### **CONTUREC 4**

#### Die Natur der Stadt im Wandel des Klimas

- eine Herausforderung für Ökologie und Planung -

Reinhard Böcker (Hrsg.)

Tagungsbeiträge der 4. Tagung des

Kompetenznetzwerkes Stadtökologie CONTUREC

vom 30.09. bis 02.10.2010 in Stuttgart

Schriftenreihe des Kompetenznetzwerkes Stadtökologie

CONTUREC: Schriftenreihe des Kompetenznetzwerkes Stadtökologie

Verantwortlich für die Hrsg. Peter Werner – Darmstadt

ISSN: 1862-0175

NE: Kompetenznetzwerk Stadtökologie; Werner, Peter [Hrsg.]

Die Natur der Stadt im Wandel des Klimas - eine Herausforderung für Ökologie und Planung -

Tagungsbeiträge der 4. Tagung des Kompetenznetzwerkes Stadtökologie CONTUREC vom 30.09. bis 02.10.2010 in Stuttgart

ISSN: 1862-0175

NE: Böcker, Reinhard [Hrsg.]

© 2011 Kompetenznetzwerk Stadtökologie

Verantwortlich für die Herausgabe von CONTUREC: Peter Werner Geschäftsstelle des Kompetenznetzwerkes Stadtökologie Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Rheinstraße 65, D-64295 Darmstadt

Titelfoto: Reinhard Böcker

#### Vorwort

Die rapide fortschreitende Urbanisierung weltweit führte und führt zu gavierenden Veränderungen der globalen Umweltbedingungen, wobei der Klimawandel zurzeit die größte Herausforderung darstellt. Der globale Klimawandel wird gleichzeitig das städtische Klima und damit auch das Leben in den Städten nachhaltig verändern. Es wird Veränderungen in den Lebensbedingungen geben, und zwar sowohl für die Menschen in der Stadt als auch für alle sonstigen Lebewesen. Die ökologischen Grundlagen der städtischen Lebensbedingungen wie Wasser, Boden und Luft werden genauso einen Wandel erfahren, wie die Qualität der städtischen Frei- und Grünflächen. Vegetation und die Nutzbarkeit der Frei- und Grünflächen wird sich an ein neues Stadtklima anpassen müssen. Aus Beobachtungen der letzten Jahrzehnte lässt sich beispielsweise der Wandel der Flora vieler Städte gut dokumentieren. Für die 4. CONTUREC-Tagung ist bewusst Stuttgart-Hohenheim als Tagungsort gewählt worden, da in Stuttgart sowohl eine lange Tradition der stadtklimatischen Forschung als auch der stadtplanerischen Auseinandersetzung mit den Besonderheiten des Stadtklimas existiert.

Die 4. CONTUREC-Tagung griff insbesondere die Aspekte des erwarteten Klimawandels auf, stellte die zu erwartenden klimatologischen und ökologischen Veränderungen in den Städten dar, ging dabei unterschiedlichen Fragestellungen nach und beleuchtete diese aus den verschiedensten Blickwinkeln.

Welche Beiträge können bezüglich Resilienz und Mitigation durch Stadtplanung, aber vor allem durch Grün- und Landschaftsplanung bzw. -gestaltung geleistet werden? Wie wird die Anpassungsfähigkeit der Organismen in der Stadt eingeschätzt? Wie wirken sich zunehmende sommerliche Hitzeperioden auf die menschliche Gesundheit aus?

Welche besonderen ökologischen Risiken und Probleme, vor allem in Bezug auf die Freiräume entstehen durch schnelle klimatische Änderungen in den Städten in Deutschland? Wo muss umgedacht werden, z. B. in Bezug auf Sicherung und Gestaltung von Brachflächen, Baumanpflanzungen, Habitaterhaltung usw.?

Welche Funktion haben Böden in der Stadt für den Klimaausgleich?

Was bedeutet Hitzestress im Hinblick auf die Gesundheit der Menschen, wie kann dagegen gewirkt werden und was ist bereits jetzt in Angriff genommen worden? Die Rednerinnen und Redner der Tagung griffen viele der genannten Aspekte auf und stellten ihre Erkenntnisse und Lösungsansätze vor. Die in diesem Tagungsband vorliegenden Beiträge haben auch die Diskussionsbeiträge während der Tagung berücksichtigt.

Der Herausgeber hofft, dass dieser Band einen kleinen Beitrag leisten kann, die Planung der konkreten Umwelt einer zunehmend großen Zahl von Städtern auf eine solide Basis zu stellen, indem unter anderem die ökologischen Belange für ein gesundes Milieu zunehmend berücksichtigt werden. Stadtplanung in Zeiten des Klimawandels ist besonders gefordert, die hier aufgeführten Ziele und Ideen für eine Verbesserung städtischer Lebensräume in ihre Konzepte und Umsetzungen für die gebaute Realität zu integrieren.

Stuttgart im Oktober 2011

Reinhard Böcker

Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim

# DIE NATUR DER STADT IM WANDEL DES KLIMAS - EINE HERAUSFORDERUNG FÜR ÖKOLOGIE UND PLANUNG -

#### INHALT

REINHARD BÖCKER Vorwort zum vierten Heft der Schriftenreihe CONTUREC
STEPHAN PAULEIT
HELMUT MAYER und JUTTA HOLST27 Hitzestress im Stadtquartier Heat stress within urban quarter
Jan Kolodziej
Zunehmende sommerliche Hitzeperioden und deren Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit im Kontext der Raumplanung – Vulnerabilitätsanalyse und Raumentwicklungsstrategien für die MORO-Region Westsachsen Increasing summer hot spells and their effects on human health in the context of spatial planning - vulnerability assessment and spatial development strategies for the MORO-Region Westsachsen (Western Saxony)
RAINER KAPP / ULRICH REUTER53 Stadtklima und Planung in Stuttgart Urban climate and planning in Stuttgart
KATRIN RITTEL, CHRISTIAN WILKE, STEFAN HEILAND
Juliane Mathey, Stefanie Rößler, Iris Lehmann, Anne Bräuer, Valeri Goldberg79 Anpassung an den Klimawandel durch Stadtgrün – klimatische Ausgleichspotenziale städtischer Vegetationsstrukturen und planerische Aspekte Adaptation to climate change by urban green spaces – cooling effects of urban vegetation structures and planning aspects
ALICE KUBE

NGO HETZEL
GÖTZ HEINRICH LOOS
THOMAS JUNGHANS
MATTHIAS LAMPERT

# Anpassung an den Klimawandel in städtischen Siedlungsräumen – Wirksamkeit und Potenziale kleinräumiger Maßnahmen in verschiedenen Stadtstrukturtypen. Dargestellt am Beispiel des Stadtentwicklungsplans Klima in Berlin

Adaptation to climate change in urban settlement areas – Effectiveness and potentials of small-scale measures in different urban structures. The example of the Berlin 'Urban Development Plan on Climate'

KATRIN RITTEL, CHRISTIAN WILKE, STEFAN HEILAND

#### Zusammenfassung

Im Rahmen des Fachgutachtens "Stadtentwicklungsplan Klima" wurden für Berlin jene Handlungsfelder ermittelt, für die eine Anpassung von Siedlungsräumen an den Klimawandel aus Sicht der Stadtentwicklungsplanung besonders relevant und auch steuerbar ist. Neben einer Betroffenheitsanalyse wurden auch Ziele und Anpassungsmaßnahmen ermittelt. Für das Handlungsfeld "Bioklima im Siedlungsraum" wurde hierbei nicht nur die Wirksamkeit kleinräumiger Maßnahmen, wie Entsiegelung, Erhöhung der Albedo und Baumpflanzungen, auf Block- bzw. Gebäudeebene ermittelt, sondern zusätzlich wurden Flächenpotenziale für die Umsetzung der Maßnahmen innerhalb ausgewählter Stadtstrukturen abgeschätzt. Die Ergebnisse dieser Arbeitsschritte sind hier dargestellt.

Klimawandel, Anpassung, Bioklima, Betroffenheitsanalyse, Stadtentwicklung, Berlin

#### **Summary**

The expert report "Urban Development Plan Climate" for the City of Berlin identified those fields which are of particular importance to the adaptation to climate change from the perspective of urban development. For every field an impact analysis was carried out and effective aims and measures were assessed. For the field of "Bio-climate in settlement areas" the efficiency of small-scale measures at block or building level (e.g. unsealing, increasing the albedo, planting of trees, greening of facades) was investigated and potentials for the implementation of the measures within selected urban structures were estimated. The results are presented in this article.

#### 1. Einleitung

Die Entwicklung von Zielen und Maßnahmen zur Anpassung von Siedlungsräumen an die nicht mehr vermeidbaren Folgen des Klimawandels spielen im Rahmen der Stadtentwicklung sowie der dabei angewandten Instrumente der Stadt-, Landschafts- und Freiraumplanung eine zunehmend bedeutsame Rolle. Um die daraus resultierenden Anforderungen konkret zu ermitteln und ihnen künftig gerecht werden zu können, beauftragte die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung des Landes Berlin (SenStadt) die TU Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung, sowie das Büro Herwarth+Holz mit der Erstellung eines Stadtentwicklungsplans (StEP Klima), der als informelles Planwerk die Instrumente der räumlichen Planung wie Bauleit- und Landschaftsplanung unterstützen und Möglichkeiten zur Integration von Anpassungserfordernissen in die räumliche Planung aufzeigen soll. Der hierfür erarbeitete Bericht bildet als Fachgutachten "StEP Klima" die Grundlage für den durch die Senatsverwaltung endgültig zu erstellenden Stadtentwicklungsplan, der im Mai 2011 durch das Berliner Abgeordnetenhaus beschlossen wurde<sup>1</sup>.

Oberstes Ziel des StEP Klima ist die Erhaltung und Verbesserung der Lebensqualität der Bevölkerung sowie ihrer Wohn- und Lebensbedingungen unter heutigen und künftigen klimatischen Bedingungen. Zu diesem Zweck wurden drei Handlungsfelder ausgewählt und bearbeitet, in denen die Anpassung besonders vordringlich ist: 1) 'Bioklima im Siedlungsraum', 2) 'Grün- und Freiflächen' sowie 3) 'Starkregen und Gewässerqualität'. Hinzu kam als viertes Handlungsfeld 'Klimaschutz'. In allen Handlungsfeldern geht es um die Qualifizierung und Veränderung der Bestandssituation, anderer-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Zugänglich im Internet unter http://www.stadtentwicklung.berlin.de/aktuell/pressebox/ar chiv\_volltext.shtml%3Farch\_1105/nachricht4375.html

seits müssen die klimarelevanten Aspekte auch bei Neubauvorhaben und größeren Projekten der Stadtentwicklung in viel stärkerem Umfang berücksichtigt werden als bisher.

Der Beitrag stellt ausgewählte Ergebnisse des Fachgutachtens (SenStadt 2011) vor, die sich insbesondere auf das Handlungsfeld 'Bioklima im Siedlungsraum' beziehen. Zunächst wird kurz die Methodik zur räumlich differenzierten Ermittlung der Betroffenheit Berlin erläutert (Punkt 2), anschließend wird die Wirksamkeit möglicher Maßnahmen zur kleinräumigen Verbesserung des Bioklimas durch gebäude- bzw. blockbezogene Maßnahmen am Beispiel eines Referenzgebietes dargestellt (Punkt 3), bevor abschließend Flächenpotenziale für diese Maßnahmen in unterschiedlichen Stadtstrukturtypen aufgezeigt werden (Punkt 4).

Ausführlichere Informationen zur Methodik finden sich im Fachgutachten zum StEP Klima (TU Berlin et al. 2011). Dessen Erstellung sollte zwar wissenschaftlich fundiert sein, stellte im Kern aber keine wissenschaftliche, sondern eine planerische Aufgabe im Kontext Berlin spezifischer Bedingungen dar, deren Ergebnisse nicht ohne Weiteres auf andere Städte übertragbar sein müssen.

#### 2. Betroffenheitsanalyse als Methode zur Ermittlung der Dringlichkeit von Anpassungsmaßnahmen

Für die drei Handlungsfelder zur Anpassung an den Klimawandel wurde eine Betroffenheitsanalyse durchgeführt, die es ermöglichte, die unterschiedliche Betroffenheit verschiedener Räume innerhalb Berlins im Maßstab 1:50.000 zu ermitteln. Die Grundlage bildete der Ansatz der Vulnerabilitätsanalyse (vgl. Abb. 1), der in der Klimafolgenforschung und auch in der raumbezogenen Planung mittlerweile verbreitet ist, aber z. T. sehr unterschiedlich angewandt wird (vgl. Wilke et al. 2011). Auf die Abschätzung einer ,Vulnerabilität' wurde allerdings bewusst verzichtet, da sich die hierfür erforderliche Bestimmung der 'Anpassungskapazität' der jeweils untersuchten Stadtstrukturen im Rahmen des Fachgutachtens nicht ermitteln ließ und aus unserer Sicht prinzipiell mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist (vgl. hierzu ausführlicher Wilke et al. 2011, S. 92ff.). Abbildung 2 stellt die gewählte Vorgehensweise in etwas vereinfachter Form dar. Letztlich wurden die bestehende (2010) und künftig zu erwartende (Projektion für den Zeitschnitt 2046 - 2055) bioklimatische (Belastungs-)Situation für die Nacht und für den Tag (Ausprägung) mit den folgenden Empfindlichkeitskriterien überlagert: 1) Einwohnerdichte, 2) Anteil der über 65-Jährigen an der Bevölkerung, 3) die Versorgung mit wohnungsnahen Grünflächen sowie 4) die Ausstattung mit Straßenbäumen. Die erforderlichen Daten zur bioklimatischen Belastung konnten dem Umweltatlas Berlin entnommen werden oder wurden durch Modellrechnungen durch das Büro GEO-NET ermittelt. Während gemeinhin nur die Nachtsituation der Temperaturbelastung berücksichtigt wird, geschah dies im vorliegenden Fall auch für die Tagsituation, um auch die bioklimatische Belastung vor allem für Arbeitsplätze (Gewerbegebiete etc.) zu erfas-

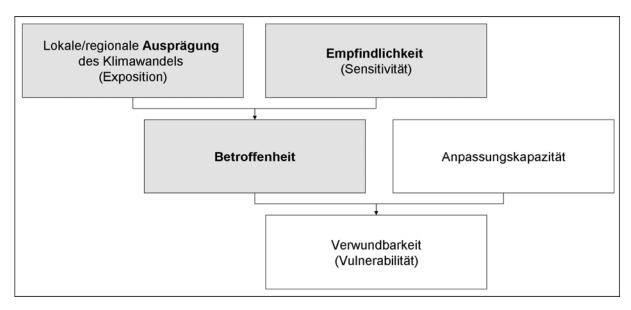


Abb. 1: Das Konzept der Vulnerabilität als methodischer Rahmen der Betroffenheitsanalysen des Fachgutachtens "StEP Klima"

grau: Im Rahmen des Fachgutachtens "StEP Klima" ermittelte bzw. abgeschätzte Größen weiß: Im Rahmen des Fachgutachtens "StEP Klima" nicht ermittelte bzw. abgeschätzte Größen

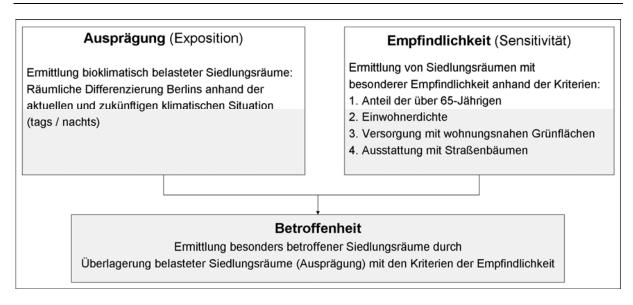


Abb. 2: Betroffenheitsanalyse im Handlungsfeld ,Bioklima im Siedlungsraum' (vereinfacht)

Eine für alle Handlungsfelder identische Vorgehensweise war nicht möglich, da sich die in den Handlungsfeldern zu berücksichtigenden Variablen z. T. unterscheiden. So musste im Handlungsfeld 'Grün- und Freiflächen' auch deren Bedeutung (etwa für Erholung, klimatischen Ausgleich) berücksichtigt werden, was eine Anpassung der Methodik erforderte.

#### 3. Wirksamkeit block- bzw. gebäudebezogener Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel

#### 3.1 Vorgehensweise

Neben Maßnahmen wie der Erhaltung und Neuschaffung von Kaltluftleitbahnen und -entstehungsgebieten oder von Grünflächen (vgl. hierzu den Beitrag von Mathey et al.) können auch sehr kleinräumige Maßnahmen an Gebäuden und in Gebäudeblocks einen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel leisten, insbesondere zur Vermeidung oder Minimierung einer starken Temperaturerhöhung. Um die Größe dieses Beitrages abschätzen zu können, wurden am Beispiel eines Referenzgebiets in Berlin-Charlottenburg (vgl. Abb. 3) die Auswirkungen von sechs Maßnahmentypen auf die Umgebungstemperatur modellhaft berechnet<sup>2</sup>. Ziel der Modellierung war es, die klimatische Wirkung verschiedener kleinräumiger Maßnahmen quantitativ anhand eines Referenzfalles zu ermitteln, ihre Bedeutung und Wirksamkeit für die Anpassung an den Klimawandel abschätzen zu können. Aufgrund be-

sichtigt. Als hypothetische Ausgangssituation

wurden vollständig versiegelte Innenhöfe, Gehwege und Straßen sowie ein fehlender

Szenario' angenommen. Genauere Erläute-

rungen finden sich in GEO-NET 2010.

Baumbestand

- somit ein ,worst-case-

grenzter Ressourcen sowie des mit der Model-

lierung verbundenen Aufwandes mussten sich

die Berechnungen auf ein Referenzgebiet be-

schränken. Somit konnte ein prinzipieller

Nachweis der Maßnahmenwirksamkeit er-

bracht werden - ohne damit einen Anspruch

auf Repräsentativität, insbesondere der jeweils

ermittelten Zahlen, zu erheben. Dies ist bereits aufgrund der vielfältigen tatsächlichen Aus-

69

gangssituationen zwischen, aber auch innerhalb der verschiedenen Stadtstrukturtypen, nicht möglich. In der Praxis ist für die Auswahl von Maßnahmen also immer die Betrachtung des jeweiligen Einzelfalls erforderlich - wobei die nachfolgend dargestellten Ergebnisse jedoch eine wertvolle Unterstützung bieten. Bei dem Referenzgebiet handelt es sich um eine 4- bis 5-geschossige Bebauung von ca. 24 m Höhe (Firsthöhe) mit Flach- und geneigten Dächern, die dem Stadtstrukturtyp 'Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern' angehört. Dieser Stadtstrukturtyp wurde ausgewählt, da er in Berlin mit die höchsten bioklimatischen Belastungen aufweist und einen relativ hohen Anteil am gesamten Siedlungsraum einnimmt (genauere Ausführungen zu Stadtstrukturtypen s. u.). Die Rechnungen wurden mit dem dreidimensionalen Strömungsmodell ASMUS bei einer Rasterauflösung von 2 x 2 m durchgeführt. Angenommener Zeitpunkt ist ein durchschnittlicher Sommertag mit austauscharmer Strahlungswetterlage (21. Juni). Ein klimawandelbedingter Temperaturanstieg wurde nicht berück-

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Die Berechnungen wurden aufbauend auf Vorgaben der TU Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung, durch das Büro GEO-NET in Hannover durchgeführt.

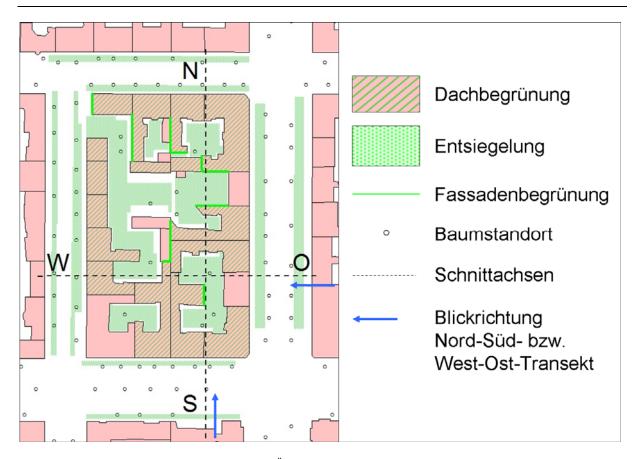


Abb. 3: Referenzgebiet in Berlin-Charlottenburg zur Überprüfung der Maßnahmenwirksamkeit (mit Maßnahmenverortung)

## 3.2 Art der Maßnahmen und Ausprägung in den Modellrechnungen

Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind nicht 'neu', sondern werden seit langem zur Verbesserung des Wohnumfeldes oder im ökologischen Stadtumbau diskutiert und angewandt. Es handelt sich um die Pflanzung von Stadtbäumen, die Erhöhung des Rückstrahlvermögens von Oberflächen (Albedo), Entsiegelungen, Fassaden- und Dachbegrünung sowie die Kombination der Maßnahmen. Diese können mit hoher Wahrscheinlichkeit sowohl aktuell als auch unter verschiedenen klimatischen Szenarien zur Verbesserung der Lebensqualität beitragen (,No-Regret-Maßnahmen'). Damit wird den Unsicherheiten Rechnung getragen, die mit der Prognose klimatischer Veränderungen und deren Auswirkungen einhergehen.

Pflanzung bzw. Erhaltung von Stadtbäumen: Als Stadtbäume werden sowohl Straßenbäume als auch Bäume in Gärten, Hinterhöfen oder auf Plätzen bezeichnet. Sie tragen sowohl durch Verschattung als auch durch Verdunstungskälte zur Abkühlung bei. Für diese Modellrechnung wurde der im 'Worst-Case-Szenario' nicht berücksichtigte derzeitige Baumbestand zu Grunde gelegt und durch Neupflanzungen an den Straßen ergänzt. Die Baumkronendurchmesser wurden entspre-

chend dem derzeitigen Bestand berücksichtigt (zwischen 3 und 20 m), für neu gepflanzte Bäume wurde ein geringerer Durchmesser (5 m) angenommen.

Erhöhung der Rückstrahlung (Albedo) von Gebäuden und befestigten Oberflächen: Die Erhöhung der Albedo durch die Wahl heller Oberflächenfarben reduziert das Aufheizen von Oberflächen und somit Hitzebelastungen am Tag. Bei vielen Gebäudefassaden lässt sich dies einfach realisieren. Auch auf Dächern, Wegen und im Straßenraum bestehen Möglichkeiten durch die Verwendung heller Materialien. Für die Modellierung wurden folgende Ausgangswerte der Albedo angenommen: begrünte Fassaden 0,15; Rasen 0,2; Dachbegrünung 0,2. Für die Umsetzung der Maßnahme wurde eine gleichmäßige Erhöhung der Rückstrahlung aller Flächen um 20 % zu Grunde gelegt.

Entsiegelung: Versiegelte Flächen verhindern die Verdunstung aus Boden und Vegetation und tragen aufgrund ihrer häufig dunklen Farbe zur Erhöhung der Oberflächen- und Lufttemperatur bei. Bereits partielle Entsiegelungen oder die Verwendung wasserdurchlässiger Materialien (z. B. Rasengittersteine, fugenreiches Klein- oder Großsteinpflaster) tragen zur Senkung der Lufttemperatur bei. Für die Modellrechnung wurde eine größtmögliche Reduzierung der existierenden Versiegelung in den

Hofbereichen (nicht versiegelter Flächenanteil nach Entsiegelung 80 %) sowie der Ersatz von Asphalt durch fugenreiches Großsteinpflaster in den umliegenden Parkbuchten zu Grunde gelegt.

Fassadenbegrünung: Die Begrünung von Fassaden reduziert die bioklimatische Belastung durch Verdunstungskälte sowie durch Reduzierung der Einstrahlung auf Gebäudewände, wodurch die Wärmespeicherung und somit die nächtliche Wärmeabstrahlung reduziert werden (Schlößer 2003). Für die Fassadenbegrünung wurden zwei Modellierungen durchgeführt: 1. eine Begrünung lediglich der fensterlosen Giebelwände um möglichen Akzeptanzproblemen zu begegnen sowie 2. eine Begrünung aller Fassadenflächen.

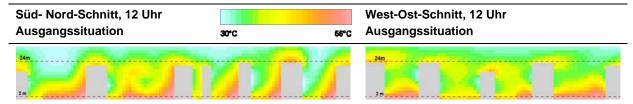
Dachbegrünung: Dachbegrünungen wirken in Abhängigkeit von ihrem Aufbau als Isolierung der Dachfläche und verhindern das Aufheizen der darunter liegenden Räume. Zugleich senken sie die Wärmespeicherkapazität der Dachfläche ab, was durch die Verdunstungskälte, insbesondere bei intensiver Dachbegrünung, noch verstärkt werden kann. Falls, etwa bei längeren Trockenperioden, die Dachbegrünung austrocknet, bleibt zwar der Kühlungseffekt für die Innenräume erhalten, allerdings können die Temperaturen über der Dachbegrünung sogar über die Werte eines Daches ohne Begrünung ansteigen (GEO-NET 2010). In die Modellierung wurde die Begrünung aller Flachdachbereiche im Referenzgebiet einbezogen.

Kombination der Maßnahmen: Die verschiedenen Maßnahmenarten lassen sich auch kombinieren, was in den Hofbereichen einer Hofbegrünung entspricht. In der Modellrechnung wurde der maximal mögliche Maßnahmenumfang ausgeschöpft.

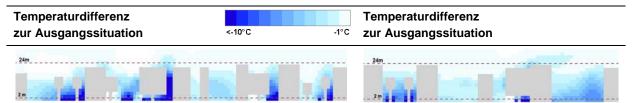
#### 3.3 Ergebnisse

Die betrachteten Maßnahmen tragen in unterschiedlichem Umfang zur Reduzierung der durchschnittlichen Lufttemperatur bei (vgl. Tabelle 1). Im bodennahen Bereich bis zu 2 m Höhe führen die Ausstattung mit Stadtbäumen, die Entsiegelungen sowie die Erhöhung der Rückstrahlung zu nennenswerten Effekten. Deren Wirkung nimmt zwar mit der Höhe ab. ist im Bereich des Daches aber immer noch nachweisbar. Der klimatische Effekt von Dachbegrünungen auf den bodennahen Bereich ist hingegen gering. Fassadenbegrünungen wirken vor allem, wenn sie großflächig vorgenommen werden. Die Maßnahmen führen zu einer deutlichen, allerdings lokal begrenzten, blockbezogenen Verbesserung der bioklimatischen Situation. Wie weit die Maßnahmen auch großräumiger wirken und welcher Maßnahmenumfang erforderlich wäre um zu einer teil- oder gesamtstädtisch spürbaren Verbesserung zu kommen, konnte im Rahmen der durchgeführten Modellierungen nicht überprüft werden.

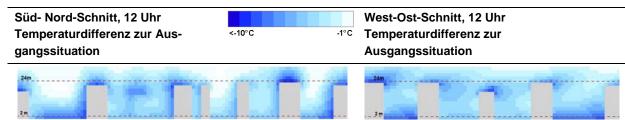
Tab. 1: Zusammenstellung der Modellierungsergebnisse zur Abschätzung der klimatischen Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmenarten (Abbildungen: GEO-NET 2010)



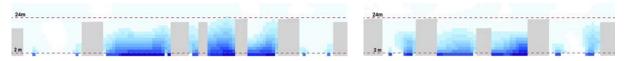
**Der "Worst-Case"** zeigt Oberflächentemperaturen von ca. 30° C an Nordfassaden und über 50° C an südexponierten Fassaden und Dachflächen mit den höchsten Temperaturen im bodennahen Übergangsbereich von Gebäuden und Straßenraum. Über ebenerdig versiegelten Flächen sind im Schatten Temperaturen von etwa 40° C anzutreffen.



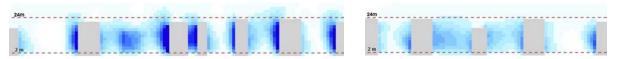
**Pflanzung bzw. Erhaltung von Stadtbäumen:** Unter den Kronen zeigt sich eine deutliche Verringerung der oberflächennahen Lufttemperaturen um bis zu 10° C, Werte über 50° C treten nur noch kleinräumig auf. Im weiteren Umfeld der Bäume sind noch Temperaturabnahmen von 1° C bis 3° C feststellbar.



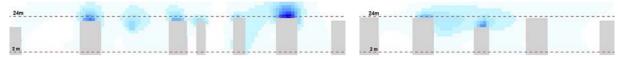
**Erhöhung der Rückstrahlung (Albedo) von Gebäuden und befestigten Oberflächen:** Die räumliche Verteilung der Maximaltemperaturen entspricht im Wesentlichen der Ausgangssituation. Die Werte bewegen sich jedoch auf einem – stellenweise um bis zu 8° C – niedrigeren Niveau. Maximaltemperaturen an Oberflächen von mehr als 50° C werden kaum noch erreicht. Die Wirkung umfasst den Gebäudeblock in seiner gesamten Höhe und erstreckt sich über das Dachniveau hinaus.



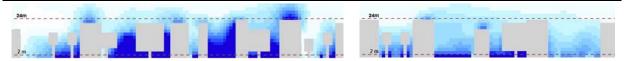
**Entsiegelung:** In den Innenhöfen sind bis zu 11° C geringere Temperaturen in 2 m Höhe festzustellen. Nur vereinzelt erreichen die oberflächennahen Temperaturen 45° C, es dominieren Temperaturen zwischen 35° C im Schatten und weniger als 45° C in der Sonne. Im Straßenraum liegen die Temperaturabnahmen in der Luftschicht zwischen 0 und 2 m Höhe bei 5° C bis 7° C und sind kleinräumiger ausgeprägt.



**Fassadenbegrünung (alle Fassaden):** Die Werte an Südfassaden gehen direkt vor der Fassade stellenweise um über 10° C auf bis zu 35° C zurück, in einer Entfernung von 6 m bis 8 m fallen die Temperaturen noch um ca. 5° C. Auch an Nord- und Ostseiten der Gebäude gehen die Temperaturen nahe der Fassadenoberfläche zurück, allerdings in deutlich geringerem Umfang. Die oberflächennahen Lufttemperaturen im Straßenraum verändern sich gegenüber dem Ausgangszustand nur geringfügig. In der Höhenausdehnung sind die Effekte für den bodennahen Bereich bis 2 m ebenfalls vergleichsweise niedrig, die stärksten Effekte werden in mittlerer Höhe erzielt.



**Dachbegrünung:** Die Begrünung aller Flachdachbereiche führt zu einer Absenkung der Lufttemperatur bis zu 10° C auf den Dächern, allerdings besteht kein nennenswerter Einfluss auf die bodennahe Luftschicht.



**Kombination der Maßnahmen:** Vor allem in den Innenhöfen kommt es zum Temperaturrückgang um über 10° C auf Werte zwischen 30° C und 40° C. Im öffentlichen Straßenraum ist ebenfalls eine kleinräumige Temperaturabnahme über 10° C zu verzeichnen. Bodennah werden Werte von ca. 50° C nur noch lokal im direkt besonnten Straßenraum erreicht. Unmittelbar über den Dachflächen sowie im Bereich der Fassaden beträgt der Temperaturrückgang zwischen 5° C und 11° C; Lufttemperaturen von mehr als 40° C werden kaum noch angetroffen, lediglich an südexponierten Fassaden gehen die Werte leicht darüber hinaus.

Die Berechnungen wurden nicht nur, wie in Tabelle 1 dargestellt, für 12 Uhr mittags durchgeführt, sondern für den gesamten Tagesverlauf (0 – 24 Uhr). Zu allen Zeiten zeigen sich in der Tendenz ähnliche Ergebnisse. Lediglich nach Mitternacht bis zum frühen Morgen liegen die Lufttemperaturen bei den Begrünungsmaßnahmen geringfügig (unter 1° C) über dem Ausgangszustand. Dies liegt v. a. daran, dass Vegetation nachts eine ausgleichende Wirkung hat und eine rasche Abkühlung, insbesondere unterhalb von Baumkronen, verhindert.

Im Vergleich von der Maßnahmenkombination und den Einzelmaßnahmen zeigte sich, dass bei der Kombination die durchschnittliche Lufttemperatur zu den meisten Zeiten stärker sinkt als bei den Einzelmaßnahmen. Bemerkenswert ist allerdings, dass die Wirksamkeit von Stadtbäumen oder der Albedoerhöhung zu vielen Zeiten an die Wirksamkeit der Maßnahmenkombination heran reicht. Aus bioklimatischen Gründen ist also keineswegs eine Kombination möglichst vieler Maßnahmen erforderlich, sondern bereits einzelne Maßnahmen können eine Entlastung bewirken.

Selbstverständlich ist immer zu beachten, dass die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen vom Ausgangszustand abhängt. Je besser der Ausgangszustand, umso geringer wird der Effekt zusätzlicher Maßnahmen ausfallen. Daher ist für die Wahl geeigneter Maßnahmen immer der jeweilige Einzelfall zu betrachten.

#### 4. Flächenpotenziale für Anpassungsmaßnahmen in verschiedenen Stadtstrukturtypen

#### 4.1 Stadtstrukturtypen und Referenzgebiete

Der Umweltatlas Berlin teilt die Siedlungsfläche in 17 Stadtstrukturtypen (SenStadt 2008) ein, die nach ihrer Entstehungszeit sowie der jeweiligen Bau- und Freiraumstruktur differenziert sind. Im Rahmen der Betroffenheitsanalyse zeigte sich zwar eine gewisse Korrelation zwischen Stadtstrukturtypen und bioklimatischer Belastung, allerdings konnte nicht sicher auf entsprechende Kausalbeziehungen geschlossen werden, da neben der Bebauungsstruktur auch andere Faktoren für die Ausprägung der bioklimatischen Situation eine Rolle spielen, wie etwa Lage im Siedlungsgebiet, Nähe zu Kaltluftleitbahnen und Grünflächen, umgebende Bebauung u. a. m.

Dennoch wurden für sieben Stadtstrukturtypen (s. Tab. 2), die zu einem hohen Anteil bioklimatisch belastet sind, Flächenpotenziale für die oben beschriebenen Maßnahmen abgeschätzt. Dies erfolgte anhand eines repräsentativ ausgewählten Referenzgebietes je Stadtstrukturtyp, mit einer für den Stadtstrukturtyp relativ

typischen Ausprägung. Allerdings können diese Referenzgebiete die jeweiligen Stadtstrukturtypen nicht zur Gänze repräsentieren, da diese in sich sehr heterogen ausgeprägt sein können, etwa hinsichtlich Fassadengröße, Oberflächenfarbe, Anteil versiegelter Fläche oder vorhandenem Baumbestand. Dennoch schien es sinnvoll, eine Abschätzung der Flächenpotenziale vorzunehmen, um erstens konkrete Möglichkeiten zur Verbesserung der bioklimatischen Situation auf Block- und Gebäudeebene aufzeigen zu können und zweitens zumindest Näherungswerte angeben zu können.

Die Referenzgebiete bestehen aus je einem Baublock samt angrenzenden Straßen und Gehsteigen. Ausnahmen bilden die Stadtstrukturtypen "geringe Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe und Industrie" und "Hohe Bebauung der Nachkriegszeit".

#### 4.2 Vorgehensweise der Potenzialflächenabschätzung

Die zur Abschätzung der Flächenpotenziale notwendigen Größen wurden für jedes Referenzgebiet grob berechnet bzw. aus vorliegenden Datenquellen entnommen. Als Grundlage dienten die für die jeweilige Maßnahmenart im Referenzgebiet zur Verfügung stehenden Flächengrößen und Ausstattungsmerkmale, so etwa die Fassaden- und Dachfläche oder die Zahl der bereits vorhandenen Stadtbäume. Die für jede Maßnahmenart zu Grunde gelegten Werte werden im Folgenden kurz dargelegt.

Entsiegelung: Das Entsiegelungspotenzial kann nicht direkt über den Versiegelungsgrad eines Blocks oder Grundstücks abgeschätzt werden, da überbaut versiegelte Flächen (Gebäude) nicht für Entsiegelungsmaßnahmen zur Verfügung stehen. Entscheidend ist der Anteil der unbebaut versiegelten Flächen auf dem Grundstück, wie Parkplatzflächen, Wege etc. Auch im öffentlichen Straßenraum bestehen häufig Möglichkeiten zur (teilweisen) Entsiegelung durch Verwendung durchlässiger Materialien z. B. auf Parkplätzen. Sowohl die gesamte als auch die unbebaut versiegelte Fläche können sich innerhalb eines Stadtstrukturtyps erheblich unterscheiden.

Erhöhung der Rückstrahlung: Das Potenzial zur Erhöhung der Rückstrahlung hängt erheblich vom aktuellen Albedowert eine Fläche ab – diese gebäudebezogene Information konnte nicht ermittelt werden. Um das Potenzial zur Erhöhung der Albedo abschätzen zu können, wurden vorrangig die Größe der Dach- und Fassadenflächen, daneben auch die der unbebaut versiegelten Flächen im Block sowie im öffentlichen Straßenraum berücksichtigt und ins Verhältnis zur Grundfläche des Referenzgebietes gesetzt.

Pflanzung von Straßenbäumen: Die Ausstattung mit Straßenbäumen, aber auch mit Bäumen innerhalb der Gebäudeblöcke, ist unabhängig vom Stadtstrukturtyp. Möglichkeiten der Neupflanzung sind daher immer im Einzelfall zu ermitteln. Für die Referenzgebiete wurde der derzeitige Bestand an Stadtbäumen mit Hilfe von Luftbildern ermittelt. Als Maßnahmen werden sowohl Lückenschlüsse als auch die Anlage gänzlich neuer Baumreihen im öffentlichen Straßenraum betrachtet.

Fassadenbegrünung: Für die Einschätzung der Potenziale zur Fassadenbegrünung wurden Fassadenlänge und Gebäudehöhe berücksichtigt. Aufgrund der oftmals fehlenden Akzeptanz für Fassadenbegrünungen in Fensternähe wurden die Potenziale zum einen für sämtliche Fassadenflächen, zum anderen lediglich für die fensterlosen Giebelwände berechnet.

Dachbegrünung: Zur Beurteilung der Flächenpotenziale wurden der Anteil der Dachfläche an der Grundfläche der Referenzgebiete sowie die Dachform bzw. Dachneigung berücksichtigt, da lediglich Flachdächer sowie leicht geneigte Schrägdächer für Dachbegrünung geeignet sind. Da Daten zum Neigungswinkel von Giebeldächern etc. fehlten, wurden nur Flachdachbereiche in die Abschätzung einbezogen.

Tab. 2: Überblick über die Referenzgebiete des jeweiligen Stadtstrukturtyps (SenStadt 2008)



Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern: geschlossene bis fast geschlossene Blockrandbebauung; größtenteils fünf bis sechsgeschossig; Kombination von Vorderhaus, Seitenflügel und Hinterhaus; typischer Freiraum: verwinkelte, meist betonierte, asphaltierte oder gepflasterte Blockinnenräume



Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil von Seiten- und Hintergebäuden: fast geschlossene, viergeschossige Blockrandbebauung; Vorderhaus in Verbindung mit Seitenflügeln oder Hinterhaus; typischer Freiraum: gezahnter (bei Seitenflügeln) oder lang gestreckter Blockinnenraum (bei Hinterhäusern); Vorgärten



Blockrandbebauung der Gründerzeit mit massiven Veränderungen (durch Kriegsschäden und Wiederaufbau): fünf- bis sechsgeschossige weitgehend geschlossene Blockrandbebauung, z. T. unterbrochen durch Einfahrten, Parkplätze, Baulücken; typischer Freiraum: relativ offene, zusammenhängende oder durch Zäune gegliederte Höfe



Blockrand- und Zeilenbebauung der 1920er und 1930er Jahre: meist drei- bis viergeschossige, (fast) geschlossene Blockrandbebauung bzw. offene Bebauung mit parallel zueinander laufenden, lang gestreckten Häuserzeilen, z. T. durch Quergebäude oder Mischung von Zeilen- und Randbebauung aufgelockert; typischer Freiraum: große Blockinnenhöfe bzw. längliche Freiräume zwischen den Gebäudezeilen



Hohe Bebauung der Nachkriegszeit: große, hohe Zeilen- und Punkthäuser ab sechs Geschossen, offen oder halboffen mit Blockrand- und Zeilenbebauung gemischt; typischer Freiraum: relativ großzügiges Abstandsgrün, teilweise großflächig versiegelte Erschließungsflächen



Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Handel und Dienstleistung: sehr kompakte Bauweise; typischer Freiraum: überwiegend stark versiegelt, gewöhnlich als Liefer- und Parkplatzflächen genutzt



Geringe Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe und Industrie: ein- bis zweigeschossige Hallen- und Gebäudekomplexe; Bebauung unter 50 %; typischer Freiraum: große Abstandsflächen, meist als Lager- oder Parkplatz genutzt

#### 4.3 Flächenpotenziale zur Maßnahmenumsetzung innerhalb der Referenzgebiete / Stadtstrukturtypen

Die Ergebnisse der vergleichenden Abschätzung der Potenziale für die Maßnahmen sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Unterschieden wird in hohes, mittleres und geringes Potenzial, wobei die Einstufung jeweils relativ zwischen den Referenzgebieten erfolgte. Das Potenzial wurde anhand des Verhältnisses der Gesamtfläche zu jener Fläche ermittelt, die für die Umsetzung der jeweiligen Maßnahme zur Verfügung steht. Dies gilt z. B. für das Verhältnis der gesamten unbebauten Fläche zur entsiegelbaren, von gesamter Dachfläche zur begrünbaren Dachfläche, oder für das Verhältnis der Zahl bereits vorhandener Bäume zu neu zu pflanzenden Bäumen. Ein hohes Potenzial ist also keineswegs gleichzusetzen mit einem 'guten bioklimatischen Zustand', sondern eher mit der Höhe in der (aufgrund eines

noch ,kritischen Zustands') Verbesserungen erreichbar sind. Grau unterlegt sind jene Maßnahmen, die sich aufgrund der bestehenden Potenziale sowie der Maßnahmenwirksamkeit für eine Umsetzung besonders anbieten. Dies bezieht sich ausschließlich auf die Referenzgebiete, die jedoch Vergleiche und gegebenenfalls Rückschlüsse auf andere Blöcke des gleichen Stadtstrukturtyps zulassen. Zur Ermittlung der im ieweiligen Einzelfall geeigneten und möglichen Anpassungsmaßnahmen sind stets die lokalen Gegebenheiten zu prüfen. Allgemein kann festgehalten werden, dass der Schlüsselfaktor für die Potenziale von Anpassungsmaßnahmen das Verhältnis von versiegelten (bebaut, unbebaut) zu unversiegelten Flächen darstellt. Denn abgesehen von der Nach- bzw. Neupflanzung von Straßenbäumen beziehen sich alle Maßnahmen auf die Gebäude (Dachbegrünung, Fassadenbegrünung, Albedoerhöhung) und die unbebaut versiegelten Flächen (Entsiegelung, Albedoerhöhung).

Tab. 3: Beurteilung der Referenzgebiete hinsichtlich ihrer Potenziale zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen sowie Vorschläge für bevorzugt zu ergreifende Maßnahmen

	Maßnahmen									
	Entsie- gelung	Erhöhung der Albedo	Straßen- baum- pflanzung	Fassadenbegrünung		Dachbe-				
Stadtstrukturtyp				gesamt	fensterlose Giebelwände	grünung				
Blockbebauung der Gründerzeit mit Seiten- flügeln und Hinterhäusern	••	•••	•	•••	••	••				
Blockrandbebauung der Gründerzeit mit ge- ringem Anteil von Seiten- und Hintergebäu- den	••	•	•	•	•••	••				
Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre	•	•••	•••	•••	••	••				
Blockrandbebauung der Gründerzeit mit massiven Veränderungen	•	••	••	•	•	•				
Hohe Bebauung der Nachkriegszeit	•••	••	•	•	••	•				
Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Handel und Dienstleistung	•	•••	•••	••	•	•				
Geringe Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe und Industrie	•••	••	•	•	•	•••				
● ● ● hohes Potenzial, ● ● mittleres Potenzial, ● geringes Potenzial										
zu bevorzugende Maßnahme aufgrund des Potenzials im Referenzgebiet und der Wirksamkeit der Maßnahme										

#### 5. Fazit

Kleinräumige Maßnahmen auf Block- und Gebäudeebene können einen erheblichen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel durch Reduzierung der Temperaturen leisten – wenngleich sie auf das unmittelbare Umfeld des jeweiligen Gebäudes bzw. Blocks begrenzt sind. Ob und ab wann sie durch eine Summenwirkung bei Umsetzung in vielen benachbarten Blocks eine räumlich größere Wirkung erzielen, konnte im Rahmen des Fachgutachtens zum StEP Klima nicht ermittelt werden. Dennoch sind sie insbesondere für die Verbesserung in bereits derzeit bioklimatisch belasteten Siedlungsräumen zu empfehlen, deren räumliche Kulisse sich aufgrund des Klimawandels ausdehnen wird. Welche Maßnahme bzw. Maßnahmenkombination im jeweiligen Einzelfall die größte Wirkung zeigt, hängt allerdings stark von den jeweiligen lokalen Gegebenheiten ab.

#### Literatur

- GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2010): Untersuchungen zum Klimawandel in Berlin.
- Schlößer, S. A. (2003). Zur Akzeptanz von Fassadenbegrünung: Meinungsbilder Kölner Bürger eine Bevölkerungsbefragung. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät. Dissertation an der Universität zu Köln.
- SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (2007): Digitaler Umweltatlas Berlin. 01.02: Versiegelung (online). http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ib102.htm (Zugriff am 28.09.2010)
- SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (2008): Digitaler Umweltatlas Berlin. 06.07/08: Stadtstruktur. Kartenbeschreibung (online). http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/dc607\_04.htmtop (Zugriff am 17.09.2010)
- SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) (2011): Fachgutachten Stadtentwicklungsplan Klima. Auftragnehmer: Technische Universität Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung (Prof. Dr. Stefan Heiland (Projektleitung), Dr. Christian Wilke, Katrin Rittel) und Herwart+Holz Planung und Architektur (Carl Herwarth v. Bittenfeld, Brigitte Holz, Andreas Neisen, Kerstin Thurau) in Zusammenarbeit mit GEO-NET Umweltconsulting GmbH (Peter Trute, Dirk Herrmann).
- Wilke, C., Bachmann, J., Hage, G., Heiland, S. (2011): Planungs- und Managementstrategien des Naturschutzes im Lichte des Klimawandels. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 109. Bonn-Bad Godesberg.

#### Autorenanschrift:

Dipl.-Ing. Katrin Rittel
Dr. Christian Wilke
Prof. Dr. Stefan Heiland
Technische Universität Berlin
Fakultät VI - Planen Bauen Umwelt
Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung – Sekr. EB 5
Straße des 17. Juni 145
D - 10623 Berlin

Tel.: +49(0)30/314-26628 Fax: +49(0)30/314-23507 Mail: k.rittel@tu-berlin.de www.landschaft.tu-berlin.de