

Klimawandelgerechte Stadtentwicklung durch grüne Infrastruktur

Stefanie Rößler

Eingegangen: 28. Januar 2014 / Angenommen: 19. August 2014 / Online publiziert: 17. Oktober 2014
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Zusammenfassung Städtische Vegetation und Grünräume spielen eine wichtige Rolle im Umgang mit den Folgen des Klimawandels in Städten: Stadtgrün reguliert das Mikroklima in der dicht bebauten, überhitzten Stadt, in Grünflächen kann Wasser versickern und im Überflutungsfall zurückgehalten oder schadensarm abgeleitet werden. Die Erhaltung und Ausweitung des Grünflächenbestandes im Sinne einer grünen Infrastruktur im Siedlungsraum ist daher ein zentraler Bestandteil von kommunalen und regionalen Klimaanpassungsstrategien. Entsprechend werden zahlreiche freiraumplanerische Maßnahmen diskutiert, die zu einer klimawandelgerechten Stadtentwicklung beitragen sollen. Wie kann es gelingen, die verschiedenen Potenziale der grünen Infrastruktur zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Stadtgefüge zu nutzen und Maßnahmen zur Förderung der grünen Infrastruktur umzusetzen? Im Rahmen der Erstellung des „Integrierten Regionalen Klimaanpassungsprogramms für die Modellregion Dresden“ wurden Maßnahmen zur Entwicklung und Gestaltung grüner Infrastruktur formuliert. Aufbauend auf diesen Erfahrungen werden grundlegende planerische Ansätze zur Verankerung und Umsetzung grüner Infrastruktur, die sowohl auf gesamtstädtischer Ebene als auch in Bezug auf einzelne Flächen eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung adressieren, vorgestellt.

Schlüsselwörter Klimaanpassung · Freiraumplanung · Grünflächen · Urbane Ökosystemdienstleistungen

Urban Development under Climate Change by Green Infrastructure

Abstract Urban vegetation and green spaces play a crucial role in dealing with the impacts of climate change: urban green spaces regulate the micro-climate in densely built-up and overheated settlement areas, and support the percolation of rain water and the retention of flood events. According to these findings, manifold measures of green space development are discussed, supporting an urban development which is appropriate to the challenges of climate change. Thus, retaining and enhancing the provision of settlement areas with green spaces in terms of green infrastructure is a central element of urban and regional climate adaptation strategies. In this paper the question is raised, how green infrastructure and its different potentials to adapt to climate change can be considered in the urban fabric and measures to enhance the green infrastructure can be implemented. As a part of the “Integrated Regional Climate Adaptation Programme for the Region of Dresden” a number of measures for the development and planning of green infrastructure have been developed. Based on these experiences, basic planning approaches to implement and realise green infrastructure, addressing climate adaptation both on city and site scale, are presented.

Keywords Climate adaptation · Green space planning · Green spaces · Urban ecosystem services

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Städte sind einerseits Verursacher und andererseits Betroffene des Klimawandels. Die zentralen Herausforderungen

S. Rößler (✉)
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR),
Weberplatz 1,
01217 Dresden, Deutschland
E-Mail: s.roessler@ioer.de

für Siedlungsbereiche werden Überwärmung und extreme Niederschlagsereignisse sein (Egli/Reckien/Grothmann 2009; BMVBS 2011: 12 ff.; IPCC 2012):

1. Der bereits bestehende Wärmeinseleffekt in dicht bebauten Siedlungsbereichen wird sich durch den Anstieg der Durchschnittstemperaturen im Sommerhalbjahr verstärken. Durch Extremereignisse, wie die Zunahme von Sommertagen ($T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$), heißen Tagen ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$) und Tropennächten ($T_{\max} \geq 20^\circ\text{C}$) (Bernhofer/Matschullat/Bobeth 2011: 33), kann die Aufenthaltsqualität im städtischen Raum sowie das Wohlbefinden der Stadtbevölkerung beeinträchtigt werden. Insbesondere bei Risikogruppen (Kleinkinder, ältere Menschen, gesundheitlich vorbelastete Personen) kann auch die Gesundheit gefährdet sein (Claßen/Steinkühler/Hornberg 2013; Krüger/Held/Hoechstetter et al. 2013).
2. Schon heute zu beobachtende Starkregenereignisse bedeuten zum einen mögliche Gefährdungen und Schäden durch den direkten Eintrag von Regenwasser in Gebäude (Weller/Naumann/Jakubetz 2012). Zum anderen bestehen Gefahren für Gebäude und Infrastruktur durch Hochwasser an Fließgewässern oder Überstau aus der Kanalisation.
3. Insbesondere in den Sommermonaten können längere Trockenperioden in Verbindung mit Hitzeperioden die Vitalität und damit die klimatische Regulationsfähigkeit der Stadtvegetation beeinträchtigen (Mathey/Rößler/Lehmann et al. 2011: 31 ff.).

Die Anpassung an die bereits spürbaren wie auch für die Zukunft projizierten Folgen des Klimawandels ist ein wichtiges Handlungsfeld künftiger Stadtentwicklung (Bundesregierung 2008; BMVBS 2011). Grünflächen sowie generell die Vegetation in der Stadt stellen vielfältige Funktionen (Ökosystemdienstleistungen) bereit, welche die Umwelt- und Lebensbedingungen im städtischen Raum verbessern können (Tzoulas/Korpela/Venn et al. 2007; Niemelä/Saarela/Söderman et al. 2010; DG Environment 2012; Gómez-Baggethun/Gren/Barton et al. 2013; Haase 2013). Insbesondere die Regulationsleistungen für das urbane Mikro- und Bioklima und den städtischen Wasserhaushalt spielen eine wichtige Rolle im Umgang mit den Folgen des Klimawandels im Siedlungsraum, vor allem mit höheren Temperaturen und variierenden Niederschlagsregimes (Endlicher/Jendritzky/Fischer et al. 2008; Gill/Handley/Ennos et al. 2009; Werner 2010).

Angesichts der vielfältigen Ökosystemdienstleistungen, die vom Stadtgrün bereitgestellt werden können, wird zunehmend von „grüner Infrastruktur“ gesprochen. Unter grüner Infrastruktur wird dabei zum einen die Gesamtheit und das System natürlicher Elemente in der Stadt verstanden (Naumann/McKenna/Kaphengst et al. 2011: 14). Zum anderen ist die Anerkennung von Stadtgrün als Infrastruktur – im Sinne

materieller, allgemein verwendbarer und notwendiger Voraussetzungen für das Leben und Wirtschaften in einer Stadt (vgl. Frey 2005) – Grundlage für eine entsprechende Wertschätzung und das Bewusstsein, dafür Ressourcen bereitstellen zu müssen (Benedict/McMahon 2006; Ahern 2007; EEA 2011; Pauleit/Liu/Ahern et al. 2011). Die grüne Infrastruktur lässt sich dabei nur bedingt in die klassische Einteilung in technische und soziale Infrastruktur einordnen, da sie sowohl Versorgungs- oder Regulationsleistungen (z. B. Mikroklima-regulierung oder Regenwasserversickerung), als auch kulturelle Dienstleistungen (z. B. Erholungs- und Bildungsorte) bereitstellt (TEEB 2011: 3 ff.). In diesem Beitrag wird, der aktuellen Fachdiskussion folgend, der Begriff der grünen Infrastruktur im beschriebenen Verständnis verwendet.

1.2 Ziel des Beitrags

Als Ergebnis umfangreicher wissenschaftlicher Untersuchungen und vor dem Hintergrund der aktuellen politischen und planungspraktischen Bedeutung des Themas Klimaanpassung liegen zahlreiche Zusammenstellungen und Handlungsleitfäden vor, die, unter anderem, auch vielfältige freiraumplanerische Klimaanpassungsmaßnahmen und teilweise auch Wege und Instrumente zur Umsetzung benennen (z. B. MKULNV 2011; Kemper/Riechel/Schuller 2011; EEA 2012; Kuttler/Dütemeyer/Barlag 2013). Ziel dieses Beitrages ist es, planerische Ansätze zur integrierten Umsetzung dieser Klimaanpassungsmaßnahmen, die auf die Nutzung der verschiedenen Potenziale der grünen Infrastruktur und ihre Förderung im Stadtgefüge abzielen, aufzuzeigen. Die dargestellten planerischen Ansätze basieren auf dem „Integrierten Regionalen Klimaanpassungsprogramm für die Region Dresden“ (IRKAP), welches im Rahmen des KLIMZUG-Verbundvorhabens REGKLAM¹ erarbeitet wurde. Das IRKAP enthält neben allgemeinen Hinweisen zum Klimawandel und den Rahmenbedingungen der Region Dresden Ziele und zahlreiche konkrete Maßnahmen in den Themenfeldern 1) städtebauliche Strukturen, Grün- und Freiflächen sowie Gebäude, 2) Wasserhaushalt und -wirtschaft, 3) Land- und Forstwirtschaft, 4) gewerbliche Wirtschaft sowie 5) Naturschutz (vgl. REGKLAM-Konsortium 2013). Die im IRKAP aufgeführten Maßnahmen reichen von analytischen bis hin zu konkreten baulichen Maßnahmen. Sie wurden wissenschaftlich in verschiedenen Teilprojekten im Rahmen von REGKLAM abgeleitet, ergänzt durch Kenntnisse aus anderen Projekten und wissenschaftlichen Untersuchungen, und in einem iterativen Prozess zwischen Wissenschaft und Praxis vor dem Hintergrund der konkreten Rahmenbedingungen in der Region und der adressierten Akteure gemeinsam entwickelt (Hutter/Müller/Rößler et al. 2012: 4 ff.). Im Themenfeld „Städtebauliche

¹ Vgl. <http://www.regklam.de> (18.07.2014).

Strukturen, Grün- und Freiflächen sowie Gebäude“ des Klimaanpassungsprogramms werden ein weites Spektrum von Maßnahmen sowie erste Umsetzungsbeispiele aus dem Handlungsfeld der Freiraumplanung beschrieben (REGKLAM-Konsortium 2013: 35 ff.), welche die Grundlage für den vorliegenden Beitrag bilden.

Im vorliegenden Beitrag wird unterschieden in erforderliche Maßnahmen zur Nutzung der Potenziale bzw. Förderung einer klimawandelgerechten grünen Infrastruktur und in planerische Ansätze im Sinne von Strategien und Wegen, diese Maßnahmen in die Realität umzusetzen. Der letztgenannte Punkt stellt den Schwerpunkt des Beitrags dar. Auf die Verankerung der Maßnahmen in einzelnen Instrumenten der Stadtplanung wird in diesem Beitrag nicht vertieft eingegangen.

In Kap. 2 werden zunächst die Potenziale grüner Infrastruktur zum Umgang mit den für den urbanen Raum relevanten Klimawandelfolgen, dem Temperaturanstieg und den veränderten Niederschlagsregimes, dargestellt. Daran anknüpfend werden konkrete Maßnahmen zur Förderung einer klimawandelgerechten grünen Infrastruktur aufgeführt, die dazu beitragen können, diese Potenziale optimal zu nutzen. In Kap. 3 werden grundlegende planerische Ansätze zur Umsetzung dieser Klimaanpassungsmaßnahmen, die auf eine Förderung der grünen Infrastruktur abzielen, vorgestellt. Diese planerischen Ansätze wurden aus dem IRKAP abgeleitet und stellen durchaus verallgemeinerbare Ansätze dar, die auch in anderen regionalen Kontexten angewendet werden können. Die Ansätze werden mit ausgewählten Beispielen aus der Region Dresden verdeutlicht. Dabei werden auch Herausforderungen vor dem Hintergrund der konkreten Erfahrungen und Beobachtungen erörtert, die im Zuge des oben beschriebenen gemeinsamen Erstellungsprozesses gemacht wurden. Den Abschluss bilden in Kap. 4 ein Fazit des Beitrages und die Einordnung der vorgestellten planerischen Ansätze in den Kontext der Klimaanpassung und weiterer Herausforderungen der Stadtentwicklung.

2 Potenziale grüner Infrastruktur für eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung

2.1 Anpassung an höhere Durchschnittstemperaturen und Hitzeereignisse

Die positiven mikroklimatischen Wirkungen von Stadtgrün wurden in einer Vielzahl von Studien nachgewiesen (vgl. zur Übersicht Bowler/Buyung-Ali/Knight et al. 2010). Die temperatursenkenden Wirkungen ergeben sich aus Verdunstungskühle und Verschattungseffekten. Zugleich absorbieren natürliche im Vergleich zu künstlichen Oberflächen weniger Strahlung und reduzieren so den potenziellen Wärmeeintrag in den Stadtkörper. Bezüglich der mikroklimatischen Wirkungen gilt es, verschiedene urbane Vegetationsstrukturen

zu unterscheiden. Dichte Baumbestände sorgen tagsüber für Abkühlung, während nachts vor allem über offenen Flächen kalte Luft entsteht und je nach Umgebung, Windverhältnissen und Topographie auch in angrenzende Baugebiete transportiert wird. Spürbare Temperaturabsenkungen sind bereits in kleinen Flächen (ab etwa einem Hektar) nachweisbar (Mathey/Rößler/Lehmann et al. 2011: 165). Aber auch der Schatten von Einzelbäumen oder die kleinräumige Wirkung von Gebäudebegrünungen leisten einen Beitrag zu einem angenehmen Mikroklima (Kleerekoper/von Esch/Salcedo 2012: 33). Untereinander und mit randstädtischen Kaltluftentstehungsgebieten vernetzte Grünflächen gewährleisten den Zustrom frischer und kühler Luft aus dem Umland der Städte in die dicht bebauten Stadtgebiete (Schirmer 2003).

2.2 Umgang mit veränderten Niederschlagsregimes

Die Fähigkeit von Vegetation und unversiegelten Böden, Niederschlagswasser zu speichern und abzuleiten, spielt sowohl beim Umgang mit Starkniederschlagsereignissen als auch zu erwartenden längeren sommerlichen Trockenperioden eine wichtige Rolle. Eine „wassersensible Stadtentwicklung“ und die Entwicklung einer „blauen Infrastruktur“ beinhaltet die Bereitstellung von Retentionsflächen an Gewässern zum Hochwasserschutz, dezentrales Regenwassermanagement in Freiflächen (Speicher- und Versickerungseinrichtungen) sowie die Ertüchtigung von Frei- und Grünflächen zur Speicherung und schadensarmen bzw. gefahrfreien Ableitung von Oberflächenwasser im Falle von Überflutungsereignissen, die an Gewässern, aber auch durch den Überstau aus Abwassersystemen entstehen können (Pinnekamp/Doktor/Haußmann et al. 2008; Hoyer/Dickhaut/Kronawitter et al. 2011; Kruse 2013).

2.3 Maßnahmen zur Förderung einer klimawandelgerechten grünen Infrastruktur

Die genannten Potenziale der grünen Infrastruktur zur Anpassung an die unterschiedlichen Folgen des Klimawandels können nur genutzt werden, wenn entsprechende konkrete Maßnahmen zur Erhaltung, Ausgestaltung, Erweiterung oder Ertüchtigung der einzelnen Elemente der grünen Infrastruktur umgesetzt werden. Nachfolgend wird ein kompakter Überblick über die im IRKAP aufgeführten Maßnahmen gegeben (vgl. REGKLAM-Konsortium 2013: 37 ff.).

Für die Entwicklung eines wirksamen Systems der grünen Infrastruktur sind bestehende innerstädtische Freiräume zu erhalten, ihre Vernetzung mit randstädtischen Freiräumen zu stärken und neue Grünflächen zu entwickeln. Der weitere Verlust von offenen Bodenflächen im Stadtgebiet ist vor allem durch die Freihaltung von Brachflächen zu vermeiden. Zusätzlich sollten auf den Baugrundstücken, im öffentlichen

Raum und im Rahmen von Neubauvorhaben Maßnahmen zur Reduzierung versiegelter Oberflächen umgesetzt werden.

Zur Versorgung innerstädtischer Gebiete mit Kalt- und Frischluft sind zum einen die Entstehungsgebiete an den Rändern der Siedlungsbereiche und zum anderen die Leitbahnen weiterhin freizuhalten oder wenn möglich wiederherzustellen. Bei der Ausgestaltung dieser Leitbahnen sind die verschiedenen Wirkungsgrade, ihre Eignung als Frischluftspender und mögliche Barrieren zu berücksichtigen.

Die Vielfalt und teilweise Unsicherheit der zu erwartenden Klimawandelfolgen erfordert Grünflächen, die nach Möglichkeit verschiedene Potenziale zur Anpassung bereitstellen. Die größten Abkühlungseffekte sind in Grünflächen zu erwarten, die eine vielfältige Vegetationsstruktur (verschiedene Höhenstufen, wechselnde Flächenanteile, eher lockerer Baumbestand) haben (Mathey/Rößler/Lehmann et al. 2011: 165). Hier sind sowohl tagsüber als auch nachts Abkühlungseffekte nachweisbar. Entsprechend sollte die Klimawirksamkeit bestehender und neu anzulegender Grünflächen bezüglich der Vegetationsausstattung gemäß den Erkenntnissen zu mikroklimatischen Wirkungen städtischer Vegetation optimiert werden.

Zur Verringerung des Wärmeeintrags in den Stadtkörper und zur Erweiterung des abkühlend wirkenden Vegetationsbestandes sind neben der Sicherung und Schaffung von Grünflächen auch kleinteilige Begrünungsmaßnahmen an Gebäuden, im direkten Gebäudeumfeld sowie im Stadtraum generell umzusetzen. Da die Möglichkeiten zur Ausweitung der Freiflächen und der Erhöhung des Grünanteils im Siedlungsbereich begrenzt sind, sollten auch die klimatischen Wirkungen möglicher freiraumplanerischer und städtebaulicher Maßnahmen bezüglich ihrer Wechselwirkungen und Zusammenhänge in den Blick genommen werden. Wesentlich ist dabei die Erhöhung des Anteils unversiegelter Flächen, des Grünvolumens vor allem durch die klimawandelangepasste Erweiterung des Straßenbaumbestandes und die kleinteilige Begrünung beispielsweise von Innenhöfen. Parallel dazu können durchaus dichte Baustrukturen be- und entstehen (Wende/Rößler/Held 2013).

Die Rückhaltung von Niederschlagswasser in Grünflächen kann sowohl in Trockenperioden den urbanen Wasserhaushalt stabilisieren als auch die Gefahren von Starkregenereignissen reduzieren. So sollten in Grün- und Freiflächen Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung, z. B. Mulden-Rigolen-Systeme oder bepflanzte Versickerungsmulden, umgesetzt werden. Durch Dachbegrünungen kann Niederschlagswasser gespeichert, verdunstet und verzögert abgeleitet werden. Zum Umgang mit Hochwasserereignissen an Fließgewässern und Überflutungen aus dem Kanalnetz in Siedlungsgebieten sollten künftig Grün- und Freiflächen gezielt für eine gefahrlose bzw. schadensarme Ableitung des Oberflächenwassers genutzt werden. Bestehende und neu zu bauende öffentliche Plätze, Verkehrsflächen und Grünflächen sollten bezüglich

ihrer Eigenschaften zum Wasserrückhalt und zur temporären Wasserableitung (Notwasserwege) ausgebaut werden.

Neben der Erhaltung und Schaffung grüner Infrastrukturelemente sollte das Augenmerk auf die Eignung der Ausstattung und Unterhaltung der bestehenden Grünanlagen bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels gelegt werden. Die Vegetation sollte im Hinblick auf Trockenheit, Sommerhitze, aber auch die Gefahr von Spätfrösten ausgewählt und entsprechende Standortverbesserungen sollten vorgenommen werden, damit die positiven klimatischen Leistungen auch künftig erbracht werden können. Insbesondere bei der Auswahl und Standortgestaltung der Straßenbäume sollten Trockenheit, höhere Temperaturen, aber auch Spätfrost- und Krankheitsgefährdung berücksichtigt werden (Roloff/Korn/Gillner 2009: 295 f.). Auch die Eignung der Ausstattungselemente und deren Ausführung, z. B. Schaffung verschatteter Sitzplätze, Verwendung geeigneter Wegebeläge für Trockenperioden und Starkregenereignisse, sollte geprüft werden (Drlik 2010: 140 f.). Pflegemaßnahmen (z. B. Bewässerung, Rasenschnitt) sind ebenfalls anzupassen. Zur Berücksichtigung veränderter Niederschlagsregimes sollten neben der Wahl standortangepasster Pflanzen alternative Bewässerungskonzepte entwickelt werden. Hier könnten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung künftig verstärkt mit Bewässerungsvorrichtungen kombiniert werden (Bennerscheidt/Bosseler 2010: 50 f.).

Die genannten Maßnahmen zur Förderung der grünen Infrastruktur sind dabei nicht frei von Zielkonflikten im Rahmen der Klimaanpassung. Bei Straßenbaumpflanzungen ist beispielsweise auf die Erfordernisse des Luftaustauschs zur Vermeidung zu hoher Schadstoffkonzentrationen und zur Ermöglichung der Durchlüftung von Straßenzügen zu achten (Pugh/MacKenzie/Whyatt et al. 2012). Bei der Auswahl von Baumarten, die gegebenenfalls besser an die künftigen klimatischen Bedingungen in Städten angepasst sind, gilt es auch, die zu erwartende Allergenbelastung oder Pflanzenschädlinge und damit einhergehende gesundheitliche Belastungen zu beachten, die möglicherweise durch klimawandelbedingte längere Vegetationsperioden verstärkt werden können (Bergmann/Zuberbier/Augustin et al. 2012).

3 Planerische Ansätze zur Förderung grüner Infrastruktur zur Klimaanpassung

Das Spektrum erforderlicher und möglicher Maßnahmen zur Förderung grüner Infrastruktur ist wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben sehr breit. Ebenso stehen verschiedene Instrumente zur Verfügung, diese Maßnahmen umzusetzen. Es liegen zahlreiche Publikationen vor, welche detaillierte Hinweise zu den rechtlichen und instrumentellen Umsetzungsmöglichkeiten und -hindernissen der einzelnen Maßnahmen enthalten (vgl. Reese/Köck/Möckel 2010:

365 ff.; BMVBS 2011; Fröhlich/Knieling/Schaerffer et al. 2011; BMVBS 2013b).

Neben der instrumentellen Verankerung erfordert die Umsetzung der aufgeführten Maßnahmen zur Förderung der grünen Infrastruktur im Sinne der Klimaanpassung grundlegende planerische Ansätze. Im Rahmen des Projektes REGKLAM wurden in Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis unterschiedliche Optionen und Strategien diskutiert, um grüne Infrastruktur im Kontext der Klimaanpassung sowohl planerisch zu verankern als auch Wege zur praktischen Umsetzung aufzuzeigen. Diese werden im Folgenden im Sinne von grundlegenden planerischen Ansätzen beschrieben und mit konkreten Anwendungsbeispielen aus der Region Dresden untersetzt.

3.1 Verankerung der Belange der grünen Infrastruktur auf allen Maßstabsebenen

Die Sicherung und Entwicklung der verschiedenen Elemente des Stadtgrüns im Stadtgefüge im Sinne eines Systems der grünen Infrastruktur erfordert zum einen Maßnahmen in verschiedenen räumlichen Kontexten (Abschichtung) und zum anderen planungsebenen- und maßstabsebenenübergreifendes Handeln. So kann die Sicherung und Freihaltung von Kalt- und Frischluftentstehungsgebieten und -leitbahnen nur gemeindeübergreifend, im stadtreionalen Kontext und entsprechend mit regionalplanerischen Ansätzen bzw. Strategien auf gesamtstädtischer Ebene erreicht werden. Die Sicherung und Entwicklung einzelner Grünräume erfordert gesamtstädtische Konzepte (Flächennutzungspläne oder informelle Grünflächenentwicklungskonzepte), die bei einzelnen Flächennutzungsentscheidungen herangezogen werden. Wenn es um die klimawirksame Ausgestaltung einzelner Flächen geht, bedarf es konkreter Bau- und Unterhaltungsvorgaben. Die einzelnen Maßnahmen können weitgehend im bekannten und erprobten landschafts-, regional- und bauleitplanerischen Instrumentarium verankert werden (REGKLAM-Konsortium 2013: 41 f.). Entsprechend der übergreifenden Bedeutung der grünen Infrastruktur – für die Klimaanpassung, aber auch für andere Belange der Stadtentwicklung – ist ein „Mainstreaming“ der Grün- und Freiraumentwicklung notwendig (BMVBS 2012: 5). Informelle und formelle Instrumente der Stadt- und Freiraumplanung sollten mit ihren jeweiligen Potenzialen zielgerichtet zur Vorbereitung und Verankerung von Maßnahmen zur Förderung grüner Infrastruktur genutzt werden. Grundlage für entsprechende Planungsvorgaben sollten beispielsweise Stadtklimagutachten, Untersuchungen zu sensiblen Stadträumen (Krüger/Held/Hoechstetter et al. 2013) oder konkrete Klimamodellierungen (Goldberg/Kurbjuhn 2014) sein.

3.2 Entwicklung freiraumorientierter Leitbilder

Die konsequente Verankerung der grünen Infrastruktur in der Stadtentwicklung und -planung erfordert ein ressortübergreifendes Bekenntnis zu einer strategischen Ausrichtung der Freiraumentwicklung (vgl. Ahern 2007). (Stadtstrukturelle) Leitbilder können eine solche Strategie veranschaulichen und transportieren (Knieling 2006; Levin-Keitel/Sondermann 2013). Eine langfristige und übergeordnete Vision schafft den Rahmen für nachgeordnete formelle und informelle Planungskonzepte der Stadt- und Freiraumplanung. Dabei bildet die Definition und Wahrnehmung von grüner Infrastruktur als ein Leitmotiv der städtebaulichen Entwicklung einen starken Rahmen für einzelne und kleinräumige stadtplanerische Entscheidungen. Dies betrifft sowohl die Festlegung übergeordneter Freiräume und Grünverbindungen als auch die Abwägung bei individuellen Flächennutzungsentscheidungen. Dabei werden nicht nur Klimaanpassungsbelange adressiert. Grundlage für die Formulierung einer stadtspezifischen freiraumplanerischen Strategie ist die Verknüpfung verschiedener Ökosystemdienstleistungen und damit weiterer freiraumplanerischer Belange (Ahern 2007).

Im Entwurf des Landschaftsplans der Landeshauptstadt Dresden wird das strategische und räumlich konkrete Leitbild der „Kompakten Stadt im ökologischen Netz“ als langfristige Orientierung der Stadt- und Freiraumentwicklung formuliert (REGKLAM-Konsortium 2013: Maßnahmenblatt 1.2.5). Das Ziel dieses Leitbildes ist die Bündelung und Bereitstellung der verschiedenen, von städtischen Ökosystemen ausgehenden Umweltfunktionen (Ökosystemdienstleistungen) – wie beispielsweise die Frischluftversorgung, der Hochwasserschutz und der Biotopverbund – durch die Entwicklung eines Netzes aus Grün- und Freiflächen. Gleichzeitig sollen die Dresden prägende Stadt- und Landschaftsstruktur definiert, vielfältige Erholungsmöglichkeiten für den Menschen gesichert sowie die Lebensräume von Pflanzen und Tieren verbessert werden. Grundlage für das Leitbild sind die bestehenden Grünräume und das Tal- und Gewässersystem mit seinen vielfältigen umweltbezogenen Funktionen, z. B. als Erholungsbereich und Biotopverbundraum. Die baulich geprägten Gebiete der Stadt Dresden werden in Zellen dieses Netzes abgebildet. Insbesondere in den Bereichen des kompakten Stadtraums kann künftig auch eine maßvolle Verdichtung stattfinden. Damit adressiert diese räumlich konkrete Strategie sowohl die Klimaanpassung als auch den Klimaschutz, aber auch weitere Herausforderungen der künftigen Stadtentwicklung, wie den Hochwasserschutz, die Biodiversitätsförderung, die Erholungsvorsorge und die Innenentwicklung. Wenngleich die Umsetzung bei einzelnen Flächennutzungsentscheidungen verhandelt und abgewogen wird, so bildet dieses Leitbild einen starken Referenzrahmen für die Stadtentwicklung. Verbindlich wird

dieses Leitbild des Landschaftsplanes jedoch erst durch die Integration in den Flächennutzungsplan.

3.3 Nutzung von Verfügungsräumen

Die Möglichkeiten zur Ausweitung der grünen Infrastruktur hängen von der Verfügbarkeit von Flächen im Siedlungsbereich ab. Die Kommunen in der Region Dresden verfügen dahingehend über den ‚Luxus‘ einer relativ großen Menge an Brachflächen im Siedlungsraum. Dieses vorhandene Potenzial an Brachflächen gilt es, einerseits für eine bauliche Innenentwicklung zum Erhalt kompakter, ressourcen- und energieeffizienter Siedlungsstrukturen zu nutzen. Andererseits bergen Brachflächen vielfältige Potenziale zur Klimaanpassung: Brachflächen, insbesondere wenn sie unversiegelt sind und bereits unterschiedliche Stadien von Vegetation aufweisen, stellen bereits heute mikroklimatische Entlastungsräume dar. Im Hinblick auf den Umgang mit Starkniederschlagsereignissen bieten sie Möglichkeiten der dezentralen Regenwasserversickerung bis hin zur Bereitstellung wenig verletzlicher Flächen im Falle von Überstau- bzw. Überflutungsereignissen (Rößler/Mathey 2014).

Die grünen, aber auch die noch bebauten Brachflächen können im Sinne einer freiraumorientierten Siedlungsentwicklung zur Etablierung langfristig tragfähiger Freiraumsysteme genutzt werden. Entsprechend sollten Brachflächen im Hinblick auf die Nutzung der bereits ‚von selbst‘ entstandenen Potenziale sowie zur Offenhaltung von Handlungsoptionen und Verfügungsräumen für künftige Entwicklungsbedarfe nicht gänzlich für eine bauliche Innenentwicklung verwendet werden.

Als Grundlage für planerische Entscheidungen bedarf es umfassender Kenntnis über den Brachflächenbestand. Brachflächenkataster sind geeignet, auch Kriterien wie die mikroklimatische Wirksamkeit oder die Lage der Flächen in wichtigen klimatischen Ausgleichsräumen oder Luftleitbahnen auszuweisen (Rößler/Mathey 2014). Auf dieser Grundlage können gezielt freiraumplanerische Maßnahmen, gegebenenfalls auch Kompensationsmaßnahmen, auf Brachflächen umgesetzt werden, um sie im Sinne grüner Infrastruktur in Wert zu setzen. Durch die Integration ausgewählter Brachflächen in dauerhafte Freiraumsysteme kann die Vernetzung von Grünflächen ausgeweitet werden. Dafür muss die Fläche in der Regel von der Kommune erworben werden. Aber auch temporär können Brachflächen wertvolle klimatische Ausgleichsräume bieten. Darüber hinaus kann Vegetation auf Brachflächen sowohl als Kohlenstoffsенke als auch als nachwachsender Rohstoff dienen und damit lokale Energie- und Klimaschutzkonzepte unterstützen. Zur Integration von Brachflächen in das städtische Freiraumsystem können verschiedene Nutzungsoptionen in Frage kommen (vgl. Kap. 3.4). Die weiterhin zu fördernde bauliche Nachverdichtung sollte vor allem auf klimatologisch

weniger bedeutsame Brachflächen gelenkt werden. Auch bei teilräumlich größerem baulichen Entwicklungsbedarf können durch multifunktionale Ansätze gezielt die vielfältigen ökologischen Potenziale ausgewählter Brachflächen erhalten und gefördert werden (vgl. Kap. 3.5).

3.4 Umsetzung neuer Freiraumtypen

Die aus Klimaanpassungsgründen heraus notwendige Ausweitung der grünen Infrastruktur in der Fläche steht begrenzten öffentlichen Mitteln für die Grünflächenunterhaltung (Balder 2013: 19), veränderten Nutzungsanforderungen und mangelnden Nutzungsbedarfen insbesondere in schrumpfenden Städten (Rößler 2010: 71 f.) gegenüber. Neue Gestaltungs- und Nutzungsansätze versprechen Lösungsansätze zum Umgang mit diesen Herausforderungen. Kategorien wie die urbane Landwirtschaft (Lohrberg 2010), urbane Wälder (Burkhardt/Dietrich/Hoffmann et al. 2008) oder neue Gärten (Rosol 2010) werden künftig das bekannte Repertoire städtischer Grünflächentypen, wie beispielsweise Stadtteilparks, Kleingärten oder Spielplätze, ergänzen. Auch unter dem Blickwinkel der Klimaanpassung stellen diese ‚neuen‘ Freiräume durchaus Potenziale bereit, die es zu nutzen gilt. Urbane Wälder können große Abkühlungseffekte erzeugen. Eine erfolgreiche landwirtschaftliche Nutzung kann weitere Flächenversiegelung durch konkurrierende Nutzungsbedarfe eventuell verhindern. Mit Gemeinschafts- oder Nachbarschaftsgärten entstehen grüne Aufenthaltsräume im Wohnumfeld und es findet eventuell eine Inwertsetzung von Brachflächen als Grundlage für eine dauerhafte Freiraumetablierung statt. Teilweise stellen diese ‚neuen‘ Freiräume im Vergleich zu aufwendig ausgestatteten Stadtteilparks in der Regel wenig verletzliche Nutzungen dar, die im Bedarfsfall die Speicherung und Ableitung von Oberflächenwasser nach Starkniederschlagsereignissen ermöglichen.

Die flächenkonkreten Nachnutzungsoptionen sollten einzelfallbezogen anhand der Kriterien stadträumliche Lage, naturschutzfachliche Ausgangssituation, Nutzungswünsche und bedarfe, physische Voraussetzungen (Größe, Bodenbeschaffenheit, Altlastensituation, Infrastrukturanbindung) und zeitliche Verfügbarkeit geprüft werden. Einige dieser Ansätze können auch temporär oder ‚auf Probe‘ das Freiraumsystem erweitern. Die Umsetzung erfordert gegebenenfalls neue Partnerschaften. Die Einbindung von Bewohnern, Vereinen oder Unternehmen kann die öffentlichen Grünverwaltungen entlasten und gleichzeitig die Akzeptanz steigern als Grundlage einer tragfähigen Etablierung dieser neuen Freiraumtypen (Rößler/Mathey 2014).

Die Umsetzung neuer Freiraumtypen rückt zunehmend in den Fokus von öffentlichen, aber auch privaten Flächeneigentümern: Auf einem nicht mehr benötigten, etwa 1,5 ha großen Parkplatz in einer Dresdner Großwohnsiedlung realisierte eine Wohnungsbaugenossenschaft als Eigentümerin

Abb. 1 a und b Vom Parkplatz zum Stadtwald: Ausgangssituation, Heisterpflanzung und Parkplatzentwässerung (Fotos: a M. Hergert, b S. Rößler)



der Fläche einen „Stadtwald“ (vgl. Abb. 1a und b). Ziel ist die Entwicklung eines geschlossenen waldartigen Vegetationsbestandes. Ergänzend wurden ein Weg zur Durchquerbarkeit der Fläche und ein Bolzplatz zur Ergänzung des Freizeitangebotes vor Ort angelegt. Die für einige Parkplätze verbleibende befestigte Fläche und die Dächer der neuen Garagen werden komplett in die neu entstehende Freifläche entwässert. Durch das Projekt wird eine nicht mehr benötigte versiegelte Fläche entsiegelt, das Freiraumangebot im Stadtteil erweitert, die Attraktivität des Wohnumfeldes erhöht, eine mikroklimatische Ausgleichsfläche geschaffen und die Kanalisation durch die Versickerung des Regenwassers vor Ort entlastet. Für die Waldfläche entstehen im Gegensatz zu konventionellen Grünanlagen nur geringe Unterhaltungskosten. Durch die Entsiegelung und damit mögliche Abkoppelung der Fläche vom Entwässerungssystem können Abwasserentsorgungsgebühren eingespart und damit die Mietnebenkosten reduziert werden. Mittelfristig ist vorgesehen, die Fläche als Waldfläche umzuwidmen, um damit ihre langfristige Erhaltung zu sichern und die Unterhaltungskosten weiter niedrig zu halten (REGKLAM-Konsortium 2013: Maßnahmenblatt 1.1.3.).

3.5 Entwicklung multifunktionaler Grünflächen

Die für die Anpassung an den Klimawandel relevanten Ökosystemdienstleistungen überlagern sich in der Regel auf den jeweiligen Grünflächen. Mikroklimatische Regulation und Regenwasserversickerung wird auf nahezu allen Freiflächen möglich sein. Weiterhin können Grünflächen beispielsweise gezielt für die Rückhaltung oder Ableitung von Oberflächenwasser ausgebaut werden. Die multifunktionalen Potenziale gilt es, in Zukunft verstärkt in den Blick zu nehmen, um die vielfältigen Klimafolgen gebündelt zu adressieren. Multifunktionale Flächen sind auch angesichts der Grenzen der Verfügbarkeit von Flächen und Mitteln zur Etablierung neuer Grünflächen notwendig. Durch die Bündelung von Funktionen und Ressourcen kann zum einen die Legitimation und zum anderen die Umsetzungswahrscheinlichkeit unterstützt werden. Erforderlich ist dazu die integ-

rierte Analyse und Bewertung der Anpassungsbedarfe und -möglichkeiten auf spezifischen Flächen. So sollten Modellierungen zur mikroklimatischen Wirkung von städtebaulichen und freiraumplanerischen Maßnahmen (Goldberg/Kurbjuhn 2014) überlagert werden mit Betrachtungen des Überflutungsverhaltens an Gewässern oder Modellierungen des Überstauverhaltens des Kanalnetzes bei Starkregenereignissen (itwh 2011).

Für die Verknüpfung von Maßnahmen der Stadterneuerung, der Freiraumentwicklung und des Hochwasserschutzes gibt es in der Region Dresden bereits erfolgreiche Beispiele: Der im August 2013 eröffnete Windberg-Park in Freital ist zugleich Hochwasserschutzanlage für den Fluss Weißeritz und öffentlicher Park (vgl. Abb. 2a und b). Die Anforderungen des Hochwasserschutzkonzeptes für den Flusslauf der Weißeritz, konkret die Schaffung eines Retentionsraumes mit Wallung, waren Ausgangspunkt für eine städtebauliche und freiraumplanerische Gestaltung und Nutzung. Im Zuge der Maßnahmen wurden bestehende Nutzungen (Kleingärten) und eine Gewerbebrache zurückgebaut. Ein in die Weißeritz mündender, bisher verrohrter Bachlauf wurde geöffnet und als Regenwasserableitung für die angrenzend neu entstehende Bebauung genutzt. Die Materialien und Ausstattung des Parks wurden besonders im Hinblick auf die Haltbarkeit im Falle einer Überschwemmung gewählt (unter anderem abbaubare Spielgeräte). Der außerhalb des Überflutungsbereiches liegende Teil der Grünfläche weist eine intensivere Gestaltung und Ausstattung auf. Die Maßnahme ist durch eine erfolgreiche Kooperation der Landestalsperrenverwaltung, des Landratsamtes und der kommunalen Verwaltung (Stadtplanungsamt) sowie durch die Bündelung von Mitteln des Landes (Hochwasserschutz), der Städtebauförderung (Sanierungs- und Stadtumbaumittel) und kommunalen Eigenmitteln umgesetzt worden (REGKLAM-Konsortium 2013: Maßnahmenblatt 1.1.4.). Es wird deutlich, dass die Umsetzung multifunktionaler grüner Infrastruktur viele Akteure, die geschickte Nutzung von Fördermöglichkeiten und ressortübergreifendes Handeln erfordert.

Abb. 2 a und b Stadtpark und Hochwasserschutzanlage: Der Windberg-Park in Freital im Bau und nach der Fertigstellung (Fotos: a S. Rößler, b Landschaftsarchitektur Frase, Dresden)



3.6 Umsetzung kleinräumiger Maßnahmen zur Förderung der grünen Infrastruktur

Die tatsächlich flächenmäßige Ausweitung der grünen Infrastruktur kann nur auf Brachflächen, im Zuge von Rückbauvorhaben in schrumpfenden Städten oder im Zuge von Neubauvorhaben realisiert werden. Aber auch vor dem Hintergrund der Notwendigkeit der Erhaltung kompakter Stadtstrukturen und einer finanzierbaren Grünflächenausstattung ist das Maß der Grünflächen nicht unendlich auszudehnen. Da auf die bestehende Flächennutzungsstruktur und die bauliche Dichte von Bestandsquartieren nur wenig Einfluss genommen werden kann, spielt es eine große Rolle, inwiefern es gelingen kann, auch im Siedlungsbestand kleinteilige Elemente des Stadtgrüns zu sichern und einzubringen (Reuter 2013: 30). Kleinräumige Klimamodellierungen können die Wirkung kleinteiliger Maßnahmen zur Erweiterung der grünen Infrastruktur verdeutlichen (vgl. Wende/Rößler/Held 2013) und dabei helfen, private Akteure vom Mehrwert der Maßnahmen zu überzeugen. Im Grunde bekannte und bewährte Maßnahmen wie Gebäudebegrünungen, Hinterhofentsiegelungen und -begrünungen, Baumpflanzungen an Einzelstandorten und Straßen müssen konsequent eingesetzt werden, um eine tatsächliche Erhöhung des klimatisch wirksamen Grünanteils im Siedlungsbestand und im direkten Wohnumfeld zu erreichen. Die Steuerungs- und Handlungsmöglichkeiten der öffentlichen Hand sind auf diesen meist privaten Flächen im Bestand nur begrenzt. Über Information, Anreize und gegebenenfalls gezielte Förderprogramme gilt es, private Initiative zu fördern und zu fordern.

4 Fazit

Die mögliche Vielfalt der grünen Infrastruktur in Städten stellt umfangreiche Potenziale und Optionen zum Umgang mit den Folgen des Klimawandels bereit. Stadtgrün ist damit ein wichtiger Baustein urbaner Klimaanpassungsstrategien. Das Spektrum erforderlicher und möglicher Klimaanpassungsmaßnahmen aus dem Bereich der grünen Infrastruktur ist entsprechend breit.

Die Orientierung an den aufgeführten planerischen Ansätzen kann dazu beitragen, die Einzelmaßnahmen integriert umzusetzen und den Umgang mit eventuellen Zielkonflikten oder Umsetzungshindernissen bzw. -schwierigkeiten bei einzelnen Maßnahmen zu erleichtern.

Dem häufig angeführten Konflikt zwischen der Durchgrünung und der baulichen Innenentwicklung als Beitrag der Städte zum Klimaschutz sollte auf allen Planungsebenen konstruktiv begegnet werden: Eine gesamtstädtische Strategie zur Entwicklung der Stadtstruktur kann als Referenzrahmen für einzelne Flächennutzungsentscheidungen herangezogen werden. Bebauung und Begrünung sollten nicht als Ausschlusskriterien betrachtet werden, sondern es sollten Ansätze entwickelt werden, kompakte Stadtstrukturen und kleinteilige Begrünung zu verbinden. Ressourcengrenzen, sowohl bezüglich der Verfügbarkeit von Flächen als auch von Finanzmitteln, können durch neue Freiraumtypen und multifunktionale Grünflächen adressiert werden.

Grüne Infrastruktur erlangt auch bezüglich anderer Herausforderungen der künftigen Stadtentwicklung einen Bedeutungszuwachs. Das Bekenntnis zur Rolle urbaner Räume für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität oder das Bewusstsein über die Rolle grüner Freiräume für die Umweltgerechtigkeit, gesundheitsfördernde Lebensbedingungen und damit Wettbewerbsfähigkeit von Städten kann einer freiraumorientierten Stadtentwicklung zusätzliche Argumente und Unterstützung liefern. Es gilt diese Synergien aufzudecken, zu kommunizieren und in entsprechenden planerischen Ansätzen zu verankern. Die Entwicklung vielfältiger grüner Infrastruktur erfüllt damit im Sinn eines „No-regret-Ansatzes“ eine wesentliche Anforderung städtischer Klimaanpassungsstrategien (Franck/Overbeck 2012; BMVBS 2013a).

Es gilt aber auch, die Grenzen der Freiraumplanung anzuerkennen – insbesondere hinsichtlich der Umsetzung im Siedlungsbestand und der vermutlich eher geringer werdenden öffentlichen Ressourcen für die Grünanlagen. Hier könnte mit einer veränderten Sichtweise auf grüne Infrastruktur, z. B. im Sinne einer konsequenten, gegebenenfalls auch ökonomischen, Betrachtung von Ökosystemdienstleistungen oder eines sehr viel stärkeren privaten Engagements eine Ausweitung des Stadtgrüns gelingen.

Literatur

- Ahern, J. (2007): Green Infrastructure for Cities: The spatial dimension. In: Novotny, V.; Brown, P. (Hrsg.): *Cities of the Future. Towards Integrated Sustainable Water and Landscape Management*. London, 267–283.
- Balder, H. (2013): Luxus oder Notwendigkeit. Öffentliches Grün als Indikator für den Wohlstand unserer Gesellschaft. In: *Planerin* 5, 17–19.
- Benedict, M.A.; McMahon, E.T. (2006): *Green Infrastructure. Linking Landscapes and Communities*. Washington, DC.
- Bennerscheidt, C.; Bosseler, B. (2010): Lokale Extremwetterereignisse und die zunehmende Bedeutung der Regenwassernutzung für das öffentliche Grün. In: Dujesieffen, D. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege 2010*. Braunschweig, 50–57.
- Bergmann, K.-C.; Zuberbier, T.; Augustin, J.; Mücke, H.-G.; Straff, W. (2012): Klimawandel und Pollenallergie: Städte und Kommunen sollten bei der Bepflanzung des öffentlichen Raums Rücksicht auf Pollenallergiker nehmen. In: *Allergo* 21 (2), 103–108.
- Bernhofer, C.; Matschullat, J.; Bobeth, A. (2011): Klimaprojektionen für die REGKLAM-Modellregion Dresden. Berlin. = REGKLAM-Publikationsreihe 2.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2011): *Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Ursachen und Folgen des Klimawandels durch urbane Konzepte begegnen*. Berlin. = *Forschungen* 149.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2012): *StadtKlima. Kommunale Strategien und Potenziale zum Klimawandel. Ergebnisse Modellprojekte*. Berlin. = *ExWoSt-Informationen* 39/3.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2013a): *Planungsbezogene Empfehlungen zur Klimaanpassung auf Basis der Maßnahmen des Stadtklimalotsen*. Berlin. = *BMVBS-Online-Publikation* 25/2013.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2013b): *Flexibilisierung der Planung für eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Verfahren, Instrumente und Methoden für anpassungsflexible Raum- und Siedlungsstrukturen*. Berlin. = *BMVBS-Online-Publikation* 16/2013.
- Bowler, D.E.; Buyung-Ali, L.; Knight, T.M.; Pullin, A.S. (2010): Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. In: *Landscape and Urban Planning* 97 (3), 147–155.
- Bundesregierung (2008): *Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel*, vom Bundeskabinett am 17. November 2008 beschlossen. Berlin.
- Burkhardt, I.; Dietrich, R.; Hoffmann, H.; Leschner, J.; Lohmann, K.; Schoder, F.; Schultz, A. (2008): *Urbane Wälder. Abschlussbericht zur Voruntersuchung für das Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben „Ökologische Stadterneuerung durch Anlage urbaner Waldflächen auf innerstädtischen Flächen im Nutzungswandel – ein Beitrag zur Stadtentwicklung“*. Bonn-Bad Godesberg. = *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 63.
- Claßen, T.; Steinkühler, N.; Hornberg, C. (2013): Herausforderungen und Lösungsstrategien für eine gesundheitsgerechte Klimaanpassung in Kommunen: Entwicklung eines Moduls „Menschliche Gesundheit“ im Rahmen kommunaler Klimaanpassungskonzepte In: *UVP-Report* 27 (1/2), 131–136.
- DG Environment (2012): *The Multifunctionality of Green Infrastructure. In-depth Report*, March 2012. Brüssel.
- Drlik, S. (2010): *Klimawandelanpassung der Pflege und Erhaltung öffentlicher Grünanlagen in Großstädten unter Berücksichtigung des Konzepts der nachhaltigen Entwicklung, untersucht am Fallbeispiel Wien*. Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien.
- EEA – European Environment Agency (2011): *Green infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*. Kopenhagen. = EEA Technical Report 18/2011.
- EEA – European Environment Agency (2012): *Urban adaptation to climate change in Europe. Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies*. Kopenhagen. = EEA Technical Report 2/2012.
- Egli, T.; Reckien, D.; Grothmann, T. (2009): Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen im Bauen und Wohnen. In: Grothmann, T.; Krömker, D.; Homburg, A.; Siebenhüner, B. (Hrsg.): *KyotoPlus-Navigator. Praxisleitfaden zur Förderung von Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Erfolgsfaktoren, Instrumente, Strategie*. o. O., 231–280.
- Endlicher, W.; Jendritzky, G.; Fischer, J.; Redlich, J.-P. (2008): Heat waves, urban climate and human health. In: Marzluff, J.M.; Shulenberger, E.; Endlicher, W.; Alberti, M.; Bradley, G.; Ryan, C.; Simon, U.; ZumBrunnen, C. (Hrsg.): *Urban ecology. An international perspective on the interaction between humans and nature*. New York, 269–278.
- Franck, E.; Overbeck, G. (2012): Raumplanerische Strategien vor dem Hintergrund des Klimawandels. In: Birkmann, J.; Schanze, J.; Müller, P.; Stock, M. (Hrsg.): *Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung. Grundlagen, Strategien, Instrumente*. Hannover, 89–105. = E-Paper der ARL 13.
- Frey, R.L. (2005): *Infrastruktur*. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): *Handwörterbuch der Raumordnung*. Hannover, 469–475.
- Fröhlich, J.; Knieling, J.; Schaerffer, M.; Zimmermann, T. (2011): *Instrumente der regionalen Raumordnung und Raumentwicklung zur Anpassung an den Klimawandel*. Hamburg. = *neopolis working papers: urban regional studies* 10.
- Gill, S.; Handley, J.; Ennos, R.; Nolan, P. (2009): *Planning for Green Infrastructure: Adapting to Climate Change*. In: Davoudi, S.; Crawford, J.; Mehmood, A. (Hrsg.): *Planning for Climate Change. Strategies for Mitigation and Adaptation for Spatial Planners*. London, 249–261.
- Goldberg, V.; Kurbjuhn, C. (2014): Einfluss der Stadtstruktur auf die thermischen Komfortbedingungen bei sommerlichem Extremwetter. In: Wende, W.; Rößler, S.; Krüger, T. (Hrsg.): *Grundlagen für eine klimawandelangepasste Stadt- und Freiraumplanung*. Berlin, 43–55. = REGKLAM-Publikationsreihe 6.
- Gómez-Baggethun, E.; Gren, Å.; Barton, D.N.; Langemeyer, J.; McPhearson, T.; O'Farrell, P.; Andersson, E.; Hamstead, Z.; Kremer, P. (2013): *Urban Ecosystem Services*. In: Elmqvist, T.; Fragkias, M.; Goodness, J.; Güneralp, B.; Marcotullio, P.J.; McDonald, R.I.; Parnell, S.; Haase, D.; Sendstad, M.; Seto, K.C.; Wilkinson, C. (Hrsg.): *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities. A Global Assessment*. Dordrecht, 175–251.
- Haase, D. (2013): *Urbane Ökosystemdienstleistungen – das Beispiel Leipzig*. In: Grunewald, K.; Bastian, O. (Hrsg.): *Ökosystemdienstleistungen. Konzept, Methoden und Fallbeispiele*. Berlin, Heidelberg, 232–240.
- Hoyer, J.; Dickhaut, W.; Kronawitter, L.; Weber, B. (2011): *Water Sensitive Urban Design. Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future*. Berlin.
- Hutter, G.; Müller, B.; Rößler, S.; Herlitzius, L. (2012): *Räumliche Planung und Klimaanpassung – Steuerung durch informelle Prozesse oder Verankerung in Plänen? Das „Integrierte Regionale Klimaanpassungsprogramm“ im Modellprojekt REGKLAM als Beispiel*. In: Mohammadzadeh, M.; Chrischilles, E. (Hrsg.): *Klimaanpassung als Herausforderung für die Regional- und Stadtplanung. Erfahrungen und Erkenntnisse aus der deutschen Anpassungsforschung und -praxis*. Köln, 4–15.

- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2012): Summary for Policymakers. In: Field, C.B.; Barros, V.; Stocker, T.F.; Qin, D.; Dokken, D.J.; Ebi, K.L.; Mastrandrea, M.D.; Mach, K.J.; Plattner, G.-K.; Allen, S.K.; Tignor, M.; Midgley, P.M. (Hrsg.): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York, 1–19.
- itwh – Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie (2011): Strategien zur Verminderung der Überstauhäufigkeit. REGKLAM-Bericht P 3.2.4a. Dresden.
- Kemper, T.; Riechel, R.; Schuller, T. (2011): Kommunen im Klimawandel – Wege zur Anpassung. Darmstadt.
- Kleerekoper, L.; von Esch, M.; Salcedo, T.B. (2012): How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. In: Resources, Conservation and Recycling 64 (July), 30–38.
- Knieling, J. (2006): Leitbilder und strategische Raumentwicklung. Planungstheoretische Einordnung und Diskussion der neuen Leitbilder für die deutsche Raumentwicklung. In: Raumforschung und Raumordnung 64 (6), 473–485.
- Krüger, T.; Held, F.; Hoechstetter, S.; Goldberg, V.; Geyer, T.; Kurbjuhn, C. (2013): A new heat sensitivity index for settlement areas. In: Urban Climate 6 (December), 63–81.
- Kruse, E. (2013): Regenwassermanagement. Grau wird blau, grün, dynamisch. In: Stadt + Grün 62 (6), 25–30.
- Kuttler, W.; Düttemeyer, D.; Barlag, A.-B. (2013): Handlungsleitfaden – Steuerungswerkzeug zur städtebaulichen Anpassung an thermische Belastungen im Klimawandel. Essen. = Dynaklim-Publikation 34.
- Levin-Keitel, M.; Sondermann, M. (2013): Im Rahmen der Möglichkeiten. Zum Beitrag von Leitbildern zur Anpassungsfähigkeit der Städte. In: Altrock, U.; Huning, S.; Kuder, T.; Nuissl, H.; Peters, D. (Hrsg.): Die Anpassungsfähigkeit der Städte. Berlin. = Planungs-rundschau 22 (in Vorbereitung).
- Lohrberg, F. (2010): Urbane Agrarlandschaften. In: Valentien, D. (Hrsg.): Wiederkehr der Landschaft: Return of Landscape. Berlin, 214–223.
- Mathey, J.; Rößler, S.; Lehmann, I.; Bräuer, A.; Goldberg, V.; Kurbjuhn, C.; Westbeld, A. (2011): Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel. Bonn-Bad Godesberg. = Naturschutz und Biologische Vielfalt 111.
- MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Düsseldorf.
- Naumann, S.; McKenna, D.; Kaphengst, T.; Pieterse, M.; Rayment, M. (2011): Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects. Final report to the European Commission, DG Environment, Contract no. 070307/2010/577182/ETU/F.1. o.O.
- Niemelä, J.; Saarela, S.-R.; Söderman, T.; Kopperoinen, L.; Yli-Pelkonen, V.; Väre, S.; Kotze, D.J. (2010): Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: a Finland case study. In: Biodiversity and Conservation 19 (11), 3225–3243.
- Pauleit, S.; Liu, L.; Ahern, J.; Kazmierczak, A. (2011): Multifunctional Green Infrastructure Planning to Promote Ecological Services in the City. In: Niemelä, J. (Hrsg.): Urban Ecology. Patterns, Processes, and Applications. Oxford, 272–285.
- Pinnekamp, J.; Doktor, S.; Haußmann, R.; Roder, S.; Siekmann, M.; Staufer, P. (2008): Wassersensible Stadtentwicklung. Netzwerk für eine nachhaltige Anpassung der regionalen Siedlungswasserwirtschaft an Klimatrends und Extremwetter. Abschlussbericht. Aachen.
- Pugh, T.A.M.; MacKenzie, A.R.; Whyatt, J.D.; Hewitt, C.N. (2012): Effectiveness of Green Infrastructure for Improvement of Air Quality in Urban Street Canyons. In: Environmental Science and Technology 46 (14), 7692–7699.
- Reese, M.; Köck, W.; Möckel, S. (2010): Räumliche Gesamtplanung. In: Reese, M.; Möckel, S.; Bovet, J.; Köck, W. (Hrsg.): Rechtlicher Handlungsbedarf für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Analyse, Weiter- und Neuentwicklung rechtlicher Instrumente. Berlin, 336–402. = UBA-Berichte 1/10.
- REGKLAM-Konsortium (2013): Integriertes Regionales Klimaanpassungsprogramm für die Region Dresden. Berlin. = REGKLAM-Publikationsreihe 7.
- Reuter, U. (2013): Stadt und Klimawandel – Das Beispiel Stuttgart. In: Planerin 5, 29–31.
- Rößler, S. (2010): Freiräume in schrumpfenden Städten. Chancen und Grenzen der Freiraumplanung im Stadtbau. Berlin. = IÖR-Schriften 50.
- Rößler, S.; Mathey, J. (2014): Potenziale urbaner Brachflächen für den Umgang mit dem Klimawandel in der Stadt. In: Wende, W.; Rößler, S.; Krüger, T. (Hrsg.): Grundlagen für eine klimawandelangepasste Stadt- und Freiraumplanung. Berlin, 57–75. = REGKLAM-Publikationsreihe 6.
- Roloff, A.; Korn, S.; Gillner, S. (2009): The Climate-Species-Matrix to select tree species for urban habitats considering climate change. In: Urban Forestry and Urban Greening 8 (4), 295–308.
- Rosol, M. (2010): Public Participation in Post-Fordist Urban Green Space Governance: The Case of Community Gardens in Berlin. In: International Journal of Urban and Regional Research 34 (3), 548–563.
- Schirmer, H. (2003): Die Einbeziehung der lokalen Kaltluft in Planungsentscheidungen. In: Raumforschung und Raumordnung 61 (6), 480–484.
- TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2011): TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management. <http://www.teebweb.org/publication/teeb-manual-for-cities-ecosystem-services-in-urban-management/> (20.05.2014).
- Tzoulas, K.; Korpela, K.; Venn, S.; Yli-Pelkonen, V.; Kazmierczak, A.; Niemelä, J.; James, P. (2007): Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. In: Landscape and Urban Planning 81 (3), 167–178.
- Weller, B.; Naumann, T.; Jakubetz, S. (2012): Gebäude unter den Einwirkungen des Klimawandels. Berlin. = REGKLAM-Publikationsreihe 3.
- Wende, W.; Rößler, S.; Held, F. (2013): Green City Lab. Leistungen von Stadtbäumen und †vegetation für einen stadtklimatischen Ausgleich – eine Modellierung am Beispiel Dresdens. In: Roloff, A.; Thiel, D.; Weiß, H. (Hrsg.): Aktuelle Fragen der Stadtbauplanung, -pflege und -verwendung. Tagungsband Dresdner Stadtbaumtage in Dresden. Dresden, 58–63 = Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt, Beiheft 14.
- Werner, P. (2010): Klimawandel, was tun? Regulierung des Stadtklimas durch qualifizierte Grüngestaltung. In: Stadt + Grün 59 (12), 12–16.