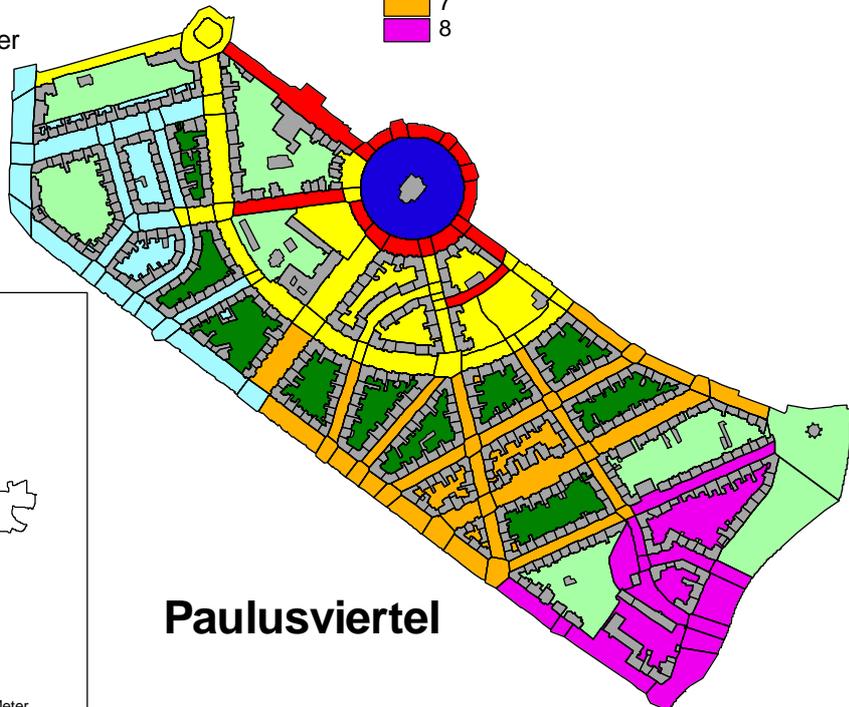
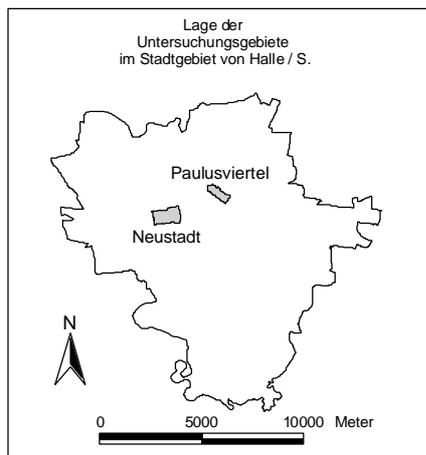
Subtypenflächen
Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte

Cluster



Beschreibung der Cluster:

- für Neustadt in Tabelle 12, S. 73
- für das Paulusviertel in Tabelle 13, S. 74

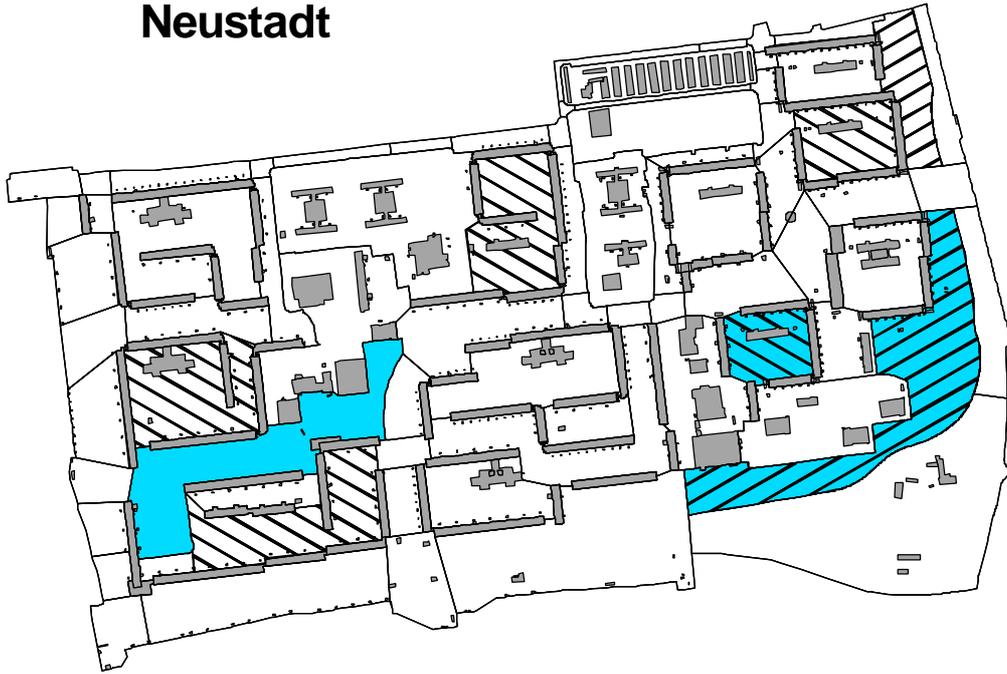


Paulusviertel

Karte 15: Ergebnisse der Clusteranalyse - Lufttemperatur

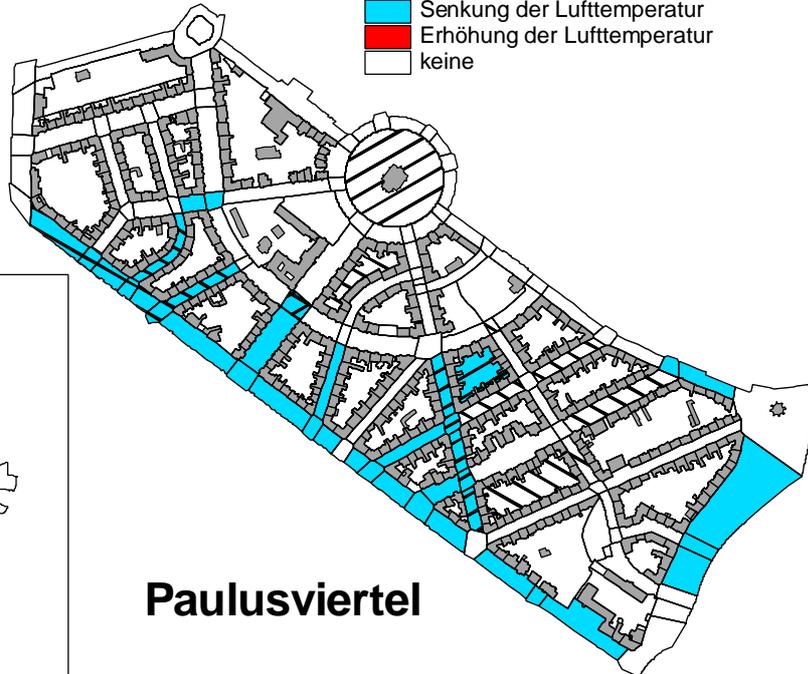
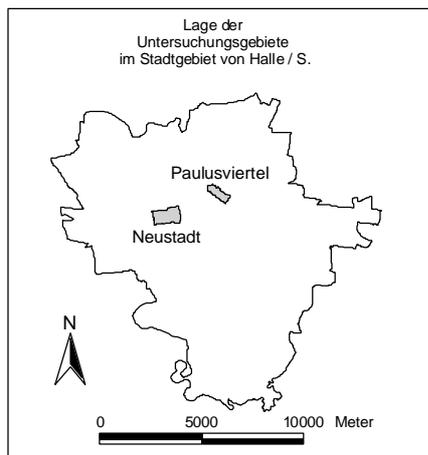
Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: eigene Erhebung
 Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt



0 100 200 300 Meter

- Subtypenflächen
- Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte
- überwärmter Bereich
- Auftreten von Kaltluft
- Änderungswünsche
- Senkung der Lufttemperatur
- Erhöhung der Lufttemperatur
- keine

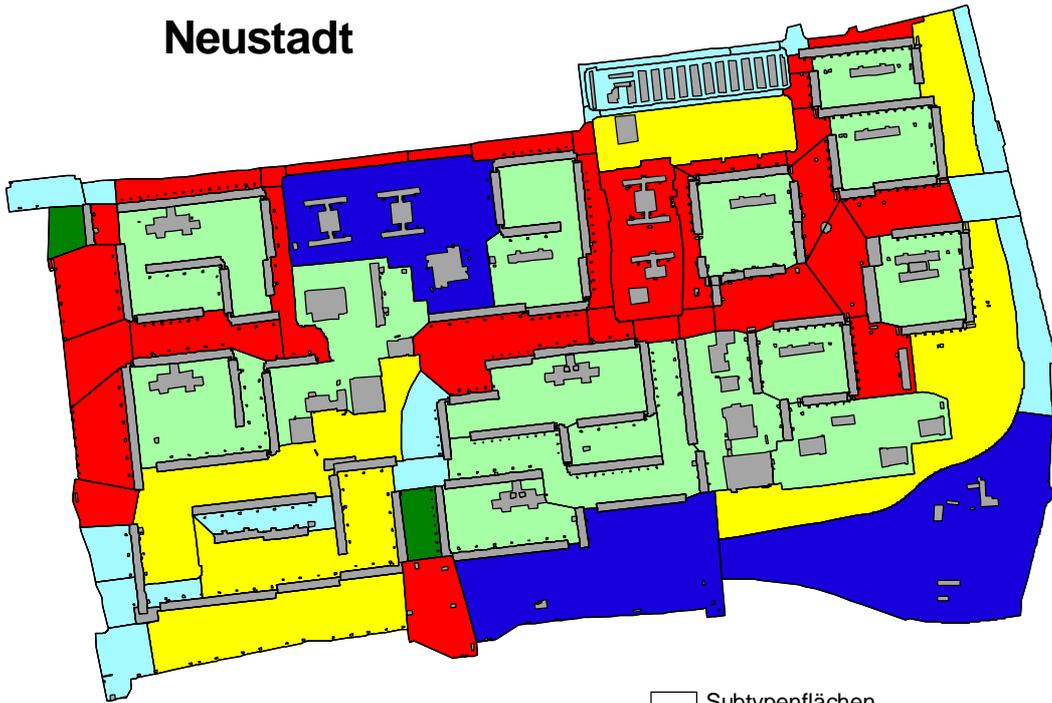


Paulusviertel

Karte 16: Ergebnisse der Befragung – Nennung klimatischer Phänomene und Änderungswünsche zur Lufttemperatur

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: eigene Erhebung
 Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt



Subtypenflächen
 Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte

Cluster

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

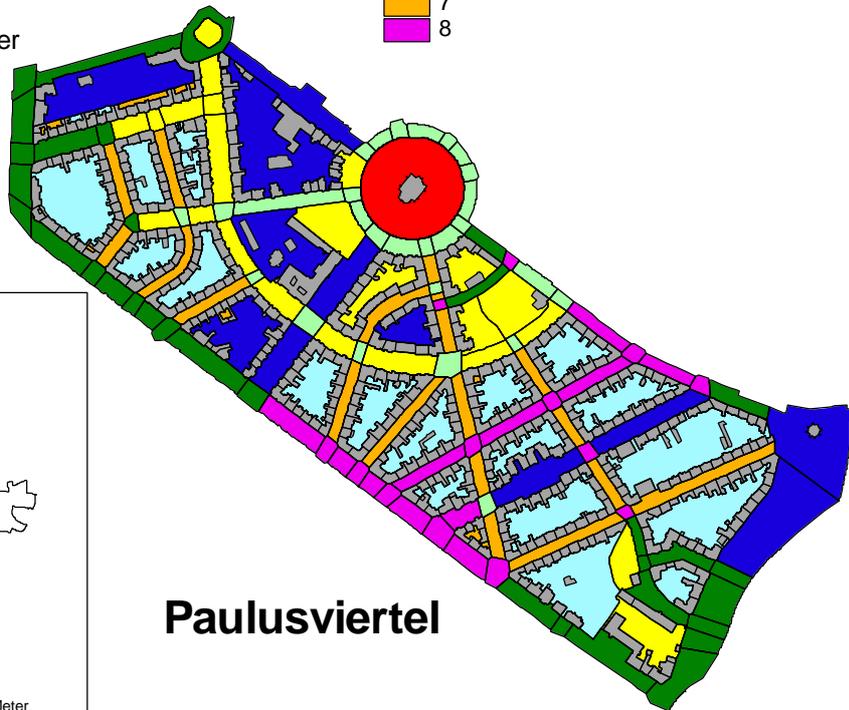
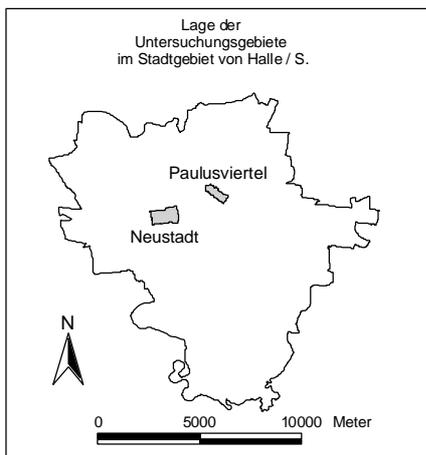
Beschreibung der Cluster:

4 - für Neustadt in Tabelle 16, S. 81

6 - für das Paulusviertel in Tabelle 17, S. 82



0 100 200 300 Meter



Paulusviertel

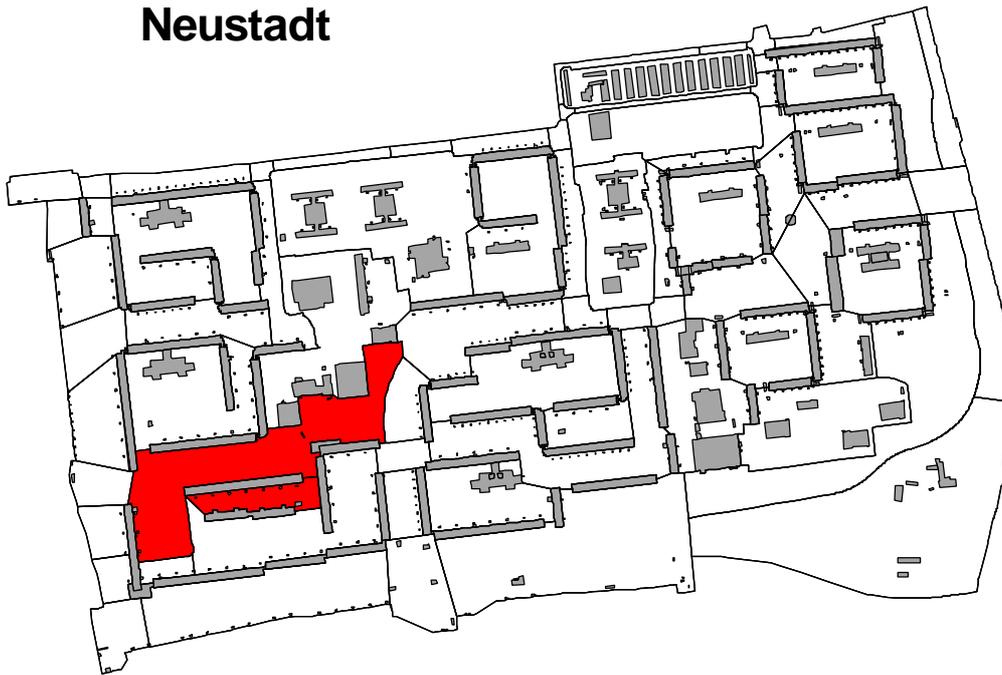
Karte 17: Ergebnisse der Clusteranalyse - Lichtverhältnisse

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)

Datengrundlage: eigene Erhebung

Kartographie: Heike Püttmann

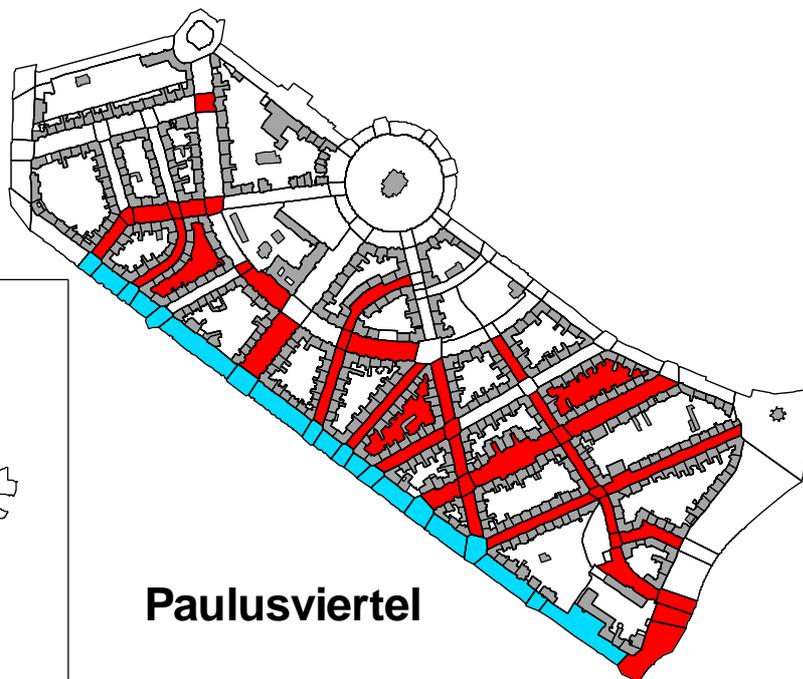
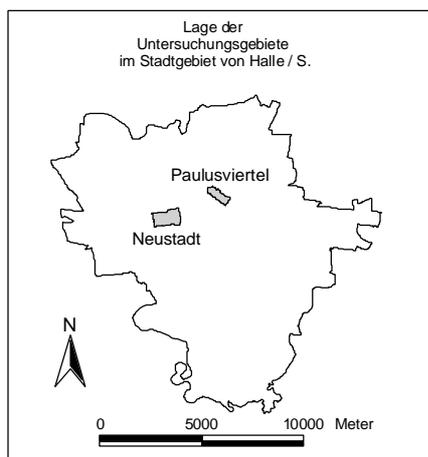
Neustadt



- Subtypenflächen
- Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte
- Anderungswünsche
 - weniger Licht
 - mehr Licht
 - keine



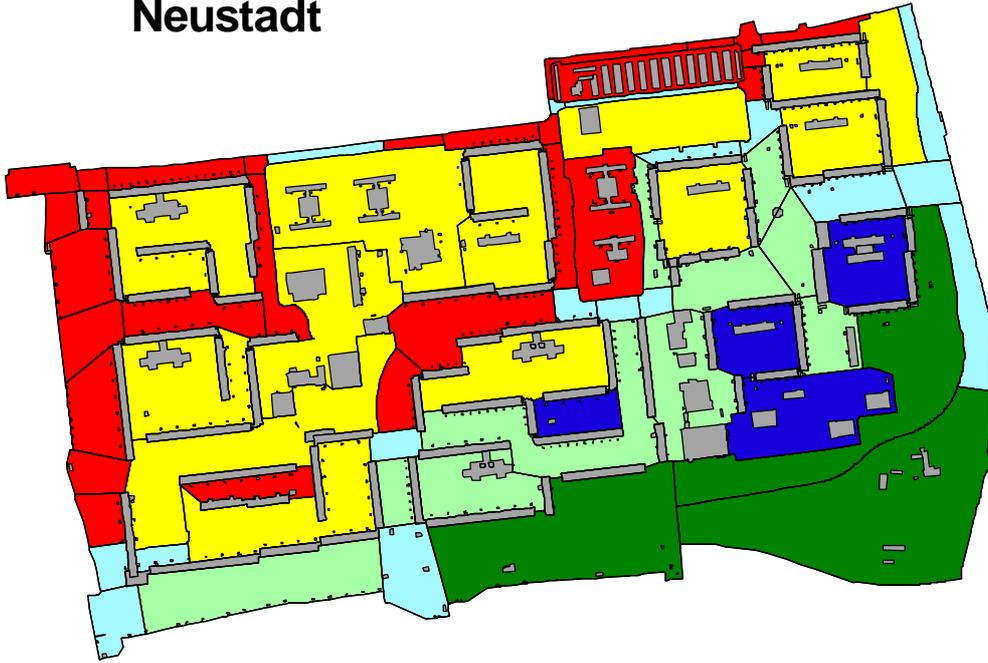
0 100 200 300 Meter



Karte 18: Ergebnisse der Befragung - Änderungswünsche zu den Lichtverhältnissen

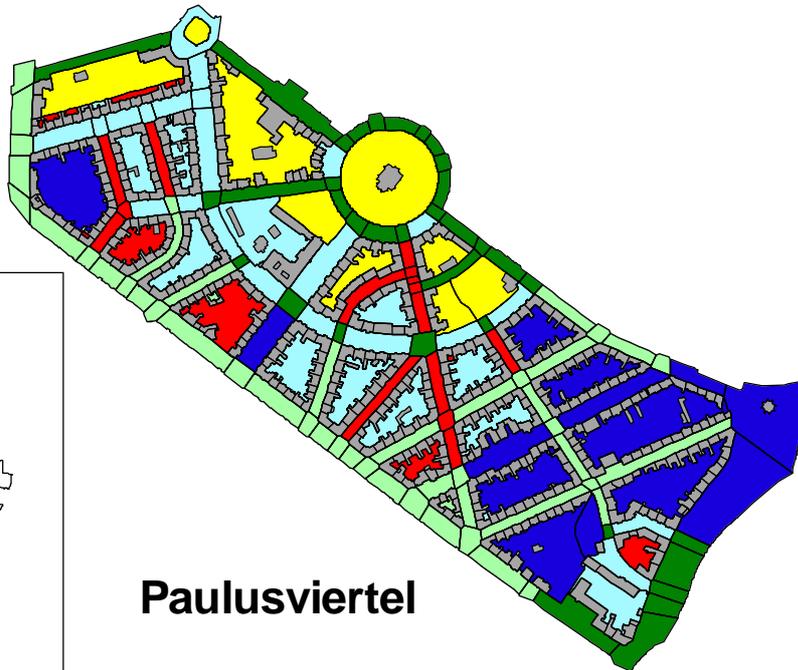
Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
Datengrundlage: eigene Erhebung
Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt

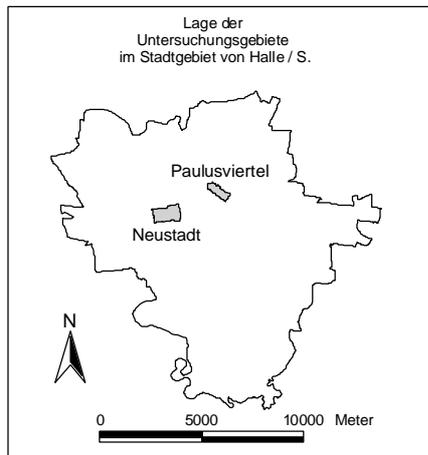


0 100 200 300 Meter

- Subtypenflächen
 - Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte
 - Cluster
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
 - 6
- Beschreibung der Cluster:
- für Neustadt in Tabelle 20, S. 89
 - für das Paulusviertel in Tabelle 21, S. 90



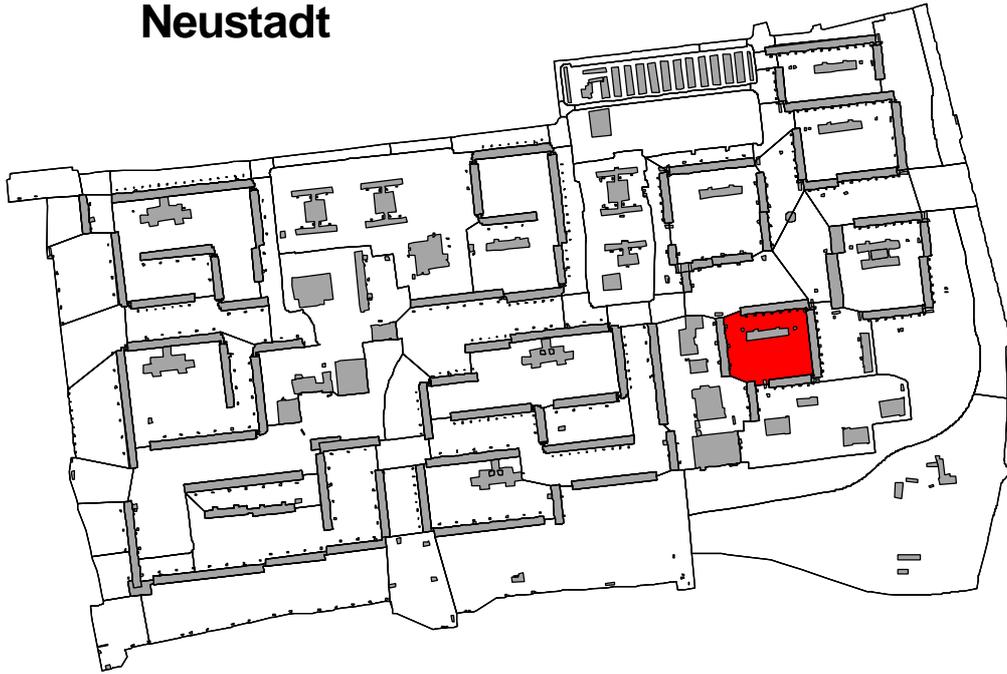
Paulusviertel



Karte 19: Ergebnisse der Clusteranalyse - Luftfeuchtigkeit

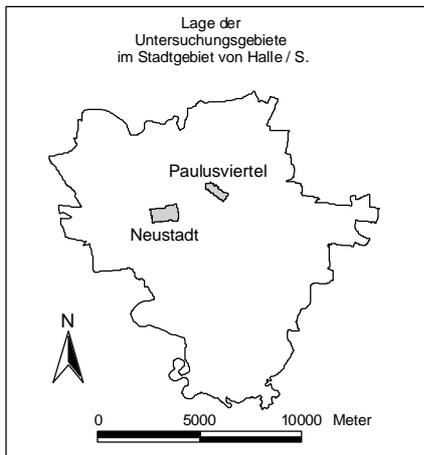
Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: eigene Erhebung
 Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt



0 100 200 300 Meter

- Subtypenflächen
- Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte
- Anderungswünsche
- Senkung der Luftfeuchtigkeit
- Erhöhung der Luftfeuchtigkeit
- keine

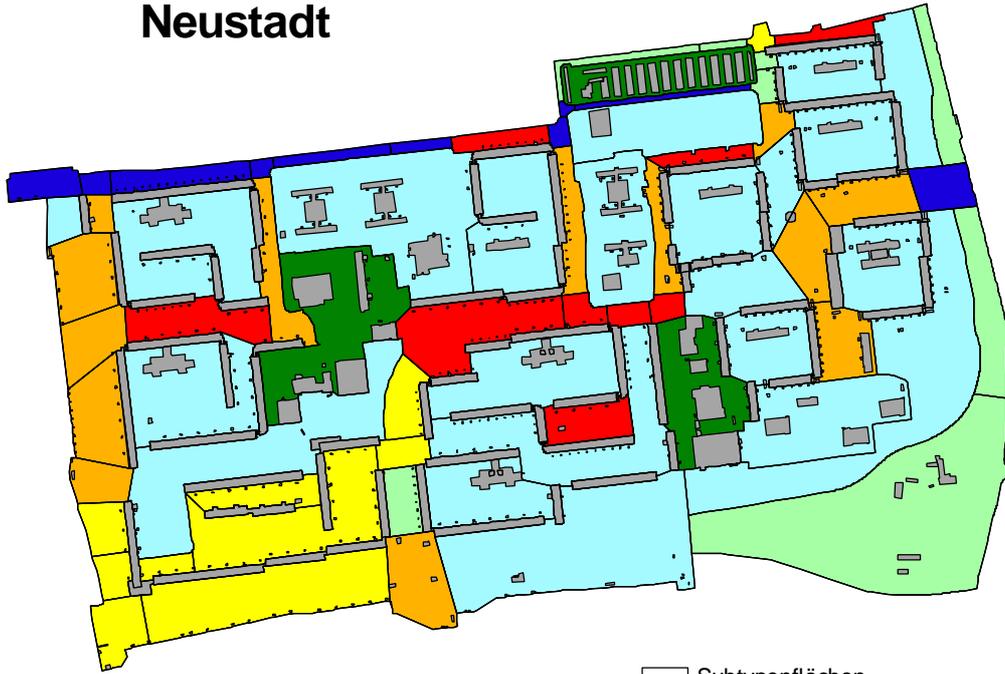


Paulusviertel

Karte 20: Ergebnisse der Befragung - Änderungswünsche zur Luftfeuchtigkeit

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
Datengrundlage: eigene Erhebung
Kartographie: Heike Püttmann

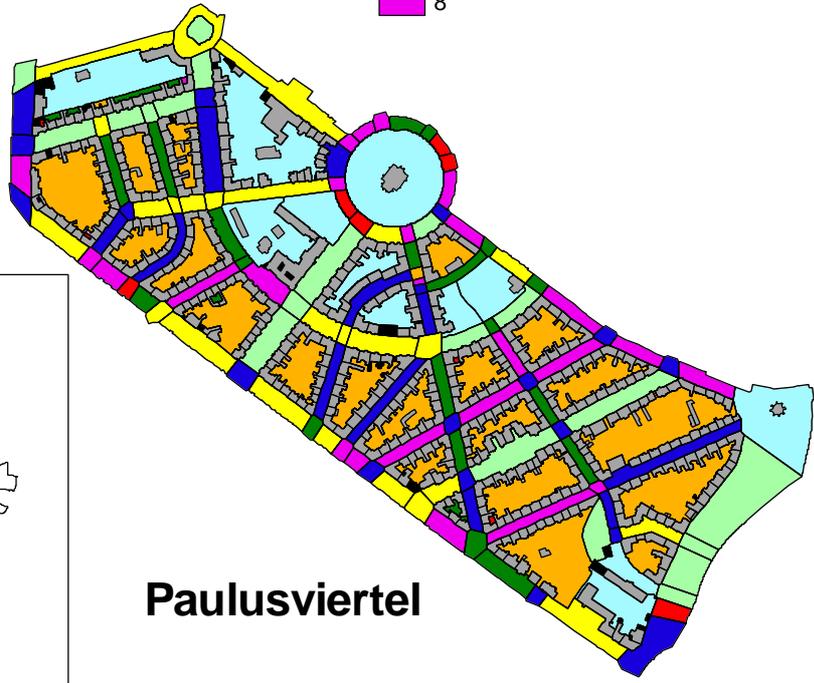
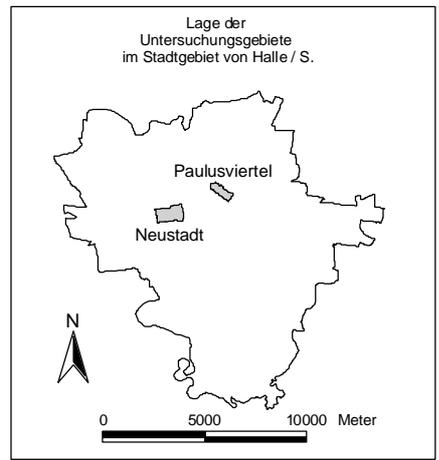
Neustadt



0 100 200 300 Meter

- Subtypenflächen
- Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte
- Cluster
- 1
- 2
- 3
- 4 - für Neustadt in Tabelle 24, S. 97
- 5
- 6 - für das Paulusviertel in Tabelle 25, S. 98
- 7
- 8

Beschreibung der Cluster:
 - für Neustadt in Tabelle 24, S. 97
 - für das Paulusviertel in Tabelle 25, S. 98

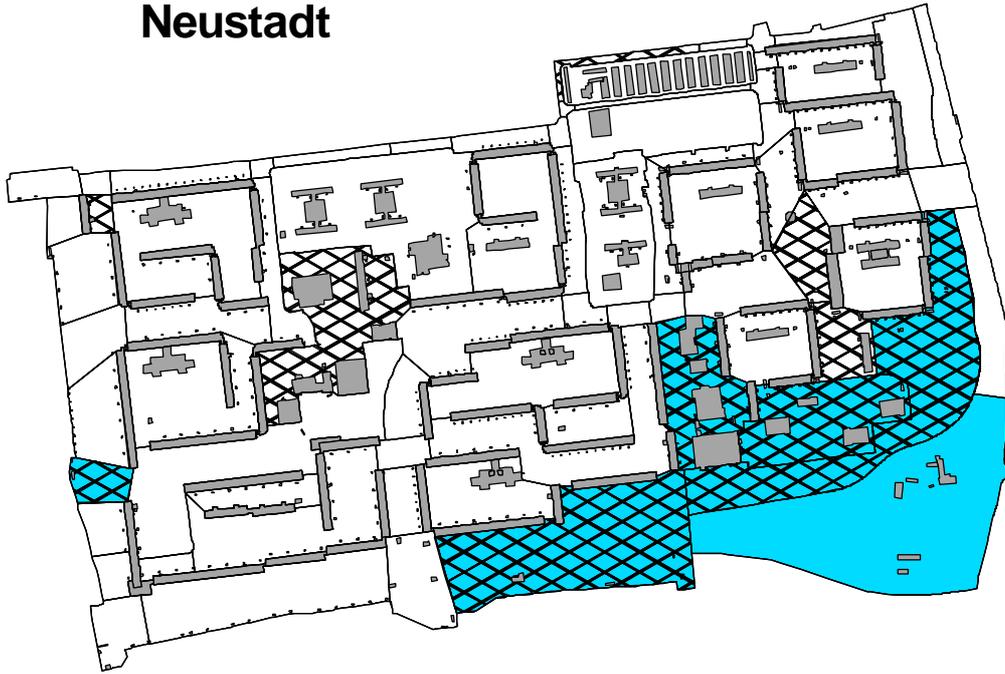


Paulusviertel

Karte 21: Ergebnisse der Clusteranalyse - Windverhältnisse

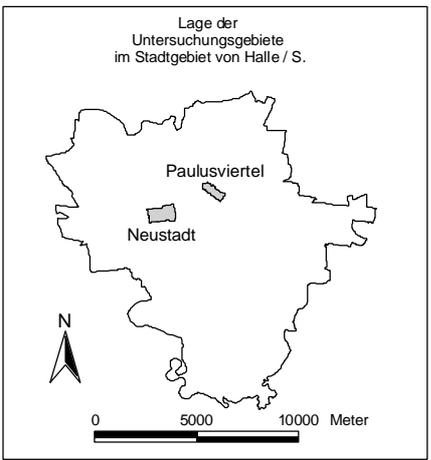
Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: eigene Erhebung
 Kartographie: Heike Püttmann

Neustadt

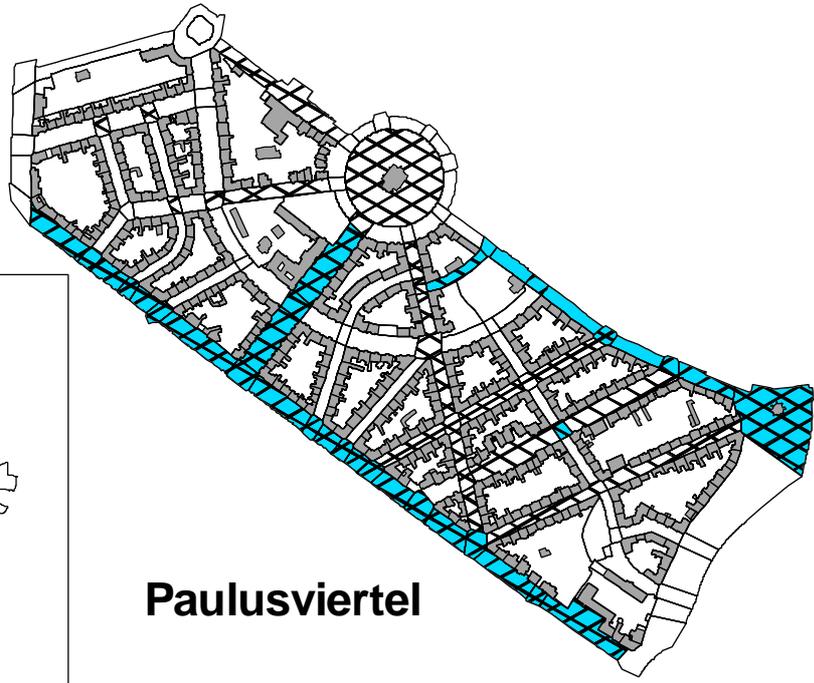


0 100 200 300 Meter

- Subtypenflächen
- Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte
- Bereich mit Kanalisationseffekten
- Senkung der Windgeschwindigkeit
- Erhöhung der Windgeschwindigkeit
- keine



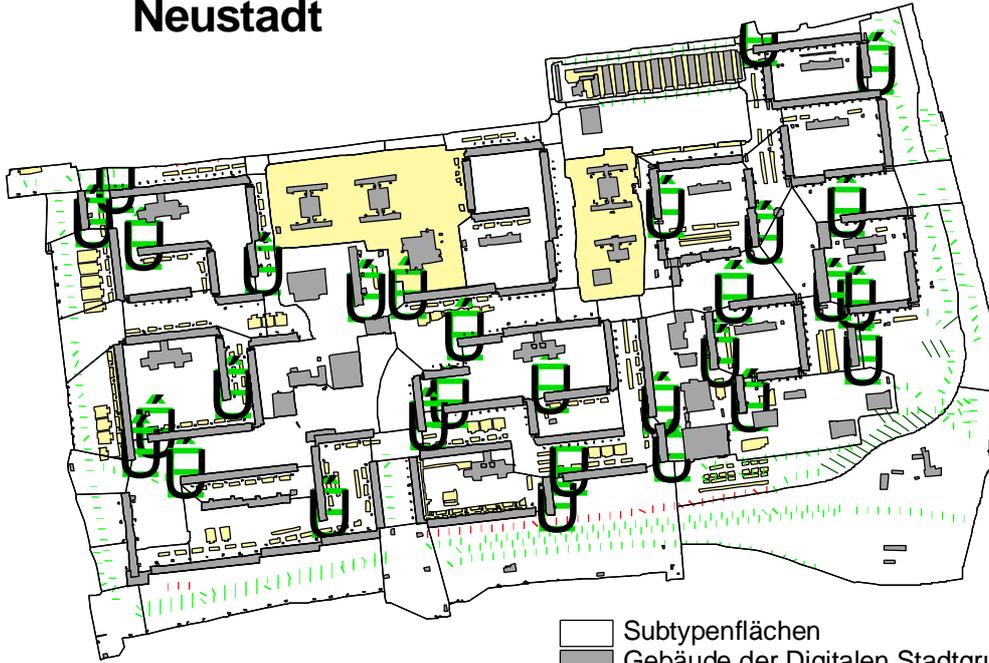
Paulusviertel



Karte 22: Ergebnisse der Befragung - Nennung klimatischer Phänomene und Änderungswünsche zu den Windverhältnissen

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: eigene Erhebung
 Kartographie: Heike Püttmann

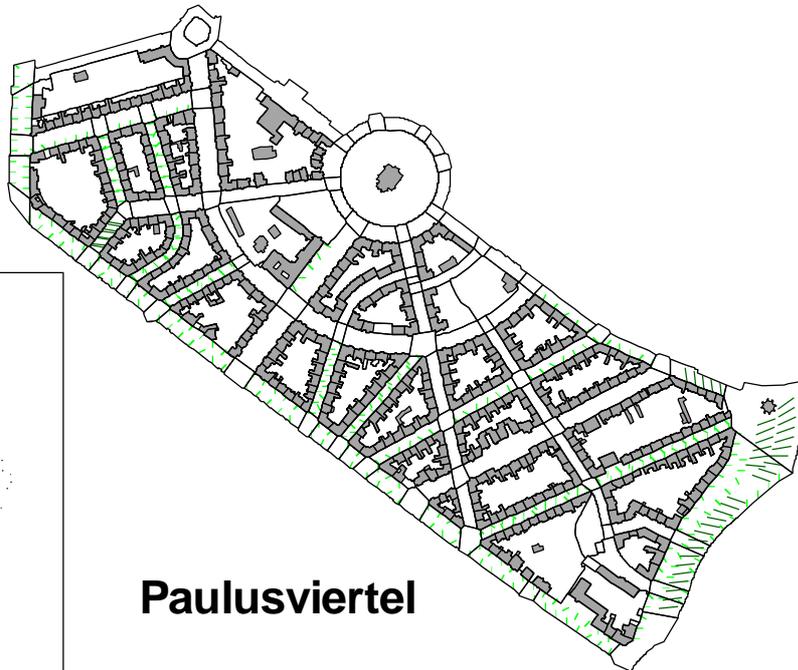
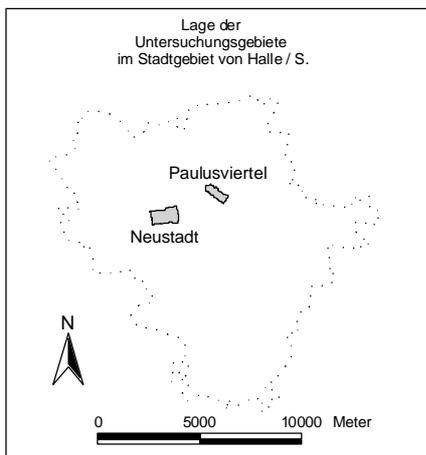
Neustadt



-  Subtypenflächen
-  Gebäude der Digitalen Stadtgrundkarte
-  Fassadenbegrünung
- Baumpflanzungen**
-  Neuanpflanzung
-  Verdichtung / Ergänzung
-  Umgestaltung
-  Flächen mit Entsiegelungsmöglichkeiten



0 100 200 300 Meter



Paulusviertel

Karte 23: Handlungsempfehlungen

Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte (STADT HALLE (SAALE) - STADTVERMESSUNGSAMT 1997)
 Datengrundlage: eigene Erhebung
 Kartographie: Heike Püttmann

Bioklimatische Bewertung von Bebauungsstrukturen

-

am Beispiel zweier Wohngebiete in Halle / S.

- Anhang -

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt der

Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät
(mathematisch-naturwissenschaftlicher Bereich)
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Frau Heike Püttmann
geb. am: 18.03.1968 in: Haltern

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Hinweise.....	II
Abkürzungsverzeichnis.....	III
Anhang 1: Beschreibungen der temporären Klimastationen.....	1
Anhang 2: Technische Ausrüstung der temporären Klimastationen.....	3
Anhang 3: Technische Ausrüstung zur Durchführung der Meßfahrten.....	4
Anhang 4: Verfahrensweg zum Einlesen der Topographie aus ArcInfo in SHADOW.....	5
Anhang 5: Verfahrensweg zum Einlesen der Objekte aus ArcInfo in SHADOW.....	6
Anhang 6: Verfahrensweg zum Einlesen der Simulationsergebnisse aus SHADOW in ArcInfo.....	7
Anhang 7: Verfahrensweg zum Einlesen der Hinderniskonfiguration aus ArcInfo in MISKAM.....	8
Anhang 8: Verfahrensweg zum Einlesen der Simulationsergebnisse aus MISKAM in ArcInfo.....	9
Anhang 9: Fragebogen.....	10
Anhang 10: Codierung der Fragebogeneinträge für das GIS.....	20
Anhang 11: Datenanalyse der Meßfahrten.....	21
Anhang 12: Omnidirektionale Variogramme der Meßfahrtdaten.....	22
Anhang 13: Auswertung der Fragebögen.....	24
Anhang 14: Einzelstatistiken zur Synthese - Lufttemperatur.....	32
Anhang 15: Einzelstatistiken zur Synthese – Lichtverhältnisse.....	36
Anhang 16: Einzelstatistiken zur Synthese – Luftfeuchtigkeit.....	40
Anhang 17: Einzelstatistiken zur Synthese – Windverhältnisse.....	44
Anhang 18: Ausgewählte Kontakt- bzw. Bezugsadressen.....	48
Literaturverzeichnis.....	49

Hinweise

Zu Anhang 4 bis Anhang 8:

Zur besseren Übersichtlichkeit wird für Namen, Befehlen u.a. nachstehende Formatierungen benutzt:

<i>x</i>	Stellvertreter für Untersuchungsgebietskürzel (P=Paulusviertel, N=Neustadt)
<i>NAME</i>	Covername im ArcInfo / ArcView
BEFEHL	Programmbefehl im ArcInfo; die genauen Befehlskonventionen sind dem Programm bzw. dessen Dokumentation zu entnehmen
FELD	Feldbezeichnung in einer Datenbank
Text	Textergänzungen im Texteditor
<i>Beschreibung</i>	Textergänzungen im Texteditor, muß durch Zahlen ersetzt werden

Zu Anhang 9:

Auf dem Titelblatt des Fragebogens wurde darauf hingewiesen, daß die Mitarbeit an der Befragung freiwillig ist und die gewonnenen Angaben entsprechend den Datenschutzbestimmungen streng vertraulich und anonym behandelt werden. Deshalb wurde auf Namensnennung und Adressenangabe verzichtet. Es wurde unterstrichen, daß es wichtig ist, daß jeder angesprochene Bürger den Fragebogen beantwortet, um ein möglichst vollständiges Bild aller Meinungen zu erhalten. An zwei Tagen wurde die Möglichkeit geboten, bei Bedarf telephonisch Rückfragen zu stellen.

Sämtliche Fragen zum klimatischen Empfinden und dessen Bewertung wurden sowohl für den Sommer wie für den Winter gestellt. Da letzterer aber nicht Gegenstand dieser Arbeit sind, werden sie auch nicht hier im Anhang wiedergegeben. Daraus ergeben sich z.T. lückenhafte Querverweise im Fragebogen.

Für die beiden Untersuchungsgebiete wurden zwei verschiedene Fragebogensätze erstellt, welche sich nur in den dargestellten Kartenausschnitten unterscheiden. Da die Kartenausschnitte zu jeder Frage ohnehin gleich sind, wird auf eine mehrmalige Wiedergabe in diesem Anhang verzichtet und beispielhaft beide gemeinsam nur in Karte 1.1 dargestellt. Die ausgelassenen Seiten für die Kartenwiedergaben werden wie nachstehend aufgeführt gekennzeichnet:

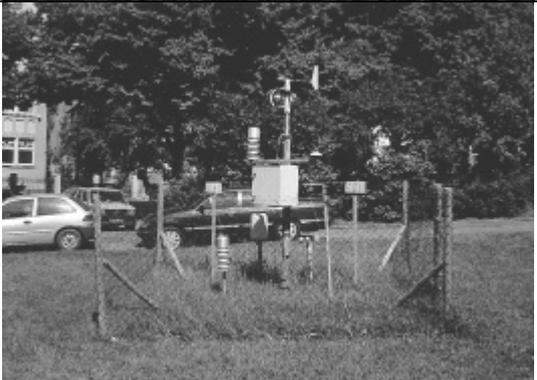
Karte ?: Beantwortung der Fragen ???

Abkürzungsverzeichnis

$g([h])$	Im Variogramm: Semivarianz
$C(0) - C([h])$	Im Variogramm: (Ko-)Varianz (Semivariogramm auf Basis Kovarianz)
%	Prozent
Ω	Ohm
[h]	Im Variogramm: Abstandsklasse in entsprechender Maßeinheit (hier Meter)
°	Grad; Himmelsrichtung: Nord = 0°, Ost = 90°, Süd = 180°, West = 270°; Im Variogramm: Ost = 0°, Nordost = 45°, Nord = 90°, Nordwest = 135°
°C	Grad Celsius
μV	Mikrovolt
AC	alternating current (engl.), Wechselspannung
ASCII	american standard code for informationexchange (engl.), genormter Austauschcode für Datenverarbeitungssysteme
Aufl.	Auflage
B111E	Empfindung der Lufttemperatur
B112B	Bewertung der Lufttemperatur
B211E	Empfindung der Lichtverhältnisse
B212B	Bewertung der Lichtverhältnisse
B311E	Empfindung der Luftfeuchtigkeit
B312B	Bewertung der Luftfeuchtigkeit
bd	Baud
bzw.	beziehungsweise
DC	direct current (engl.), Gleichspannung
engl.	Englisch
EX	Exposition
GOK	Geländeoberkante
H	Hochwert
HN	Hangneigung
Hrsg.	Herausgeber
m	Meter
M_WG_m	Mittlere Windgeschwindigkeit bei Anströmung mit 5,8 m / s aus 240°
M_WG_r	Spannweite der Windgeschwindigkeitsdaten
M_WG_s	Standardabweichung der Windgeschwindigkeitsdaten
M_WR_m	Mittlere Windrichtung bei Anströmung mit 5,8 m / s aus 240°
M_WR_r	Spannweite der Windrichtungsdaten
M_WR_s	Standardabweichung der Windrichtungsdaten
m ²	Quadratmeter
MF_e_A	Dampfdruck; abends
MF_rF_A	Relative Luftfeuchtigkeit; abends
MF_T_A	Lufttemperatur; abends
MF_T_DIFF_AMO	Lufttemperatur; Differenz Abend-Morgen
min	Minute
MISKAM	Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsprogramm
mm	Millimeter
mV	Millivolt
n	Anzahl
N_G	Stationsbezeichnung: Neustadt-Grünfläche
N_I	Stationsbezeichnung: Neustadt-Innenhof
N_S	Stationsbezeichnung: Neustadt-Straße
NAT	node attribute table (engl.), Knoten-Attributtabelle
NAT	node-attribute-table (engl.), Knoten-Objekttabelle
NN	Normal Null
NTC	negative temperature coefficient (engl.), Widerstand mit negativem Temperaturkoeffizienten
P_G	Stationsbezeichnung: Paulusviertel-Grünfläche
P_I	Stationsbezeichnung: Paulusviertel-Innenhof
P_S	Stationsbezeichnung: Paulusviertel-Straße
PAT	polygon-attribute-table (engl.), Polygon-Objekttabelle
PC	personal computer (engl.)
R	Rechtswert

rel.	relativ
s	Sekunde
S.	Saale
S_SSH	Sonnenscheinstunden am Tag
S_v	Variationskoeffizient der Sonnenscheindauerdaten
ü.	über
usw.	Und so weiter
V	Volt
Vgrad	Versiegelungsgrad
W	Watt
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
z ₀	Rauhigkeitslänge

Anhang 1: Beschreibungen der temporären Klimastationen

Name	Beschreibung	Bild
P_I	Paulusviertel / Innenhof (Goethestraße 24) <ul style="list-style-type: none"> • R: 4498560, H: 5707083 • 109,3 m ü. NN • geschlossener Innenhof umgeben mit viergeschossigen Gebäuden • hauptsächlich Rasenfläche 	
P_G	Paulusviertel / Grünfläche (Rathenauplatz) <ul style="list-style-type: none"> • R: 4498310, H: 5707440 • 108,3 m ü. NN • Standort nördlich der Pauluskirche auf schwach in nordwestlicher Richtung geneigtem Hang • Rasenfläche mit Bäumen und Gebüsch 	
P_S	Paulusviertel / Straße (Schillerstraße 47) <ul style="list-style-type: none"> • R: 4498590, H: 5707035 • 111,0 m ü. NN • Rasenfläche vor Grundschulgebäude • Südöstlich drei-, nordwestlich viergeschossige Bebauung mit Vorgärten 	
N_I	Neustadt / Innenhof (Fuhnestraße) <ul style="list-style-type: none"> • R: 4496225, H: 5706310 • 76,5 m ü. NN • Rasenfläche nördlich Block 350 • Allseitig fünfgeschossige Bebauung 	

Name	Beschreibung	Bild
N_G	<p>Neustadt / Grünfläche (Zwischen Oleander- und Hibiskusweg)</p> <ul style="list-style-type: none">• R: 4495270, H: 5705870• 76,6 m ü. NN• Rasenfläche südlich Block 274	
N_S	<p>Neustadt / Straße (Ecke Zur Saaleauc und Unstrutstraße)</p> <ul style="list-style-type: none">• R: 4496160, H: 5706155• 76,6 m ü. NN• Rasenfläche nördlich Block 326• Südlich und östlich fünf-, nördlich elfgeschossige Bebauung	

(Photos: H. PÜTTMANN 1997; Koordinatenangaben Gauß-Krüger, Lagestatus 150)

Anhang 2: Technische Ausrüstung der temporären Klimastationen

Gerät	Hersteller	Erfasste Parameter	Beschreibung
Logger	Delta-T	-	DL2, DL2e 12 V Stromversorgung mit Bleiakku Meßintervall: 10 s, Speicherung als 10-min-Mittel
Hygro-Thermogeber	Thies	Lufttemperatur Luftfeuchtigkeit	Hygrofix 0 - 2000 Ω ; Meßbereich: 10 - 100 % rel. Luftfeuchtigkeit, -35 - +70 °C Genauigkeit: ± 2 % , $\pm 0,3$ °C 2 Pole je Kanal
Kombinierter Windgeber	Thies	Windgeschwindigkeit Windrichtung	Reedimpulsschalter Ansprechgeschwindigkeit: 0,5 m / s unbeheizt Meßbereich: 0,5 - 35 m / s; 0 - 360 ° 2 Pole je Kanal
Windgeber	Thies	Windgeschwindigkeit	12 V Stromversorgung mit Bleiakku optoelektronische Drehzahlablesung Anlaufgeschwindigkeit: 0,3 m / s Genauigkeit: 0,5 m / s bzw. 2 % vom Meßbereich unbeheizt Meßbereich: 0 - 50 m / s 2-polig
Pyranometer	Thies / Kipp und Zonen	Globalstrahlung	Bestrahlungsstärke: 0 - max. 4000 W / m ² Empfindlichkeit: zwischen 4 und 6 μ V / m ² Ansprechzeit: < 15 s 3-polig

(Zusammengestellt aus: THIES KLIMA 1991; DELTA-T-DEVICES LTD. 1992, 1996)

Anhang 3: Technische Ausrüstung zur Durchführung der Meßfahrten

Gerät	Hersteller	Beschreibung
DC/AC-Konverter	Sundox	Spannungswandlung von 12 V / 180 W auf 220 V / 160 W zum Betrieb des Laptops
Multimeter 3630D	Metex	Umwandlung von analogen Spannungssignalen eines Meßwertgebers in digitale Signale zum PC-Anschluß: Übertragungsrate = 1200 bd Textcodierung = 7-Bit-ASCII Parität = keine Stop-Bits = 2 14 Byte-Anordnung Genauigkeit: $\pm 0,3 \% \pm 1$ Digit 9 V Batteriebetrieb
testo 452 mit 3-Funktionssonde	testo	9 V Akkubetrieb Thermischer Strömungssensor (Hitzkugel); kapazitiver Sensor in Kombination mit NTC Meßbereich 0 - 10 m / s Ausgangssignale 50 mV / (m / s) 0 - 100 % 10 mV / % -20 - +70 °C 10 mV / °C Meßrate 1 / s

(Zusammengestellt aus: DELTA-T-DEVICES LTD. 1992, 1996; IVT 1997; WESTFALIA TECHNIKA O.J.)

Anhang 4: Verfahrensweg zum Einlesen der Topographie aus ArcInfo in SHADOW

Programm	Beschreibung des Arbeitsablaufes	Dateiname
ArcInfo Arc	gegeben: <i>TOPOx</i> -Cover (Linien- und Punkte) mit Item HOEHE (Geländehöhe m ü. NN) im Gauß-Krüger-Koordinatensystem CREATETIN TINLATTICE GRIDPOINT ADDDXY EXPORT der Polygon-Attribute-Table (PAT)	<i>TOPOxT</i> <i>TOPOxL</i> <i>TOPOxP</i> TOPOxP.e00
ArcView	Importieren des TOPOxP.e00 mit dem Importmodul Hinzufügen der TOPOx-Infodatei in ein Projekt und als DBase-Datei exportieren	 TOPOx.dbf
ACCESS	Importieren der TOPOx.dbf In Tabellenentwurfsansicht neue Felddefinitionen zuweisen: <ul style="list-style-type: none"> • Feld X-COORD: Datenformat Single, 0 Dezimalstellen • Feld Y-COORD: Datenformat Single, 0 Dezimalstellen • Feld HOEHE: Datenformat Double Restliche Spalten löschen Exportieren als Textformat (Leerzeichen-getrennt und mit „Punkt“ als Dezimalzeichen)	 TOPOx.txt
Texteditor	Hinzufügen des Dateikopfes in die Datei TOPOx.txt: GK <i>Größe des Modellgebietes als Anzahl der Gitterzellen in X-Richtung</i> <i>Größe des Modellgebietes als Anzahl der Gitterzellen in Y-Richtung</i> <i>Größe eines Gitterpunktes im Quellgitter in X-Richtung</i> <i>Größe eines Gitterpunktes im Quellgitter in Y-Richtung</i> <i>Koordinaten des Modellgebietursprungs; Rechtswert</i> <i>Koordinaten des Modellgebietursprungs; Hochwert</i>	
Dateimanager	Umbenennen der Datei TOPOx.txt in TOPOx.top	TOPOx.top

Die genauen Dateikonventionen für SHADOW sind der Dokumentation (BRUSE 1998) zu entnehmen.

Anhang 5: Verfahrensweg zum Einlesen der Objekte aus ArcInfo in SHADOW

Programm	Beschreibung des Arbeitsablaufes	Dateiname
ArcInfo Arcedit Arc	gegeben: <i>GEBx</i> -Cover (Polygone) mit Item GEBHÖHE (Gebäudehöhe in m ü. GOK) im Gauß-Krüger-Koordinatensystem Mittels SPLIT bzw. UNSPLIT für jedes Gebäude relevante Gebäudekanten als Knoten hinzufügen, überflüssige löschen ADDXY PALINFO EXPORT <ul style="list-style-type: none"> • der Node-Attribute-Table (NAT) • der durch PALINFO entstandenen INFO-Datei 	GEBSx.e00 GEBSxPI.e00
ArcView	Importieren des GEBSx.e00 und GEBSx.PI.e00 mit dem Importmodul Hinzufügen der GEBSx- und GEBSxPI-Infodateien in ein Projekt und als DBase-Dateien exportieren	GEBSx.dbf GEBSxPI.dbf
ACCESS	Importieren der GEBSx- und GEBSxPI.dbf Neue Tabelle erstellen mittels Verknüpfung der Felder NODE_ der GEBSxPI-Tabelle und GEBSx_ der GEBSx-Tabelle mit den Feldern UNIT , GEBHÖHE , X_COORD und Y_COORD für alle Werte UNIT > 0 Exportieren als Textformat	GEBSx.txt
EXCEL	Importieren der GEBSx.txt Umformatierung entsprechend den Objektdefinitionen des SHADOW; hier Polygone: <i>PY Unterkante(m ü. GOK) Oberkante(m ü. GOK) Appearance</i> <i>Stützpunkt1Rechtswert1, Stützpunkt1Hochwert1</i> <i>Stützpunkt2Rechtswert2, Stützpunkt2Hochwert2</i> ... <i>StützpunktNRechtswertN, StützpunktNHochwertN</i> * Überflüssige Spalten löschen Datei speichern als Textformat	GEBSxs.txt
Texteditor	Suchen / Ersetzen „Tabstop“ durch „Komma“. Ergänzung des Dateikopfes: <i>GK-SYSTEM NullpunktRechtswert, NullpunktHochwert</i>	
Dateimanager	Umbenennen der Datei GEBxs.txt in GEBx.sob	GEBSx.sob

Die genauen Dateikonventionen für SHADOW sind der Dokumentation (BRUSE 1998) zu entnehmen.

Anhang 6: Verfahrensweg zum Einlesen der Simulationsergebnisse aus SHADOW in ArcInfo

Programm	Beschreibung des Arbeitsablaufes	Dateiname
Shadow	gegeben: binäre Ergebnisdatei ERGEBSx.res Export der Ergebnisdatei mit Koordinatenausgabe als ASCII-Datei	ERGEBSx.txt
EXCEL	Einlesen der ERGEBSx.txt Komma- und Tabstop-getrennt, mit 1. und 2. Spalte als Standardformat, 3. Spalte als Text Suchen / Ersetzen „Punkt“ durch „Komma“ Spaltenköpfe hinzufügen X, Y, Wert Pivot-Tabellenbericht erstellen mit: <ul style="list-style-type: none"> • X = Spalte • Y = Zeile • Wert = Daten Alles markieren, kopieren, Inhalte als Werte einfügen äußere Reihen und Spalten löschen Zahlenformat ohne Dezimalstellen Datei als Textdatei speichern	ERGEBSxs.txt
Texteditor	Suchen / Ersetzen „Tabstop“ durch „Leerzeichen“. Ergänzung des Dateikopfes: NROWS NCOLUMNS LLCORNER , CELLSIZE NODATAVALUE -9999	
Dateimanager	Umbenennen der Datei ERGEBxs.txt in ERGEBxs.asc	ERGEBSxs.asc
Arcinfo Arc	ASCIIGRID	<i>ERGEBSxs</i>

Die genauen Dateikonventionen für ArcInfo bzw. ArcView sind den Dokumentationen (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE 1996, 1997) bzw. der Online-Hilfe zu entnehmen.

Anhang 7: Verfahrensweg zum Einlesen der Hinderniskonfiguration aus ArcInfo in MISKAM

Programm	Beschreibung des Arbeitsablaufes	Dateiname
ArcInfo Arc	gegeben: <i>GEBx</i> -Cover (Polygone) mit Item GEBHÖHE_M (Gebäudehöhe als Anzahl Gitterboxen über GOK) und Item DURCHLASS (Gebäudedurchlässe mit 1 = Ost-West-Ausrichtung und 2 = Nord-Süd-Ausrichtung) POLYGRID GRIDASCII	Gebäude: GEBMx.asc Durchlässe: DMx.asc
Texteditor	Einlesen der GEBMx.asc Die ersten sieben Zeilen löschen Suchen / Ersetzen „-9999“ durch „0“ Ergänzung des Dateikopfes: <i>AnzahlGitterboxenX AnzahlGitterboxenY AnzahlGitterboxenZ Drehung KartesischeKoordinatenX KartesischeKoordinatenY KartesischeKoordinatenZ</i> Am Dateiende anfügen: `j` <i>RauhigkeitslängeErdboden RauhigkeitslängeGebäudeflächen</i> Datei als Textdatei speichern	GEBMx.txt
EXCEL	Öffnen der DMx.asc Zur besseren Übersicht die ersten sieben Zeilen löschen Suchen / Ersetzen „-9999“ durch „0“ Vor der 1. Zeile eine Zeile einfügen, vor der 1. Spalte eine Spalte einfügen Ursprung des Kartesischen Gitters links-unten, deshalb: Auto-ausfüllen der 1. Zeile mit 0, 1, 2, ..., n-1 (Kartesische Koordinaten der linken Zellwand, n = ncols im ehemaligem Dateikopf) Auto-ausfüllen der 1. Spalte mit n-1, n-2, n-3, ..., 0 (Kartesische Koordinaten der unteren Zellwand, n = nrows im ehemaligem Dateikopf) Fenster fixieren in der Zelle B2, anschließen die Ausdehnung der Durchlässe auszählen (mindestens 2 Zellen breit und hoch) und	
Texteditor	Erstellen einer DMx.001-Datei entsprechend den Dateikonventionen für die Durchströmung: DURCHSTROEMUNG Durchströmungsrichtung x-von x-bis y-von y-bis z-von z-bis	DMx.001
Dateimanager	Umbenennen der Datei GEBMx.txt in GEBMx.inp	GEBMx.inp

Die genauen Dateikonventionen für MISKAM sind der Dokumentation (EICHHORN 1997) zu entnehmen.

Anhang 8: Verfahrensweg zum Einlesen der Simulationsergebnisse aus MISKAM in ArcInfo

Programm	Beschreibung des Arbeitsablaufes	Dateiname
MISKAM	gegeben: binäre Ergebnisdatei ERGEBMx.zwu Übersetzung in ASCII-Datei mit Programmmodul DATXYZ.EXE	ERGEBMx.dat
EXCEL	Einlesen der ERGEBMx.dat Tabstop-getrennt, mit 1. und 2. Spalte als Standardformat, 3. und 4. Spalte als Text Suchen / Ersetzen „Punkt“ durch „Komma“ Umrechnung der Windgeschwindigkeit in der 3. Spalte von mm / s in m / s Spaltenköpfe hinzufügen X, Y, WG, WR Pivot-Tabellenberichte erstellen mit: <ul style="list-style-type: none"> • X = Spalte • Y = Zeile • WG bzw. WR = Daten Alles markieren, kopieren, Inhalte als Werte einfügen äußere Reihen und Spalten löschen Zahlenformat mit einer Dezimalstelle Suchen / Ersetzen „Leerzeichen“ durch „-9999“ (Ganze Zelle) Datei als Textdatei speichern	ERGEBMx.txt
Texteditor	Suchen / Ersetzen „Tabstop“ durch „Leerzeichen“ Ergänzung des Dateikopfes aus GEBMx.asc	
Dateimanager	Umbenennen der Datei ERGEBMx.txt in ERGEBM.asc	ERGEBM.asc
Arcinfo Arc	ASCIIGRID	<i>ERGEBMx</i>

Die genauen Dateikonventionen für ArcInfo bzw. ArcView sind den Dokumentationen (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE 1996, 1997) bzw. der Online-Hilfe zu entnehmen.

Anhang 9: Fragebogen

1 Temperatur**1.1 Sommer****1.1.1 Wie würden Sie die Temperatur in Ihrem Wohnviertel in dieser Jahreszeit, im Vergleich der drei nachstehenden Kompartimente untereinander, generell bewerten?**

Bitte setzen Sie in jede Zeile ein Kreuz.

	hoch	dem Mittel entsprechend	niedrig
Grünflächen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Straßen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Innenhöfe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.1.2 Ist Ihnen der zuvor angegebene Zustand in dieser Jahreszeit angenehm oder eher unangenehm?

Bitte setzen Sie in jede Zeile ein Kreuz.

	angenehm	unentschieden	unangenehm
Grünflächen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Straßen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Innenhöfe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wenn Sie in allen drei Fällen „unentschieden“ angekreuzt haben, bitte weiter mit Frage 1.1.4.

1.1.3 Zeichnen Sie bitte in der nach Frage 1.2.5 stehenden *Karte 1.1* Bereiche ein, die Sie im Sinn hatten, als Sie bei der Frage 1.1.2 mit „angenehm“ bzw. „unangenehm“ antworteten.

Umranden Sie bitte diese Bereiche und kennzeichnen Sie folgendermaßen:

- [GS] = Grünflächen, Sommer
- [SS] = Straßen, Sommer
- [IS] = Innenhöfe, Sommer

1.1.4 Gibt es Stellen in Ihrem Wohngebiet, wo Sie im Gegensatz zum sonstigen Wohnviertel, insbesondere abends nach Sonnenuntergang, kalte Luft verspüren?

- Ja
- Nein (weiter mit Frage 1.1.6)

Wenn Sie diese Frage mit „Ja“ beantwortet haben, tragen Sie bitte diese Stellen in die *Karte 1.1* mit[KS] = Kaltluft, Sommer
ein.**1.1.5 Wie beurteilen Sie solche Stellen, wie Sie sie unter Frage 1.1.4 benannt haben?**

- angenehm
- unentschieden
- unangenehm

1.1.6 Was könnte Ihrer Meinung nach einen temperatursenkenden Einfluß bei hohen Temperaturen im Sommer haben?

- mehr Grün
- Verwendung anderer Baumaterialien
- hellere Fassadenanstriche und Materialien
- Wasserflächen
- Anderes: _____

1.1.7 Können Sie Bereiche in Ihrem Wohnviertel angeben, wo trotz nächtlicher Abkühlung die Temperatur dennoch oftmals höher liegt, als in umgebenden Gebieten?

Ja

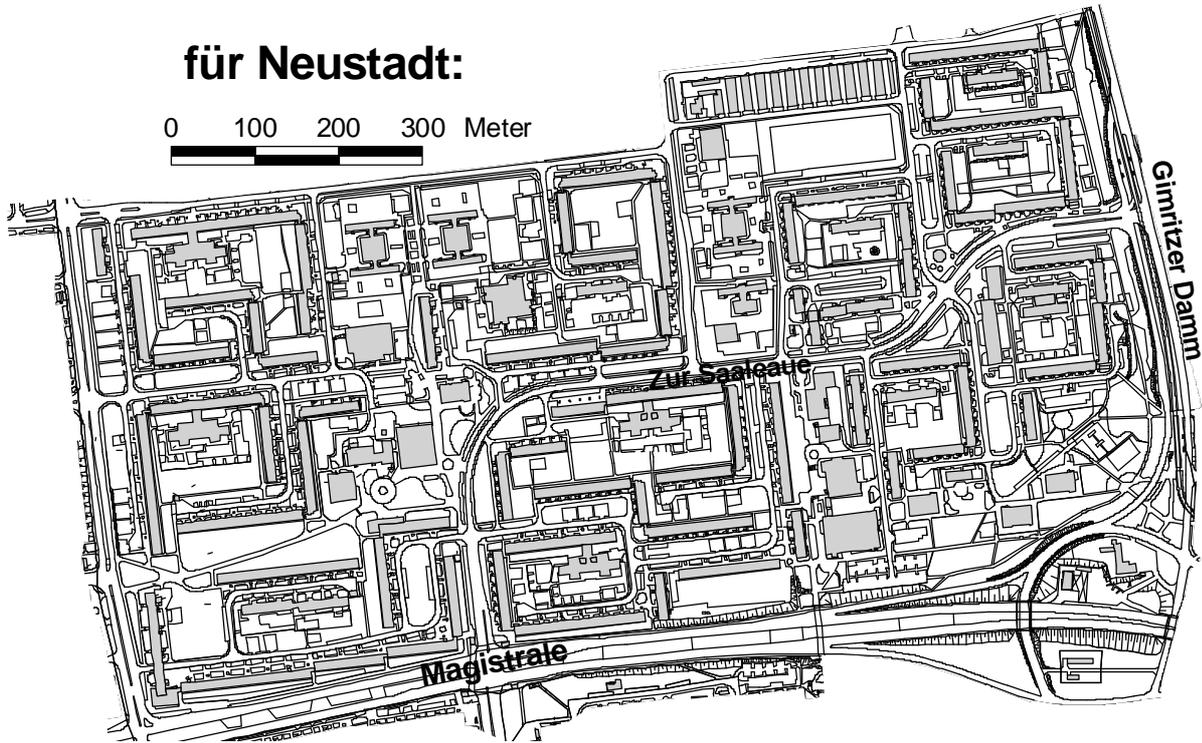
Nein (weiter mit Frage 1.2.1)

Wenn Sie diese Frage mit „Ja“ beantwortet haben, tragen Sie bitte diese Stellen in die *Karte 1.1* mit

[W] = Wärmeinsel, Sommer

ein.

Karte 1.1: Beantwortung der Fragen 1.1.3, 1.1.4 und 1.1.7



Kartengrundlage: Digitale Stadtgrundkarte 1 : 500
(Mit Genehmigung des Stadtvermessungsamtes Halle / S.)
Bearbeitung H. Püttmann
Kartographie: H. Püttmann 1998

2 Lichtverhältnisse

2.1 Sommer

2.1.1 Im Sommer empfindet man das Sonnenlicht oft als grell, man fühlt sich z.T. sogar geblendet. Wie schätzen Sie die Lichtverhältnisse Ihres Wohnviertels in dieser Jahreszeit in den nachstehenden Kompartimenten ein?

Bitte setzen Sie in jede Zeile ein Kreuz.

	grell	hell, licht	schattig	dunkel
Grünflächen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Straßen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Innenhöfe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.1.2 Wenn Sie solche Stellen benennen, ist Ihnen dieser Umstand angenehm oder eher unangenehm?

Bitte setzen Sie in jede Zeile ein Kreuz.

	angenehm	unentschieden	unangenehm
Grünflächen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Straßen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Innenhöfe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wenn Sie in allen drei Fällen „unentschieden“ angekreuzt haben, bitte weiter mit Frage 2.1.4.

2.1.3 Markieren Sie jene Bereiche in Ihrem Wohnviertel in der *Karte 2* (nach Frage 2.2.3 stehend), die Sie bei der vorstehenden Frage 2.1.2 im Sinn hatten, als Sie mit „angenehm“ bzw. „unangenehm“ antworteten.

Umranden Sie diese Bereiche bitte und benutzen Sie nachstehende Bezeichnungen:

- [GS] = Grünflächen, Sommer
- [SS] = Straßen, Sommer
- [IS] = Innenhöfe, Sommer

2.1.4 Was könnte Ihrer Meinung nach einen mildernden Einfluß auf eventuell unangenehm helle Lichtverhältnisse im Sommer haben?

- mehr Grün
- dunkle Gebäudeanstriche
- Anderes: _____

Karte 2: Beantwortung der Fragen 2.1.3

3 Luftfeuchtigkeit

3.1 Sommer

3.1.1 Stellen Sie sich eine trocken-heiße Witterungsperiode vor. In welchen Kompartimenten in Ihrem Wohnviertel ist für Sie generell die Luft feuchter, oder trockener?

Bitte setzen Sie in jede Zeile ein Kreuz.

	feuchter	dem Mittel entsprechend	trockener
Grünflächen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Straßen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Innenhöfe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.1.2 Wenn Sie diese Angaben machen, sind Ihnen die Zustände angenehm oder eher unangenehm?

Bitte setzen Sie in jede Zeile ein Kreuz.

	angenehm	unentschieden	unangenehm
Grünflächen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Straßen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Innenhöfe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wenn Sie in allen drei Fällen „unentschieden“ angekreuzt haben, bitte weiter mit Frage 3.1.4.

3.1.3 Wo in Ihrem Wohnviertel kommen die von Ihnen unter Frage 3.1.2 genannten „angenehmen“ bzw. „unangenehmen“ Zustände vor?

Zeichnen Sie diese bitte mit

[GTS] = Grünflächen, trocken / Sommer

[STS] = Straßen, trocken / Sommer

[ITS] = Innenhöfe, trocken / Sommer

in der am Ende dieses Kapitels stehenden Karte 3.1 ein.

3.1.4 Was könnte Ihrer Meinung nach einen feuchtigkeitserhöhenden Einfluß bei einer trocken-heißen Witterungsperiode haben?

- mehr Grün
- Pflaster statt Asphalt
- Wasserflächen
- Anderes: _____

Karte 3.1: Beantwortung der Fragen 3.1.3 und 3.1.7

4 Wind

4.3 Durch bauliche Gegebenheiten bedingte Windgeschwindigkeitserhöhungen nennt man Kanalisationseffekte. Wo finden Sie solche besonders zugigen oder gar böigen Stellen in Ihrem Wohnviertel vor?

Zeichnen Sie diese bitte in die nachstehende *Karte 4* mit
[K] = Kanalisationseffekt
ein.

4.4 Wo tritt die in Frage 4.1.3 formulierte Erscheinung Ihrer Meinung nach besonders auf?

Bitte entscheiden Sie sich für eine der folgenden Aussagen.

- Grünflächen
- Straßen
- Innenhöfe

4.6 Die Windverhältnisse bedingen auch die Be- und Entlüftungsverhältnisse. Diese haben vor allem Einfluß auf die Temperatur, Luftfeuchte und die Lufthygiene. Wie schätzen Sie die Durchlüftungsverhältnisse in Ihrem Wohnviertel ein?

Bitte setzen Sie in jede Zeile ein Kreuz.

- | | sehr gut | gut | mittel | schlecht | sehr schlecht |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| - Verminderung der Temperaturen im Sommer durch Austausch kühlerer mit überwärmter Luft | <input type="checkbox"/> |

Karte 4: Beantwortung der Fragen 4.1, 4.3 und 4.5

5 Die Beeinflussung des Stadtklimas

5.1 Beeinflussen Ihrer Meinung nach Grünflächen die nachstehenden Größen?

Vergeben Sie ein Kreuz, sofern Ihrer Meinung nach eine solche Beziehung besteht.

- Temperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Lichtverhältnisse
- Windverhältnisse
- keine (weiter mit Frage 5.3)

5.3 Gibt es Bereiche in Ihrem Wohnquartier, wo Sie Handlungsbedarf sehen, die eine oder andere Klimagröße zu beeinflussen?

Bitte machen Sie Ihre Eintragungen schrittweise wie nachstehend beschrieben:

1. Kennzeichnen Sie zuerst solche Bereiche in der Karte 5.2, wo Sie Handlungsbedarf bei den folgenden klimatischen Meßgrößen sehen:

- [T] = Temperatur
- [F] = Luftfeuchte
- [L] = Lichtverhältnisse
- [W] = Windverhältnisse.

2. Verdeutlichen Sie danach, in welcher Richtung die Beeinflussung stattfinden soll:

- [+] = Anhebung, z.B. Feuchtigkeitserhöhung, weil Ihnen die Luft zu trocken erscheint
- [-] = Senkung, z.B. Senkung der Windgeschwindigkeit, da es zu böig ist

Beispiele: Temperaturminderung: T-,
Besserung der Lichtverhältnisse: L+
Verminderung der Windgeschwindigkeit: W-.

5.4 In städtischen Planungsvorhaben müssen verschiedenste Bereiche der belebten wie unbelebten Natur berücksichtigt werden. Wie wichtig sind Ihnen diese?

Bitte benutzen Sie dazu eine Skala mit Werten von 1 bis 5.

	nicht wichtig				sehr wichtig
Boden	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Grundwasser / Gewässer	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Luft	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Klima	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Vegetation	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Tiere	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

Fortsetzung Anhang 9

Karte 5.1: Beantwortung der Frage 5.2

Karte 5.2: Beantwortung der Frage 5.3

Fortsetzung Anhang 9

6 Fragen zu Ihrer Person

6.1 Sie sind...

- weiblich
- männlich

6.2 Wann sind Sie geboren?



Bitte geben Sie das Jahr an!

6.3 Welche höchste berufliche Ausbildung haben Sie abgeschlossen?

- noch in der beruflichen Ausbildung / Lehre
- keine berufliche Ausbildung
- Facharbeiter
- Meister
- Fachschule
- Fachhochschule / Ingenieurschule
- Universitätsstudium
- anderer Abschluß, und zwar: _____

6.4 Sind Sie ...

Bitte nur eine Antwort ankreuzen.

- voll-erwerbstätig
- teilzeit-erwerbstätig
- in Kurzarbeit
- in Ausbildung
- Student
- Rentner / Pensionär
- in Altersübergang / Vorruhestand
- zur Zeit arbeitslos
- Wehr- bzw. Zivildienstleistender
- Hausfrau / Hausmann
- zur Zeit in Erziehungsurlaub
- aus anderen Gründen nicht erwerbstätig

Fortsetzung Anhang 9

Wir bedanken uns recht herzlich für Ihr Mitwirken!

Den nachfolgenden Platz können Sie - wenn Sie möchten - für allgemeine Kommentare zum Thema, aber auch für Anmerkungen zum Fragebogen bzw. zur Befragung nutzen.

Anhang 10: Codierung der Fragebogeneinträge für das GIS

Frage / Parameter	Beschreibung	Subtypbezug	Codierung
1.1.3 Lufttemperatur	Bewertung: angenehm	Öffentliche Grünfläche	11311
	Bewertung: unangenehm		11312
	Bewertung: angenehm	Straßen	11321
	Bewertung: unangenehm		11322
	Bewertung: angenehm	Innenhöfe	11331
	Bewertung: unangenehm		11332
	114 Kaltluft	alle	114
	117 Überwärmte Bereiche	alle	117
2.1.3 Lichtverhältnisse	Bewertung: angenehm	Öffentliche Grünfläche	21211
	Bewertung: unangenehm		21212
	Bewertung: angenehm	Straßen	21221
	Bewertung: unangenehm		21222
	Bewertung: angenehm	Innenhöfe	21231
	Bewertung: unangenehm		21232
3.1.3 Luftfeuchtigkeit	Bewertung: angenehm	Öffentliche Grünfläche	31311
	Bewertung: unangenehm		31312
	Bewertung: angenehm	Straßen	31321
	Bewertung: unangenehm		31322
	Bewertung: angenehm	Innenhöfe	31331
	Bewertung: unangenehm		31332
4.3 Wind	Kanalisationseffekte	alle	43
5.3 Änderungswünsche	Lufttemperatur erhöhen	alle	5311
	Lufttemperatur senken		5312
	Luftfeuchtigkeit erhöhen		5321
	Luftfeuchtigkeit senken		5322
	mehr Licht		5331
	weniger Licht		5332
	Windgeschwindigkeit erhöhen		5341
	Windgeschwindigkeit senken		5342

Anhang 11: Datenanalyse der Meßfahrten**Deskriptive Populationskenngrößen**

	Neustadt						Paulusviertel					
	21.08.97			22.08.97			21.08.97			22.08.97		
	Lufttemperatur	Rel. Luftfeuchtigkeit	Dampfdruck									
Anzahl Meßwerte	72	72	72	73	73	73	62	62	62	62	62	62
Mittelwert	22,5	65	17,8	17,6	85	17,2	22,9	61	17,0	19,0	79	17,3
Standardfehler	0,1	0	0,0	0,0	0	0,0	0,1	0	0,0	0,1	0	0,0
Median	22,3	66	17,8	17,7	85	17,3	22,7	61	17,0	18,9	78	17,3
Standardabweichung	0,7	3	0,3	0,4	2	0,3	0,7	3	0,3	0,4	2	0,3
Stichprobenvarianz	0,5	8	0,1	0,2	2	0,1	0,4	10	0,1	0,2	6	0,1
Kurtosis	-0,9	-0,5	0,2	-0,9	0,3	0,6	-1,1	-0,9	-0,5	-0,5	-1,3	-1,2
Schiefe	0,3	-0,3	-0,4	-0,4	0,5	0,0	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	-0,1
Wertebereich	2,9	13	1,4	1,8	8	1,4	2,3	12	1,4	1,8	8	1,0
Minimum	21,1	59	17,0	16,6	82	16,5	21,8	55	16,3	18,1	75	16,8
Maximum	24,0	72	18,4	18,4	90	17,9	24,1	67	17,7	19,8	83	17,8
Konfidenzniveau (95,0%)	0,17	0,67	0,07	0,10	0,36	0,06	0,17	0,81	0,08	0,11	0,60	0,07

Ergebnisse der Variographie

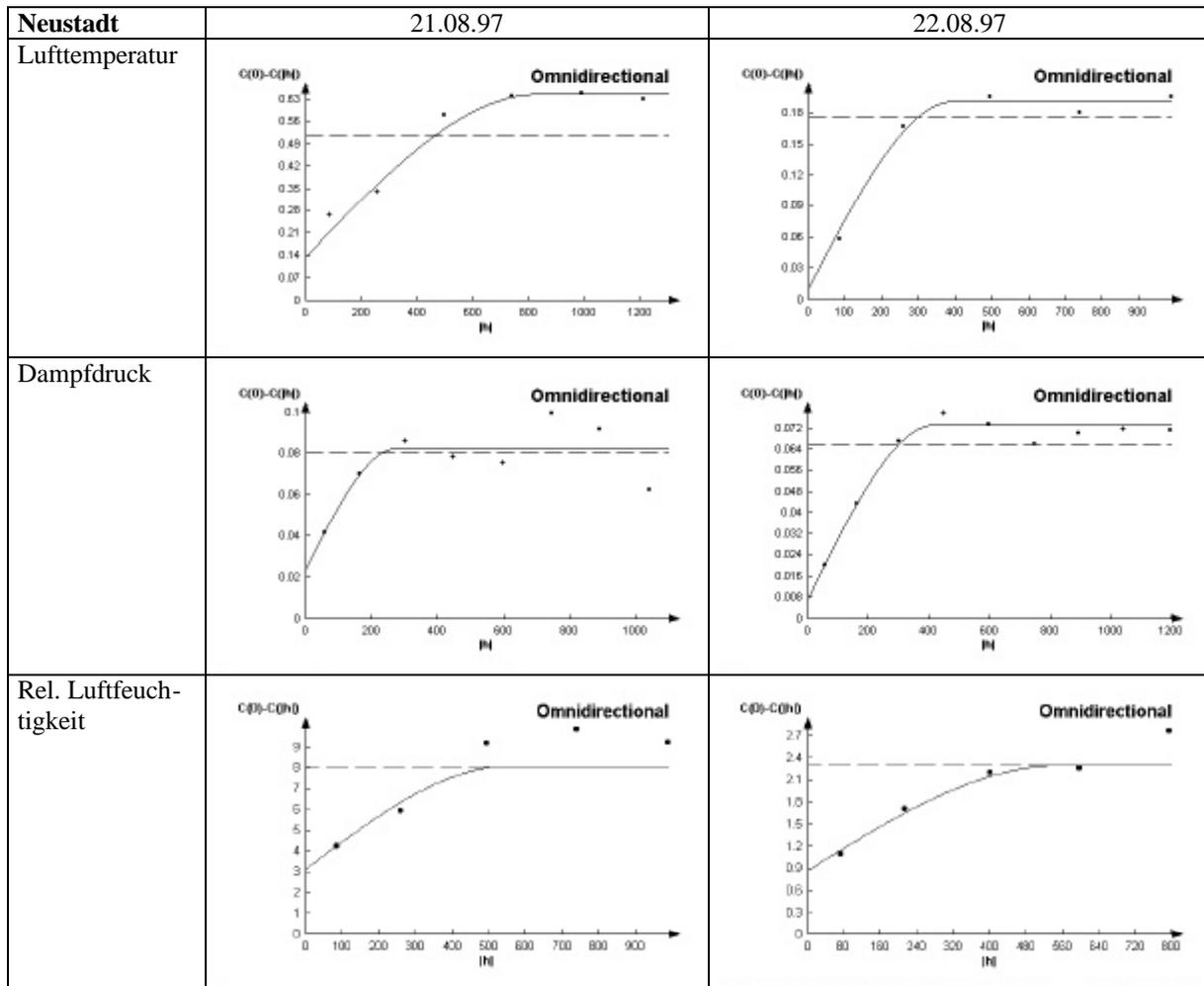
21.08.97	Neustadt			Paulusviertel		
	Lufttemperatur	Dampfdruck	Rel. Luftfeuchtigkeit	Lufttemperatur	Dampfdruck	Rel. Luftfeuchtigkeit
Lag Spacing	250	150	250	250	250	150
Number of Lags	5	7	4	3	3	6
Model	Spherical	Spherical	Spherical	Spherical	Spherical	Spherical
Nugget	0,140	0,024	3,159	0,010	0,025	0,000
Range	832	275	550	548	610	425
Max / Min	1183 / 648	406 / 233	800 / 450	652 / 537	704 / 576	- / -
Sill	0,510	0,058	4,941	0,500	0,095	10,000
Rel. Nuggeteffekt ¹	0,22	0,29	0,39	0,02	0,21	0,00
Anisotropiefaktor	1,83	1,74	1,78	1,21	1,22	-
Anisotropierichtung ²	0°	90°	22,5°	0°	90°	-
Schätzer	Kovarianz	Kovarianz	Kovarianz	Kovarianz	Kovarianz	Semivarianz

22.08.97	Neustadt			Paulusviertel		
	Lufttemperatur	Dampfdruck	Rel. Luftfeuchtigkeit	Lufttemperatur	Dampfdruck	Rel. Luftfeuchtigkeit
Lag Spacing	250	150	200	250	100	100
Number of Lags	5	8	4	3	6	10
Model	Spherical	Spherical	Spherical	Spherical	Spherical	Spherical
Nugget	0,012	0,008	0,874	0,010	0,0102	0,000
Range	396	420	550	481	500	550
Max / Min	653 / 350	558 / 405	- / -	960 / 400	- / -	- / -
Sill	0,180	0,066	1,426	0,200	0,0195	5,600
Rel. Nuggeteffekt ¹	0,06	0,11	0,38	0,05	0,34	0,00
Anisotropiefaktor	1,87	1,38	-	2,40	-	-
Anisotropierichtung ²	45°	45°	-	45°	-	-
Schätzer	Kovarianz	Kovarianz	Kovarianz	Kovarianz	Semivarianz	Semivarianz

¹ Relativer Nugget-Effekt = Nugget / (Nugget + Sill); Maß für Diskontinuität (GOOVAERTS 1997, S. 31)

² 0° = Ost, 90° = Nord usw.

Anhang 12: Omnidirektionale Variogramme der Meßfahrt Daten



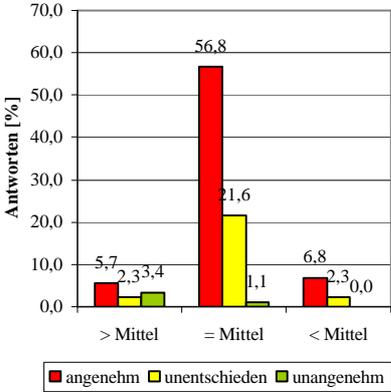
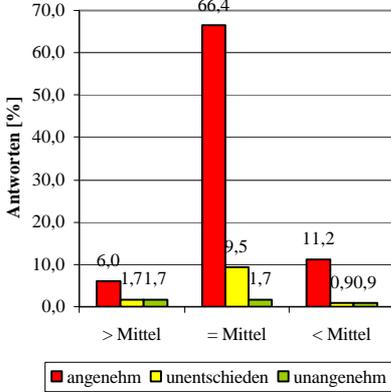
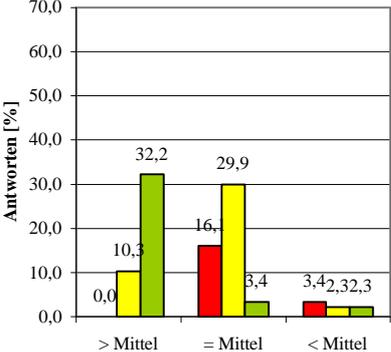
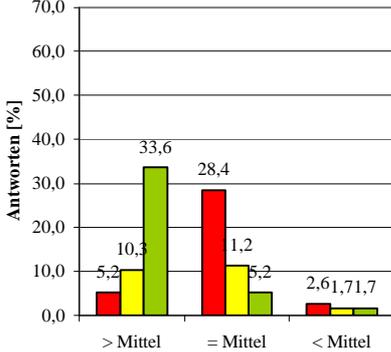
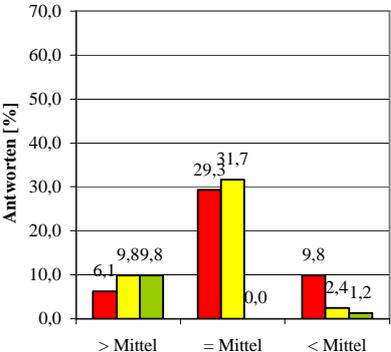
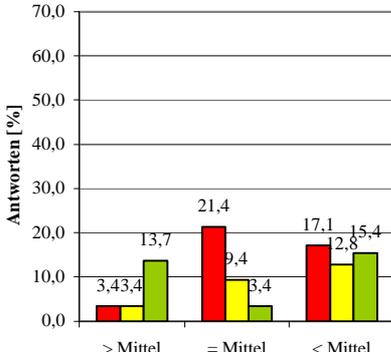
mit $C(0) - C(h)$ = Kovarianz $[\text{°C}^2], [\text{hPa}^2]$ bzw. $[\%]^2$
 h = Distanz $[\text{m}]$

Fortsetzung Anhang 12

Paulusviertel	21.08.97	22.08.97
Lufttemperatur		
Dampfdruck		
Rel. Luftfeuchtigkeit		

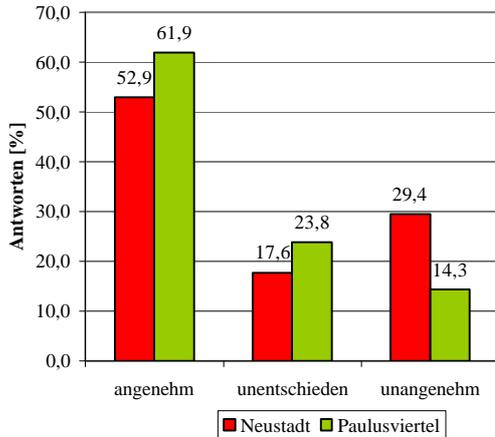
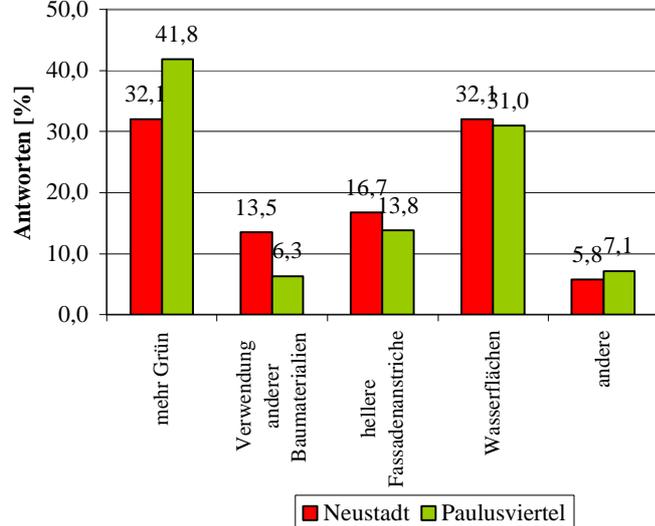
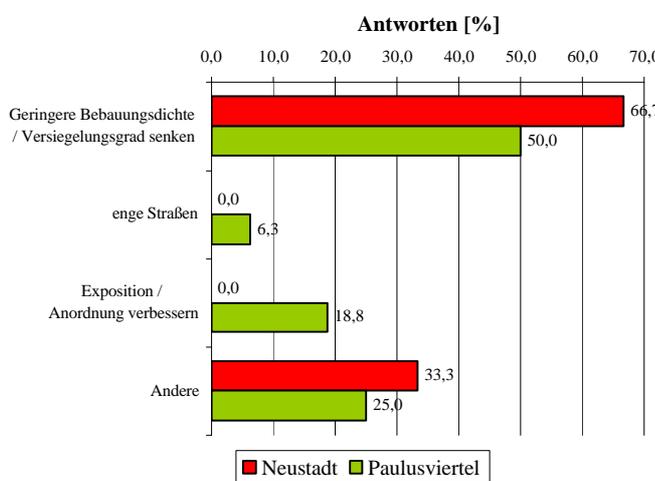
mit $C(0) - C(h)$ = Kovarianz $[\text{°C}^2], [\text{hPa}^2]$ bzw. $[\%]^2$
 $g(h)$ = Semivarianz $[\text{°C}^2], [\text{hPa}^2]$ bzw. $[\%]^2$
 h = Distanz [m]

Anhang 13: Auswertung der Fragebögen

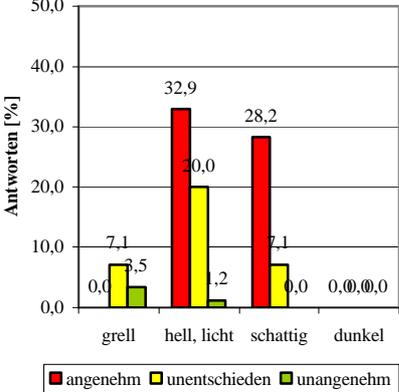
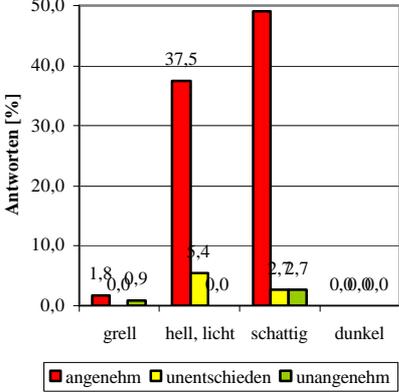
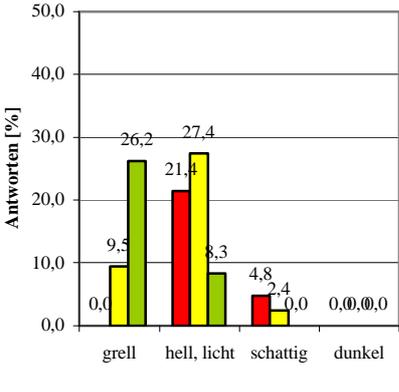
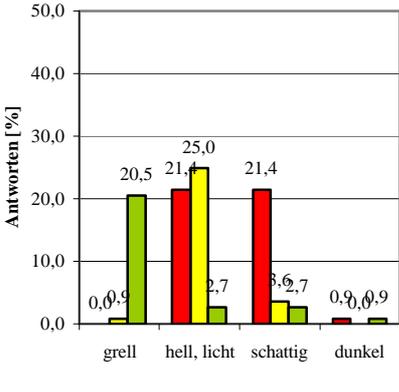
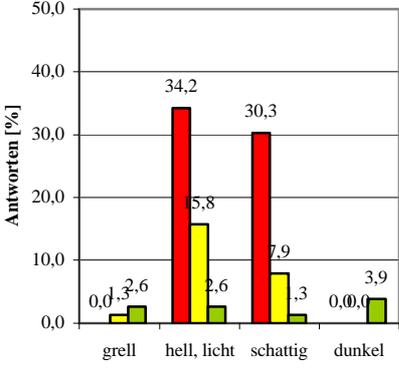
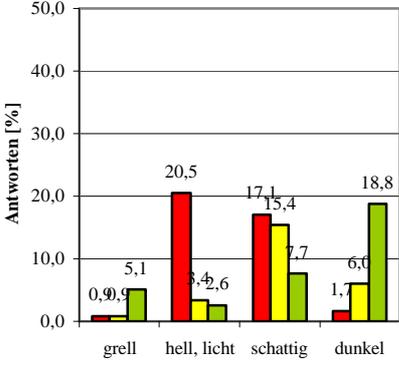
Fragen	Neustadt	Paulusviertel																																
1.1.1 / 1.1.2	<p data-bbox="288 315 427 347">Grünflächen</p>  <table border="1" data-bbox="368 376 759 768"> <caption>Neustadt Grünflächen</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> Mittel</td> <td>5,7</td> <td>2,3</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td>= Mittel</td> <td>56,8</td> <td>21,6</td> <td>1,1</td> </tr> <tr> <td>< Mittel</td> <td>6,8</td> <td>2,3</td> <td>0,0</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="288 792 549 882">Gültig = 88 Fehlend = 5 Kendall-Tau-b = -0,166</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	> Mittel	5,7	2,3	3,4	= Mittel	56,8	21,6	1,1	< Mittel	6,8	2,3	0,0	<p data-bbox="836 315 975 347">Grünflächen</p>  <table border="1" data-bbox="916 376 1307 768"> <caption>Paulusviertel Grünflächen</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> Mittel</td> <td>6,0</td> <td>1,7</td> <td>1,7</td> </tr> <tr> <td>= Mittel</td> <td>66,4</td> <td>9,5</td> <td>1,7</td> </tr> <tr> <td>< Mittel</td> <td>11,2</td> <td>0,9</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="836 792 1096 882">Gültig = 116 Fehlend = 4 Kendall-Tau-b = -0,127</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	> Mittel	6,0	1,7	1,7	= Mittel	66,4	9,5	1,7	< Mittel	11,2	0,9	0,9
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																															
> Mittel	5,7	2,3	3,4																															
= Mittel	56,8	21,6	1,1																															
< Mittel	6,8	2,3	0,0																															
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																															
> Mittel	6,0	1,7	1,7																															
= Mittel	66,4	9,5	1,7																															
< Mittel	11,2	0,9	0,9																															
	<p data-bbox="288 889 373 920">Straßen</p>  <table border="1" data-bbox="368 949 759 1301"> <caption>Neustadt Straßen</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> Mittel</td> <td>0,0</td> <td>10,3</td> <td>32,2</td> </tr> <tr> <td>= Mittel</td> <td>16,1</td> <td>29,9</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td>< Mittel</td> <td>3,4</td> <td>2,3</td> <td>2,3</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="288 1337 580 1420">Gültig = 87 Fehlend = 6 Kendall-Tau-b = -0,594 **</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	> Mittel	0,0	10,3	32,2	= Mittel	16,1	29,9	3,4	< Mittel	3,4	2,3	2,3	<p data-bbox="836 889 920 920">Straßen</p>  <table border="1" data-bbox="916 949 1307 1301"> <caption>Paulusviertel Straßen</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> Mittel</td> <td>5,2</td> <td>10,3</td> <td>33,6</td> </tr> <tr> <td>= Mittel</td> <td>28,4</td> <td>1,2</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>< Mittel</td> <td>2,6</td> <td>1,7</td> <td>1,7</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="836 1337 1128 1420">Gültig = 116 Fehlend = 4 Kendall-Tau-b = -0,519**</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	> Mittel	5,2	10,3	33,6	= Mittel	28,4	1,2	5,2	< Mittel	2,6	1,7	1,7
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																															
> Mittel	0,0	10,3	32,2																															
= Mittel	16,1	29,9	3,4																															
< Mittel	3,4	2,3	2,3																															
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																															
> Mittel	5,2	10,3	33,6																															
= Mittel	28,4	1,2	5,2																															
< Mittel	2,6	1,7	1,7																															
	<p data-bbox="288 1426 400 1458">Innenhöfe</p>  <table border="1" data-bbox="368 1487 759 1839"> <caption>Neustadt Innenhöfe</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> Mittel</td> <td>6,1</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> </tr> <tr> <td>= Mittel</td> <td>29,3</td> <td>31,7</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>< Mittel</td> <td>9,8</td> <td>2,4</td> <td>1,2</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="288 1874 574 1964">Gültig = 82 Fehlend = 11 Kendall-Tau-b = -0,363**</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	> Mittel	6,1	9,8	9,8	= Mittel	29,3	31,7	0,0	< Mittel	9,8	2,4	1,2	<p data-bbox="836 1426 948 1458">Innenhöfe</p>  <table border="1" data-bbox="916 1487 1307 1839"> <caption>Paulusviertel Innenhöfe</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> Mittel</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>13,7</td> </tr> <tr> <td>= Mittel</td> <td>21,4</td> <td>9,4</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td>< Mittel</td> <td>17,1</td> <td>12,8</td> <td>15,4</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="836 1874 1096 1964">Gültig = 117 Fehlend = 3 Kendall-Tau-b = -0,085</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	> Mittel	3,4	3,4	13,7	= Mittel	21,4	9,4	3,4	< Mittel	17,1	12,8	15,4
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																															
> Mittel	6,1	9,8	9,8																															
= Mittel	29,3	31,7	0,0																															
< Mittel	9,8	2,4	1,2																															
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																															
> Mittel	3,4	3,4	13,7																															
= Mittel	21,4	9,4	3,4																															
< Mittel	17,1	12,8	15,4																															

** = Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant

Fortsetzung Anhang 13

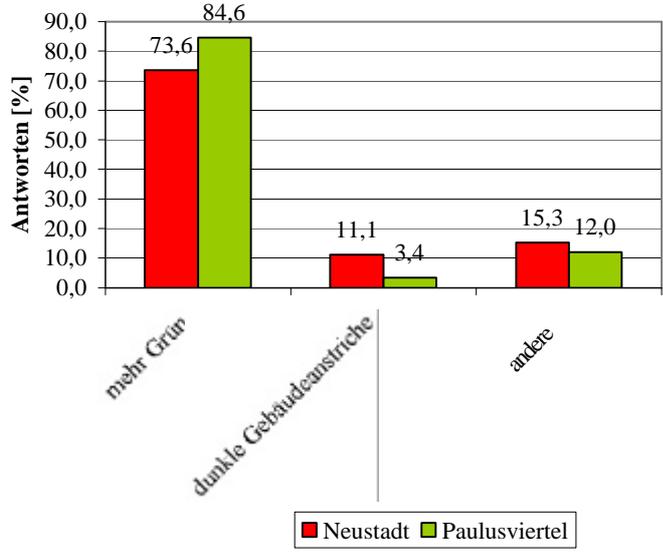
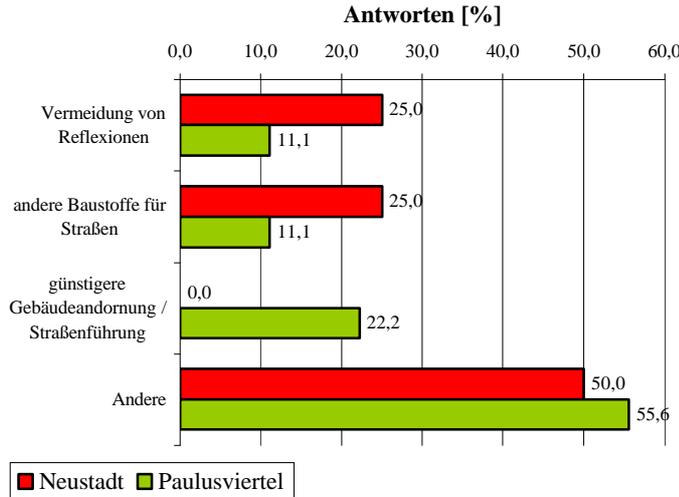
Fragen	
1.1.5	 <p>Gültig = 17 / 21 Neustadt / Paulusviertel</p>
1.1.6	<p>Vorgegebene Kategorien</p>  <p>Gültig: 50, 21, 26, 50, 9 / 100, 15, 33, 74, 17 Neustadt / Paulusviertel</p>
	<p>Freie Antworten</p>  <p>Gültig = 9 / 17 Neustadt / Paulusviertel</p>

Fortsetzung Anhang 13

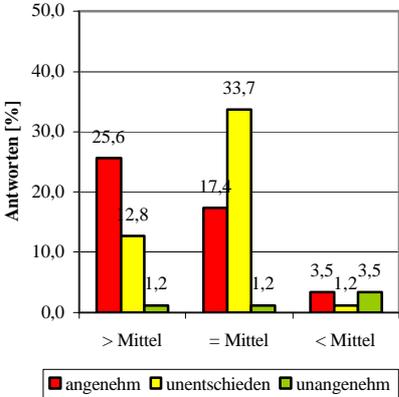
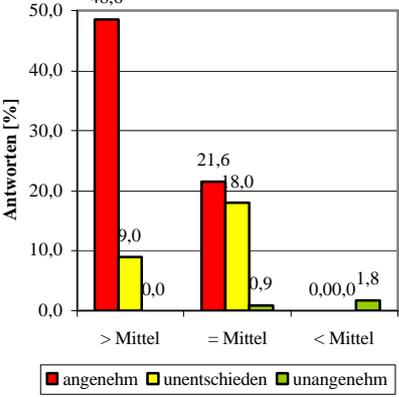
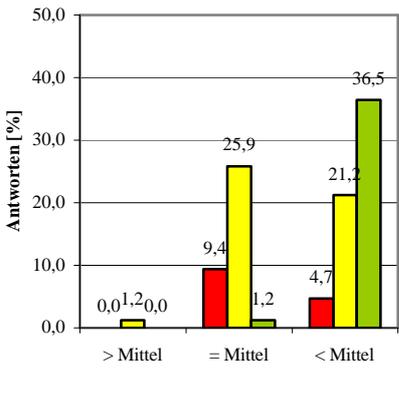
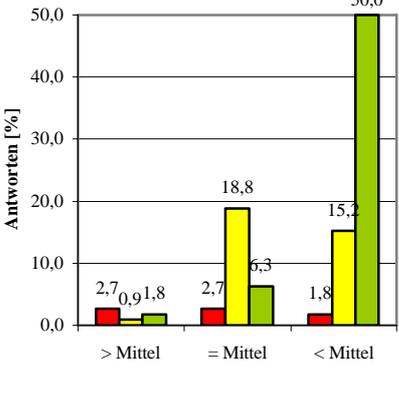
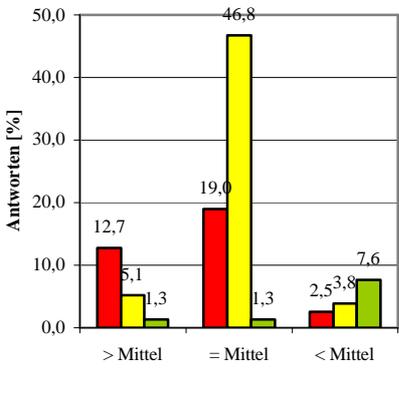
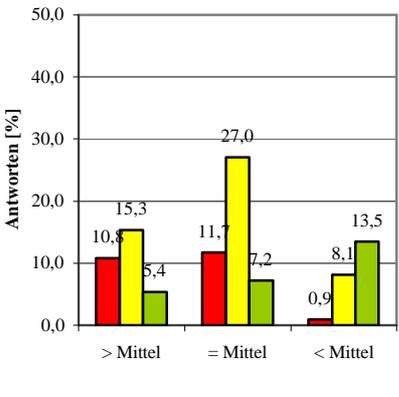
Fragen	Neustadt	Paulusviertel																																								
2.1.1 / 2.1.2	<p data-bbox="288 293 427 324">Grünflächen</p>  <table border="1" data-bbox="363 349 762 741"> <caption>Neustadt Grünflächen</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>grell</td> <td>0,0</td> <td>7,1</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>hell, licht</td> <td>32,9</td> <td>20,0</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>schattig</td> <td>28,2</td> <td>7,1</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>dunkel</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="288 770 576 860">Gültig = 85 Fehlend = 8 Kendall-Tau-b = -0,412**</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	grell	0,0	7,1	3,5	hell, licht	32,9	20,0	1,2	schattig	28,2	7,1	0,0	dunkel	0,0	0,0	0,0	<p data-bbox="839 293 978 324">Grünflächen</p>  <table border="1" data-bbox="914 349 1313 741"> <caption>Paulusviertel Grünflächen</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>grell</td> <td>1,8</td> <td>0,0</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>hell, licht</td> <td>37,5</td> <td>5,4</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>schattig</td> <td>49,1</td> <td>2,7</td> <td>2,7</td> </tr> <tr> <td>dunkel</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="839 770 1098 860">Gültig = 112 Fehlend = 8 Kendall-Tau-b = -0,071</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	grell	1,8	0,0	0,9	hell, licht	37,5	5,4	0,0	schattig	49,1	2,7	2,7	dunkel	0,0	0,0	0,0
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																																							
grell	0,0	7,1	3,5																																							
hell, licht	32,9	20,0	1,2																																							
schattig	28,2	7,1	0,0																																							
dunkel	0,0	0,0	0,0																																							
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																																							
grell	1,8	0,0	0,9																																							
hell, licht	37,5	5,4	0,0																																							
schattig	49,1	2,7	2,7																																							
dunkel	0,0	0,0	0,0																																							
	<p data-bbox="288 866 376 898">Straßen</p>  <table border="1" data-bbox="363 922 762 1314"> <caption>Neustadt Straßen</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>grell</td> <td>0,0</td> <td>9,5</td> <td>26,2</td> </tr> <tr> <td>hell, licht</td> <td>21,4</td> <td>27,4</td> <td>8,3</td> </tr> <tr> <td>schattig</td> <td>4,8</td> <td>2,4</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>dunkel</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="288 1321 576 1411">Gültig = 84 Fehlend = 9 Kendall-Tau-b = -0,595**</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	grell	0,0	9,5	26,2	hell, licht	21,4	27,4	8,3	schattig	4,8	2,4	0,0	dunkel	0,0	0,0	0,0	<p data-bbox="839 866 927 898">Straßen</p>  <table border="1" data-bbox="914 922 1313 1314"> <caption>Paulusviertel Straßen</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>grell</td> <td>0,0</td> <td>0,9</td> <td>20,5</td> </tr> <tr> <td>hell, licht</td> <td>21,4</td> <td>25,0</td> <td>2,7</td> </tr> <tr> <td>schattig</td> <td>21,4</td> <td>3,6</td> <td>2,7</td> </tr> <tr> <td>dunkel</td> <td>0,9</td> <td>0,9</td> <td>0,0</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="839 1321 1126 1411">Gültig = 112 Fehlend = 8 Kendall-Tau-b = -0,587**</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	grell	0,0	0,9	20,5	hell, licht	21,4	25,0	2,7	schattig	21,4	3,6	2,7	dunkel	0,9	0,9	0,0
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																																							
grell	0,0	9,5	26,2																																							
hell, licht	21,4	27,4	8,3																																							
schattig	4,8	2,4	0,0																																							
dunkel	0,0	0,0	0,0																																							
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																																							
grell	0,0	0,9	20,5																																							
hell, licht	21,4	25,0	2,7																																							
schattig	21,4	3,6	2,7																																							
dunkel	0,9	0,9	0,0																																							
	<p data-bbox="288 1417 403 1449">Innenhöfe</p>  <table border="1" data-bbox="363 1473 762 1865"> <caption>Neustadt Innenhöfe</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>grell</td> <td>0,0</td> <td>1,3</td> <td>2,6</td> </tr> <tr> <td>hell, licht</td> <td>34,2</td> <td>15,8</td> <td>2,6</td> </tr> <tr> <td>schattig</td> <td>30,3</td> <td>7,9</td> <td>1,3</td> </tr> <tr> <td>dunkel</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>3,9</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="288 1872 549 1953">Gültig = 76 Fehlend = 17 Kendall-Tau-b = -0,075</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	grell	0,0	1,3	2,6	hell, licht	34,2	15,8	2,6	schattig	30,3	7,9	1,3	dunkel	0,0	0,0	3,9	<p data-bbox="839 1417 954 1449">Innenhöfe</p>  <table border="1" data-bbox="914 1473 1313 1865"> <caption>Paulusviertel Innenhöfe</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>grell</td> <td>0,9</td> <td>0,9</td> <td>5,1</td> </tr> <tr> <td>hell, licht</td> <td>20,5</td> <td>3,6</td> <td>2,6</td> </tr> <tr> <td>schattig</td> <td>17,1</td> <td>15,4</td> <td>7,7</td> </tr> <tr> <td>dunkel</td> <td>1,7</td> <td>6,0</td> <td>18,8</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="839 1872 1118 1953">Gültig = 117 Fehlend = 3 Kendall-Tau-b = 0,368**</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	grell	0,9	0,9	5,1	hell, licht	20,5	3,6	2,6	schattig	17,1	15,4	7,7	dunkel	1,7	6,0	18,8
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																																							
grell	0,0	1,3	2,6																																							
hell, licht	34,2	15,8	2,6																																							
schattig	30,3	7,9	1,3																																							
dunkel	0,0	0,0	3,9																																							
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																																							
grell	0,9	0,9	5,1																																							
hell, licht	20,5	3,6	2,6																																							
schattig	17,1	15,4	7,7																																							
dunkel	1,7	6,0	18,8																																							

** = Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant
* = Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant

Fortsetzung Anhang 13

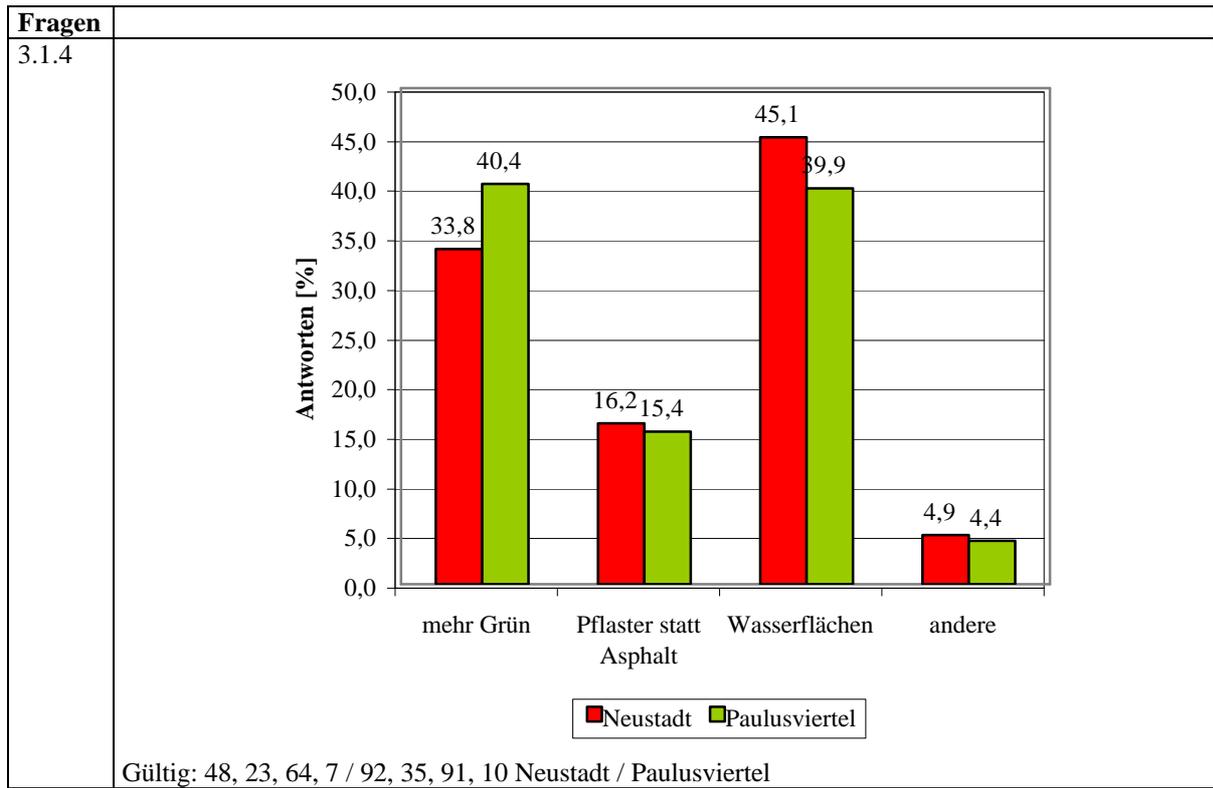
Fragen	
2.1.4	<p data-bbox="288 286 558 320">Vorgegebene Kategorien</p>  <p data-bbox="288 891 845 925">Gültig: 53, 8, 11 / 99, 4, 14 Neustadt / Paulusviertel</p>
	<p data-bbox="288 913 462 947">Freie Antworten</p>  <p data-bbox="288 1500 702 1534">Gültig = 4 / 9 Neustadt / Paulusviertel</p>

Fortsetzung Anhang 13

Fragen	Neustadt	Paulusviertel																																
3.1.1 / 3.1.2	<p data-bbox="288 293 427 324">Grünflächen</p>  <table border="1" data-bbox="363 344 762 741"> <caption>Neustadt Grünflächen</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> Mittel</td> <td>25,6</td> <td>12,8</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>= Mittel</td> <td>17,4</td> <td>33,7</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>< Mittel</td> <td>3,5</td> <td>1,2</td> <td>3,5</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="288 770 568 860">Gültig = 86 Fehlend = 7 Kendall-Tau-b = 0,292**</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	> Mittel	25,6	12,8	1,2	= Mittel	17,4	33,7	1,2	< Mittel	3,5	1,2	3,5	<p data-bbox="841 293 979 324">Grünflächen</p>  <table border="1" data-bbox="916 344 1315 741"> <caption>Paulusviertel Grünflächen</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> Mittel</td> <td>48,6</td> <td>9,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>= Mittel</td> <td>21,6</td> <td>18,0</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>< Mittel</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>1,8</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="841 770 1120 860">Gültig = 111 Fehlend = 9 Kendall-Tau-b = 0,390**</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	> Mittel	48,6	9,0	0,0	= Mittel	21,6	18,0	0,9	< Mittel	0,0	0,0	1,8
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																															
> Mittel	25,6	12,8	1,2																															
= Mittel	17,4	33,7	1,2																															
< Mittel	3,5	1,2	3,5																															
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																															
> Mittel	48,6	9,0	0,0																															
= Mittel	21,6	18,0	0,9																															
< Mittel	0,0	0,0	1,8																															
	<p data-bbox="288 866 379 898">Straßen</p>  <table border="1" data-bbox="363 918 762 1314"> <caption>Neustadt Straßen</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> Mittel</td> <td>0,0</td> <td>1,2</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>= Mittel</td> <td>9,4</td> <td>25,9</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>< Mittel</td> <td>4,7</td> <td>21,2</td> <td>36,5</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="288 1321 568 1406">Gültig = 85 Fehlend = 8 Kendall-Tau-b = 0,506**</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	> Mittel	0,0	1,2	0,0	= Mittel	9,4	25,9	1,2	< Mittel	4,7	21,2	36,5	<p data-bbox="841 866 932 898">Straßen</p>  <table border="1" data-bbox="916 918 1315 1314"> <caption>Paulusviertel Straßen</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> Mittel</td> <td>2,7</td> <td>0,9</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>= Mittel</td> <td>2,7</td> <td>18,8</td> <td>6,3</td> </tr> <tr> <td>< Mittel</td> <td>1,8</td> <td>15,2</td> <td>50,0</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="841 1321 1120 1406">Gültig = 112 Fehlend = 8 Kendall-Tau-b = 0,473**</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	> Mittel	2,7	0,9	1,8	= Mittel	2,7	18,8	6,3	< Mittel	1,8	15,2	50,0
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																															
> Mittel	0,0	1,2	0,0																															
= Mittel	9,4	25,9	1,2																															
< Mittel	4,7	21,2	36,5																															
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																															
> Mittel	2,7	0,9	1,8																															
= Mittel	2,7	18,8	6,3																															
< Mittel	1,8	15,2	50,0																															
	<p data-bbox="288 1413 411 1444">Innenhöfe</p>  <table border="1" data-bbox="363 1464 762 1861"> <caption>Neustadt Innenhöfe</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> Mittel</td> <td>12,7</td> <td>5,1</td> <td>1,3</td> </tr> <tr> <td>= Mittel</td> <td>19,0</td> <td>46,8</td> <td>1,3</td> </tr> <tr> <td>< Mittel</td> <td>2,5</td> <td>3,8</td> <td>7,6</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="288 1868 568 1946">Gültig = 79 Fehlend = 14 Kendall-Tau-b = 0,395**</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	> Mittel	12,7	5,1	1,3	= Mittel	19,0	46,8	1,3	< Mittel	2,5	3,8	7,6	<p data-bbox="841 1413 963 1444">Innenhöfe</p>  <table border="1" data-bbox="916 1464 1315 1861"> <caption>Paulusviertel Innenhöfe</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>angenehm</th> <th>unentschieden</th> <th>unangenehm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> Mittel</td> <td>10,8</td> <td>15,3</td> <td>5,4</td> </tr> <tr> <td>= Mittel</td> <td>11,7</td> <td>27,0</td> <td>7,2</td> </tr> <tr> <td>< Mittel</td> <td>0,9</td> <td>8,1</td> <td>13,5</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="841 1868 1120 1946">Gültig = 111 Fehlend = 9 Kendall-Tau-b = 0,317**</p>	Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm	> Mittel	10,8	15,3	5,4	= Mittel	11,7	27,0	7,2	< Mittel	0,9	8,1	13,5
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																															
> Mittel	12,7	5,1	1,3																															
= Mittel	19,0	46,8	1,3																															
< Mittel	2,5	3,8	7,6																															
Kategorie	angenehm	unentschieden	unangenehm																															
> Mittel	10,8	15,3	5,4																															
= Mittel	11,7	27,0	7,2																															
< Mittel	0,9	8,1	13,5																															

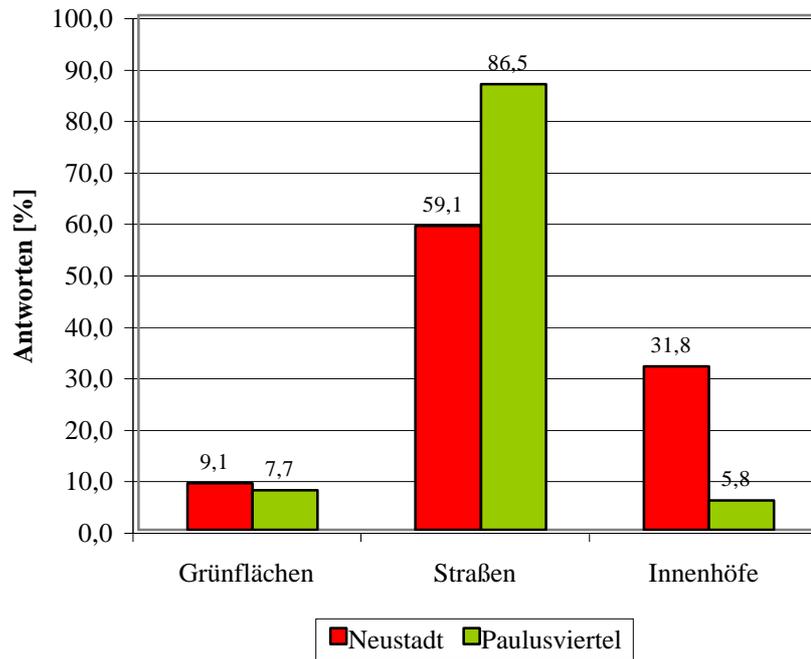
** = Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant
* = Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant

Fortsetzung Anhang 13



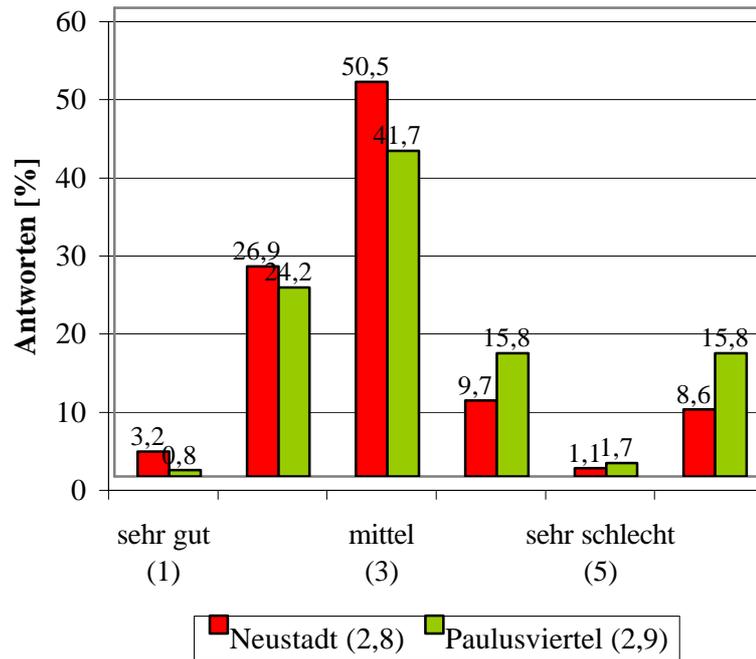
Fortsetzung Anhang 13

4.4



Gültig = 44 / 52 Neustadt / Paulusviertel

4.6



(Die eingeklammerten Zahlen in der Legende geben die berechneten Mittelwerte an)

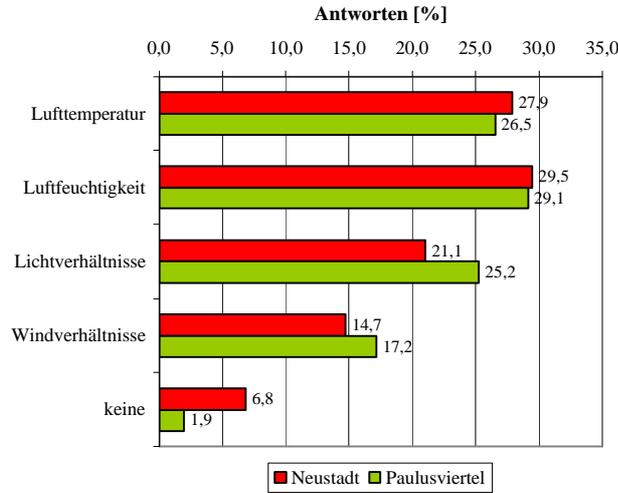
Gültig = 85 / 101 Neustadt / Paulusviertel

Fehlend = 8 / 19 Neustadt / Paulusviertel

Fortsetzung Anhang 13

Fragen

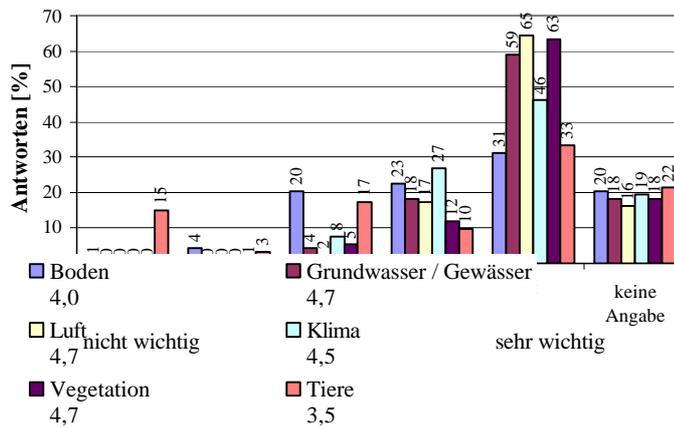
5.1



Gültig: 53, 56, 40, 28, 13 / 82, 90, 78, 53, 6 Neustadt / Paulusviertel

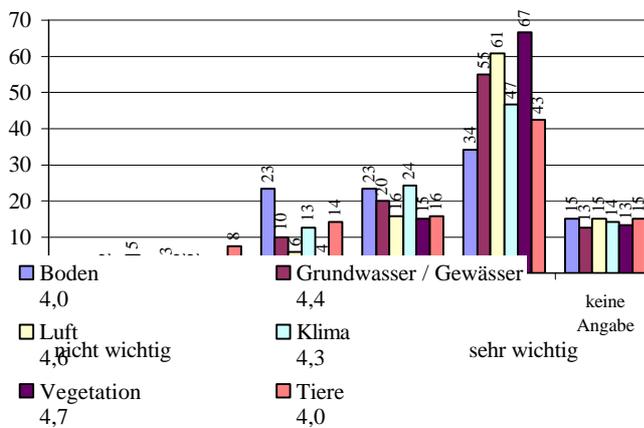
5.4

Neustadt



Gültig = 74, 76, 78, 75, 76, 73
Fehlend = 19, 17, 15, 18, 17, 20

Paulusviertel



Gültig = 102, 105, 102, 103, 104, 102
Fehlend = 18, 15, 18, 17, 16, 18

(Die Zahlen unter der Legende geben die berechneten Mittelwerte der jeweiligen Schutzgüter an; 1 (nicht wichtig) bis 5 (sehr wichtig))

Anhang 14: Einzelstatistiken zur Synthese - Lufttemperatur

1. Korrelationen der ausgewählten Variablen - Lufttemperatur

Neustadt		B111E	B112B	AREA	EX	HN	Vgrad	S_SSH	MF_T_DIFF_AMO	MF_e_A
B111E	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	1,000 0,000								
B112B	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,758** 0,000	1,000 0,000							
AREA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,038 0,842	0,047 0,805	1,000 0,000						
EX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,143 0,449	0,185 0,328	-0,064 0,738	1,000 0,000					
HN	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,189 0,318	0,025 0,897	0,110 0,564	0,699** 0,000	1,000 0,000				
Vgrad	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,515** 0,004	-0,548** 0,002	-0,469** 0,009	-0,200 0,289	-0,294 0,115	1,000 0,000			
S_SSH	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,139 0,465	-0,065 0,733	0,425* 0,019	-0,101 0,596	-0,137 0,470	-0,066 0,728	1,000 0,000		
MF_T_DIFF_AMO	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,122 0,522	0,063 0,742	0,647** 0,000	-0,034 0,858	0,127 0,502	-0,247 0,188	0,266 0,155	1,000 0,000	
MF_e_A	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,267 0,154	0,376* 0,041	0,106 0,576	-0,366* 0,047	-0,564** 0,001	-0,350 0,058	0,095 0,617	0,230 0,222	1,000 0,000

n= 30

Paulusviertel		B111E	B112B	AREA	EX	HN	Vgrad	S_SSH	MF_T_DIFF_AMO	MF_e_A
B111E	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	1,000 0,000								
B112B	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,777** 0,000	1,000 0,000							
AREA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,188* 0,038	0,048 0,602	1,000 0,000						
EX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,144 0,114	-0,221* 0,015	-0,143 0,117	1,000 0,000					
HN	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,186* 0,040	0,244** 0,007	0,084 0,355	0,224* 0,013	1,000 0,000				
Vgrad	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,215* 0,017	-0,279** 0,002	-0,485** 0,000	0,140 0,124	-0,123 0,177	1,000 0,000			
S_SSH	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,173 0,056	0,372** 0,000	-0,065 0,474	-0,147 0,107	0,224* 0,013	-0,071 0,440	1,000 0,000		
MF_T_DIFF_AMO	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,514** 0,000	-0,678** 0,000	0,102 0,263	0,090 0,323	-0,424** 0,000	0,182* 0,045	-0,391** 0,000	1,000 0,000	
MF_e_A	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,364** 0,000	0,518** 0,000	-0,206* 0,023	-0,335** 0,000	0,149 0,101	-0,139 0,128	0,178* 0,049	-0,520** 0,000	1,000 0,000

n= 122

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

2. Test auf Normalverteilung nach KOLMOGOROV-SMIRNOV - Lufttemperatur

Neustadt		B111E	B112B	AREA	EX	HN	Vgrad	S_SSH	MF_T_DIFF_AMO	MF_e_A
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	1,48	-0,19	13461	75	0,1	0,56	11,8	4,8	17,8
	Standardabweichung	0,46	0,69	14755	94	0,1	0,17	1,7	0,5	0,1
Extremste Differenzen	Absolut	0,247	0,195	0,289	0,234	0,226	0,096	0,117	0,170	0,231
	Positiv	0,247	0,195	0,289	0,234	0,226	0,081	0,062	0,170	0,203
	Negativ	-0,151	-0,122	-0,215	-0,213	-0,160	-0,096	-0,117	-0,165	-0,231
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,350	1,066	1,582	1,280	1,241	0,529	0,639	0,932	1,264
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,052	0,205	0,013	0,076	0,092	0,943	0,809	0,350	0,082

n= 30

Paulusviertel		B111E	B112B	AREA	EX	HN	Vgrad	S_SSH	MF_T_DIFF_AMO	MF_e_A
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	1,65	-0,14	2034	241	1,9	0,83	9,6	3,9	17,0
	Standardabweichung	0,49	0,78	2434	36	0,7	0,22	2,0	0,3	0,2
Extremste Differenzen	Absolut	0,163	0,195	0,239	0,082	0,123	0,263	0,083	0,148	0,136
	Positiv	0,163	0,195	0,219	0,082	0,123	0,228	0,061	0,092	0,120
	Negativ	-0,091	-0,146	-0,239	-0,060	-0,060	-0,263	-0,083	-0,148	-0,136
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,803	2,155	2,640	0,903	1,359	2,905	0,915	1,631	1,501
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,003	0,000	0,000	0,388	0,050	0,000	0,372	0,010	0,022

n= 122

a Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b Aus den Daten berechnet.

Fortsetzung Anhang 14

3. Clusterneuzuordnungen nach der 1. Diskriminanzanalyse - Lufttemperatur								
Neustadt		Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit						Gesamt
	Cluster nach Ward	1	2	3	4	5	6	
Anzahl	1	3	0	0	0	0	0	3
	2	0	6	0	0	0	0	6
	3	0	0	11	0	0	0	11
	4	0	0	0	4	0	0	4
	5	0	0	0	0	3	0	3
	6	0	0	0	0	0	3	3
%	1	100	0	0	0	0	0	100
	2	0	100	0	0	0	0	100
	3	0	0	100	0	0	0	100
	4	0	0	0	100	0	0	100
	5	0	0	0	0	100	0	100
	6	0	0	0	0	0	100	100

100,0% der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

Paulusviertel		Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit								Gesamt
	Cluster nach Ward	1	2	3	4	5	6	7	8	
Anzahl	1	29	0	1	1	0	0	0	0	31
	2	0	4	0	0	0	0	0	0	4
	3	0	0	23	0	0	0	0	0	23
	4	0	0	0	15	0	0	0	0	15
	5	0	0	0	0	8	0	0	0	8
	6	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	7	0	0	0	0	0	0	31	1	32
	8	0	0	0	0	0	0	1	7	8
%	1	93,5	0	3,2	3,2	0	0	0	0	100
	2	0	100	0	0	0	0	0	0	100
	3	0	0	100	0	0	0	0	0	100
	4	0	0	0	100	0	0	0	0	100
	5	0	0	0	0	100	0	0	0	100
	6	0	0	0	0	0	100	0	0	100
	7	0	0	0	0	0	0	96,9	3,1	100
	8	0	0	0	0	0	0	12,5	87,5	100

96,7% der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

4. Ergebnisse des KRUSKAL-WALLIS-Test - Lufttemperatur

Neustadt	B111E	B112B	AREA	EX	HN	Vgrad	S_SSH	MF_T_DIFF_AMO	MF_e_A
Asymptotische Signifikanz	0,046	0,067	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,001
n ^{*)}	42	42	75	75	75	75	75	75	75

Paulusviertel	B111E	B112B	AREA	EX	HN	Vgrad	S_SSH	MF_T_DIFF_AMO	MF_e_A
Asymptotische Signifikanz	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
n ^{*)}	139	139	170	170	170	170	170	170	170

^{*)} B111E und B112B mit Berücksichtigung von Flächen mit nur einer Antwort

Fortsetzung Anhang 14

5. Deskriptive Statistik der Clustervariablen - Lufttemperatur

Neustadt											
Minimum		B111E	B112B	AREA	EX	HN	Vgrad	S_SSH	MF_T	DIFF_AMO	MF_e_A
Cluster	1	1,00	-1,00	12021	0	0,0	0,14	11,0	4,5	0,1	
	2	1,00	-1,00	2634	0	0,0	0,33	8,8	4,3	0,1	
	3	1,00	-1,00	338	0	0,0	0,54	8,5	4,3	0,0	
	4	1,00	-1,00	1344	97	0,1	0,51	7,9	4,4	0,1	
	5	1,00	-1,00	43889	60	0,1	0,27	13,3	5,5	0,2	
	6	1,00	-1,00	5104	19	0,1	0,38	8,5	4,6	0,1	
Maximum											
Cluster	1	2,20	1,00	33398	266	0,2	0,53	14,8	4,9	0,3	
	2	3,00	1,00	44318	33	0,0	0,75	12,9	5,1	0,2	
	3	1,50	0,00	32007	309	0,2	1,00	16,0	5,2	0,3	
	4	1,50	0,00	5854	321	0,4	0,90	14,2	4,8	0,3	
	5	1,80	0,80	65873	88	0,3	0,54	15,3	6,1	0,3	
	6	3,00	1,00	24013	311	0,3	0,76	15,3	5,9	0,3	
Spannweite											
Cluster	1	1,20	2,00	21377	266	0,2	0,40	3,8	0,4	0,2	
	2	2,00	2,00	41684	33	0,0	0,42	4,1	0,8	0,1	
	3	0,50	1,00	31669	309	0,2	0,46	7,5	0,9	0,3	
	4	0,50	1,00	4510	224	0,3	0,39	6,3	0,4	0,2	
	5	0,80	1,80	21984	29	0,1	0,28	2,0	0,6	0,1	
	6	2,00	2,00	18909	292	0,2	0,38	6,9	1,3	0,2	
Mittelwert											
Cluster	1	1,66	0,20	21022	117	0,1	0,29	12,5	4,7	0,2	
	2	1,57	-0,15	14899	8	0,0	0,57	10,9	4,7	0,1	
	3	1,15	-0,70	5391	72	0,1	0,76	12,9	4,5	0,1	
	4	1,38	-0,38	3695	212	0,3	0,70	11,4	4,6	0,2	
	5	1,27	-0,40	51383	73	0,2	0,38	14,1	5,8	0,3	
	6	2,00	0,36	13893	126	0,2	0,58	11,3	5,3	0,2	

Paulusviertel											
Minimum		B111E	B112B	AREA	EX	HN	Vgrad	S_SSH	MF_T	DIFF_AMO	MF_e_A
Cluster	1	1,00	-0,50	146	215	1,3	0,05	6,0	3,4	16,9	
	2	1,00	-1,00	7390	204	0,7	0,32	7,9	3,6	16,6	
	3	1,00	-1,00	56	202	0,5	0,51	5,4	3,8	16,9	
	4	1,80	0,00	364	123	0,5	0,68	9,0	3,4	17,1	
	5	1,80	-1,00	1936	219	1,4	0,52	6,2	3,7	16,8	
	6	2,10	0,91	15335	191	4,6	0,19	12,3	3,5	17,2	
	7	1,00	-1,00	66	247	0,9	0,43	6,1	3,7	16,7	
	8	1,00	-1,00	298	148	0,9	0,39	7,5	3,9	16,6	
Maximum											
Cluster	1	2,30	1,00	5157	265	2,9	1,00	13,5	4,0	17,2	
	2	3,00	1,00	12674	255	2,1	0,83	12,9	4,4	17,1	
	3	2,00	1,00	3094	257	2,5	1,00	11,2	4,6	17,2	
	4	2,30	1,00	5251	286	4,3	1,00	14,2	3,6	17,3	
	5	3,00	1,00	5591	292	2,7	0,80	7,6	4,2	17,1	
	6	2,10	0,91	15335	191	4,6	0,19	12,3	3,5	17,2	
	7	3,00	1,00	4092	311	3,1	1,00	11,3	4,2	16,9	
	8	2,00	-0,33	7290	215	2,5	1,00	14,3	4,2	16,7	
Spannweite											
Cluster	1	1,30	1,50	5010	49	1,7	0,95	7,6	0,6	0,3	
	2	2,00	2,00	5285	51	1,4	0,52	5,0	0,8	0,5	
	3	1,00	2,00	3038	55	2,0	0,49	5,8	0,8	0,3	
	4	0,50	1,00	4887	163	3,8	0,32	5,2	0,2	0,2	
	5	1,20	2,00	3655	73	1,3	0,28	1,3	0,5	0,3	
	6	0,00	0,00	0	0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	
	7	2,00	2,00	4026	64	2,1	0,57	5,2	0,5	0,2	
	8	1,00	0,67	6992	67	1,5	0,61	6,8	0,3	0,1	
Mittelwert											
Cluster	1	1,85	0,57	1571	235	1,9	0,69	9,9	3,7	17,0	
	2	1,72	-0,08	9844	222	1,5	0,57	10,2	4,1	16,9	
	3	1,33	-0,68	1088	222	1,4	0,91	8,1	4,2	17,0	
	4	2,19	0,88	1068	216	2,2	0,94	11,9	3,5	17,2	
	5	2,33	0,27	3755	261	1,9	0,68	6,9	4,0	16,9	
	6	2,10	0,91	15335	191	4,6	0,19	12,3	3,5	17,2	
	7	1,35	-0,62	1294	285	2,0	0,93	8,8	4,0	16,8	
	8	1,37	-0,88	2355	190	1,6	0,79	10,7	4,0	16,6	

Fortsetzung Anhang 14

6. Zugehörigkeit Cluster - Subtypflächenkategorie - Lufttemperatur

Neustadt		Anzahl Flächen je Cluster und Subtyp [-]						Gesamt
		Clusternummer						
		1	2	3	4	5	6	
Subtyp	A	1	2	2	0	0	2	7
	G	2	0	0	0	1	0	3
	I	3	4	0	1	0	5	13
	S	1	6	31	7	2	5	52
Gesamt		7	12	33	8	3	12	75

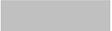
Paulusviertel		Anzahl Flächen je Cluster und Subtyp [-]								Gesamt
		Clusternummer								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Subtyp	A	1	2	0	0	0	0	0	1	4
	G	2	0	0	0	0	1	0	0	3
	I	4	4	11	0	10	0	6	3	38
	S	31	2	25	18	0	0	36	13	125
Gesamt		38	8	36	18	10	1	42	17	170

A = Subtypflächenkategorie; Sonderflächen

G = Subtypflächenkategorie; Grünfläche

I = Subtypflächenkategorie; Innenhof

S = Subtypflächenkategorie; Straße

fett = Cluster mit Handlungsbedarf
 = Standort der zugehörigen temporären Klimastation

Anhang 15: Einzelstatistiken zur Synthese – Lichtverhältnisse

1. Korrelationen der ausgewählten Variablen - Lichtverhältnisse

Neustadt		B211E	B212B	AREA	EX	HN	Vgrad	z ₀	S_SSH	S_v
B211E	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	1,000 0,000								
B212B	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,934** 0,000	1,000 0,000							
AREA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,258 0,224	0,294 0,163	1,000 0,000						
EX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,071 0,743	0,196 0,359	-0,091 0,671	1,000 0,000					
HN	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,258 0,223	0,319 0,129	0,181 0,398	0,776** 0,000	1,000 0,000				
Vgrad	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,637** 0,001	-0,730** 0,000	-0,620** 0,001	-0,116 0,590	-0,304 0,149	1,000 0,000			
z ₀	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,741** 0,000	0,716** 0,000	0,295 0,161	0,122 0,570	0,276 0,192	-0,618** 0,001	1,000 0,000		
S_SSH	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,290 0,169	-0,272 0,198	0,257 0,225	-0,053 0,804	0,020 0,926	-0,092 0,669	-0,374 0,072	1,000 0,000	
S_v	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,524** 0,009	0,491* 0,015	-0,122 0,569	-0,121 0,572	-0,133 0,537	-0,176 0,410	0,559** 0,004	-0,720** 0,000	1,000 0,000

n= 24

Paulusviertel		B211E	B212B	AREA	EX	HN	Vgrad	z ₀	S_SSH	S_v
B211E	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	1,000 0,000								
B212B	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,790** 0,000	1,000 0,000							
AREA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,189 0,054	0,066 0,506	1,000 0,000						
EX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,078 0,432	-0,142 0,148	-0,177 0,070	1,000 0,000					
HN	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,180 0,067	0,289** 0,003	0,087 0,378	0,246* 0,011	1,000 0,000				
Vgrad	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,352** 0,000	-0,332** 0,001	-0,487** 0,000	0,190 0,053	-0,100 0,312	1,000 0,000			
z ₀	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,470** 0,000	0,202* 0,039	0,534** 0,000	-0,031 0,750	0,008 0,933	-0,407** 0,000	1,000 0,000		
S_SSH	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,150 0,127	0,164 0,094	-0,063 0,525	-0,277** 0,004	0,163 0,097	-0,091 0,356	-0,385** 0,000	1,000 0,000	
S_v	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,246* 0,012	-0,138 0,161	0,242* 0,013	0,285** 0,003	-0,076 0,439	-0,063 0,522	0,602** 0,000	-0,837** 0,000	1,000 0,000

n= 105

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

2. Test auf Normalverteilung nach KOLMOGOROV-SMIRNOV - Lichtverhältnisse

Neustadt		B211E	B212B	AREA	EX	HN	Vgrad	z ₀	S_SSH	S_v
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	1,67	-0,08	12756	84	0,1	0,53	0,096	11,9	0,2
	Standardabweichung	0,67	0,87	11781	100	0,1	0,18	0,040	1,6	0,1
Extremste Differenzen	Absolut	0,228	0,227	0,254	0,263	0,206	0,123	0,109	0,145	0,099
	Positiv	0,228	0,227	0,254	0,263	0,206	0,102	0,109	0,075	0,065
	Negativ	-0,156	-0,227	-0,180	-0,200	-0,143	-0,123	-0,096	-0,145	-0,099
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,118	1,111	1,244	1,289	1,011	0,601	0,533	0,712	0,487
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,164	0,169	0,091	0,072	0,258	0,863	0,939	0,692	0,972

n= 24

Paulusviertel		B211E	B212B	AREA	EX	HN	Vgrad	z ₀	S_SSH	S_v
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	1,94	-0,05	2020	244	1,9	0,84	0,058	9,9	0,3
	Standardabweichung	0,77	0,72	2379	38	0,7	0,22	0,090	2,1	0,2
Extremste Differenzen	Absolut	0,150	0,164	0,236	0,074	0,122	0,266	0,295	0,065	0,120
	Positiv	0,150	0,164	0,209	0,066	0,122	0,229	0,295	0,065	0,120
	Negativ	-0,127	-0,130	-0,236	-0,074	-0,061	-0,266	-0,294	-0,065	-0,089
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,539	1,676	2,416	0,754	1,246	2,722	3,026	0,666	1,232
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,018	0,007	0,000	0,620	0,090	0,000	0,000	0,767	0,096

n= 105

a Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b Aus den Daten berechnet.

Fortsetzung Anhang 15

3. Clusterneuzuordnungen nach der 1. Diskriminanzanalyse - Lichtverhältnisse

Neustadt	Cluster nach Ward	Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit						Gesamt
		1	2	3	4	5	6	
Anzahl	1	3	0	0	0	0	0	3
	2	0	6	0	0	0	0	6
	3	0	0	3	0	0	0	3
	4	0	0	0	10	0	0	10
	5	0	0	0	0	1	0	1
	6	0	0	0	0	0	1	1
%	1	100	0	0	0	0	0	100
	2	0	100	0	0	0	0	100
	3	0	0	100	0	0	0	100
	4	0	0	0	100	0	0	100
	5	0	0	0	0	100	0	100
	6	0	0	0	0	0	100	100

100,0% der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

Paulusviertel	Cluster nach Ward	Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit								Gesamt
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Anzahl	1	13	0	0	0	0	0	0	0	13
	2	0	24	0	0	0	0	0	1	25
	3	0	0	10	0	0	0	0	0	10
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	5	0	0	0	0	16	0	0	0	16
	6	0	0	0	0	0	8	0	0	8
	7	0	0	0	0	0	0	9	0	9
	8	0	1	0	0	1	0	0	21	23
%	1	100	0	0	0	0	0	0	0	100
	2	0	96	0	0	0	0	0	4	100
	3	0	0	100	0	0	0	0	0	100
	4	0	0	0	100	0	0	0	0	100
	5	0	0	0	0	100	0	0	0	100
	6	0	0	0	0	0	100	0	0	100
	7	0	0	0	0	0	0	100	0	100
	8	0	4,3	0	0	4,3	0	0	91,3	100

97,1% der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

4. Ergebnisse des KRUSKAL-WALLIS-Test - Lichtverhältnisse

Neustadt	B211E	B212B	AREA	EX	HN	Vgrad	z ₀	S_SSH	S_v
Asymptotische Signifikanz	0,000	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
n ^{*)}	42	42	75	75	75	75	75	75	75

Paulusviertel	B211E	B212B	AREA	EX	HN	Vgrad	z ₀	S_SSH	S_v
Asymptotische Signifikanz	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
n ^{*)}	140	140	170	170	170	170	170	170	170

^{*)} B211E und B212B mit Berücksichtigung von Flächen mit nur einer Antwort

Fortsetzung Anhang 15

5. Deskriptive Statistik der Clustervariablen - Lichtverhältnisse

Neustadt										
	Minimum	B211E	B212B	AREA	EX	HN	Vgrad	z ₀	S_SSH	S_v
Cluster	1	1,00	-1,00	12021	88	0,1	0,14	0,087	11,7	0,09
	2	2,00	-1,00	6456	0	0,0	0,27	0,080	8,5	0,23
	3	1,00	-1,00	338	56	0,1	0,51	0,010	10,2	0,00
	4	1,00	-1,00	722	0	0,0	0,48	0,011	8,5	0,04
	5	1,00	-1,00	3081	97	0,3	0,55	0,054	7,9	0,19
	6	1,00	-1,00	44318	0	0,0	0,33	0,063	12,7	0,05
Maximum										
Cluster	1	2,40	1,00	43889	311	0,3	0,53	0,123	14,8	0,26
	2	4,00	1,00	32007	183	0,3	0,72	0,376	11,4	0,30
	3	3,00	1,00	15060	321	0,4	1,00	0,434	16,0	0,38
	4	2,00	1,00	20255	64	0,2	1,00	0,238	15,4	0,30
	5	1,50	0,00	4531	288	0,4	0,58	0,098	9,6	0,24
	6	1,00	-1,00	65873	71	0,2	0,57	0,190	15,3	0,22
Spannweite										
Cluster	1	1,40	2,00	31868	223	0,2	0,40	0,036	3,1	0,17
	2	2,00	2,00	25551	183	0,3	0,45	0,296	2,9	0,07
	3	2,00	2,00	14722	265	0,3	0,49	0,424	5,8	0,38
	4	1,00	2,00	19533	64	0,2	0,52	0,227	6,9	0,26
	5	0,50	1,00	1450	191	0,1	0,03	0,044	1,7	0,05
	6	0,00	0,00	21555	71	0,2	0,24	0,127	2,7	0,17
Mittelwert										
Cluster	1	1,88	0,56	26555	199	0,2	0,32	0,102	13,2	0,18
	2	2,72	0,54	18356	50	0,1	0,47	0,171	10,4	0,27
	3	1,59	-0,14	4362	212	0,2	0,74	0,072	13,6	0,14
	4	1,23	-0,63	5771	13	0,0	0,74	0,068	12,1	0,19
	5	1,25	-0,50	3806	193	0,4	0,57	0,076	8,8	0,21
	6	1,00	-1,00	51526	44	0,1	0,48	0,119	13,8	0,15
Paulusviertel										
	Minimum	B211E	B212B	AREA	EX	HN	Vgrad	z ₀	S_SSH	S_v
Cluster	1	1,00	-1,00	548	161	1,1	0,05	0,039	7,6	0,12
	2	1,00	-1,00	256	123	0,5	0,68	0,012	7,5	0,06
	3	2,00	-1,00	86	148	1,1	0,43	0,090	5,4	0,41
	4	2,60	0,91	15335	191	4,6	0,19	0,140	12,3	0,17
	5	1,00	-1,00	298	151	0,5	0,59	0,009	7,5	0,07
	6	1,00	-1,00	2427	204	0,7	0,32	0,015	7,6	0,14
	7	1,00	-1,00	56	201	1,0	0,81	0,013	5,6	0,47
	8	1,00	-1,00	245	229	1,0	0,76	0,011	7,9	0,15
Maximum										
Cluster	1	3,10	1,00	5157	259	2,6	0,71	0,300	12,9	0,54
	2	3,00	1,00	2762	307	4,3	1,00	0,044	14,2	0,29
	3	4,00	1,00	11035	304	2,7	1,00	0,433	9,6	1,00
	4	2,60	0,91	15335	191	4,6	0,19	0,140	12,3	0,17
	5	3,00	1,00	3720	261	2,2	1,00	0,078	14,3	0,42
	6	2,30	0,20	12674	301	2,3	0,83	0,277	12,9	0,59
	7	3,00	1,00	3323	309	2,5	1,00	0,084	9,3	1,00
	8	3,00	1,00	2488	311	3,1	1,00	0,123	11,0	0,48
Spannweite										
Cluster	1	2,10	2,00	4608	98	1,5	0,66	0,261	5,3	0,42
	2	2,00	2,00	2506	184	3,8	0,32	0,032	6,6	0,23
	3	2,00	2,00	10948	156	1,6	0,57	0,343	4,2	0,59
	4	0,00	0,00	0	0	0,0	0,00	0,000	0,0	0,00
	5	2,00	2,00	3422	110	1,6	0,41	0,069	6,8	0,35
	6	1,30	1,20	10247	97	1,6	0,51	0,262	5,3	0,45
	7	2,00	2,00	3267	108	1,5	0,19	0,071	3,7	0,53
	8	2,00	2,00	2243	82	2,1	0,24	0,112	3,1	0,33
Mittelwert										
Cluster	1	2,28	0,37	2062	231	1,8	0,47	0,081	10,2	0,29
	2	2,31	0,60	694	228	2,2	0,94	0,023	11,6	0,15
	3	2,98	0,29	3776	247	1,8	0,73	0,279	7,2	0,73
	4	2,60	0,91	15335	191	4,6	0,19	0,140	12,3	0,17
	5	1,10	-0,86	1559	213	1,3	0,88	0,020	10,2	0,27
	6	1,56	-0,16	6543	237	1,7	0,56	0,119	10,1	0,34
	7	2,19	0,06	997	249	1,7	0,99	0,022	6,9	0,68
	8	1,35	-0,55	1017	279	2,1	0,98	0,021	9,6	0,32

Fortsetzung Anhang 15

6. Zugehörigkeit Cluster - Subtypflächenkategorie - Lichtverhältnisse

Neustadt		Anzahl Flächen je Cluster und Subtyp [-]						Gesamt
		Clusternummer						
		1	2	3	4	5	6	
Subtyp	A	1	3	1	1	0	1	7
	G	3	0	0	0	0	0	3
	I	0	11	1	1	0	0	13
	S	2	1	16	29	2	2	52
Gesamt		6	15	18	31	2	3	75

Paulusviertel		Anzahl Flächen je Cluster und Subtyp [-]								Gesamt
		Clusternummer								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Subtyp	A	2	0	0	0	0	2	0	0	4
	G	2	0	0	1	0	0	0	0	3
	I	4	0	21	0	0	3	10	0	38
	S	15	27	0	0	33	7	19	24	125
Gesamt		23	27	21	1	33	12	29	24	170

A = Subtypflächenkategorie; Sonderflächen

G = Subtypflächenkategorie; Grünfläche

I = Subtypflächenkategorie; Innenhof

S = Subtypflächenkategorie; Straße

fett = Cluster mit Handlungsbedarf

█ = Standort der zugehörigen temporären Klimastation

Anhang 16: Einzelstatistiken zur Synthese – Luftfeuchtigkeit

1. Korrelationen der ausgewählten Variablen - Luftfeuchtigkeit

Neustadt		B311E	B312B	Vgrad	S_SSH	AREA	MF_rF_A	MF_T_A
B311E	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	1,000 0,000						
B312B	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,929** 0,00	1,000 0,000					
Vgrad	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,758** 0,000	-0,664** 0,000	1,000 0,000				
S_SSH	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,045 0,821	-0,173 0,379	-0,175 0,372	1,000 0,000			
AREA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,149 0,449	0,105 0,594	-0,437* 0,020	0,444 0,018	1,000 0,000		
MF_rF_A	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,022 0,913	0,018 0,927	0,089 0,652	-0,124 0,528	-0,400* 0,035	1,000 0,000	
MF_T_A	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,169 0,390	0,157 0,425	-0,199 0,309	0,196 0,317	0,458* 0,014	-0,937** 0,000	1,000 0,000

n= 28

Paulusviertel		B311E	B312B	Vgrad	S_SSH	AREA	MF_rF_A	MF_T_A
E311	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	1,000 0,000						
A313	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,846** 0,000	1,000 0,000					
VGRAD	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,519** 0,000	-0,636** 0,000	1,000 0,000				
SSH_M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,094 0,336	0,140 0,151	-0,337** 0,000	1,000 0,000			
AREA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,304** 0,001	0,354** 0,000	-0,492** 0,000	0,082 0,402	1,000 0,000		
MF_F_A	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,262** 0,006	0,410** 0,000	-0,424** 0,000	0,133 0,174	0,021 0,830	1,000 0,000	
MFA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,261** 0,007	-0,405 0,000	0,465** 0,000	-0,209* 0,031	-0,118 0,226	-0,917** 0,000	1,000 0,000

n= 107

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

2. Test auf Normalverteilung nach KOLMOGOROV-SMIRNOV - Luftfeuchtigkeit

Neustadt		B311E	B312B	Vgrad	S_SSH	AREA	MF_rF_A	MF_T_A
Parameter der Normalverteilung	Mittelwert	2,57	-0,43	0,55	11,8	14317	64,5	22,7
	Standardabweichung	0,70	0,84	0,18	1,8	15179	1,8	0,4
Extremste Differenzen	Absolut	0,375	0,394	0,132	0,115	0,279	0,131	0,108
	Positiv	0,268	0,394	0,098	0,062	0,279	0,109	0,090
	Negativ	-0,375	-0,249	-0,132	-0,115	-0,208	-0,131	-0,108
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,986	2,083	0,700	0,610	1,475	0,691	0,573
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,001	0,000	0,712	0,851	0,026	0,726	0,898

n= 28

Paulusviertel		B311E	B312B	Vgrad	S_SSH	AREA	MF_rF_A	MF_T_A
Parameter der Normalverteilung	Mittelwert	2,66	-0,72	0,87	9,3	1946	59,4	23,1
	Standardabweichung	0,50	0,55	0,21	2,1	2351	2,0	0,3
Extremste Differenzen	Absolut	0,271	0,416	0,302	0,071	0,248	0,111	0,134
	Positiv	0,249	0,416	0,257	0,071	0,248	0,111	0,059
	Negativ	-0,271	-0,304	-0,302	-0,067	-0,225	-0,057	-0,134
Kolmogorov-Smirnov-Z		2,802	4,303	3,129	0,735	2,563	1,152	1,390
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,000	0,000	0,000	0,652	0,000	0,141	0,042

n= 107

a Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b Aus den Daten berechnet.

Fortsetzung Anhang 16

3. Clusterneuzuordnungen nach der 1. Diskriminanzanalyse - Luftfeuchtigkeit

Neustadt		Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit						Gesamt
	Cluster nach Ward	1	2	3	4	5	6	
Anzahl	1	5	0	0	0	0	0	5
	2	0	5	0	0	0	0	5
	3	0	0	6	0	0	0	6
	4	0	0	0	7	0	0	7
	5	0	0	0	0	3	0	3
	6	0	0	0	0	0	2	2
%	1	100	0	0	0	0	0	100
	2	0	100	0	0	0	0	100
	3	0	0	100	0	0	0	100
	4	0	0	0	100	0	0	100
	5	0	0	0	0	100	0	100
	6	0	0	0	0	0	100	100

100,0% der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

Paulusviertel		Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit						Gesamt
	Cluster nach Ward	1	2	3	4	5	6	
Anzahl	1	3	0	0	0	0	0	3
	2	0	43	0	4	0	0	47
	3	0	0	13	0	0	0	13
	4	0	2	1	11	0	1	15
	5	0	1	0	0	19	0	20
	6	0	0	0	0	0	9	9
%	1	100	0	0	0	0	0	100
	2	0	91,5	0	8,5	0	0	100
	3	0	0	100	0	0	0	100
	4	0	13,3	6,7	73,3	0	6,7	100
	5	0	5	0	0	95	0	100
	6	0	0	0	0	0	100	100

91,6% der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

4. Ergebnisse des KRUSKAL-WALLIS-Test - Luftfeuchtigkeit

Neustadt	B311E	B312B	Vgrad	S_SSH	AREA	MF_rF_A	MF_T_A
Asymptotische Signifikanz	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
n ^{*)}	41	41	75	75	75	75	75

Paulusviertel	B311E	B312B	Vgrad	S_SSH	AREA	MF_rF_A	MF_T_A
Asymptotische Signifikanz	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
n ^{*)}	137	137	170	170	170	170	170

^{*)} B311E und B312B mit Berücksichtigung von Flächen mit nur einer Antwort

Fortsetzung Anhang 16

5. Deskriptive Statistik der Clustervariablen - Luftfeuchtigkeit

Neustadt								
	Minimum	B311E	B312B	Vgrad	S_SSH	AREA	MF_rF_A	MF_T_A
Cluster	1	1,0	0,0	0,14	9,5	9637	64,5	21,8
	2	2,5	-1,0	0,48	7,9	4531	62,1	22,5
	3	3,0	-1,0	0,54	10,2	338	61,5	21,7
	4	3,0	-1,0	0,51	8,5	722	65,5	21,7
	5	1,6	-1,0	0,27	13,3	43889	61,2	23,2
	6	1,0	1,0	0,38	9,3	6456	61,6	23,0
Maximum								
Cluster	1	2,5	1,0	0,60	14,8	44318	67,6	22,7
	2	3,0	1,0	0,76	12,8	26217	65,8	23,2
	3	3,0	1,0	1,00	15,6	10431	68,6	23,2
	4	3,0	-1,0	1,00	16,0	20255	69,2	22,5
	5	3,0	0,7	0,54	15,3	65873	62,6	23,3
	6	2,0	1,0	0,52	11,1	23213	63,1	23,3
Spannweite								
Cluster	1	1,5	1,0	0,47	5,3	34681	3,1	0,9
	2	0,5	2,0	0,28	4,8	21686	3,7	0,7
	3	0,0	2,0	0,46	5,4	10093	7,1	1,5
	4	0,0	0,0	0,49	7,5	19533	3,7	0,8
	5	1,4	1,7	0,28	2,0	21984	1,4	0,1
	6	1,0	0,0	0,15	1,8	16757	1,5	0,3
Mittelwert								
Cluster	1	1,8	0,6	0,38	11,6	22704	66,4	22,3
	2	2,9	-0,6	0,64	9,9	12664	63,3	22,9
	3	3,0	-0,7	0,79	13,5	4124	65,0	22,6
	4	3,0	-1,0	0,71	12,5	5476	67,1	22,0
	5	2,5	-0,4	0,38	14,1	51383	62,1	23,3
	6	1,4	1,0	0,47	10,3	13728	62,4	23,1

Paulusviertel								
	Minimum	B311E	B312B	Vgrad	S_SSH	AREA	MF_rF_A	MF_T_A
Cluster	1	1,3	-1,0	0,05	7,6	1033	61,5	22,2
	2	2,3	-1,0	0,76	6,0	66	55,6	23,0
	3	1,0	-1,0	0,39	5,4	86	57,7	22,3
	4	2,0	-1,0	0,76	5,6	56	57,8	22,5
	5	1,7	-1,0	0,59	8,9	298	59,7	22,0
	6	1,5	-1,0	0,51	6,9	1675	57,3	23,0
Maximum								
Cluster	1	3,0	1,0	0,33	12,9	15335	64,7	22,8
	2	3,0	-0,7	1,00	11,2	3323	59,5	23,7
	3	3,0	1,0	0,78	11,1	7390	65,0	23,4
	4	3,0	1,0	1,00	9,3	5353	63,5	23,5
	5	3,0	0,3	1,00	14,3	5251	66,9	23,1
	6	3,0	1,0	0,92	12,9	11035	59,8	23,3
Spannweite								
Cluster	1	1,7	2,0	0,28	5,3	14302	3,2	0,6
	2	0,7	0,3	0,24	5,1	3257	3,9	0,7
	3	2,0	2,0	0,38	5,7	7303	7,3	1,1
	4	1,0	2,0	0,24	3,7	5297	5,7	1,0
	5	1,3	1,3	0,41	5,3	4953	7,2	1,1
	6	1,5	2,0	0,42	6,0	9359	2,5	0,3
Mittelwert								
Cluster	1	2,0	0,2	0,19	10,6	6200	62,7	22,6
	2	2,8	-1,0	0,99	8,9	1174	57,8	23,3
	3	1,9	0,1	0,61	9,1	2160	61,0	22,9
	4	2,9	-0,9	0,97	7,0	1027	60,7	23,0
	5	2,8	-0,8	0,90	11,9	1191	62,7	22,6
	6	2,5	-0,3	0,68	9,3	6039	58,2	23,2

Fortsetzung Anhang 16

6. Zugehörigkeit Cluster - Subtypflächenkategorie - Luftfeuchtigkeit

Neustadt		Anzahl Flächen je Cluster und Subtyp [-]						Gesamt
		Clusternummer						
		1	2	3	4	5	6	
Subtyp	A	3	1	0	2	0	1	7
	G	2	0	0	0	1	0	3
	I	7	2	0	1	0	3	13
	S	1	7	17	25	2	0	52
Gesamt		13	10	17	28	3	4	75

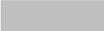
Paulusviertel		Anzahl Flächen je Cluster und Subtyp [-]						Gesamt
		Clusternummer						
		1	2	3	4	5	6	
Subtyp	A	2	0	1	0	0	1	4
	G	3	0	0	0	0	0	3
	I	4	3	12	12	0	7	38
	S	0	47	22	15	35	6	125
Gesamt		9	50	35	27	35	14	170

A = Subtypflächenkategorie; Sonderflächen

G = Subtypflächenkategorie; Grünfläche

I = Subtypflächenkategorie; Innenhof

S = Subtypflächenkategorie; Straße

fett = Cluster mit Handlungsbedarf = Standort der zugehörigen temporären Klimastation

Anhang 17: Einzelstatistiken zur Synthese – Windverhältnisse

1. Korrelationen der ausgewählten Variablen - Windverhältnisse

Neustadt		M_WG_m	M_WR_m	M_WG_r	M_WR_r	M_WG_s	M_WR_s	AREA	z ₀	EX	Vgrad
M_WG_m	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	1,000 0,000									
M_WR_m	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,328** 0,004	1,000 0,000								
M_WG_r	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,115 0,327	-0,139 0,234	1,000 0,000							
M_WR_r	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,426** 0,000	-0,062 0,595	0,632** 0,000	1,000 0,000						
M_WG_s	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,181 0,120	-0,204 0,079	0,863** 0,000	0,650** 0,000	1,000 0,000					
M_WR_s	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,460** 0,000	-0,215 0,064	0,512** 0,000	0,820** 0,000	0,576** 0,000	1,000 0,000				
AREA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,146 0,212	0,078 0,509	0,305** 0,008	0,242* 0,036	0,173 0,137	0,154 0,188	1,000 0,000			
z ₀	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,433** 0,000	0,106 0,364	0,445** 0,000	0,420** 0,000	0,453** 0,000	0,333** 0,004	0,425** 0,000	1,000 0,000		
EX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,118 0,315	0,306** 0,008	-0,215 0,064	-0,068 0,559	-0,136 0,246	-0,129 0,272	-0,071 0,545	0,055 0,637	1,000 0,000	
Vgrad	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,305** 0,008	0,054 0,648	-0,376** 0,001	-0,362** 0,001	-0,362** 0,001	-0,239* 0,039	-0,562** 0,000	-0,350** 0,002	-0,041 0,726	1,000 0,000

n= 75

Paulusviertel		M_WG_m	M_WR_m	M_WG_r	M_WR_r	M_WG_s	M_WR_s	AREA	z ₀	EX	Vgrad
M_WG_m	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	1,000 0,000									
M_WR_m	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,113 0,142	1,000 0,000								
M_WG_r	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,579** 0,000	0,009 0,907	1,000 0,000							
M_WR_r	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,398** 0,000	0,043 0,574	0,161* 0,036	1,000 0,000						
M_WG_s	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,500** 0,000	-0,089 0,246	0,907** 0,000	0,174* 0,023	1,000 0,000					
M_WR_s	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,560** 0,000	-0,080 0,299	-0,145 0,060	0,762** 0,000	-0,105 0,174	1,000 0,000				
AREA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	0,009 0,904	0,033 0,669	0,386** 0,000	0,282** 0,000	0,230** 0,003	0,200** 0,009	1,000 0,000			
z ₀	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,417** 0,000	-0,132 0,086	-0,054 0,486	0,396** 0,000	-0,111 0,148	0,502** 0,000	0,547** 0,000	1,000 0,000		
EX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,106 0,169	-0,030 0,696	-0,096 0,214	-0,022 0,773	-0,026 0,741	-0,060 0,434	-0,139 0,071	-0,043 0,578	1,000 0,000	
Vgrad	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-0,140 0,069	-0,005 0,949	-0,293** 0,000	-0,216** 0,005	-0,209* 0,006	-0,137 0,076	-0,502** 0,000	-0,393** 0,000	0,121 0,115	1,000 0,000

n= 170

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

2. Test auf Normalverteilung nach KOLMOGOROV-SMIRNOV - Windverhältnisse

Neustadt		M_WG_m	M_WR_m	M_WG_r	M_WR_r	M_WG_s	M_WR_s	AREA	z ₀	EX	Vgrad
Parameter der Normalverteilung	Mittelwert	3,5	155	5,6	286	1,1	82	11390	0,094	89	0,64
	Standardabweichung	0,9	66	1,9	109	0,4	38	12410	0,077	104	0,19
Extremste Differenzen	Absolut	0,092	0,083	0,118	0,299	0,135	0,135	0,197	0,178	0,203	0,059
	Positiv	0,075	0,047	0,073	0,247	0,088	0,076	0,197	0,178	0,203	0,059
	Negativ	-0,092	-0,083	-0,118	-0,299	-0,135	-0,135	-0,187	-0,138	-0,194	-0,056
Kolmogorov-Smirnov-Z		0,795	0,718	1,025	2,587	1,166	1,166	1,710	1,545	1,758	0,513
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,552	0,681	0,244	0,000	0,132	0,132	0,006	0,017	0,004	0,955

n= 75

Paulusviertel		M_WG_m	M_WR_m	M_WG_r	M_WR_r	M_WG_s	M_WR_s	AREA	z ₀	EX	Vgrad
Parameter der Normalverteilung	Mittelwert	2,1	139	3,0	255	0,7	68	2024	0,070	239	0,82
	Standardabweichung	0,9	84	1,1	117	0,3	43	2427	0,097	37	0,23
Extremste Differenzen	Absolut	0,076	0,079	0,050	0,185	0,089	0,110	0,209	0,281	0,086	0,262
	Positiv	0,076	0,069	0,030	0,185	0,089	0,110	0,207	0,281	0,086	0,219
	Negativ	-0,065	-0,079	-0,050	-0,179	-0,079	-0,066	-0,209	-0,266	-0,072	-0,262
Kolmogorov-Smirnov-Z		0,992	1,027	0,646	2,406	1,164	1,437	2,721	3,665	1,118	3,420
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,278	0,242	0,798	0,000	0,133	0,032	0,000	0,000	0,164	0,000

n= 170

a Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b Aus den Daten berechnet.

Fortsetzung Anhang 17

5. Deskriptive Statistik der Clustervariablen - Windverhältnisse

Neustadt											
	Minimum	M_WG_m	M_WR_m	M_WG_r	M_WR_r	M_WG_s	M_WR_s	AREA	z ₀	EX	Vgrad
Cluster	1	2,1	77	3,7	261	0,8	35	1076	0,029	194	0,51
	2	2,8	198	1,4	20	0,2	3	722	0,023	0	0,54
	3	1,9	49	5,0	351	0,8	55	3081	0,054	0	0,14
	4	3,4	7	4,5	191	0,9	34	1797	0,026	0	0,38
	5	2,3	205	5,1	305	1,1	48	15060	0,327	8	0,60
	6	3,7	0	0,9	0	0,2	0	338	0,010	0	0,63
	7	2,2	98	4,7	270	0,8	53	1908	0,043	0	0,59
Maximum											
Cluster	1	4,6	258	7,0	360	1,6	134	26217	0,167	321	0,90
	2	3,9	295	6,3	91	1,2	26	65873	0,098	309	0,82
	3	4,5	210	9,1	360	2,0	150	44387	0,238	237	0,70
	4	5,7	94	8,0	356	1,6	98	16212	0,111	19	0,92
	5	3,0	244	9,4	360	1,4	123	32007	0,434	294	0,72
	6	5,7	196	5,3	263	0,8	88	5578	0,044	272	1,00
	7	4,6	266	7,1	360	1,6	128	10313	0,145	64	0,80
Spannweite											
Cluster	1	2,5	181	3,3	100	0,8	99	25141	0,138	127	0,39
	2	1,1	97	4,9	71	1,0	22	65151	0,075	309	0,28
	3	2,6	161	4,1	9	1,2	95	41306	0,184	237	0,56
	4	2,3	87	3,5	165	0,7	65	14415	0,085	19	0,54
	5	0,7	39	4,3	55	0,3	75	16947	0,107	286	0,12
	6	2,0	196	4,4	263	0,6	88	5240	0,034	272	0,37
	7	2,4	168	2,4	90	0,8	76	8405	0,102	64	0,21
Mittelwert											
Cluster	1	3,3	160	5,5	339	1,1	94	8060	0,079	253	0,68
	2	3,5	226	3,5	59	0,6	12	11527	0,048	150	0,65
	3	3,0	142	6,7	359	1,3	110	20642	0,135	65	0,43
	4	4,6	49	6,5	263	1,3	75	5274	0,060	4	0,71
	5	2,7	223	7,7	342	1,3	89	22604	0,379	150	0,68
	6	4,4	146	3,0	175	0,5	56	2399	0,028	76	0,87
	7	3,4	194	6,2	348	1,2	91	6773	0,075	23	0,70
Paulusviertel											
	Minimum	M_WG_m	M_WR_m	M_WG_r	M_WR_r	M_WG_s	M_WR_s	AREA	z ₀	EX	Vgrad
Cluster	1	2,2	1	2,8	183	0,7	16	389	0,011	151	0,52
	2	2,1	165	2,4	52	0,5	7	548	0,009	196	0,20
	3	0,8	32	1,7	260	0,4	50	2275	0,011	161	0,05
	4	0,2	24	0,2	18	0,1	4	56	0,010	123	0,43
	5	0,4	25	0,6	190	0,2	60	66	0,011	179	0,68
	6	1,0	74	1,9	210	0,5	21	245	0,011	177	0,56
	7	0,6	50	1,8	347	0,4	86	150	0,020	148	0,24
	8	1,2	0	1,7	0	0,5	0	68	0,012	189	0,56
Maximum											
Cluster	1	4,0	174	5,5	360	1,4	113	5251	0,123	311	1,00
	2	3,8	270	5,0	359	1,2	97	10660	0,084	301	1,00
	3	3,2	216	5,6	360	1,2	134	15335	0,217	243	0,60
	4	4,0	322	1,6	248	0,4	92	1281	0,090	297	1,00
	5	3,1	203	3,2	360	0,8	166	2134	0,131	309	1,00
	6	3,5	309	4,5	360	1,1	103	3541	0,062	307	1,00
	7	1,7	173	4,1	360	1,0	146	11035	0,433	304	1,00
	8	3,8	296	3,8	143	1,0	41	2411	0,055	302	1,00
Spannweite											
Cluster	1	1,8	173	2,7	177	0,7	97	4862	0,112	160	0,48
	2	1,7	105	2,6	307	0,7	90	10112	0,075	105	0,80
	3	2,4	184	3,9	100	0,8	84	13060	0,206	82	0,55
	4	3,8	298	1,4	230	0,3	89	1225	0,080	174	0,57
	5	2,7	178	2,6	170	0,6	107	2068	0,120	129	0,32
	6	2,5	235	2,6	150	0,6	83	3296	0,051	130	0,44
	7	1,1	123	2,3	13	0,6	60	10884	0,413	156	0,76
	8	2,6	296	2,1	143	0,5	41	2343	0,043	113	0,44
Mittelwert											
Cluster	1	2,9	63	4,4	275	1,1	63	1772	0,038	238	0,82
	2	3,1	210	3,8	215	0,8	35	2366	0,044	234	0,63
	3	2,1	132	4,0	350	0,9	98	6540	0,130	213	0,31
	4	1,6	136	0,8	90	0,2	29	440	0,032	216	0,90
	5	1,4	111	2,1	321	0,5	110	774	0,025	247	0,98
	6	2,0	227	3,2	315	0,8	63	1176	0,021	241	0,94
	7	0,9	110	2,5	359	0,6	121	3960	0,283	242	0,73
	8	2,3	114	2,9	65	0,7	17	1087	0,019	252	0,97

Fortsetzung Anhang 17

6. Zugehörigkeit Cluster – Subtypflächenkategorie - Windverhältnisse

Neustadt		Anzahl Flächen je Cluster und Subtyp [-]							Gesamt
		Clusternummer							
		1	2	3	4	5	6	7	
Subtyp	A	0	0	4	0	3	0	0	7
	G	0	0	3	0	0	0	0	3
	I	1	0	10	1	0	0	1	13
	S	9	8	5	8	0	10	12	52
Gesamt		10	8	22	9	3	10	13	75

Paulusviertel		Anzahl Flächen je Cluster und Subtyp [-]								Gesamt
		Clusternummer								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Subtyp	A	0	1	3	0	0	0	0	0	4
	G	0	1	2	0	0	0	0	0	3
	I	0	0	5	4	7	0	21	1	38
	S	25	18	2	6	19	29	1	25	125
Gesamt		25	20	12	10	26	29	22	26	170

A = Subtypflächenkategorie; Sonderflächen

G = Subtypflächenkategorie; Grünfläche

I = Subtypflächenkategorie; Innenhof

S = Subtypflächenkategorie; Straße

fett = Cluster mit Handlungsbedarf
 = Standort der zugehörigen temporären Klimastation

Anhang 18: Ausgewählte Kontakt- bzw. Bezugsadressen

1. Arc/Info und ArcView
ESRI Geoinformatik GmbH
Ringstrasse 7
85402 Kranzberg
Tel.: 081 / 666770

<http://ESRI-Germany.de>
2. SURFER
Cobra Vertrieb für Forschung & Lehre GmbH
Am Seerhein 6
78467 Konstanz
Tel.: 0753 / 1892360

<http://www.goldensoftware.com>
3. SHADOW
geoTech GbR Essen
Dr. M. Bruse
Kunkelsberg 1
45239 Essen
Tel.: 0201 / 402261
4. MISKAM
giese-eichhorn umweltmeteorologische Software
Kleine Hohl 27
55263 Wackernheim
Tel.: 06132 / 62947
5. Office-Anwendungen WORD, EXCEL und ACCESS
Mikrosoft Direkt
Postfach 1199
33410 Verl
Tel.: 01805 / 251199

<http://www.mircosoft.com/germany>
6. CorelDraw
Tel.: 0800 / 1815074

<http://www.corel.de/>
7. VarioWin: Software for Spatial Data Analysis in 2D

<http://www-sst.unil.ch/research/variowin/index.html>
8. SPSS
SPSS GmbH Software
Rosenheimer Straße 30
81669 München
Tel.: 089 / 4890740

<http://www.spss.com/germany>

Literaturverzeichnis

- BRUSE, M. (1998): Shadow Version 2.2.1. 6. Aufl. Essen, Bochum.
- DELTA-T-DEVICES LTD. [HRSG.] (1992): Delta-T Logger User Manual Version 1.01. Cambridge.
- DELTA-T-DEVICES LTD. [HRSG.] (1996): Delta-T Logger User Manual Version 2.01. Cambridge.
- EICHHORN, J. (1997): Handbuch MISKAM. Mainz.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE [HRSG.] (1996): ArcView GIS. Redlands.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE [HRSG.] (1997): Understanding GIS: the ARC/INFO® method; version 7.2 for UNIX® and Windows NT®. 4. Aufl. Redlands.
- GOOVAERTS, P. (1997): Geostatistics for natural resources evaluation. Applied geostatistics series. New York u.a..
- IVT [HRSG.] (1997): Gebrauchsanweisung Portable Spannungswandler 12 V DC / 230 V AC. Hirschau.
- THIES CLIMA [HRSG.] (1991): Wetterstation mit Datalogger. Aufbau- und Bedienungsanleitung. Göttingen.
- WESTFALIA TECHNIKA [HRSG.] (o.J.): Bedienungsanleitung Digital-Multimeter mit Dual-Display und Rechnerkopplung M-3630D. o.O..