

Juliane Mathey, Stefanie Rößler, Iris Lehmann, Anne Bräuer,
Wolfgang Wende

Biodiversität, Klimawandel und Stadtentwicklung – Anforderungen an städtische Grün- und Freiräume

Einführung

Die aktuelle und künftige Stadtentwicklung ist u. a. geprägt von zwei zentralen Herausforderungen: dem Umgang mit den Folgen des zu erwartenden Klimawandels sowie dem Erhalt und der Förderung urbaner Biodiversität. Diese Themen stehen im Kontext gesellschaftlicher, ökonomischer und sozialer Transformationsprozesse. Insbesondere die Diskussion um Umweltgerechtigkeit, d. h. den gleichberechtigten Zugang zu Umweltressourcen und gesunden Lebenswelten, oder das Bestreben von Städten und Stadtregionen, eine hohe Lebensqualität als wichtigen Wettbewerbsvorteil zu erhalten, verdeutlicht die Bedeutung städtischer Grün- und Freiraumstrukturen.¹

Für den Umgang mit den Folgen des Klimawandels bilden die positiven bioklimatischen Wirkungen städtischer Grün- und Freiräume verbunden mit ihren gesundheitlichen Wohlfahrtswirkungen wichtige Ansatzpunkte für die Anpassung von Städten und für die Erhaltung städtischer Umwelt- und Lebensqualität.² Die Biodiversität in der Stadt, und damit auch die Vielfalt von Grünstrukturen sowie von Pflanzen und Tieren, ist eine wichtige Voraussetzung für die Bereitstellung dieser ökologischen Leistungen (Ökosystemdienstleistungen). Hinsichtlich der Erhaltung und Förderung urbaner Biodiversität spielen Städte eine ambivalente Rolle. Einerseits sind Städte für viele Pflanzen und Tiere Rückzugsräume sowie Ersatzlebensräume und Trittsteinbiotope, da hier eine hohe Struktur- und

1 Torsten Wilke, »Umweltgerechtigkeit und das Problemfeld Stadtentwicklung und Grünflächen«, in Deutsche Umwelthilfe (Hg.), *Umweltgerechtigkeit. Handlungsmöglichkeiten für mehr soziale Gerechtigkeit durch kommunalen Umweltschutz*, Radolfzell 2009, S. 26–27; Björn Brei u. a., »Gesundheitsressource Stadtgrün. Gesundheitswissenschaftliche Implikationen für Stadtplanung und Landschaftsarchitektur«, in *Stadt + Grün* 12 (2010), S. 17–22; Entente Florale (Hg.), *Jahrbuch 2011 für mehr Grün in Städten*, Hamburg 2011.

2 Stefanie Rößler, »Klimawandelgerechte Stadtentwicklung durch grüne Infrastruktur«, in *Raumforschung und Raumordnung* 73/2 (2015), S. 123–132; Wolfgang Wende, Stefanie Rößler und Tobias Krüger (Hg.), *Grundlagen für eine klimawandelangepasste Stadt- und Freiraumplanung*, Heft 6, Berlin 2014.

Lebensraumvielfalt vorherrscht. Im Allgemeinen ist die Pflanzen- und Tierwelt der Städte wesentlich vielfältiger als die der intensiv genutzten Agrarlandschaften und Forstflächen, die die Städte umgeben; in der Stadt finden sich zwar oft Allerweltsarten, aber nicht zuletzt auch seltene, gefährdete und damit besonders schützenswerte Pflanzen- und Tierarten.³ Andererseits bedeutet Stadtentwicklung auch den Verlust, die Veränderung oder die Störung von Ökosystemen und hat damit eine hohe Verantwortung für die Erhaltung und Förderung von biologischer Vielfalt.

Durch die Berücksichtigung der mikroklimaregulierenden Funktionen von Grün- und Freiraumstrukturen bietet sich die Chance, das Thema urbane Biodiversität im Sinne der UN-Biodiversitätskonvention⁴ in der Stadtplanung mitzudenken. Künftig gilt es, die vielfältigen Synergien zur Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen, die mit der Erhaltung und Förderung städtischer Grünräume – und damit auch biologischer Vielfalt in Städten – einhergehen, noch stärker in den Blick zu nehmen.⁵

Vor diesem Hintergrund soll es im vorliegenden Beitrag sowohl um die klimatischen Wirkungen städtischer Grün- und Freiräume als auch um deren Potenziale für den Erhalt und die Förderung von Biodiversität in urbanen Räumen gehen. Die vorgestellten Stadtvegetationsstrukturtypen mit ihren klimatischen Wirkungen und Biodiversitätspotenzialen sowie die Planungsempfehlungen sind ein Ergebnis aus dem vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) geförderten F+E-Projekt »Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel«.⁶ Teile des hier vorliegenden Beitrages sind auch einer Veröffentlichung zu den 30. Osnabrücker Baumpflegetagen aus dem Jahr 2012 entnommen.⁷

3 U. a. Franz Rebele, »Typen von Industriebrachen und deren Bedeutung für den Arten- und Biotopschutz«, in *Gleditschia* 24/1–2 (1996), S. 287–302; Herbert Sukopp und Rüdiger Wittig (Hg.), *Stadtökologie – Ein Fachbuch für Studium und Praxis*, Stuttgart 1998.

4 United Nations (UN) (Hg.), *Convention on Biological Diversity*, concluded at Rio de Janeiro on 5 June 1992; New York 1992; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.), *Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt*, Bonn 2007.

5 Ingo Kowarik, Robert Bartz und Miriam Brenck (Hg.), *Naturkapital Deutschland – TEEB DE. Ökosystemleistungen in der Stadt – Gesundheit in der Stadt – Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen*, Berlin/Leipzig 2016.

6 Juliane Mathey u. a., »Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel«, in Bundesamt für Naturschutz (Hg.), *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 111 (2011).

7 Juliane Mathey u. a., »Aktuelle Anforderungen an städtische Grün- und Freiraumstrukturen«, in *Tagungsband zu den 30. Osnabrücker Baumpflegetagen am 4.–5. September 2012*, Berlin/Hannover 2012, S. 11–23.

1. Hintergrund: EU-Biodiversitätsstrategie und Grüne Infrastruktur als grundlegende Konzepte

Wichtig für Fragen der Stadtentwicklung sind die Aussagen der Europäischen Biodiversitätsstrategie 2020, welche die politische Entscheidungsebene adressiert. Die EU-Biodiversitätsstrategie formuliert entsprechende Ziele: »Target 2: Maintain and restore ecosystems and their services; Action 6b) The Commission will develop a Green Infrastructure Strategy by 2012 to promote the deployment of green infrastructure in the EU in urban and rural areas, including through incentives to encourage up-front investments in green infrastructure projects and the maintenance of ecosystem services [...]«. ⁸ Zur Umsetzung des Schutzes urbaner Biodiversität fokussiert die EU damit auf das Konzept der »Grünen Infrastruktur«, die gleich der »grauen« Infrastruktur ein wichtiges Element von Städten ausmachen soll. Ein Blick in strategische Dokumente der EU liefert weitere Hinweise für eine Definition: »Grüne Infrastruktur ist ein strategisch geplantes Netzwerk natürlicher und naturnaher Flächen mit unterschiedlichen Umweltmerkmalen, das mit Blick auf die Bereitstellung eines breiten Spektrums an Ökosystemdienstleistungen angelegt ist und bewirtschaftet wird und terrestrische und aquatische Ökosysteme sowie andere physische Elemente in Land- (einschließlich Küsten-) und Meeresgebieten umfasst, wobei sich grüne Infrastruktur im terrestrischen Bereich sowohl im urbanen als auch im ländlichen Raum befinden kann.« ⁹ Der Aufbau grüner Infrastruktur bezieht sich hier eben explizit auch auf den urbanen Raum und adressiert nicht allein die Förderung und Entwicklung von Biodiversität, sondern auch den Erhalt und die Entwicklung von Ökosystemdienstleistungen. Zudem wird deutlich, dass die Entwicklung grüner Infrastruktur im Sinne eines strategischen Ansatzes verstanden werden sollte.

Aber: Welche urbanen Typologien machen grüne Infrastruktur wirklich aus? Neben den klassischen städtischen Typen wie Parks oder privaten Gärten, aber auch innerstädtischen naturnahen Gebieten sind auch explizit Grünflächen innerhalb von Gewerbegebieten oder Industrieflächen, auf Stadtbrachen oder Baulücken bis hin zu vertikalen Grünelementen und Dachbegrünungen angesprochen. ¹⁰ Das Konzept der Grünen Infrastruktur fokussiert insbeson-

⁸ European Union (Hg.), *The EU Biodiversity Strategy to 2020*, o.O. 2011, S.15, <http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/brochures/2020%20Biod%20brochure%20final%20lowres.pdf> (21.8.2017).

⁹ COM-European Commission (Hg.), *Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe’s Natural Capital*, European Commission 249 final, Brüssel 2013.

¹⁰ Günter Arlt und Iris Lehmann, »Ökologische Leistungen«, in *Bundesbaublatt* 57/1

dere auf das Potenzial der Multifunktionalität urbaner Grün- und Freiflächen.¹¹ So sollen diese u. a. die Funktion der Erholung oder der Möglichkeit zu sportlicher Betätigung erfüllen, durch den gleichzeitigen Ausbau als Retentionsfläche Hochwasservorsorge leisten und mikroklimatisch wirksam werden.

Die Definitionen und Zielstellungen der EU müssen in regionale und lokale Konzepte überführt werden, damit sie wirksam werden. Die EU setzt bei urbaner Biodiversität vor allem auf das Konzept der ›Grünen Infrastruktur‹, wobei es hierbei primär um eine Strategieentwicklung geht. Die Landschaftsplanung in Deutschland stellt bereits Instrumente zur Verfügung, um eine solche Strategie in der kommunalen und lokalen Praxis umzusetzen.¹² Der Infrastrukturbegriff folgt dem Leitbild der ›Vernetzung‹, geht aber weit über den Netzgedanken des europäischen Natura 2000 Netzes hinaus. Natura 2000 soll gleichwohl Teil der grünen Infrastruktur sein. Innovative Elemente grüner Infrastruktur sind vor allem jenseits klassischer Grünflächen zu suchen. Neben diesen Einführungen in das Konzept grüner Infrastruktur zeigen die folgenden Abschnitte, wie dieses Konzept umgesetzt und im Hinblick auf den Klimawandel und die Erhaltung und die Förderung der Biodiversität ausformuliert werden kann.

2. Bedeutung städtischer Grün- und Freiräume für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels

2.1 Klimatische Besonderheiten in Städten

Städte sind durch spezifische klimatische Bedingungen – Trockenheit, hohe Temperaturen, ein verändertes Windfeld – geprägt, die sie zu bioklimatischen Belastungszonen machen. Durch den Klimawandel wird sich die Situation voraussichtlich verschärfen. Die prognostizierte Zunahme der durchschnittlichen Lufttemperaturen und vor allem die prognostizierte Dauer und Intensität von

(2008), S. 12–15.

11 Stephan Pauleit u. a., »Multifunctional Green Infrastructure Planning to Promote Ecological Services in the City«, in Jari Niemelä u. a. (Hg.), *Urban Ecology. Patterns, Processes, and Applications*, New York 2011, S. 272–285; European Environment Agency (Hg.), *Green infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*, EEA Technical report No. 18 (2011), Kopenhagen 2011; Mark A. Benedict und Edward T. McMahon, *Green Infrastructure. Linking Landscapes and Communities*, Washington 2006.

12 Stefan Heiland und Wolfgang Wende, »Wege zur Umsetzung – Integration von Ökosystemleistungen in Entscheidungen der Stadtentwicklung: 9.4 Steuern und Entscheidungen durch Planung«, in Kowarik u. a., *Naturkapital Deutschland (Fn. 5)*, S. 235–251.

Hitzeperioden werden sich stark auf die Lebensqualität in Städten auswirken. Wichtige Ansatzpunkte für die Planung an den Klimawandel angepasster Städte sind die klimaregulierenden und positiven bioklimatischen Wirkungen von Stadtgrün.¹³ Klimatische Wirkungen der Stadtvegetation sind beispielsweise Temperaturabsenkung, Erhöhung der Luftfeuchtigkeit und Änderung der Luftzirkulation. Allerdings ist die städtische Vegetation auch den Folgen des Klimawandels ausgesetzt. Vor allem Trockenheit, Hitzeperioden, veränderte phänologische Phasen, aber auch neue Schad- und Krankheitserreger können das Stadtgrün in der Erfüllung der von ihm erwarteten ökologischen Dienstleistungen beeinträchtigen.¹⁴ Das Wissen um die klimatischen Effekte von Stadtgrün ist nicht neu.¹⁵ So ist das Thema Stadtklima und die Sicherung biometeorologisch positiver Effekte in urbanen Räumen spätestens seit Mitte der 1980er Jahre regelmäßiger Bestandteil ökologisch orientierter Landschafts- und Stadtplanung. Allerdings fehlten bislang detaillierte Kenntnisse über die (mikro-)klimatischen Wirkungen auf der Ebene spezifischer städtischer Vegetationsstrukturtypen, die den gesamten städtischen Raum abdecken, insbesondere überwiegend baulich genutzte Gebiete.

2.2 Klimatische Wirkungen städtischer Grün- und Freiraumstrukturen

Ausgangspunkt für die Untersuchungen war die Annahme, dass Wirkungszusammenhänge zwischen typischen städtischen Vegetationsstrukturen und deren klimatologischen Leistungen bestehen. Auf Grundlage der Empfehlun-

13 U. a. Michael Bruse, »Stadtgrün und Stadtklima. Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken«, in *LÖBF-Mitteilungen* 1 (2003), S. 66–70; Wilfried Endlicher und Andreas Kress, »Wir müssen unsere Städte neu erfinden. Anpassungsstrategien für Stadtregionen«, in *Informationen zur Raumentwicklung* 6/7 (2008), S. 437–445; Wilfried Endlicher, *Einführung in die Stadtökologie*, Stuttgart 2012.

14 Diana E. Bowler u. a., »Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence«, in *Landscape and Urban Planning* 97/3 (2010), S. 147–155; Andreas Roloff, Detlev Thiel und Henrik Weiß (Hg.), *Urbane Gehölzverwendung im Klimawandel und aktuelle Fragen der Baumpflege*, Tagungsband zu den Dresdner StadtBaumtagen am 15./16.3.2007 in Dresden, Tharandt 2007 (= Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt, Beiheft 6).

15 Manfred Horbert, »Klimatologische Aspekte der Stadt- und Landschaftsplanung. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung«, in *Schriftenreihe im Fachbereich Umwelt und Gesellschaft der Technischen Universität Berlin* Nr. 113 (2000); Peter Werner, »Klimawandel, was tun? Regulierung des Stadtklimas durch qualifizierte Grüngestaltung«, in *Stadt + Grün* 12 (2010), S. 11–16.

gen zur »flächendeckenden Biotopkartierung im besiedelten Bereich« nach Schulte u. a.¹⁶ sowie den Stadtbiotopkartierungen der Stadt Dresden aus den Jahren 1993 und 1999 wurde der städtische Raum so typisiert, dass sich differenzierte flächenbezogene Aussagen im Hinblick auf klimatische Ausgleichsfunktionen von Stadt- und Vegetationsstrukturen ableiten lassen.¹⁷ Es wurden 57 Stadtvegetationsstrukturtypen identifiziert, die hinsichtlich ihres Grünvolumens, ihrer Grünflächen- und Vegetationsschichtungsanteile sowie ihres Versiegelungsanteils charakteristische Kennwerte aufweisen (Abb. 1).¹⁸

1. Wohnbebauung, gemischte Bauflächen sowie Industrie-, Gewerbe- und Sonderflächen	7. Grünland
1.1 Baufläche mit reich strukturierten, parkartigen Gärten	7.1 Intensivgrünland
1.2 Baufläche mit reich strukturierten Gärten, mittlerer bis hoher Laubgehölzanteil	7.2 Grünland ohne bzw. weitgehend ohne Gehölze
1.3 Baufläche mit strukturarmen, intensiv gepflegten Gärten	7.3 Grünland mit Hochstauden
1.4 Vegetationsarme bis vegetationslose Baufläche	7.4 Grünland mit Gehölzen
1.5 Baufläche mit keinem bzw. gering ausgeprägtem Gehölzbestand	8. Bäume, Kleingehölze und Gebüsche
1.6 Baufläche mit ausgeprägtem Gehölzbestand	8.1 Gebüsch; Vorwaldgebüsch
2. Verkehrsanlagen und Verkehrsflächen	8.2 Hecke; Strauchreihe
2.1 Bahnanlage; Gleisanlage; Bahndamm	8.3 Baumreihe; Baumgruppe
2.2 Straßenverkehrsfläche mit Begleitgrün	8.4 Streuobstwiese
2.3 Verkehrsanlage; Verkehrsfläche stark bis vollständig versiegelt	8.5 Markanter Einzelbaum
2.4 Verkehrsfläche; Parkplatz; begrünt	9. Wälder (Laub-, Nadel- und Mischwälder)
3. Grünanlagen	9.1 Wald
3.1 Grünanlage mit geschlossenem Baumbestand	9.2 Aufforstung; Baumschule
3.2 Grünanlage mit wechselndem Anteil an Gehölzen	9.3 Kahlschlag; Schlagflur
3.3 Scher-, Zier-, Sportrasen	9.4 Lichtung mit krautiger Vegetation
3.4 Vegetationsfreie bzw. -arme Grünanlage	9.5 Lichtung mit Wildwiese oder Wildacker
3.5 Grünanlage mit jungem bis dichtem Baumbestand	9.6 Ausgeprägter Waldsaum
3.6 Gehölzreiche Grünanlage; Obstbaumbestand	10. Naturnahe Feucht- und Nassstandorte
3.7 Gehölzarme Grünanlage mit überwiegender Zierfunktion	10.1 Naturnaher Feucht- oder Nasstandort mit Röhricht; Röhricht-, Binsen-, Seggenstümpfen
3.8 Gehölzarme Grünanlage mit überwiegender Rasenflächen	10.2 Naturnaher Feucht- oder Nasstandort mit Hochstaudenfluren
4. Stadtbrachen	10.3 Naturnaher Feucht- oder Nasstandort mit verbuschten Flächen
4.1 Stadtbrache mit Ruderal- und Staudenfluren (Sukzession jüngerer Stadiums)	10.4 Naturnaher Feucht- oder Nasstandort mit baumbestandenen Flächen
4.2 Stadtbrache mit beginnender Gehölzsukzession (ältere Brache)	11. Uferzonen
4.3 Stadtbrache mit Sukzessionswald (alle Brache)	11.1 Uferzone mit Röhricht, Binsen, Seggen
5. Aufschüttungen und Abgrabungen	11.2 Uferzone mit Hochstauden; Ufergehölz
5.1 Verbuschende bis verbuschte, renaturierte Aufschüttung oder Abgrabung	11.3 Uferzone mit Rasenböschungen
5.2 Vegetationsarme bis verbuschte Aufschüttung oder Abgrabung	11.4 Vegetationsarme und -lose Uferzone
5.3 Vegetationslose bis vegetationsarme Aufschüttung oder Abgrabung	12. Trockenrasen und Heiden
6. Landwirtschaftliche Nutzflächen	12.1 Trocken- und Halbtrockenrasen; Heiden
6.1 Ackerfläche	12.2 Verbuchte bis kaumbestandene Trockenrasen und Heiden
6.2 Obstkulturfäche	13. Offenstandorte
6.3 Erwerbsgartenbaufläche	13.1 Felsbereich
6.4 Grabeland	13.2 Sandfläche
6.5 Weinberg	13.3 Düne

Abb. 1: Übersicht über die 57 Stadtvegetationsstrukturtypen.¹⁹

16 Arbeitsgruppe Methodik der Biotopkartierung im besiedelten Bereich, »Flächendeckende Biotopkartierung im besiedelten Bereich als Grundlage einer am Naturschutz orientierten Planung«, in *Natur und Landschaft* 61/10 (1993), S. 491–526.

17 Günter Arlt, u. a., *Auswirkungen städtischer Nutzungsstrukturen auf Grünflächen und Grünvolumen*, Dresden 2005 (=IÖR-Schriften 47), S. 136.

18 Mathey u. a., Noch wärmer, noch trockener? (Fn. 6); Iris Lehmann u. a., »Urban vegetation structure types as a methodological approach for identifying ecosystem services – Application to the analysis of micro-climatic effects«, in *Ecological Indicators* 42 (2014), S. 58–72.

19 Mathey u. a., Noch wärmer, noch trockener? (Fn. 6).

Auf dieser Datengrundlage wurden unter Anwendung der Programme ENVI-Met²⁰ und HIRVAC-2D²¹ auf teilstädtischer und gesamtstädtischer Ebene Modellierungen zu klimatischen Wirkungen durchgeführt, um strukturbasierte Aussagen zu klimatischen Wirkungen von Stadtgrün abzuleiten.

Zur Darstellung der klimatischen Wirkungen der einzelnen Stadtvegetationsstrukturtypen (Abb. 1) wurde mit dem Modellierungstool ENVI-Met jeweils die Situation an einem strahlungsreichen Sommertag (Mitte Juli) simuliert. Die Ergebnisse der Modellierung des durchschnittlichen Temperaturverhaltens (Lufttemperatur in 1,2 m Höhe) von Stadtvegetationsstrukturtypen zeigen, dass diese ganz unterschiedliche klimatische Wirkungen entfalten. Die potenziellen Abkühlungseffekte im Vergleich zu einer Asphalt-Referenzfläche bewegen sich für eine 1 ha große Fläche über den Tagesverlauf von 2,1 K bis 0,1 K. So gibt es auch in ausgewiesenen Grünanlagen eine große Bandbreite. Während beispielsweise in Grünanlagen mit einem eher gemischten und dichten Baumbestand (Typ 3.5, Abb. 1, 2, 3), eine Temperaturminderung von bis zu 2,1 K potenziell erreichbar ist, können auf großen Rasenflächen (Typ 3.3, Abb. 1, 2) tagsüber Abkühlungseffekte von durchschnittlich 1,0 K erwartet werden. Ausgetrockneter Rasen (Abb. 4) wirkt tagsüber allerdings klimatisch wie eine versiegelte Fläche. Brachflächen mit unterschiedlichen Sukzessionsstadien können ebenfalls Abkühlungseffekte von ca. 1,5 K erzeugen (Typen 4.1–4.3, Abb. 1, 2). In bebauten Gebieten zeigen sich mit 1,7 K die höchsten Abkühlungseffekte in Wohngebieten mit starker Durchgrünung (Typ 1.2, Abb. 1).

Die Regulationswirkungen von städtischen Freiräumen und Vegetationsstrukturen variieren im Tagesverlauf (Abb. 2). Tagsüber werden die klimatischen Wirkungen durch das Zusammenwirken von direkter Sonneneinstrahlung, Schatten, Windstärke und -richtung bestimmt. In den Nachtstunden führen hohe Versiegelungsanteile, dichter Gebäudebestand (Abb. 5), aber teilweise auch dichter Baumbestand dazu, dass sich Flächen durch die Wärmespeicherung am Tag bzw. durch gebremste Abstrahlungsmöglichkeiten nicht abkühlen können. So treten vereinzelt auch geringe Erwärmungseffekte in den Abendstunden und am frühen Morgen im Vergleich zur Referenzfläche auf. Wegen geringer Aufheizung am Tage, weniger Wärmespeicherung und hoher Evaporation ist die Kühlwirkung von Grünanlagen besonders in den Abend-

20 Michael Bruse und Heribert Fleer, »Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model«, in *Environ Modell Software* 13 (1998), S. 373–384.

21 Valeri Goldberg und Christian Bernhofer, »Quantifying the coupling degree between land surface and the atmospheric boundary layer with the coupled vegetation-atmosphere model HIRVAC«, in *Annales Geophysicae* 19 (2001), S. 581–587.

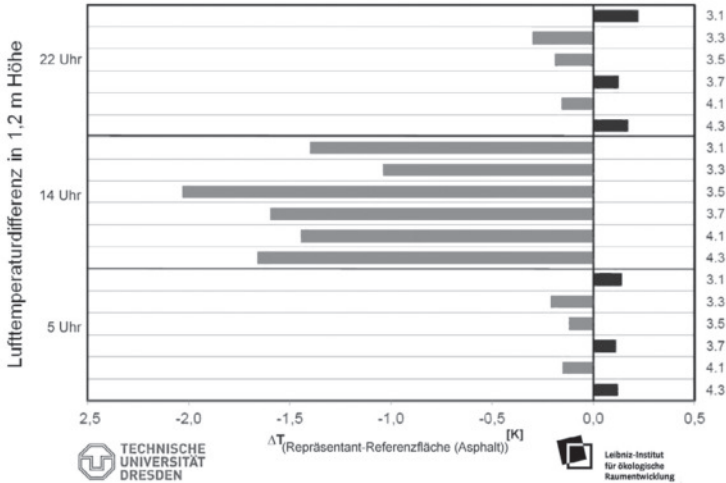


Abb.2: Abkühlungspotenziale ausgewählter Stadtvegetationsstrukturtypen der Hauptkategorien 3 »Grünanlagen« und 4 »Stadtbrachen« zu verschiedenen Tageszeiten: 5 Uhr, 14 Uhr, 22 Uhr (Modellierungsergebnisse); Stadtvegetationsstrukturtypen siehe Abbildung 1.²²



Abb. 3: Schattenplätze in Grünanlagen sind begehrte Aufenthaltsorte an Sommertagen, Foto: S. Rößler.

und Nachtstunden viel höher als die der bebauten Umgebung. Offene unversiegelte Flächen weisen hauptsächlich in der Nacht hohe Abkühlungspotenziale auf. Die Modellierungsergebnisse zeigen deutlich, dass das gesamte Freiraumsystem mit all seinen Elementen klimawirksam ist. So trägt neben den expliziten Grünflächen auch der Vegetationsbestand innerhalb der Bebauung zur Bereitstellung klimatischer Ausgleichsleistungen bei. Dabei sind Stadtvegetationsstrukturtypen mit möglichst wenig versiegelten Flächen und einer vielfäl-

22 Mathey u. a., Noch wärmer, noch trockener? (Fn. 6).

tigen Vegetationsstruktur mit unterschiedlichen Strauch- und Baumhöhen als mikroklimatisch günstig zu bewerten.²³



Abb. 4: Ausgetrockneter Rasen wirkt tagsüber klimatisch wie eine versiegelte Fläche, Foto: S. Rößler.



Abb. 5: Dicht bebaute Gebiete heizen sich im Sommer besonders stark auf, Foto: R. Bendner.

3. Bedeutung städtischer Grün- und Freiräume für den Erhalt und die Förderung urbaner Biodiversität

3.1 Biodiversität in Städten

›Biodiversität‹ bedeutet Vielfalt der lebenden Organismen aller Art sowie der ökologischen Zusammenhänge, in denen diese Lebewesen existieren. Biodiversität schließt gemäß dieser Definition die Vielfalt innerhalb der Arten (geneti-

23 Ebd.

sche Vielfalt), Vielfalt zwischen den Arten (Artenvielfalt) und die Vielfalt von Ökosystemen (Vielfalt der Lebensräume) ein.²⁴ Wesentlichen Einfluss auf die biologische Vielfalt hat die Landnutzung. Je intensiver die Nutzungen erfolgen, umso stärker greifen sie in die natürlichen Gegebenheiten der Standorte ein. Stätten höchst intensiver Landnutzung, dichtester menschlicher Besiedlung und stärkster Veränderung der natürlichen Gegebenheiten sind städtisch-industrielle Agglomerationen.²⁵ Trotzdem weisen die meisten Städte eine überraschend hohe Raumdiversität und damit ökologische Vielfalt auf, die eine ebenso überraschend große Artenvielfalt bedingt.²⁶

Die Komplexität und Vielfalt städtischer Strukturen sind vielfach als wesentliche Faktoren biologischer Vielfalt beschrieben worden.²⁷ Strukturell kann eine Stadt als ein mosaikartiges Gefüge von Habitaten²⁸ bzw. Stadtvegetationsstrukturtypen charakterisiert werden. Städtische Biotope sind selten naturnah und häufig Störungen durch direkte menschliche Aktivitäten sowie durch eine hohe Dynamik an Flächennutzungsänderungen ausgesetzt. Zur biologischen Vielfalt einer Stadt tragen alle Flächen und die dort lebenden Pflanzen und Tiere bei, die sich innerhalb der mehr oder weniger geschlossenen Siedlungsfläche einer Stadt befinden.²⁹

3.2 Urbane Biodiversität und Klimawandel

Die Erbringung klimatischer Regulationsleistungen basiert auf dieser Vielfalt an Lebensräumen und Arten im städtischen Raum. Es stellt sich die Frage, inwiefern im Hinblick auf Veränderungen der biologischen Vielfalt diese Regulationsleistungen im Zuge des Klimawandels weiter bereitgestellt werden können.³⁰ Zahlreiche Studien zeigen, dass Städte heute schon im Vergleich zur

24 UN, Convention on Biological Diversity (Fn. 4).

25 Wolfgang Haber, »Nutzungsdiversität als Mittel zur Erhaltung von Biodiversität«, in *Berichte der ANL* 22 (1998), S. 71–76.

26 Ebd., nach J.H.Reichholf, *Siedlungsraum. Zur Ökologie von Dorf, Stadt und Straße*, München 1989; Herbert Sukopp, *Stadtökologie. Das Beispiel Berlin*, Berlin 1990; O.L.Gilbert, *Städtische Ökosysteme*, Radebeul 1994.

27 Peter Werner und Rudolf Zahner, *Biologische Vielfalt und Städte. Eine Übersicht und Bibliographie*, Bonn-Bad Godesberg 2009 (= BfN-Skripten 245).

28 Marc J.Mazerolle und Marc-André Villard, »Patch characteristics and landscape context as predictors of species presence and abundance: A review«, in Werner und Zahner, *Biologische Vielfalt und Städte* (Fn. 27).

29 Werner und Zahner, *Biologische Vielfalt und Städte* (Fn. 27).

30 Moritz von der Lippe, Ina Säumel und Ingo Kowarik, »Cities as drivers for Bio-

umgebenden Landschaft oft wesentlich artenreicher sind, und dass sie als Ersatzlebensräume für heimische Arten und als Ansiedlungstrittsteine für wärme- und trockenheitsliebende Arten dienen können.³¹ Auch wenn die Bedeutung von Städten als »Einwanderungshilfe« ambivalent gesehen wird, können sich hier relativ einfach Arten einbürgern, die helfen, die Biodiversität auch unter Klimawandelbedingungen in der gesamten Landschaft aufrechtzuerhalten. Es ist davon auszugehen, dass sich die Überlebenschancen sowohl nicht heimischer als auch heimischer, eher frostempfindlicher Arten verbessern werden.³² Allerdings unterscheiden sich auch im städtischen Bereich die Biotoptypen bzw. Stadtvegetationsstrukturtypen hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels. Manche Stadtvegetationsstrukturtypen reagieren besonders empfindlich auf Trockenheit, Wärme oder geänderte Windverhältnisse, während andere aufgrund ihrer Struktur, Feuchtigkeitsverhältnisse und Artenzusammensetzung diesbezüglich tolerant oder sogar resistent sein können.³³ Letztere bieten sich an, im Zuge von Anpassungsmaßnahmen eine wichtige Funktion zu übernehmen. In der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel wird die Erhaltung der Biodiversität als eine Voraussetzung angesehen, die Anpassungsfähigkeit natürlicher Systeme zu erhalten. Integrative Maßnahmen sollen dabei Synergien zwischen Naturschutz, Klimaschutz und Anpassung nutzen und die Biodiversität erhalten.³⁴

4. Planungsempfehlungen

4.1 Hinweise zur Ausgestaltung städtischer Grün- und Freiraumsysteme

Detaillierte Kenntnisse über die mikroklimatischen Regulationspotenziale einerseits und die Biodiversitätspotenziale verschiedener Vegetationsstrukturen und Freiraumtypen andererseits bilden eine wichtige Grundlage für freiraumplanerische Klimaanpassungsmaßnahmen. Aufbauend auf vorhandenen

logical Invasions – The Role of Urban Climate and Traffic«, in *Die Erde* 136/2 (2005), S. 123–143.

31 BMU, Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (Fn. 4).

32 Lippe u. a., Cities as drivers for Biological Invasions (Fn. 30); Herbert Sukopp und Angelika Wurzel, »The Effects of Climate Change on the Vegetation of Central European Cities«, in *Urban Habitats* 1/1 (2003), S. 66–86.

33 Mathey u. a., Noch wärmer, noch trockener? (Fn. 6).

34 Bundesregierung, *Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)*, Berlin 2008.

Kenntnissen zu Funktionen und Wohlfahrtswirkungen von Stadtgrün sowie auf den Ergebnissen der Strukturanalyse und der Modellierungen lassen sich folgende Hinweise für die Ausgestaltung und Unterhaltung städtischer Grün- und Freiraumstrukturen ableiten:

- Die Verteilung der Freiräume über die Stadt beeinflusst die erzielbaren klimatischen Wirkungen. Ein kleinräumig engmaschiges und reich strukturiertes Freiraumsystem im Innenbereich, ergänzt durch offene Kaltluftbahnen aus den Randbereichen, kann über den gesamten Stadtbereich mikroklimatisch wirken. Je höher der Anteil vegetationsgeprägter Stadtvegetationsstrukturtypen an der Stadtfläche, desto günstiger ist in der Regel die klimatische Wirkung auf das Stadtklima. Mit Blick auf einen auch innerstädtischen Biotopverbund, vielfältige Trittsteine und Ausweichhabitate sowie Verknüpfungen mit dem umgebenden Landschaftsraum bietet ein solches Freiraumsystem gute Voraussetzungen für den Erhalt vielfältiger Lebensräume.
- Die klimatischen Wirkungen von Freiräumen stehen in einem direkten Zusammenhang mit den jeweiligen Flächengrößen. Messbare Temperaturreduzierungen innerhalb einzelner Freiräume können bereits bei Flächen kleiner als 1 ha festgestellt werden. Je größer eine Fläche, desto stärker ist in der Regel auch das Binnenklima auf dieser Fläche ausgeprägt. Auch kleine Flächen oder Einzelstrukturen können in einem Standortmosaik Nischen für einzelne Arten bieten und einer Reihe von Pflanzen- und Tierarten als Trittsteinbiotope dienen. Größere Grünräume stellen Rückzugsgebiete, Ergänzungs- bzw. Ersatzlebensräume sowie Habitatmosaiken für Tiere bereit und können Einwanderungs-, Einbürgerungsfunktionen (Lebensraum für sogenannte Neueinwanderer) bzw. Neuentwicklungsfunktionen (Entwicklung neuer Biotoptypen und neuer Lebensgemeinschaften) erfüllen.³⁵

35 U. a. Bernhard Klausnitzer und Ulrich Klausnitzer, »Städtische Brachflächen – potentielle Naturschutzgebiete für Insekten? Ein Literaturüberblick«, Herbert Zucchi und J. Fliße, »Städtische Brachen aus tierökologischer Sicht unter besonderer Berücksichtigung der Wirbeltiere (Vertebrata)«, in Rüdiger Wittig und Herbert Zucchi (Hg.), *Städtische Brachflächen und ihre Bedeutung aus der Sicht von Ökologie, Umwelterziehung und Planung*, Frankfurt a.M. 1993 (= Geobotanische Kolloquien 9); Herbert Sukopp, »Welche Biodiversität soll in Siedlungen erhalten werden?«, in Norbert Müller (Hg.), *Biodiversität im besiedelten Bereich – Grundlagen und Beispiele zur Umsetzung des Übereinkommens über die Biologische Vielfalt*, Tagungsbeiträge der gleichnamigen Veranstaltung vom 13. bis 15. Mai 2004 in Jena, Jena 2005 (= CONTUREC 1, Schriftenreihe des Kompetenznetzwerkes Stadtökologie), S. 15–18.

- Stärker als die Größe beeinflussen Bebauungsstruktur und Vegetationsausstattung einzelner Freiräume die mikroklimatischen Ausgleichspotenziale. Je größer das Grünvolumen, desto höher ist in der Regel der Abkühlungseffekt tagsüber. Diese Aussage ist allerdings differenziert zu betrachten, da beispielsweise beim Luftaustausch auch die Vegetationsstruktur (z. B. Kronenschluss von Bäumen) und die Lage zur Hauptwindrichtung eine Rolle spielen. Struktur- und damit i. d. R. artenreiche Freiräume stellen aus dem Blickwinkel urbaner Biodiversität sicherlich wertvolle Bestandteile des städtischen Freiraumsystems dar. Aber auch Magerstandorte oder frühe Sukzessionsstadien auf Brachen mit entsprechend geringem Grünvolumen bereichern das städtische Lebensraumangebot³⁶ und können beispielsweise gut zur nächtlichen Abkühlung oder Kaltluftleitung beitragen.³⁷
- Mit Blick auf die jeweiligen planerischen Ziele ist abzuwägen, welche klimatischen Wirkungen an einem bestimmten Ort im Stadtgefüge wünschenswert sind, ob beispielsweise die erzielbaren Abkühlungseffekte einer Fläche tagsüber oder nachts an den Rändern einzelner Grünflächen angestrebt werden. Dies steht in einem engen Zusammenhang mit der Funktion und der Nutzung der jeweiligen Freiräume. Die häufig anzutreffende Gestaltung von Grünanlagen mit vielfältigen Gehölzen und größeren Rasenflächen bewirkt meist beides, sowohl nächtliche Abkühlung, als auch Milderung der Wärmebelastung am Tage.³⁸
- Die Potenziale zur Bereitstellung klimatischer Ausgleichsleistungen hängen auch vom Management der Freiräume ab; so ist beispielsweise künftig insbesondere die Wahl klimaangepasster und standortgerechter Pflanzenarten wichtig.³⁹ Hierbei muss künftig noch stärker auch auf nichtheimische Pflan-

36 U. a. verschiedene Autoren in Wittig und Zucchi, Städtische Brachflächen und ihre Bedeutung (Fn. 35); Richard Köhler, »Tierökologische Untersuchungen an Brachflächen im östlichen Ruhrgebiet«, in Akademie des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.), *Stadtbiotopkartierung*, NUA-Seminarbericht, Band 2 (1998), S. 22–34; Konrad Reidl, »Ökologische Bedeutung von Brachflächen im Ruhrgebiet«, in ebd., S. 9–21.

37 Juliane Mathey u. a., »Brownfields as an Element of Green Infrastructure for Implementing Ecosystem Services into Urban Areas«, in *Journal of Urban Planning and Development* 141/3 (2015), S. 1–13.

38 Werner, Klimawandel, was tun? (Fn. 15).

39 Sten Gillner und Andreas Roloff, »Eignungsempfehlungen für Stadtbäume unter den Bedingungen des Klimawandels«, in Wende u. a., Grundlagen für eine klimawandelangepasste Stadt- und Freiraumplanung (Fn. 2), S. 77–89; Andreas Roloff, Stephan Bonn und Sten Gillner, »Konsequenzen des Klimawandels. Vorstellung der Klima-Arten-Matrix (KLAM) zur Auswahl geeigneter Baumarten«, in *Stadt + Grün* 5 (2008),

zen zurückgegriffen werden,⁴⁰ was die biologische Vielfalt in Städten bereichern kann, aber auch zu Zielkonflikten mit dem naturschutzfachlichen Zielstellungen führen kann.

4.2 Steckbriefe für Stadtvegetationsstrukturtypen

Zur Anwendung der Erkenntnisse für die Planung und das Management städtischer Vegetation und Freiräume wurden für die Stadtvegetationsstrukturtypen (SVST) Steckbriefe erarbeitet (Abb.6).⁴¹ Sie unterstützen die Einschätzung des Status Quo, die Priorisierung von freiraumplanerischen und naturschutzfachlichen Maßnahmen sowie die Ableitung von Handlungsempfehlungen. Die Steckbriefe enthalten für jeden Stadtvegetationsstrukturtyp folgende Informationen: (1) Beschreibungen der Vegetationsstruktur, Flächennutzung und Bebauungsstruktur einschließlich Angaben zum mittleren Versiegelungs- und Überbauungsgrad mit Foto, (2) qualitative Beschreibungen der klimatischen Wirkungen (Temperaturverhalten, Thermisches Empfinden (PMV), Luftaustauschpotenzial, Randwirkung zu den Nachbarflächen, Temperaturabsenkungsvermögen in Abhängigkeit zur Flächengröße) und (3) Hinweise zu den Biodiversitätspotenzialen (Diversität, Lebensraumfunktion und Regenerationsfähigkeit eines SVSTs sowie Gefährdungsrisiko eines SVSTs durch den Klimawandel). Zu bedenken ist, dass die klimatische Wirkung und die Biodiversität eines Stadtvegetationsstrukturtyps außerdem durch Parameter wie Größe, Isolation und Vernetzung beeinflusst werden.

S. 53–60.

40 Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz, Arbeitskreis Stadtbäume (Hg.), *Positionspapier: Verwendung von nicht heimischen Baumarten am innerstädtischen Straßenstandort*, 2010 http://www.galk.de/projekte/pr_down/pospapier_heimischebaumarten_akstb_101108.pdf (30.7.2017).

41 Mathey u. a., Noch wärmer, noch trockener? (Fn. 6).

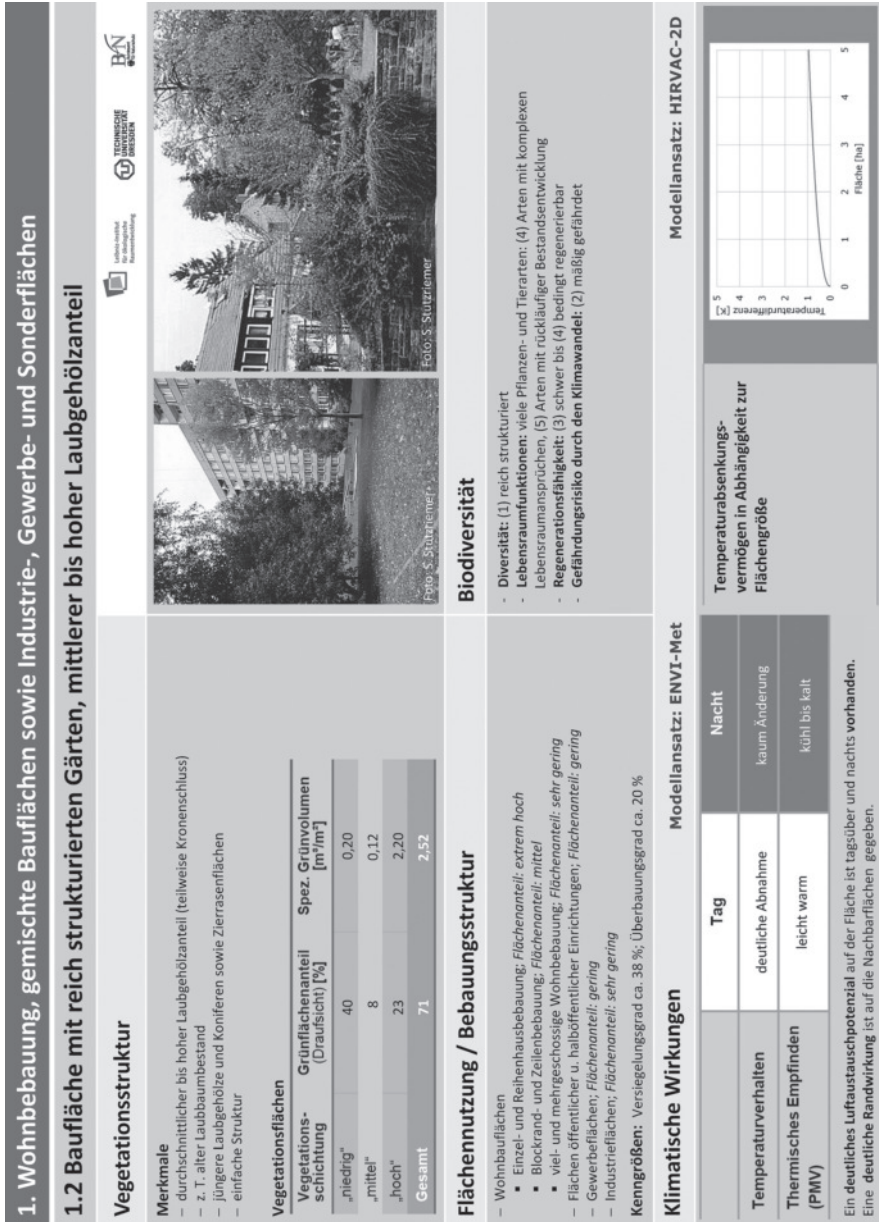


Abb.6: Beispielsteckbrief für den Stadtvegetationsstrukturtyp 1.2 »Baufläche mit reich strukturierten Gärten, mittlerer bis hoher Laubgehölzanteil.«⁴²

42 Ebd.

5. Ausblick

Eine nachhaltige Siedlungsentwicklung muss sich mit den absehbaren Auswirkungen des Klimawandels sowie den Herausforderungen zum Erhalt und zur Förderung von Biodiversität auseinandersetzen. Städtische Freiräume und Vegetation als Ausdruck urbaner Biodiversität sind mit den von ihnen erbrachten Ökosystemdienstleistungen – vor allem im Hinblick auf eine Klimaregulation – zentrale Bestandteile städtischer Klimaanpassungsmaßnahmen. Grün- und Freiflächen sollten daher nicht als Restflächen gesehen werden, sondern als wichtige Elemente zukünftiger Siedlungsentwicklung zur Verbesserung städtischer Umwelt- und Lebensqualität. Bei der Entwicklung einer »grünen Infrastruktur« geht es unter anderem auch darum, eine große Vielfalt unterschiedlicher Grün- und Freiräume bzw. Stadtvegetationsstrukturtypen zu fördern und gleichzeitig zu einer Verknüpfung der Grünstrukturen in der Stadt und gegebenenfalls mit der umgebenden Landschaft beizutragen. Aber: Grün ist nicht gleich Grün. Wie oben dargestellt, können verschiedene Grün- bzw. Freiraumstrukturen recht unterschiedliche klimatische Wirkungen und Biodiversitätspotenziale aufweisen. Sollen an einem bestimmten Ort im Stadtgefüge definierte klimatische Wirkungen erreicht werden, können die in den Steckbriefen zusammengefassten detaillierten Kenntnisse als Entscheidungsgrundlage dienen. Aber auch hierbei gilt, dass es keine Universalrezepte geben kann. Die Auswahl geeigneter Stadtvegetationsstrukturtypen und die gewählten Maßnahmen müssen sich an den jeweiligen Eigenheiten einer Stadt, ihrer historischen Struktur, den kulturellen Besonderheiten, den ökologischen Standortbedingungen sowie den vorhandenen Ressourcen orientieren.