

Biologische Vielfalt, Naturschutz und grüne Infrastruktur in Quartieren der „Energetischen Stadtsanierung“

Teil 2: Arbeitshilfe zur Integration von biodiversitätsfördernden
Klimaanpassungsmaßnahmen in Integrierte Energetische
Quartierskonzepte

Marie-Charlott Rümmler, Jakob Maercker,
Anne Katzschmann und Dagmar Everding

BfN-Schriften

665/2

2023





Biologische Vielfalt, Naturschutz und grüne Infrastruktur in Quartieren der „Energetischen Stadtsanierung“

**Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben „Förderung von grüner
Infrastruktur und Naturschutzbelangen in Quartieren der
„Energetischen Stadtsanierung““ (FKZ 3520 86 1300)**

**Teil 2: Arbeitshilfe zur Integration von biodiversitäts-
fördernden Klimaanpassungsmaßnahmen in Integrierte
Energetische Quartierskonzepte**

Marie-Charlott Rümmler

Jakob Maercker

Anne Katzschmann

Dagmar Everding

Inhaltsverzeichnis

Biodiversität fördern – Klimaschutz und Klimaanpassung voranbringen	4
Symbolerläuterungen.....	8
1 Maßnahmenkatalog	10
1.1 Sicherung und Schaffung von Grün- und Freiflächen im Quartier	10
1.2 Aufwertung und Vernetzung von Grün- und Freiflächen im Quartier	11
1.3 Stadtbäume	13
1.4 Begrünung von Straßen und Plätzen im Quartier.....	14
1.5 Begrünung an Gebäuden im Quartier	16
1.6 Wasserrückhalt im Quartier	18
1.7 Sicherung und Schaffung von Gewässerstrukturen	20
1.8 Aufwertung von Gewässerstrukturen	21
2 Maßnahmensteckbriefe	22
2.1 Dachbegrünung im Quartier.....	23
2.2 Fassadenbegrünung im Quartier	28
2.3 Naturnahe Gewässer in Quartieren	32
2.4 Baumpflanzungen in Quartieren	36
2.5 Gleis- und Seitenstreifenbegrünung im Quartier	41
3 Rechtliche Instrumente	45
3.1 Bebauungspläne.....	45
3.2 Satzungen	47
3.3 Neue Satzung (Empfehlung).....	49
Literaturverzeichnis	50
Weiterführende Literaturhinweise.....	59

Biodiversität fördern – Klimaschutz und Klimaanpassung voranbringen

Wie grüne Infrastruktur im Rahmen der KfW-Förderfamilie „Energetische Stadtsanierung“ Natur und Biodiversität schützen und stärken kann.

Mit Hilfe der KfW-Förderfamilie „Energetische Stadtsanierung“ (KfW 432, KfW 201/202) sollen Kommunen und kommunale Unternehmen unterstützt werden, auf die Folgen des Klimawandels vorsorgend zu reagieren, Klimaschutz zu betreiben und Quartiere klimagerecht zu gestalten. Neben der Erarbeitung von Integrierten Energetischen Quartierskonzepten (IEQK), die sich explizit mit der Sanierung des Gebäudebestandes, der Senkung von Treibhausgasemissionen und der Nutzung von modernen Energie- und Wärmegewinnungssystemen befassen (KfW 432), finden Kommunen durch die Förderkredite KfW 201/202 finanzielle Unterstützung in der Umsetzung der konzipierten Maßnahmen.

Seit April 2021 fördert die KfW im Rahmen der KfW-Förderfamilie „Energetische Stadtsanierung“ Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur in Quartieren der energetischen Stadtsanierung. Damit nimmt der Fördermittelgeber, im Auftrag der deutschen Bundesregierung, nicht nur den Klimaschutz, sondern auch notwendige Maßnahmen der Klimaanpassung in den Fokus.

Um den Planer*innen sowie den Vertreter*innen der öffentlichen Verwaltung den Einstieg in das breite Feld der Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur zu erleichtern, hat das BMI Hinweise zur Förderung von grüner Infrastruktur für die KfW-Programme 432, 201/202 erarbeitet. Das Ministerium stellt hierbei die Leistungen von grüner Infrastruktur für die Klimaregulierung, die Gesundheit der Menschen sowie die Biodiversität in den Vordergrund. Diesen Aspekt greift das F+E-Vorhaben „Förderung von grüner Infrastruktur und Naturschutzbelange in Quartieren der ‚Energetischen Stadtsanierung‘“ auf, um im Rahmen der KfW-Förderung zur Energetischen Stadtsanierung auf Quartiersebene zu untersuchen, inwiefern neben der Klimaanpassung auch Naturschutzbelange adressiert werden. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchung werden als separater Teil der vorliegenden BfN-Schrift veröffentlicht (Katzschmann et al. 2023, BfN-Schrift 665/1). Hierdurch wird ein Beitrag zur Erfüllung der Ziele der „Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt“ und des „Masterplans Stadtnatur“ auf kommunaler Ebene geleistet.

In der im Forschungsprojekt entwickelten Arbeitshilfe finden Anwender*innen eine fundierte Sammlung an Maßnahmen, die neben der Klimaanpassung besonders die Biodiversität im Quartier durch grüne Infrastruktur unterstützen. Es ist anzumerken, dass die Auswahl solcher Maßnahmen immer individuell an die Quartiers- und Standortverhältnisse vor Ort anzupassen ist. Hierbei sind standorttypische Tier- und Pflanzenarten, kommunale Biodiversitätsstrategien und festgesetzte Zielvorgaben für schützenswerte Arten in der Maßnahmenauswahl ebenso zu berücksichtigen, wie Biodiversitäts- und Klimapotenziale von „grünen“ Klimaanpassungsmaßnahmen. So sind zur Förderung der Biodiversität beispielsweise Wildblumenwiesen bestehend aus einheimischen Pflanzen und diversen Habitatstrukturen für Tiere und Pflanzen einer Begrünung durch reinen Zierrasen vorzuziehen. Zudem tragen heterogen gestaltete Grünflächen mit einer vertikal wie horizontal gestaffelten Vegetationsstruktur („Savannenprinzip“) stärker zur Umgebungskühlung an heißen Tagen sowie Nächten innerhalb urbaner Hitzeeinseln bei als reine Rasenflächen oder versiegelte Plätze (Kuttler, 2011). Je nach Einzelfall kann es bei übergreifenden Themen wie Stadtbäumen, Grünraumvernetzung, grün-blaue Infrastruktur oder auch Regenwassermanagement sinnvoll sein, die Erstellung eines separaten Konzeptes als Maßnahme zu empfehlen. Dadurch kann der Komplexität dieser Fragestellungen u.U. Rechnung getragen werden. Wie die Beispiele zeigen, kann grüne Infrastruktur maßgeblich dazu beitragen, urbane Räume sowohl biodivers als auch klimaangepasst (um-) zu gestalten.

Die Arbeitshilfe untergliedert sich in zwei Hauptteile. Der erste Teil enthält eine Sammlung biodiversitätsfördernder Klimaanpassungsmaßnahmen für die Planungspraxis bei der Erarbeitung von IEQK. Diese Maßnahmenammlung ist in acht Gruppenegegliedert und enthält jeweils praktische Hinweise zur Umsetzung sowie Praxisbeispiele, die den Anwendenden hilfreiche weiterführende Informationen zu möglichen biodiversitätsfördernden Klimaanpassungsmaßnahmen bereitstellen. Maßnahmen mit besonderer Bedeutung für die Biodiversität sind durch ein Blattsymbol gekennzeichnet. Außerdem werden die Hinweise zur Umsetzung durch Symbolpunkte als baulich-gestalterisch bzw. instrumentell charakterisiert. Zusätzlich wird die Wirkung einer Maßnahme auf den Menschen, die Klimaanpassung/den Klimaschutz, den Wasserhaushalt, die Flora und Fauna sowie die Energieeffizienz mit Hilfe von fünf Effekt-Symbolen bewertet. Die Bewertung erfolgt auf der Grundlage von Expert*innenmeinungen der Autorenschaft sowie von Auswertungen der Fachliteratur.

Den zweiten Hauptteil der Arbeitshilfe bilden fünf Maßnahmensteckbriefe, die vertiefende Informationen zu biodiversitätsfördernden Schlüsselmaßnahmen der Klimaanpassung geben:

1. Dachbegrünung im Quartier,
2. Fassadenbegrünung im Quartier,
3. Naturnahe Gewässer in Quartieren,
4. Baumpflanzungen in Quartieren und
5. Gleis- und Seitenstreifenbegrünung im Quartier.

Neben der Beschreibung von Kernwirkungen der biodiversitätsfördernden Klimaanpassungsmaßnahmen finden die Anwendenden Informationen zur planerischen und praktischen Umsetzung der vorgestellten Maßnahmen. Für die weitere Auseinandersetzung mit den Themen grüne Infrastruktur, Klimaanpassung und Biodiversität steht zudem eine Auswahl an Literaturhinweisen und Hinweisen zur Festsetzung von grünen Klimaanpassungsmaßnahmen im rechtlichen Planungsinstrumentarium zur Verfügung.

Anmerkung: Für die in der Arbeitshilfe getroffenen Art- und Saatgutempfehlungen gilt zu beachten, dass seit dem 1. März 2020 das Ausbringen von Gehölzen, Pflanzen und Saatgut in die „freie Natur“ außerhalb ihrer Vorkommensgebiete eine Genehmigung erfordert (BNatSchG §40 (1)). Hiervon sind Bereiche in Siedlungsgebieten, die nicht der „freien Natur“ zuzuordnen sind, bisher nicht betroffen (Mante 2021). Die kommunalen Naturschutzbehörden weisen in der Regel dennoch darauf hin, auf lokales oder regionales gebietseigenes Pflanz- und Saatgut zurückzugreifen. Die Verwendung bzw. Ausbringung invasiver Neophyten ist seit 2015 durch die Europäische Union (EU) verboten (EU-Verordnung Nr. 1143/2014 (Europäische Union, 2014)). Neben der EU gibt das BfN Auskunft sowie Empfehlungen zu (potentiell) invasiven Neophyten in Deutschland (z. B.: BfN Skript 352, BfN Skript 471 oder unter: <https://neobiota.bfn.de>).

Abkürzungen

BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMI	Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
EU	Europäische Union
IEQK	Integriertes energetisches Quartierskonzept
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
UN	Vereinte Nationen (United Nations)

Begriffsdefinitionen

Biodiversität (biologische Vielfalt)

Biodiversität oder auch biologische Vielfalt umfasst die Vielfalt von Arten sowie die genetische Vielfalt innerhalb einer Art, ebenso wie die Vielfalt von Ökosystemen (marin, aquatisch wie terrestrisch) (UNCED 1992). Biodiversität beschreibt somit die Variabilität jeglicher auf der Erde lebender Organismen und ist „letztlich alles das, was zur Vielfalt der belebten Natur beiträgt“ (BMU 2007). Der Verlust der Biodiversität geht einher mit dem Verlust der menschlichen Existenzgrundlage. Fruchtbare Böden, reines (Grund-) Wasser, saubere Luft, gutes Klima, gesunder Artenbestand und intakte Natur dienen dem Menschen als Lebens-, Ernährungs- sowie Gesundheitsgrundlage (Europäische Kommission 2020). Nur intakte Ökosysteme können das menschliche Leben bewahren. Durch das Übereinkommen über die biologische Vielfalt im Jahr 1992 erklärten sich die Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen (UN) bereit, die biologische Vielfalt des Planeten zu schützen, nachhaltig zu nutzen und für zukünftige Generationen zu bewahren. Deutschland ratifizierte das Übereinkommen im Jahr 1993, auf dessen Grundlage 2007 die „Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt“ erlassen wurde. Die Strategie macht deutlich, dass die Bundesregierung die Qualität und die Bedeutung von städtischem Grün hinsichtlich der vielfältigen Wirkungsstränge innerhalb urbaner Räume anerkennt und bereit ist, Grüne Infrastruktur und damit Flora und Fauna, in Städten zu erhalten, zu erneuern und zu erweitern (BMU 2007).

Unter biodiversitätsfördernden Klimaanpassungsmaßnahmen sind in dieser Arbeitshilfe alle Klimaanpassungsmaßnahmen zu verstehen, die zum einen die Anpassung durch grüne Infrastruktur an die Veränderungen des Klimas und deren direkte Folgen ermöglichen und zum anderen durch naturnahe, artangepasste Gestaltung von grüner Infrastruktur die biologische Vielfalt in urbanen Landschaften fördern.

(Urbane) grüne Infrastruktur

„Urbane grüne Infrastruktur“ ist ein Netzwerk aus naturnahen und gestalteten Flächen und Elementen in Städten, die so geplant und unterhalten werden, dass sie gemeinsam eine hohe Qualität in Hinblick auf Nutzbarkeit, biologische Vielfalt und Ästhetik aufweisen und ein breites Spektrum an Ökosystemleistungen erbringen. Alle Arten von vegetations- und wassergeprägten Flächen und Einzelementen können Bestandteile der grünen Infrastruktur sein oder werden, unabhängig von Besitzverhältnissen und Entstehung. Auch versiegelte und bebaute Flächen können durch Entsiegelung, Begrünung und Bepflanzung mit Bäumen als Teil der grünen Infrastruktur qualifiziert werden. Die grüne Infrastruktur in urbanen Räumen wird von verschiedenen staatlichen, wirtschaftlichen und zivilgesellschaftlichen Akteurinnen und Akteuren strategisch geplant, erhalten und entwickelt. Im Sinne einer sozial, ökonomisch und ökologisch nachhaltigen Stadtentwicklung unterstützt die grüne Infrastruktur vielfältige gesellschaftliche

Ziele, zum Beispiel die Förderung von Gesundheit und Wohlbefinden, Anpassung an den Klimawandel und Schutz der biologischen Vielfalt. Urbane grüne Infrastruktur ergänzt die graue Infrastruktur und kann sie teilweise auch ersetzen. Sie fördert insgesamt die Lebensqualität und Attraktivität von Städten und trägt zur Daseinsvorsorge bei“ (BfN 2017).

Klimaanpassung

Die Folgen des Klimawandels sind bereits jetzt erheblich zu spüren. Starkregenereignisse oder Hitzesommer sind dabei nur ein Teil der Belastungen, denen Mensch und Natur ausgesetzt sind. Ebenso variieren die Auswirkungen der klimatischen Veränderungen regional, teils lokal, stark. Somit ist die Anpassung an den Klimawandel nicht nur eine globale, sondern vor allem eine lokale Aufgabe (BBSR 2017). Klimaanpassung kann dementsprechend als Ausrichtung von Handlungsprozessen in allen gesellschaftlich relevanten Sektoren auf die Folgen des Klimawandels und die Verringerung von Klimarisiken verstanden werden (IPCC 2014). Das Handlungsfeld der Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel ist breit gefächert und erstreckt sich von der Anpassung von Planungsinstrumenten über die Erarbeitung von Klimaanpassungsleitfäden oder Hitze- bzw. Starkregenmanagementkonzepten bis hin zum Ausbau und Erhalt grüner Infrastruktur oder Bürger*innenbeteiligungsformaten zur Klimaanpassung.

Klimaschutz

Um den Klimawandel zu verlangsamen und dessen Auswirkungen auf Natur und Mensch zu dezimieren – denn stoppen oder gar rückgängig machen lässt sich dieser nicht – hat die Staatengemeinschaft 2015 in Paris beschlossen, die globale Erwärmung auf unter 2 °C zu begrenzen, um so das Klima zu schützen. Hierbei sollen durch Maßnahmen vorrangig technischen sowie sozialen und ökonomischen Ursprungs Treibhausgasemissionen reduziert oder vermieden und die Speicherung von Gasen erhöht werden (IPCC 2007). Deutschland erklärte 2016 mit dem Klimaschutzplan 2050 sowie dem Bundes-Klimaschutzgesetz von 2019, bis in das Jahr 2030 seine Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990 um 55 % zu senken. 2050 will Deutschland klimaneutral sein (BMUV 2021). Umzusetzen ist dieses Ziel u.a. durch gezielte Klimaschutzmaßnahmen zur Treibhausgaseinsparung, zum Ausbau erneuerbarer Energien, zum Ausstieg aus der Kohleverstromung, zum Umbau des Gebäudesektors hin zu einem klimaneutralen Gebäudebestand sowie zum nachhaltigen Aus- bzw. Umbau von Wärme-, Kälte- und Energienetzen.

Symbolerläuterungen

Maßnahmengruppen



Sicherung und Schaffung von Grün- und Freiflächen



Aufwertung von Grün- und Freiflächen



Vernetzung von Grün- und Freiflächen im Quartier



Begrünung von Straßen und Plätzen



Begrünung am Gebäude



Wasserrückhalt im Quartier



Sicherung und Schaffung von Gewässerstrukturen



Aufwertung von Gewässerstrukturen

Charakterisierung der Maßnahmen

- Bauliche/gestalterische Maßnahme
Maßnahmen zur Um- bzw. Neugestaltung im Quartier
- Instrumentelle Maßnahme
Maßnahmen zur Anwendung formeller und informeller Planungsinstrumente
- Naturschutzfachliche Maßnahme
Maßnahmen mit Fokus auf Naturschutzaspekte
- Besondere Relevanz für Biodiversität
Maßnahme trägt besonders zur Schaffung von mehr Biodiversität bei

Maßnahmeneffekte



Mensch und menschliche Gesundheit

In drei Abstufungen wird der Effekt der entsprechenden Maßnahmen auf den Menschen sowie die menschliche Gesundheit beschrieben (hellgrün = leichter Effekt, dunkelgrün = starker Effekt). Dabei spielen Aspekte des Wohlbefindens, der Sicherheit sowie der Gesundheit eine Rolle.



Klimaanpassung/Klimaschutz

In drei Abstufungen wird der Effekt der entsprechenden Maßnahmen auf Klima bzw. Klimaschutz und Klimaanpassung beschrieben (hellgrün = leichter Effekt, dunkelgrün = starker Effekt). Dabei finden Effekte, die zur Reduktion von lokalen Treibhausgasemissionen führen, ebenso Beachtung wie Maßnahmen, die die Resilienz gegenüber klimatischen Veränderungen stärken.



Wasserhaushalt

In drei Abstufungen wird der Effekt der entsprechenden Maßnahmen auf den Wasserhaushalt im Quartier beschrieben (hellgrün = leichter Effekt, dunkelgrün = starker Effekt). Aufgeführt werden Maßnahmen, die den Wasserrückhalt im Quartier verbessern oder zu einer effektiven Wassernutzung beitragen.



Flora und Fauna

In drei Abstufungen wird der Effekt der entsprechenden Maßnahmen auf Flora und Fauna im Quartier beschrieben (hellgrün = leichter Effekt, dunkelgrün = starker Effekt). Hier finden sich vor allem Maßnahmen, die die Ansiedlung und das Überleben von Tieren und Pflanzen im Quartier ermöglichen.



Energieeffizienz

In drei Abstufungen wird der Effekt der entsprechenden Maßnahmen auf Flora und Fauna im Quartier beschrieben (hellgrün = leichter Effekt, dunkelgrün = starker Effekt). Maßnahmen, die für einen geringeren Energieverbrauch sorgen, beispielsweise durch günstigere Wärmenutzung, aber auch für Verschattung oder natürliche Kühlung sorgen, finden hier Beachtung.

1 Maßnahmenkatalog

		1.1 Sicherung und Schaffung von Grün- und Freiflächen im Quartier			
	Einzelmaßnahmen		Praktische Hinweise	Effekte	Praxisbeispiele
1.1.1	Umgestaltung von Brachflächen zu multifunktionalen Grünflächen		● Nutzungsbedarf (Multifunktionalität) durch Anwohnerschafts-Workshops abfragen		Bürgerbahnhof Plagwitz (Leipzig), Grünschleife - Anwohnerpark im sozialen Brennpunkt (Münster), Piko Park (Erfurt)
			● Hinweise für "2. Aufwertung von Grünflächen" bei Umgestaltung berücksichtigen/umsetzen		
1.1.2	Öffnung oder Rückbau minder-/ungenutzter Flächen im Quartier		● Öffnung z. B. von Außenbereichen von Kindergärten, von Hinterhöfen o.ä.		
1.1.3	Maßnahmen zur Freihaltung von Flächen von Bebauung		● Schutzsatzungen/-zone für bspw. "klimarelevante Fläche", "Habitatfläche" o.ä. erarbeiten		
1.1.4	Anlage von Grün und Kleingrün		● großräumige Planung über Quartiersgrenzen hinaus (Biotopverbund mit Trittsteinbiotopen)		
			● "Grüne Oasen": Gemeinschaftsgärten, Nutzgärten, Urban Gardening, begrünte Pergolen o.ä.		
			● horizontale und vertikale Gestaltung von Kleingrün		



1.2 Aufwertung und Vernetzung von Grün- und Freiflächen im Quartier

	Einzelmaßnahmen	Praktische Hinweise	Effekte	Praxisbeispiele
1.2.1	Bereiche mit freier Sukzession schaffen	  "Urbane Wildnis": innerhalb von Grünflächen Bereiche für freie Sukzession vorhalten		Mehr Lebensqualität durch Grünflächen (Heiligenstadt/ Thüringen), Tiny forest (Bönnigstedt), Wiesen für Insekten - Wiesen, Stauden, Schmetterlinge (Frankfurt a. Main)
		  Sukzessionsbereiche als Habitate für Flora und Fauna vorhalten (Nutzungseinschränkung)		
1.2.2	räumliche Strukturvielfalt schaffen	  Wahl von diversen Biotopbausteinen: Substrate, Totholzvorkommen, Trinkmöglichkeiten, Trockenmauern, Geröllbeete, Laubhaufen, offene Bodenstellen o.ä.; hierbei auf lokale Materialien achten und mögliche Bedarfe lokaler Zielarten berücksichtigen		
		  Schaffung von Mosaik aus Licht/Schatten, Trockenheit/Feuchtigkeit, Hitze/Kühle		
		  Leitbild für Freiraumgestaltung festlegen (z. B. Leitbild insektenfreundlicher Lebensraum); ggf. Anforderungen an Habitatgestaltung von Zielarten berücksichtigen		
1.2.3	Vegetationsstruktur schaffen	 Standortauswahl für Pflanzen: ausreichend Platz/Erdkörper; Bewässerung sichern (siehe auch Maßnahmengruppe 6)		
		 Aufwertung durch Neupflanzungen		
		  vertikale Staffelung der Begrünung aus Bäumen, Sträuchern, Kräutern, Gräsern		
1.2.4	Vegetationsstruktur aufwerten	  Art- und Saatgutauswahl: lokal oder gebietseigen		
		 Ersatz von Pflanzen mit geringer Vitalität (hierbei gilt: Erhalt vor Ersatz)		
		  Art- und Saatgutauswahl: lokal oder gebietseigen; Eignung als Futter-/ Insektenpflanze und Nistplatz		
		  Definition zu erhaltender Bestände in formellen / informellen Planungsinstrumenten		
		  ganzjährige Blühmöglichkeiten durch Artenkombination		

	Einzelmaßnahmen	Praktische Hinweise	Effekte	Praxisbeispiele
1.2.5	Naturgerechte Flächenpflege	  geringe Mahdfrequenz (1-2x/Jahr) und Schnitthäufigkeit; wenn möglich Beweidung der Mahd vorziehen	 	
		  Mahd in Einzelabschnitten (z. B.: Erhalt hoher Vegetation als Rückzugsort, Erhalt von Blühinseln); im Winter Vegetation stehen lassen; Mahd auf großen Flächen von innen nach außen		
		 Nutzung der Mahd für lokale Mahdgutübertragung, und/oder Saatgutgewinnung		
		 Nutzung des Grünschnittes zur Energiegewinnung		
		 Definition des Zielzustands sowie Planung der erforderlichen Entwicklungs- und Erhaltungspflege, Planung der Besucherlenkung		
		  kein oder nur bedingter Einsatz von Herbiziden/Insektiziden/Pestiziden, mineralischem Dünger und Mulchen; Einsatz von torffreier Erde; in Sonderfällen ggf. von extensivem Festmistdünger		
		  kein Einsatz von Laubsaugern und Grabenfräsern		
		 Renaturierung und Schutz von klimarelevanten Böden		
1.2.6	Aufwertung von Baumscheiben durch Bepflanzung	  Art- und Saatgutauswahl: lokale oder gebietseigen; ein- bis zweijährige, selbstbestäubende Kulturformen;	 	
		  kein oder nur bedingter Einsatz von Herbiziden/Insektiziden/Pestiziden, mineralischem Dünger und Mulchen; Einsatz von torffreier Erde; in Sonderfällen ggf. von extensivem Festmistdünger		
		 nur oberflächennahe Bodenbearbeitung (Wurzelschutz)		
1.2.7	Naturnahe Gestaltung des Wohnumfelds	  Gestaltung des Wohnumfeldes an Lebens-, Nist-, Brutzyklus ansässiger Arten anpassen; Leitbild für Wohnumfeldgestaltung mit Zielarten festlegen (z. B.: AnimalAidedDesign)	 	
		  Art- und Saatgutauswahl: lokal oder gebietseigen; Eignung als Futter-/ Insektenpflanze		
1.2.8	Biotopvernetzung durch Biotopbausteine fördern	  Trittsteinbiotope schaffen durch z. B. Holzrails, Stege, Grünbrücken; Nutzung auch kleinerer Flächen berücksichtigen	 	
		 Trennwirkung von Straßen reduzieren		



1.3 Stadtbäume

	Einzelmaßnahmen		Praktische Hinweise	Effekte	Praxisbeispiele
1.3.1	Neupflanzungen von Bäumen	 	Möglichst einheimische, gebietseigene Gehölze verwenden; Eignung als Futter-/ Insektenpflanze; Artenlisten und FLL-Richtlinien zugrunde legen; Dimensionierung der Baumgruben artgerecht großzügig planen; Baumscheiben ökologisch gestalten und Krautschicht-Pflanzungen ergänzen; Straßenbaumkonzept zur übergeordneten Planung erstellen und fort-schreiben		Klimaerlebnis (Würzburg), Multifunktionale Klima-Baumstandorte (Hamburg), "Der bunte Daumen" Baumbeet-Patenprogramm (Witten)
1.3.2	Erhalt von Bäumen		Erhalt durch / Förderung von Baumpatenschaften; soweit möglich Anpassung der Baumgruben (Dimensionierung, Substrat erneuern / tauschen; Belüftungssysteme prüfen und ggf. ergänzen); im Straßenbaumkonzepten einplanen		
1.3.3	Verbesserung der Standortbedingungen von Bestandsstrukturen		Standortauswahl: ausreichend Platz/Erdkörper; Bewässerung sichern (siehe auch Maßnahmengruppe 6); Flächenumfang der Baumstandorte berücksichtigen: ggf. Bodenversiegelung im nahen Umfeld verringern, durchlässigere Materialien für Fußweg- / Straßenoberflächen einsetzen; im Straßenbaumkonzept einplanen		
1.3.4	Baumpflege		Klimaangepasstes Wässerungs- und Gießmanagement, u. a. Stockholmer System und Hamburger System auf Passfähigkeit prüfen		
			Wenn möglich stehendes und liegendes Tot-/ Altholz am Ort belassen (unter Wahrung der Nutzungs- und Verkehrssicherheit), Kronensicherung, Torso-schnitt, Einzäunung, Torsostützung		



1.4 Begrünung von Straßen und Plätzen im Quartier

	Einzelmaßnahmen		Praktische Hinweise	Effekte	Praxisbeispiele	
1.4.1	Entsiegelung und Bepflanzung von Flächen, Parkplätzen			wenn möglich Gestaltung von Grünflächen (siehe Maßnahmengruppe 1 und 2)		Wanderbaumallee (Stuttgart), Begrünung der Wilhelmshöher Allee (Kassel)
1.4.2	Einsatz von versickerungsfähigen Belägen			Einsatz von Rasengittersteinen oder großfugigen Pflastersteinen auf Stellplätzen		
1.4.3	Anlage von nicht-gebäudebezogenem Bauwerksgrün			Begrünte Haltestellen anlegen		
				Begrünte Verkehrsrandstreifen, Gleisbetten sowie Lärmschutzwände anlegen		
				eingegrünte Parkplätze anlegen (z. B. durch Installation von Grünelementen, wie begrüntem Pergolen)		
1.4.4	Neupflanzung von Bäumen			Art- und Saatgutauswahl: lokal oder gebietseigen; Eignung als Futter-/ Insektenpflanze		
				Exposition und Ausrichtung beachten (z. B. südexponierte Gehwege, Haltestellen, Verschattungswirkung auf Fassaden, Fenster oder Solaranlagen beachten; Windströme und Schlagregen bei Straßen in Ost-West-Richtung berücksichtigen)		
1.4.5	Prüfung möglicher Kombination mit PV/ST-Anlagen			Überdachungen von Plätzen mit PV-Modulen oder Solarkollektoren mit Grünelementen und Entsiegelung kombinieren		

	Einzelmaßnahmen		Praktische Hinweise	Effekt	Praxisbeispiele
1.4.6	Einsatz tierfreundlicher Straßenbeleuchtung	 	neutrale / warm-weiße Leuchtmittel (LED) ohne UV- /Blauanteil; Beleuchtung in Schutzgebieten max. 2.400 K und Straßenlaternen max. 3.000 K (siehe Empfehlungen Bayern)		
		 	Reduzierung des Streulichtes durch abgeschirmte Gehäuse		
		 	Zeitsteuerung und/oder Bewegungsmelder einsetzen		



1.5 Begrünung an Gebäuden im Quartier

	Einzelmaßnahmen	Praktische Hinweise	Effekte	Praxisbeispiele
1.5.1	Anlage von Dachbegrünung	  intensive/extensive Dachbegrünung und entsprechender Substrataufbau		Stadtgarten auf dem Dach (Stollberg/ Erzgebirge), Pocket Park Sparkasse (Jena), Kö-Bogen II (Düsseldorf), Demenzgarten "Am Inselpark" (Hamburg)
		  Retentionsdächer, Biodiversitätsdächer, Solar-Gründächer mit aufgeständerten PV-Modulen, Dachgärten		
		 Flachdächer bis leicht geneigte Dächer (Neigung < 10°)		
		 Anrechnung von Dachbegrünung bei Bemessung der Abwassergebühr (sofern Niederschlags- und Schmutzwasser getrennt erhoben werden)		
		 Beachtung von Gebäudestatik; Brand-/Schnee- und Denkmalschutz		
		  Art- und Saatgutauswahl: lokal oder gebietseigen, Moos-Sedum bis Gras-Kraut (extensiv) vs. Rasen, Stauden, Sträucher, Bäume (intensiv)		
		  Integration von Lebensraumrequisiten (Nistkästen/-nischen; Aufenthaltsstufen; Wassersammelstellen...)		
1.5.2	Anlage von Wand-/ Fassadenbegrünung	 bodengebunden, fassadengebunden, Kombination von boden- bzw. fassadengebunden		
		 biobasierte Fassadenkühlung		
		 Beachtung von Gebäudestatik und Denkmalschutz		
		  Art- und Saatgutauswahl: lokal oder gebietseigen; Eignung als Futter-/ Insektenpflanze		
		  Verwendung verholzender Kletterpflanzen, Nisthilfen etc.		
		 Bewässerung mit Grau-/Brauchwasser		
		 bevorzugt an Süd- und Westfassaden, aber unter Beachtung umliegender Gebäudestrukturen		
		 langlebige Kletterhilfe mit Abstand zur Fassade für Luftzirkulation		

	Einzelmaßnahmen		Praktische Hinweise	Effekte	Praxisbeispiele
1.5.3	Förderung von Balkon-begrünung, Vertikal Gardens, begrünten Laubengängen		● Verteilung von Saatgut an Bewohner*innen, Schattenspender-Balkonpflanzen		
1.5.4	Naturgerechte Fassaden-gestaltung		● Nutzung ökologischer Bau-/Dämmstoffe, ggf. lokaler Herkunft		
		🌿	● Integration von Lebensraumrequisiten		
		🌿	● Fassadenöffnungen / Additive Elemente		



1.6 Wasserrückhalt im Quartier

	Einzelmaßnahmen	Praktische Hinweise	Effekte	Praxisbeispiele
1.6.1	Wasserdurchlässiger Bodenbelag	<ul style="list-style-type: none"> wasserdurchlässige und verdunstungsfördernde Oberflächenbefestigung mit oder ohne Vegetationsanteil (z. B.: Schotterrasen, Rasengittersteine, Lochsteine, wasserdurchlässige Asphalte, Kies-/Splitterdecke, Betonpflastersteine) 		wassersensible Gestaltung des Zollhandelsplatzes (Freiburg im Breisgau), klimagerechte Umgestaltung Tåsinge Plads (Kopenhagen),
		<ul style="list-style-type: none"> wasserdurchlässiger Bodenbelag an Funktion der Fläche anpassen, ausreichende Wasserdurchlässigkeit berücksichtigen ($\geq 3 \times 10^{-5}$ m/s bzw. $\geq 5 \times 10^{-5}$ m/s), Tragfähigkeit beachten 		
		<ul style="list-style-type: none"> Abwassergebührensatzung ggf. an Entsiegelungsmaßnahmen anpassen (anteilige/vollständige Befreiung von der Niederschlagswassergebühr) 		
1.6.2	Anlage Regenrückhalteflächen, multifunktionale Retentionsflächen	<ul style="list-style-type: none"> Multifunktionalität der Flächen als Spiel- und Erholungsflächen, Straßen, Plätze, Parkflächen, Sportanlagen, Grünflächen, Auen, Tiefbeete, Mulden etc. 		klimagerechte Umgestaltung Sankt Annæ Plads (Kopenhagen), Regenwasser-Spielplatz Hamburg Neugraben (Hamburg), Smartes Retentions-Gründach von Wasser Hamburg (Hamburg)
		<ul style="list-style-type: none"> ggf. in Kombination mit unterirdischen Rückhalteelementen, Drosseleinrichtungen 		
		<ul style="list-style-type: none"> kurze Rückstau-/Entleerungszeiten, Versickerung und Verdunstung, ggf. Ableitung in Gewässer oder Kanalsystem, Reinigungsverfahren 		
		<ul style="list-style-type: none"> Anforderungen an Verkehrssicherheit, Barrierefreiheit, Katastrophenschutz, Flächen- und Gebäudeschutz beachten 		
1.6.3	Anlage von Baumrigolen-systeme und Mulden-Rigolen-Systeme	<ul style="list-style-type: none"> Mulden und ggf. auch Rigolen extensiv begrünen 		
		<ul style="list-style-type: none"> je nach Belastung einzuleitender Wässer Vorschaltung technischer Behandlungsanlage 		
		<ul style="list-style-type: none"> Verkehrswegeentwässerung hin zu Rigolensystemen 		
1.6.4	Anlage von Retentionsdächer	<ul style="list-style-type: none"> Speicherung und Rückhalt von Starkregenabflussspitzen (siehe auch Maßnahme 5.1) 		

	Einzelmaßnahmen		Praktische Hinweise	Effekte	Praxisbeispiele
1.6.5	Anlage von Brunnen, (Erd-) Zisternen, Füllkörperrigolen, Bauwerksrückhalt		● neben Nutzvolumen auf Retentionsvolumina achten		
			● Speicher/Nutzung für Grünbewässerung		
			● Regenwasserspeicherung /-nutzung für Grauwasser, Löschwasser		
1.6.6	Anlage von offenen Ableitungssystemen		● begrünte Entwässerungsgräben-/mulden, Sammelrinnen		
			● Anlage nur bei ausreichendem Gefälle hin zu Tiefpunkt möglich		
			● Berücksichtigung von Geländehochpunkt/-tiefpunkt/-gefälle bei Verkehrs- und Freiflächenplanung		



1.7 Sicherung und Schaffung von Gewässerstrukturen

	Einzelmaßnahmen		Praktische Hinweise		Effekte	Praxisbeispiele
1.7.1	Anlage von multifunktionalen Gewässerflächen / Gerinne			siehe auch Maßnahme 6.2 + naturnahe Gestaltung (s. 8.2)		Wassergrabengärten (Neckarwestheim)
1.7.2	Anlage von naturnahen Kleinstgewässern / Feuchtbiotopen			Vogel-/ Insektentränken, Gartenteiche		
1.7.3	Anlage von Retentionsflächen			siehe auch Maßnahme 6.2		



1.8 Aufwertung von Gewässerstrukturen

	Einzelmaßnahmen	Praktische Hinweise	Effekte	Praxisbeispiele
1.8.1	Reaktivierung von Gräben und Fließgewässern	<input type="radio"/> Entfernung von Verrohrung und geschlossenen Kanälen		Mittleres Paderquellgebiet (Paderborn), Freizeitgelände Berneckstrand (Schramberg)
		<input type="radio"/> Anbindung von Altarmen/Flutrinnen		
		<input type="radio"/> Aufweitung des Gewässerprofils		
		<input type="radio"/> Rückbau von Querbauwerken in Gewässern		
1.8.2	Naturnahe Umgestaltung von Uferbereichen und Gewässern	<input type="radio"/> "Sponge Park" / Leitbild Schwammstadt anwenden		
		<input type="radio"/> Auendynamisierung		
		<input type="radio"/> insektenfreundliche Beleuchtung (siehe auch Maßnahme 4.6)		
		<input type="radio"/> Deichrückbau/-verlegung		
		<input type="radio"/> Wegbarkeit von Gewässern für Arten ermöglichen (z. B. durch Fischtrepfen)		
		<input type="radio"/> Belassen von Totholz in Gewässern		
		<input type="radio"/> Uferrenaturierung		
		<input checked="" type="radio"/> Verknüpfung mit Grünflächen und Nahrungsangebot berücksichtigen		

2 Maßnahmensteckbriefe

Im Folgenden sind weiterführende Informationen zu fünf besonders biodiversitätsfördernden Klimaanpassungsmaßnahmen in Form von Steckbriefen aufbereitet. Es soll die Nutzer*innen in die Lage versetzen, eine oder mehrere geeignete Maßnahmen im Rahmen der Quartierskonzepterstellung auszuwählen und Aussagen zu Maßnahmenwirkung und Umsetzung treffen zu können. Diese Informationen dienen außerdem als Argumentationsgrundlage innerhalb von Entscheidungsprozessen. Alle Aussagen zur Wirkung und Umsetzung (inkl. Finanzierungsmöglichkeiten) der folgenden sind geprüft und mit weiterführenden Literaturquellen hinterlegt:

- Dachbegrünung im Quartier,
- Fassadenbegrünung im Quartier,
- Naturnahe Gewässer in Quartieren,
- Baumpflanzungen in Quartieren und
- Gleis- und Seitenstreifenbegrünung im Quartier.

Je Maßnahme werden die Kernwirkungen sowie Stellschrauben zur Wirksamkeit erläutert. Anhand der Kategorie „Einflussfaktoren auf Wirkung“ soll die Entscheidungsfindung, wo und welche Maßnahme im Quartier besonders geeignet ist, erleichtert werden. Es wurden bewusst qualitative Aussagen zur Wirksamkeit getroffen, um der Detailtiefe eines Quartierskonzeptes und dem breiten Spektrum an möglichen Ausgestaltungen der Maßnahmen gerecht zu werden. Die Informationen zur planerischen und praktischen Umsetzung sollen erste Hinweise geben, insbesondere die Fördermöglichkeiten sind oft schnell in ihrer Gültigkeit überholt und es ergeben sich kurzfristige neue Möglichkeiten zur Förderung.

	2.1 Dachbegrünung im Quartier	
	Extensive (8 – 15 cm Substrathöhe, einschichtig, keine Nutzung zum Aufenthalt) oder intensive (15 –100 cm Substrathöhe, mehrschichtig, u. U. Nutzung zum Aufenthalt) Begrünung einer Dachfläche	
Extensive Dachbegrünung auf der H.-Heine-Schule, Jena Copyright: THINK 2017	Klimatisch besonders wirksam gegen	
	(Stark-)Regenbedingte Überschwemmung	
	Hitze	
	Trockenheit	

Soweit nicht explizit spezifiziert, gelten die Einschätzungen für intensive und extensive Dachbegrünungen.
Förderrichtlinienrelevante Effekte
Biodiversität
Förderung der Biodiversität durch Schaffen möglichst unterschiedlicher Habitate
<ul style="list-style-type: none"> • Artendiversität: hoher positiver Effekt (falls keine Monokultur) (Riechel et al. 2017; Winker et al. 2019) • Entwicklung der Artendiversität: <ul style="list-style-type: none"> • extensives Gründach: hoher positiver Effekt (Riechel et al. 2017; Winker et al. 2019) • intensives Gründach: hoher positiver Effekt (Winker et al. 2019), moderat positiver Effekt (Riechel et al. 2017) • Biodiversität: hoher positiver Effekt (Breuning 2008; Francis & Lorimer 2011) • Potentieller Lebensraum für seltene Arten: hoher positiver Effekt (Winker et al. 2019) • Habitatsvielfalt im Quartier: hoher positiver Effekt (Winker et al. 2019)
Energieeinsparung
<ul style="list-style-type: none"> • Energieeinsparung durch Wärmedämmung und Hitzeschild (Parlow et al. 2011; Brune et al. 2017; Riechel et al. 2017)

Gebäudeerhaltung

- Erhalt der Gebäudesubstanz durch Schutz gegen UV-Strahlen, Verringerung von Temperaturschwankungen (Loh 2008; Eumorfopoulou & Kontoleon 2009; Castleton et al. 2010; Cheng et al. 2010; Wong et al. 2010; Kuttler 2011; Berardi et al. 2014; Cameron et al. 2014; Feng & Hewage 2014; Davis & Hirmer 2015; Heusinger & Weber 2015; Manso & Castro-Gomes 2015; Hoelscher et al. 2016)

Mikro- und Stadtklima

- Verbesserung des Mikro- und Stadtklimas, kühlende Wirkung durch Verschattung und Verdunstung

Weitere Effekte

Freiraumqualität

- Förderung der Freiraumqualität durch optische Aufwertung, Erweiterung der Gestaltungsoptionen und Schaffen von Aufenthaltsflächen ohne zusätzlichen Flächenverbrauch

Luftreinhaltung

- Erhöhung der Luftqualität durch Bindung und Filterung von Staub und Luftschadstoffen (Sempel et al. 2013)

Regenwassermanagement

- Verbesserung des Regenwassermanagements durch Erhöhung des Rückhalts und/oder Verzögerung des Abflusses und Verringerung des Risikos Starkregen-induzierter Überflutungen (Stovin et al. 2015; Brune et al. 2017; Riechel et al. 2017; Winker et al. 2019)

Wissensvermittlung

- Verbesserung des Verständnisses von (sozial-)ökologischen Zusammenhängen und Prozessen (Winker et al. 2019)

Gesundheitsförderliche Wirkung

- Verbesserung des physischen und psychischen Wohlbefindens (Reid et al. 2017; Winker et al. 2019)

Wertsteigerung der Immobilie

- Erhöhung des Immobilienwertes (Winker et al. 2019)

Einflussfaktoren auf die Wirkung

Art der Versiegelung

- Günstige thermische Wirkung ist größer
 - bei intensiver Dachbegrünung (im Vergleich zu extensiver Dachbegrünung) (Brune et al. 2017; Riechel et al. 2017; Winker et al. 2019)
 - bei Nutzung möglichst diverser Mischungen (im Vergleich zu Monokulturen) (Cook-Patton & Bauerle 2012)
 - beim Nachrüsten von nicht nach modernsten Energiesparstandards errichteten Bestandsgebäuden (Castleton et al. 2010)
- Günstige thermische Wirkung ist geringer
 - bei unvollständiger Vegetationsbedeckung bzw. freiliegendem Substrat (Speak et al. 2013)
 - bei Gebäuden, die nach modernsten Energiesparstandards gebaut sind (Castleton et al. 2010)
- Der isolierende Effekt ist umso stärker
 - je höher Bedeckungsgrad und Bewuchsdichte sind (Brune et al. 2017)
- Wasserrückhalt und Abflussverzögerung ist größer
 - mit zunehmender Substratdicke (Mentens et al. 2006)
 - mit ausgeprägter Drainageschicht (leitet Wasser auf langen Wegen) (Ansel et al. 2016)
 - bei höheren Temperaturen, da schnellere Regeneration der Retentionskapazität bei erhöhter Evaporation und Transpiration (Mentens et al. 2006; Stovin et al. 2012, 2015; Poë et al. 2015; Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin 2022)
 - bei Verwendung von höher wachsenden Pflanzen mit größerem Durchmesser, Pflanzenvolumen und ausgedehnterem Wurzelsystem durch stärkere Verdunstung und stärkerer Wasseraufnahme (Nagase & Dunnett 2012)
 - bei Verwendung von Gräsern als bei krautigen Pflanzenarten (Nagase & Dunnett 2012)
 - bei gleichmäßigen Niederschlagsmustern (Fang 2010; Ye et al. 2011)
- Wasserrückhalt und Abflussverzögerung ist geringer
 - mit steigendem Neigungswinkel (VanWoert et al. 2005; Villarreal & Bengtsson 2005)

Klimatische Bedingungen

- Kühlungseffekt ist größer
 - je trockener und wärmer das regionale Klima ist (Alexandri & Jones 2008)
 - wenn (v.a. in Hitzephasen) eine ausreichende Bewässerung sichergestellt ist (Köhler et al. 2003; Coutts et al. 2013; Kolokotsa et al. 2013; Bevilacqua et al. 2015)

Umfeld

- Kühlungseffekt ist größer
 - bei Blockbebauung als bei Zeilenbebauung oder im historischen Stadtkern (TUM 2017)
- Kühlungseffekt ist geringer
 - mit zunehmender Gebäudehöhe (Cheng et al. 2010; Ng et al. 2012)

Umsetzung

Bauliche Voraussetzungen

- Gesamtgewicht extensiver Leicht Gründächer: ca. 50 – 70 kg/m² (Paul Bauder GmbH & Co. KG 2021)
- Gesamtgewicht intensiv begrünter Dachgärten bis über 1.000 kg/m² (Paul Bauder GmbH & Co. KG 2021)
- Bei stärker geneigten Dächern sind zusätzlich technische Vorkehrungen zur Verhinderung von Erosion notwendig (VanWoert et al., 2005)

Herstellungskosten

- Herstellungskosten variieren nach Dachgröße, Dachneigung, Substratdicke:
- Extensive Dachbegrünung: 15 – 40 €/m² (Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB) 2010; Ansel et al. 2012; Pfoser et al. 2013)
- Intensive Dachbegrünung: ab 60 €/m² (Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB) 2010), ca. 5 €/m² je cm Substratdicke (Substratschüttung >15 cm) (Pfoser et al. 2013)

Pflege- und Wartung

- Extensive Dachbegrünung: geringer Aufwand mit zwei Kontrollgängen pro Jahr, gegebenenfalls Wässerung und Düngung (Riechel et al. 2017)
- Intensive Dachbegrünung: gärtnerische Pflege (Baum-/Strauchschnitt), Düngung, Wässerung, gegebenenfalls Mahd (Riechel et al. 2017)
- Extensive Dachbegrünung: 0,84 – 9,24 €/m², Mittelwert 2,52 €/m² pro Jahr (Riechel et al. 2017)
- Intensive Dachbegrünung: 6,05 – 10,08 €/m², Mittelwert 6,72 €/m² pro Jahr (Riechel et al. 2017)

Weiterführende Informationen

Umsetzungsinstrumente (Steinrücke, 2016)

- Bauleitplanung: Festsetzung von Anpflanzungen und Pflanzenbindungen für Einzelflächen oder Nutzungsart-Gebiete in B-Plänen (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB)
- Eingriffs-, Ausgleichsregelung: Anrechnung von Dachbegrünung als Eingriffsminderung
- Förderprogramme, Preisauslobungen
- Abwassergebührenordnung
- Beratung von Immobilieneigentümer*innen

Entscheidungshilfen, Planungsanleitungen, Pflegehinweise

- Kenndaten zur Bemessung (Substratdicke, Traglast) (Riechel et al. 2017)
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (2010): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung. Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung. Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung.
- Pflanzenlisten (BuGG-Fachinformation „Biodiversitätsgründach“)

Fachregeln

- FLL-Dachbegrünungsrichtlinie (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. (FLL) 2014, 2018b)
- Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH): Fachregeln für Dächer mit Abdichtungen (Flachdachrichtlinien)
- DIN EN 13948:2008-01, Deutsche Fassung EN 13948:2007
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL), Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e. V. (FBB), Bundesverband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e. V. (BGL), Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH): Hinweise zur Pflege und Wartung begrünter Dächer
- Für bestimmte Produktgruppen verschiedene Arten von Qualitätssicherungen (z. B. RAL, CE)
- Die zum jeweiligen Zeitpunkt für die Anlage von Dachbegrünungen geltenden Vorgaben, wie bspw. DIN-Vorschriften, sind gesondert zu recherchieren

Weiterführende Literatur

Ansel, W.; Baumgarten, H.; Dickhaut, W.; Kruse, E., Meier, R. (2011): Leitfaden Dachbegrünung für Kommunen - Nutzen - Fördermöglichkeiten – Praxisbeispiele, Nürtingen.

Bundesverband GebäudeGrün e. V. (BuGG) (2020): BuGG-Fachinformation „Biodiversitätsgründach“, Berlin. <https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Biodiversitaetsgruendach/BuGG-Fachinformation_Biodiversitaetsgruendach_03-2020_1.pdf>

Bundesverband GebäudeGrün e. V. (BuGG) (2019): BuGG-Fachinformation „Geeignete Gehölze für Dachbegrünung“, Berlin. https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-schlaglicht/BuGG-Fachinformation_Geeignete_Gehoelze_fuer_Dachbegruenungen_mit_Pflanzlisten.pdf

Bundesverband GebäudeGrün e. V. (BuGG) (2020): Grüne Innovation Dachbegrünung, Berlin. <https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Dachbegruenung/Dachbegruenung_Gruene_Innovation_09-2020.pdf>

Bundesverband GebäudeGrün e. V. (BuGG) (2004): Pflanzen zur extensiven Dachbegrünung – Hauptsortiment, Berlin. <https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Dachbegruenung/FBB-Hauptsortiment_Pflanzen_extensiv.pdf>

Schmauck, S. (2019): Dach- und Fassadenbegrünung - neue Lebensräume im Siedlungsbereich. Fakten, Argumente und Empfehlungen, Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), BfN Skripten 541, Bonn. <<https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript538.pdf>>

	<h2>2.2 Fassadenbegrünung im Quartier</h2>	
 <p>Fassadenbegrünung im Stadtgebiet von Leipzig Copyright: Katzschmann 2021</p>	<p>Boden- oder wandgebundene Begrünung einer Fassade mit oder ohne Kletterhilfe</p>	
	<p>Klimatisch besonders wirksam gegen</p>	
	<p>(Stark-) Regenbedingte Überschwemmung</p>	
	<p>Hitze</p>	

<p>Soweit nicht explizit spezifiziert, gelten die Einschätzungen für boden- und wandgebundene Fassadenbegrünungen.</p>
<p style="text-align: center;">Förderrichtlinienrelevante Effekte</p>
<p>Biodiversität</p> <p>Förderung der Biodiversität durch Schaffen möglichst unterschiedlicher Habitate</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Artendiversität: hoher positiver Effekt (Winker et al. 2019b), moderat positiver Effekt (erdgebundene Systeme) (Riechel et al. 2017; Winker et al. 2019) • Entwicklung der Artendiversität: hoher positiver Effekt (Winker et al. 2019) • Biodiversität: positiver Effekt (Loh 2008; Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB) 2011; Cameron et al. 2014; Manso & Castro-Gomes 2015) • Potentieller Lebensraum für seltene Arten: kein Effekt (Winker et al. 2019) • Habitatvielfalt: hoher positiver Effekt (Winker et al. 2019a)
<p>Energieeinsparung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energieeinsparung durch Wirkung als Wärmedämmung und Hitzeschild (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SENUVK) 2016; Riechel et al. 2017)
<p>Gebäudeerhaltung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhalt der Gebäudesubstanz durch Schutz gegen UV-Strahlen, Hagel, starke Temperaturschwankungen, Schadstoffe, Schmutz, Wasserentzug des Erdreichs (bei bodengebundener Begrünung) (Wong et al. 2010; Davis & Hirmer 2015)

<p>Mikro- und Stadtklima</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Mikro- und Stadtklimas durch Verschattung (bis zu 87% der Kühlwirkung durch Verschattung (Sieker et al. 2019a)) und Verdunstung (Kontoleon & Eumorfopoulou 2010; Wong et al. 2010; Mazzali et al. 2013; Hoelscher et al. 2016; Zölch et al. 2016; Riechel et al. 2017; Sieker et al. 2019; ThINK Jena & GMK GbR 2020)
<p style="text-align: center;">Weitere Effekte</p>
<p>Freiraumqualität</p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung der Freiraumqualität durch optische Aufwertung und Erweiterung der Gestaltungsoptionen für die Gebäudefassade (Riechel et al. 2017; Winker et al. 2019)
<p>Luftreinhaltung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Luftqualität durch Bindung und Filterung von Staub und Luftschadstoffen (Sempel et al. 2013; Winker et al. 2019)
<p>Regenwassermanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Regenwassermanagements durch Erhöhung des Rückhalts und / oder Verzögerung des Abflusses (Riechel et al. 2017; Winker et al. 2019)
<p>Wissensvermittlung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Verständnisses von (sozial-)ökologischen Zusammenhängen und Prozessen (Winker et al. 2019)
<p>Gesundheitsförderliche Wirkung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des physischen und psychischen Wohlbefindens (Winker et al. 2019)
<p>Wertsteigerung der Immobilie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung des Immobilienwertes (Winker et al. 2019)
<p style="text-align: center;">Einflussfaktoren auf die Wirkung</p>
<p>Art des Aufbaus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der isolierende Effekt ist umso stärker, je größer Bedeckungsgrad und Bewuchsdichte sind, d. h. die begrünten Wände heizen sich weniger stark auf, kühlen aber auch weniger schnell ab. (Hoelscher et al. 2016; Brune et al. 2017) • Die Erwärmung der Außenwände durch Sonneneinstrahlung im Winter ist größer bei der Verwendung sommergrüner Pflanzen. (Brune et al. 2017; Bundesverband GebäudeGrün e. V. 2018)

- Die Verwendung immergrüner Pflanzen verringert die Auskühlung der Außenwände im Winter. (Brune et al. 2017a; Bundesverband GebäudeGrün e. V. 2018)
- Eine Luftzirkulation zwischen Begrünung und Wand verstärkt die positiven Effekte. (Brune et al. 2017)
- Wandgebundene Fassadenbegrünungen werden in der Regel sofort und bodengebundene Fassadenbegrünungen nach etwa 3 – 5 Jahren mikroklimatisch wirksam. (Bundesverband GebäudeGrün e. V. 2018)

Klimatische Bedingungen

- Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit und solare Einstrahlung sind relevante Einflussfaktoren, da eine effektive Wirkung in Hitzephasen nur bei ausreichender Bewässerung möglich ist (Riechel et al. 2017)

Umfeld

- Kühlungseffekt ist größer
 - in verhältnismäßig schmalen Straßen (Alexandri & Jones 2008)
 - bei großflächiger Nutzung in geschlossenen Innenhöfen (Riechel et al. 2017)
 - in dichtbebauten Innenstadtbereichen (Žuvela-Aloise et al. 2016)
- Kühlungseffekt ist geringer
 - an Nordfassaden (Kontoleon & Eumorfopoulou 2010; Hoelscher et al. 2016; Brune et al. 2017)

Umsetzung

Bauliche Voraussetzungen

- Gerüstkletterpflanzen, wandgebundene Systeme: Vorgehängte, hinterlüftete Fassaden, wärmedämmte Vorsatzfassaden, holzbekleideten Fassaden, Trapezblechwände
- Selbstkletterer: Intakte Fassaden ohne Außendämmung (keine Risse, Spalten, offene Fugen)

Herstellungskosten

- Herstellungskosten variieren je nach konsultierter Quelle stark:
 - Bodengebundene Fassadenbegrünung mit Kletterhilfe: 100 – 300 €/m² (Bundesverband GebäudeGrün e. V. 2018)
 - Bodengebundene Fassadenbegrünung ohne Kletterhilfe: 15 – 35 €/m² (BBSR 2019)
 - Wandgebundene Fassadenbegrünung: ab 400 €/m² (Bundesverband GebäudeGrün e. V. 2018b), 400 – 2.000 €/m² (BBSR 2019), 398 – 3.460,80 €/m², Mittelwert 1.211,20 €/m² (Riechel et al. 2017)

Pflege- und Wartungskosten

- regelmäßige Pflegemaßnahmen im Jahresverlauf (je nach Art der Begrünung): Rückschnitt, Einflechten in Kletterhilfen, Freihalten von Gebäudeteilen, gegebenenfalls Düngung und Schädlingsbekämpfung (Riechel et al. 2017)
- Besonderer Anspruch an Düngung: besonders bei größeren/systemgebundenen Pflanzen automatisch und regelmäßig kontrolliert (Riechel et al. 2017)

- Besondere Ansprüche an Bewässerung: dauerhafte Bewässerung sicherstellen, im Winter außer Betrieb zu nehmen (Wurzelfäule, Frostsprengung) (Riechel et al. 2017)
- Zwei- bis dreimal pro Jahr fachliche Begehungen zur Erfassung von Schadorganismen (Riechel et al. 2017)
- Pflege- und Wartungskosten der wandgebundenen Fassadenbegrünung sind vergleichsweise hoch (Riechel et al. 2017).
- Bodengebundene Fassadenbegrünung: 5 – 70 €/m² pro Jahr (BBSR 2019), 16,80 – 33,60 €/m² pro Jahr, Mittelwert 25,20 €/m² pro Jahr (Riechel et al. 2017)
- Wandgebundene Fassadenbegrünungen: 8,40 – 184,80 €/m² pro Jahr (Riechel et al. 2017), Mittelwert 64,65 €/m² pro Jahr (Riechel et al. 2017)

Weiterführende Informationen

Umsetzungsinstrumente

- Bauleitplanung: Festsetzung von Anpflanzungen und Pflanzenbindungen für Einzelflächen oder Gebiete in B-Plänen (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB)
- Förderprogramme, Preisauslobungen
- Beratung von Immobilieneigentümer*innen

Entscheidungshilfen, Planungsanleitungen

- Entscheidungsparameter Systemwahl (Bundesverband GebäudeGrün e. V. 2018, S. 4-5)
- Planungs-Checkliste (Bundesverband GebäudeGrün e. V. 2018, S. 7)

Bewässerungsbedarf

- Unter normalen Bedingungen: 0,5 – 0,8 l/m² pro Tag (Riechel et al. 2017)
- An heißen Tagen: 2,5 l/m² pro Tag (Hoelscher et al. 2016)

Fachregeln

- Fassadenbegrünungsrichtlinien (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL), 2018a)
- DIN 1055-4 „Windlasten“, Anhang A (Windzonen), Anhang B (Geländekategorien)
- Zur Umsetzung von Fassadenbegrünungen existiert eine Vielzahl von DIN-Vorschriften. Die zum jeweiligen Zeitpunkt geltenden Vorgaben sind gesondert zu recherchieren.

Weiterführende Literatur

FBB (2011): Leitfaden Konstruktive und vegetationstechnische Entscheidungsparameter zur Fassadenbegrünung. <https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/buggschlaglicht/FBB-SchlagLicht_7_Leitfaden_Fassadenbegruenung.pdf>

Schmauck, S. (2019): „Dach- und Fassadenbegrünung – neue Lebensräume im Siedlungsbereich. Fakten, Argumente und Empfehlungen“ <<https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript538.pdf>>

	2.3 Naturnahe Gewässer in Quartieren	
		Anlage oder Wiederherstellung urbaner Oberflächengewässer, wie bspw. Flüsse, Bäche, Kanäle (Fließgewässer) und Seen oder Teiche (Stehgewässer) unter Einbeziehung der Uferbereiche
<p>Naturnaher Flusslauf im Quartier in Erfurt. Copyright: THINK</p>		Klimatisch besonders wirksam gegen (Stark-) Regenbedingte Überschwemmung Hitze Trockenheit

<p>Soweit nicht explizit spezifiziert, gelten die Einschätzungen für alle Formen naturnaher Gewässer.</p>
<p style="text-align: center;">Förderrichtlinienrelevante Effekte</p>
<p>Biodiversität</p> <p>Förderung der Biodiversität durch Schaffen unterschiedlicher Habitats für Tier- und Pflanzenarten (Andraczek et al. 2020)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Artendiversität: Wasserflächen – hoher positiver Effekt (Winker et al. 2019) • Entwicklung der Artendiversität: Wasserflächen – hoher positiver Effekt (Winker et al. 2019) • Potentieller Lebensraum für seltene Arten: kein Effekt (Winker et al. 2019) • Habitatsvielfalt: Wasserflächen - geringer positiver Effekt (Winker et al. 2019)
<p>Energieeinsparung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung des Kühlbedarfs durch Senkung der thermischen Last an Hitzetagen
<p>Gebäudeerhaltung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeschutz durch Hochwasserschutz (Hannover 2016)
<p>Mikro- und Stadtklima</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Mikro- und Stadtklimas durch Verdunstung und Konvektion (Wärmetausch bzw. -ausgleich) (Hathway & Sharples 2012; Schwarz et al. 2012; Völker et al. 2013; Alikhani et al. 2021)

Weitere Effekte

Freiraumqualität

- Förderung der Freiraumqualität durch optische Aufwertung und Erweiterung der Gestaltungsoptionen (Kaltenborn & Bjerke 2002; Asakawa et al. 2004; Pretty et al. 2005; Williams 2008; Barton & Pretty 2010; Winker et al. 2019)

Luftreinhaltung

- Erhöhung der Luftqualität durch Bindung und Filterung von Staub und Luftschadstoffen (Chazette & Liousse 2001; Latha & Badarinath 2005; Kuttler 2011; Winker et al. 2019)

Regenwassermanagement

- Verbesserung des Regenwassermanagements durch Erhöhung des Rückhalts und / oder Verzögerung des Abflusses (Winker et al. 2019)

Wissensvermittlung

- Verbesserung des Verständnisses von (sozial-)ökologischen Zusammenhängen und Prozessen (Winker et al. 2019)

Gesundheitsförderliche Wirkung

- Verbesserung des physischen und psychischen Wohlbefindens (Bird 2007; White et al. 2010; Braun & Shoeb 2011; Sun & Chen 2012; Kistemann & Völker 2014; Baumeister 2017)

Wertsteigerung der Immobilie

- Kein direkter Zusammenhang, jedoch Wertsteigerung des Wohnumfeldes (Boyer & Polasky 2004)

Einflussfaktoren auf die Wirkung

Gewässerspezifische Faktoren

- Kühlungseffekt ist größer
 - je größer der Wasserkörper ist, v.a. im Ufer- und Abwindbereich (See, Chongqing/CHN (Sun & Chen 2012; Theeuwes et al. 2013a; Li & Yu 2014)
 - je breiter Flüsse sind (ab 40 m Breite stabile und signifikante Abkühlungseffekte) (Fluss, Pe-king/CHN (Zhu et al. 2011))
 - bei Ausrichtung der Wasserfläche quer zur Hauptwindrichtung (Sun & Chen 2012; Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SENUVK) 2016)
 - für eine größere Fläche bei der Anlage einer Vielzahl kleiner Wasserflächen (Ø bis 10 m), die unter Berücksichtigung der Windströmungen über ein Gebiet verteilt sind, durch den „Oaseneffekt“ (Sun & Chen 2012; Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und

Klimaschutz (SENUVK) 2016), der absolute Kühlungseffekt eines einzelnen großen Wasserkörpers ist dennoch für dessen direkte Umgebung und den Abwindbereich stärker als der durch zahlreiche, im Gesamtvolumen ähnlich große gleichmäßig verteilte kleine Wasserkörper (Theeuwes et al. 2013)

- bei geringeren Wassertemperaturen (See, Wien/AUT (Žuvela-Aloise et al. 2016))

bei geometrisch geformten Wasserkörpern (bspw. rund, eckig) als bei unregelmäßig geformten Wasserkörpern (Sun & Chen 2012)

Klimatische Bedingungen

- Kühlungseffekt ist größer
 - im Frühsommer (Mai, Juni) am Morgen (Fluss, Sheffield/UK (Hathway & Sharples 2012))
 - bei höherer Lufttemperatur (Hathway & Sharples 2012)
 - je trockener die Luft oberhalb des Gewässers ist (stärkere Verdunstung) (Oke 1987)
 - bei geringen Windgeschwindigkeiten, da geringere atmosphärische Luftvermischung (Murakawa et al. 1991; Theeuwes et al. 2013)
- (Gefühlter) Kühlungseffekt ist geringer
 - je höher die Luftfeuchtigkeit ist (Theeuwes et al. 2013)
- Kühlungseffekt ist negativ
 - am Abend und nachts (offenes Gewässer, Rotterdam/NL (Steenefeld et al. 2014))
 - im Spätsommer und nachts, wenn Lufttemperatur < Wassertemperatur (See in idealisierter europäischer Stadt (Theeuwes et al. 2013))

Umfeld

- Kühlungseffekt ist größer
 - wenn der Zugang zum Gewässer gewährleistet ist
 - in Ufernähe (größte Wirkung in 10 - 20 m Entfernung von der Uferkante (See, Shanghai/CHN (Xu et al. 2010))
 - je stärker die Vegetation am Flussufer ausgeprägt ist (Hathway & Sharples 2012)
 - je breiter ein Fluss ist (Fluss, stabile und signifikante Effekte ab 40 m Breite, Peking/CHN (Zhu et al. 2011), Fluss, Hiroshima/JPN (Murakawa et al. 1991))
 - je größer der Temperaturunterschied zur bebauten Umgebung ist (Sun & Chen 2012; Theeuwes et al. 2013)
 - je höher der Anteil bebauter Fläche bzw. je höher die Bebauungsdichte im direkt an den Wasserkörper angrenzenden Gebiet ist (v.a. Seen, Peking/CHN (Sun & Chen 2012))
 - bei Verschattung durch Bäume (Robitu et al. 2006; Li et al. 2011; Hathway & Sharples 2012), wenn diese aufgrund von fehlender Windzirkulation nicht dazu führen, dass feuchte Luft unter deren Kronen am Gewässerrand „gefangen“ wird (Gunawardena et al. 2017)
 - bei Wasservernebelung durch Fontänen (See, Osaka/JPN (Nishimura et al. 1998))
- Kühlungseffekt breitet sich besser aus
 - bei weniger dichter Bebauung am Flussufer (Fluss, Hiroshima/JPN (Murakawa et al. 1991))

<ul style="list-style-type: none"> • bei breiteren Straßen, die zum Flussufer führen (Fluss, Hiroshima/JPN (Murakawa et al. 1991)) • wenn es begrünte Öffnungen vom Wasserkörper in die bebaute Umgebung gibt (bspw. in Form von Straßen oder Wegen) (Hathway & Sharples 2012) • bei höherer Oberflächenrauheit der innerstädtischen Bebauung, weil dadurch die Durchströmung und damit der Abtransport erwärmter Luft begünstigt wird (Gunawardena et al. 2017) • Kühlungseffekt breitet sich weniger gut aus <ul style="list-style-type: none"> • wenn der Durchmesser des Wasserkörpers weniger als dreimal so groß ist wie die Höhe der ihn umgebenden „Ausbreitungshindernisse“ wie bspw. Bäume und Gebäude (Gunawardena et al. 2017) • Kühlungseffekt ist negativ <ul style="list-style-type: none"> • nachts bei geringer Bebauungsdichte des Umfelds und niedrigen Windgeschwindigkeiten (Žuvela-Aloise et al. 2016) • nachts bei hohen Windgeschwindigkeiten (unabhängig von Bebauungsdichte des Umfelds) (Žuvela-Aloise et al. 2016)
Umsetzung
<p>Bauliche Voraussetzungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aspekte sind fallspezifisch, daher Prüfung im Einzelfall nötig.
<p>Herstellungskosten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kosten sind grundsätzlich recht hoch, hängen jedoch vom Einzelfall ab, daher ist keine Angabe von Beispielkosten möglich.
<p>Pflege- und Wartungskosten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Kosten sind extrem einzelfallspezifisch, jedoch vergleichsweise hoch, wenn Gesundheitsaspekte eine Rolle spielen.
Weiterführende Informationen
<p>Umsetzungsinstrumente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Darstellung von Wasserflächen im Flächennutzungsplan (nach § 5 (2) Nr. 7 BauGB) • Festsetzung von Wasserflächen im Bebauungsplan (nach 9 (1) Nr. 16a BauGB) • Festsetzung von Bindungen für den Erhalt von Gewässern im Bebauungsplan (nach 9 (1) Nr. 25b BauGB) <p>Gestaltungsrichtlinien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Städtebauliche Verträge

	<h2>2.4 Baumpflanzungen in Quartieren</h2>	
 <p>Straßenbäume Stadtzentrum Magdeburg Foto: ThINK</p>	<p>Pflanzung von gebietseigenen und standort- / klimaangepassten Baumarten</p> <hr/> <p>Klimatisch besonders wirksam gegen</p> <p>Hitze</p> <hr/> <p>Trockenheit</p>	

Soweit nicht explizit spezifiziert, gelten die Einschätzungen für alle Baumarten.

Förderrichtlinienrelevante Effekte

Biodiversität

Schaffen unterschiedlicher Habitats für Tier- und Pflanzenarten

- Erhöhung der Anzahl von Bäumen in einem Siedlungsraum um 20% (v.a. in Mischkulturen) führt zur Zunahme der Vogelarten um 3% (Fontana 2008)
- Faunistisch wertvollste Gehölzgattungen: Eiche (Quercus), Linde (Tilia), verschiedene Rosengewächsgattungen (Prunus, Malus, Pyrus, Sorbus, Crataegus), Weide (Salix), Ahorn (Acer), Pappel (Populus), Buche (Fagus), Erle (Alnus) sowie unter den Nadelbäumen v.a. die Gattungen Pinus, Picea, Abies und Larix (Lang et al. 2018)
- Maximale Anzahl von Insektenarten pro Baumart: Weide ca. 450, Eiche 420-500, Birke 330, Pappel 190, Föhre 170, Hasel 120, Esche 70, Linde 60-200, Rosskastanie 20 (Southwood 1961; Kennedy & Southwood 1984; Brändle & Brandl 2001)

Energieeinsparung

Einsatz von Bäumen zur Fassadenverschattung kann bei fachgerechter Planung des sommerlichen Wärmeschutzes eine Reduktion von Treibhausgasemissionen gegenüber dem Einsatz einer Kühlung mit nicht erneuerbarem Strom ermöglichen (in Abhängigkeit der Energieerzeugung für Heizen), allerdings kann Fassadenverschattung auch den Wärmebedarf erhöhen, da weniger passiv-solare Wärme erzeugt wird.

Gebäudeerhaltung

- Kein Zusammenhang (bei ausreichend Abstand zum Gebäude)

<p>Mikro- und Stadtklima</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Mikro- und Stadtklimas durch Verschattung und Verdunstung (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SENUVK) 2016; Zölch et al. 2016; TUM 2017; Saha 2019; ThINK Jena & GMK GbR 2020)
<p style="text-align: center;">Weitere Effekte</p>
<p>Freiraumqualität</p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung der Freiraumqualität durch Erweiterung der Gestaltungsoptionen (Winker et al. 2019)
<p>Luftreinhaltung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Luftqualität durch Bindung und Filterung von Staub und Luftschadstoffen (Bernatzky 1966; Buff 1986; Nowak et al. 2006; Escobedo & Nowak 2009; Aevermann & Schmude 2015; Duthweiler et al. 2017; Hinghofer-Szalkay 2019; Wollner 2019)
<p>Regenwassermanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Regenwassermanagements durch Erhöhung des Rückhalts und Verzögerung des Abflusses (Aevermann & Schmude 2015; Winker et al. 2019; Dickhaut et al. o. J.)
<p>Wissensvermittlung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Verständnisses von (sozial-)ökologischen Zusammenhängen und Prozessen (Winker et al. 2019)
<p>Gesundheitsförderliche Wirkung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des physischen und psychischen Wohlbefindens (Reid et al. 2017; Winker et al. 2019)
<p>Wertsteigerung der Immobilie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kein direkter Zusammenhang, jedoch u. U. Wertsteigerung des Wohnumfeldes
<p style="text-align: center;">Einflussfaktoren auf Wirkung</p>
<p>Baumspezifische Faktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klimaschutzeffekt ist größer <ul style="list-style-type: none"> • bei Laubbäumen, da Nadelbäume i.d.R. erheblich weniger CO₂ umwandeln (Buche ca. 40 % mehr als Fichte) (Klein & Schulz 2011) • Kühlungseffekt ist größer

- bei Bäumen mit hohen Transpirationsraten, wie bspw. der Winterlinde (*Tilia cordata*) (Diese Bäume sind jedoch anfälliger für Trockenstress.) (Saha 2019)
- bei Laubbäumen als bei Nadelbäumen, da sie im Sommer eine höhere Verdunstungsleistung haben (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
- Biodiversität ist höher
 - je größer die Anzahl und das Volumen der Äste ist (Schwarzenbach 2014)
 - je dicker der Stamm und größer die Oberfläche ist (Schwarzenbach 2014)
 - je älter der Baum ist (100-jährige Eiche 4.000 m³ Kronenvolumen, 10-jährige Eiche 40 m³ Kronenvolumen, d. h. einhundert 10-jährige Eichen wirken ähnlich wie eine 100-jährige Eiche) (Gloor 2015)
 - wenn Höhlen und Risse als Unterschlüpfe und Aufzuchtorte vorhanden sind (Schwarzenbach 2014)
 - je gröber die Borke ist (Schwarzenbach 2014)
 - wenn auch tote Äste im Baum verbleiben (Schwarzenbach 2014)
 - bei Wildformen als bei Zuchtformen einer Baumart (Gloor & Göldi Hofbauer 2018)

Klimatische Bedingungen

- Kühlungseffekt ist größer
 - während Hitzeperioden bei ausreichend mit Wasser versorgten Bäumen (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)

Umfeld

- Kühlungseffekt ist größer
 - an sonnenexponierten Standorten, wie bspw. vor nach Osten oder Süden ausgerichteten Fassaden (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
 - in beengten Räumen bei Bepflanzung der Straßennordseiten mit Bäumen durch Verschattung der stark besonnten Bereiche (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
 - bei einzelnstehenden Bäumen im Vergleich zu Baumgruppen (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
 - bei Bäumen mit größerem Wurzelraum, da dies die Verdunstungsleistung erhöht (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
 - bei der offenen Gestaltung der baumbestandenen Ränder von Grünflächen durch Aufastung bzw. Vermeidung von Verbuschung zur Optimierung des Luftaustauschs (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
- Kühlungseffekt ist geringer
 - im Winter bei der Verwendung von Laubbäumen, da die passive Nutzung der Solarstrahlung so gewährleistet bleibt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
- Klimaschutzeffekt ist größer
 - bei Solitärbäumen, da sie größere Kohlenstoffspeicher sind als in Gruppen stehende Bäume, weil ihre Krone, Äste und Wurzeln i.d.R. mehr Raum einnehmen können
- Kohlenstoffbindung ist stärker

<ul style="list-style-type: none"> • bei Parkbäumen (Reliktbäumen) als bei Straßenbäumen, hier wirken Faktoren wie Alter, Zustand, Wurzelraum und Standortbedingungen mit • Biodiversität ist höher (Gloor & Göldi Hofbauer 2018): <ul style="list-style-type: none"> • wenn reiches Blütenangebot in der Umgebung vorhanden ist • in Mischkulturen • wenn die direkte Umgebung des Baums, bspw. die Baumscheibe oder angrenzende Grünstreifen, naturnah bewirtschaftet wird
<p>Umsetzung</p>
<p>Bauliche Voraussetzungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindestgröße des Wurzelraums (ca. 15 m Baumhöhe): • Kleiner Baum 12 m³, Eiche 80 m³, Buche 100 m³, Linde 150 m³ (FLL 2010, 2015; Saha 2019)
<p>Herstellungskosten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baumpflanzungen in städtischen Gebieten ca. 1.200 € pro Baum (Berlin, inkl. 3 Jahre Pflegekosten (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)) bis 2.000 € pro Baum (Deutschland, (Saha 2019)) • Gehölzkosten (Anschaffungskosten abzüglich Rabatt, Pflanzkosten inkl. aller Nebenkosten) bei Pflanzung mit normalem Planungs- und Kostenaufwand ca. 1.500 € pro Baum (Leipzig, z. B. Nutzung bestehender Baumscheibe/Grünstreifen (Stadt Leipzig 2019)) • Gehölzkosten (Anschaffungskosten abzüglich Rabatt, Pflanzkosten inkl. aller Nebenkosten) bei Pflanzung mit erhöhtem Planungs- und Kostenaufwand ca. 4.500 € pro Baum (Leipzig, z. B. Herstellung Baumstandort, Standortverbesserung, ggf. Verlegung von Versorgungsleitungen (Stadt Leipzig 2019))
<p>Pflege- und Wartungskosten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontrollen zum Erhalt der Verkehrssicherheit (ca. 1 Arbeitskraft pro 10.000 Bäume pro Jahr (Stadt Leipzig 2019)) • Sicherstellung angemessener Düngung und Wässerung (Stadt Leipzig 2019) • Gegebenenfalls Baumumfeldverbesserung (Entsiegelung, Bodenlockerung, Bodenaustausch, Belüftungs- und Bewässerungseinrichtungen) (Stadt Leipzig 2019) • Maßnahmen zur Wundbehandlung und Schadensbehebung an Stamm und Wurzel • Baumpflege für 3 Jahre während der Anwachsphase ca. 240 € pro Baum (Stadt Leipzig 2019) • Baumpflege für 15 Jahre während der Herstellungsphase ca. 1.200 € pro Baum (Stadt Leipzig 2019; FLL 2021)
<p>Weiterführende Informationen</p>
<p>Umsetzungsinstrumente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Möglichkeit der Festsetzungen von Anpflanzungen und Pflanzenbindungen für Einzelflächen oder Gebiete in B-Plänen (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB) (Steinrücke 2016)

- Festsetzung der Sicherstellung von Bereichen mit Bodenanschluss bspw. beim Bau von Tiefgaragen oder der Unterkellerung von Gebäuden, um Pflanzung von Großbäumen zu ermöglichen (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
- Gestaltungsrichtlinien (Steinrücke 2016)
- Bereitstellung kommentierter Baumartenliste und von Best Practice Beispielen (Gloor 2015)
- Stadt- und Straßenbaumkonzepte

Entscheidungshilfen, Planungsanleitungen

- In Planungsphase Verwendung von digitalen Werkzeugen zur Ermittlung des Schattenwurfs im Tagesverlaufs zu empfehlen, wie bspw. <https://www.sonnenverlauf.de> (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
- Informationen zu hitze- und trockenheitsresistenten Baumarten allgemein (GALK 2015) und für Jena (Stadt Jena 2016)
- Planungshilfen von Baumschulen; empfehlen bspw. stark pumpende und entsprechend viel verdunstende Laubbaumarten, um Verdunstungsleistung zu optimieren. (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
- Bei Platzmangel Pflanzung von Bäumen mit säulenartigem Wuchs (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)

Bewässerungsbedarf (bei starker Trockenheit)

- Bewässerungsbedarf ist standort- und baumartspezifisch zu ermitteln. Bsp.: Bewässerungsbedarf besteht für eine Winterlinde, wenn die Bodenfeuchte eines mittel lehmigen Sandbodens SI3 in einer Tiefe von 85 cm unter 30 % der nutzbaren Feldkapazität (nFK) fällt. Schon ab einer nFK von 50 % besteht eine Mangelversorgung. (Pflanzenschutzamt Berlin 2020)
- Große Laubbäume: täglich bis zu 400 l Wasser (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie 2020)
- Junge Bäume (< 10 Jahre): im Bodenbereich unter der Krone wöchentlich 75-150 l Wasser (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie 2020)
- Auskunft zu Fragen der Bewässerung von Straßenbäumen gibt bspw. die Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau des Landes Sachsen-Anhalt (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie 2020)

Fachregeln

- Zur Umsetzung der Baumpflanzungen existiert eine Vielzahl von DIN-Vorschriften. Die zum jeweiligen Zeitpunkt geltenden Vorgaben sind gesondert zu recherchieren.
- Eine umfassende Darstellung relevanter Regelwerke mit Stand 2019 findet sich in (Stadt Leipzig 2019).
- Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 1 & 2, 2015/2010, FLL
- ZTV-Baumpfleger – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Baumpfleger, 2017 (Broschüre), FLL
- Baumkontrollrichtlinien – Richtlinien für Baumkontrollen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit, 2020 (Broschüre), FLL



2.5 Gleis- und Seitenstreifenbegrünung im Quartier



Rasengleise in Gera
Foto: ThINK

Gebäudeunabhängige Begrünung von Elementen und Infrastrukturen, wie bspw. Gleisbettbegrünung, Begrünung von Schallschutzwänden, freistehende und ggf. mobile grüne Räume und Wände

Klimatisch besonders wirksam gegen

(Stark)regenbedingte Überschwemmung

Hitze

Trockenheit

Soweit nicht explizit spezifiziert, gelten die Einschätzungen für alle Formen gebäudeunabhängiger Begrünung.

Förderrichtlinienrelevante Effekte

Biodiversität

Schaffung möglichst unterschiedlicher Habitate

- Artendiversität: hoher positiver Effekt (Winker et al. 2019)
- Entwicklung der Artendiversität: hoher positiver Effekt (Winker et al. 2019)
- Potentieller Lebensraum für seltene Arten: kein Effekt (Winker et al. 2019)
- Habitatsvielfalt: hoher positiver Effekt (Winker et al. 2019)

Energieeinsparung

- Reduzierung des Kühlbedarfs durch Senkung der thermischen Last
- Nutzung des Grün- und Strauchschnitts oder Landschaftspflegematerials zur Energiegewinnung (Biomassekraftwerk, Hackschnitzel, Laub-/Grünschnittbriketts)

Gebäudeerhaltung

- Kein direkter Zusammenhang

Mikro- und Stadtklima

- Verbesserung des Mikro- und Stadtklimas durch Verschattung und Verdunstung sowie geringere Wärmespeicherkapazität als Beton, Asphalt oder Schotter (Siegl et al. 2010; Winker et al. 2019; ThINK Jena & GMK GbR 2020; Schreiter & Kappis 2022)

Weitere Effekte
<p>Freiraumqualität</p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung der Freiraumqualität durch optische Aufwertung und Erweiterung der Gestaltungsoptionen (Winker et al. 2019)
<p>Luftreinhaltung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Luftqualität durch Bindung und Filterung von Staub und Luftschadstoffen (Kappis et al. 2014; Aevermann & Schmude 2015; Winker et al. 2019)
<p>Regenwasser-Management</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Regenwasser-Managements durch Erhöhung des Rückhalts und / oder Verzögerung des Abflusses sowie Verdunstung des gespeicherten Niederschlagswassers (Siegl et al. 2010; Universität Oldenburg 2013; Kappis et al. 2014; Aevermann & Schmude 2015; Winker et al. 2019)
<p>Wissensvermittlung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Verständnisses von (sozial-)ökologischen Zusammenhängen und Prozessen (Kappis et al. 2014; Winker et al. 2019)
<p>Gesundheitsförderliche Wirkung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des physischen und psychischen Wohlbefindens (Kappis et al. 2014; Winker et al. 2019)
<p>Wertsteigerung der Immobilie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kein direkter Zusammenhang, jedoch u. U. Wertsteigerung des Wohnumfeldes
Einflussfaktoren auf Wirkung
<p>Aufbau der Begrünung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kühlungseffekt ist größer <ul style="list-style-type: none"> • je höher die Vegetationsschicht und damit deren Wasserspeicherfähigkeit ist, d. h. ist größer bei Rasengleisen als bei Sedumgleisen (Kappis et al. 2014) • Bindung des Feinstaubes durch grüne Gleise ist größer <ul style="list-style-type: none"> • je höher der Deckungsgrad der Vegetation mit hoher Depositionsoberfläche und ungleichmäßigen Bestandshöhen (Kappis et al. 2014) • Lärminderung durch grüne Gleise ist größer <ul style="list-style-type: none"> • je höher die Vegetationssysteme liegen, d. h. je mehr der Schienenkopf eingebettet ist (Kappis et al. 2014)

- je höher Deckungsgrad, Bestandsdichte und Wassergehalt der Vegetation sind (Kappis et al. 2014)

Klimatische Bedingungen

- Kühlungseffekt ist größer
 - in den Sommermonaten, da zu dieser Zeit die größten Mengen Niederschlagswasser zurückgehalten und verdunstet werden (Henze et al. 2003) während Hitzeperioden bei ausreichend mit Wasser versorgter niedriger und mittlerer Vegetation (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
 - Wiesen und offene Rasenflächen kühlen vorrangig nachts (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
 - Stauden, Sträucher und Hecken verdunsten und kühlen vorrangig am Tag und bei Sonnenschein (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)
- Wasserrückhalt ist größer
 - in den Sommermonaten, da zu dieser Zeit ca. 90% der saisonalen Niederschlagsmenge zurückgehalten und schnell wieder verdunstet werden können, was wiederum das Wasserspeichervermögen des Vegetationssystems rasch regeneriert (Henze et al. 2003)

Umfeld

- Kühlungseffekt ist geringer
 - bei Pflanzung von Hecken, dichten Gehölze, Sträuchern am Rand von Grünflächen (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2016)

Umsetzung

Bauliche Voraussetzungen

- Die konkreten baulichen Voraussetzungen sind für die spezifische Form der nicht-gebäudebezogenen Begrünung gesondert zu recherchieren.

Herstellungskosten

- Die konkreten Herstellungskosten variieren zwischen den verschiedenen Formen der nicht-gebäudebezogenen Begrünung stark. Sie sind für die spezifische Form der Begrünung gesondert zu recherchieren.

Pflege- und Wartungskosten

- Die konkreten Pflege- und Wartungsansprüche variieren zwischen den verschiedenen Formen der nicht-gebäudebezogenen Begrünung stark. Sie sind für die spezifische Form der Begrünung gesondert zu recherchieren.
- Grüne Gleise: Verringerung des Instandhaltungsaufwands und des Reinigungsaufwands im Vergleich zu Schottergleisen (Schreiter & Kappis 2022)

Weiterführende Informationen

Umsetzungsinstrumente

- Anerkennung grüner Gleise als Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahme bzw. Verzicht auf Ausgleichsmaßnahmen bei Einrichtung von grünen Gleisen (Schreiter & Kappis 2022)

Entscheidungshilfen, Planungsanleitungen, Pflegehinweise

- Gleisbegrünung: Handbuch Gleisbegrünung (Kappis et al. 2014)
- Praxishandbuch naturnahe Pflege (Brack et al. 2018)

Bewässerungsbedarf

- Mischpflanzung Rasen- und Staudenfläche (Unterfranken): 200 - 300 mm/m²/Jahr (Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau 2011)

Fachregeln

- Zur Umsetzung nicht-gebäudebezogener Begrünungen existiert eine Vielzahl von DIN-Vorschriften. Die zum jeweiligen Zeitpunkt geltenden Vorgaben sind gesondert zu recherchieren..

3 Rechtliche Instrumente

3.1 Bebauungspläne

Bebauungspläne für Neubaugebiete	
Art der Festsetzung	Ziele der Festsetzung
Form und Stellung der Baukörper	Durchlüftung, Verbindung zu Kaltluftgebieten, Besonnung und sommerliche Verschattung, Oberflächenmaterial und -farbe
Begrünung der Baukörper	Dachbegrünung, Fassadenbegrünung
Flächen für den ruhenden Verkehr (Stellplätze)	geringe Zahl bei hoher Zentralität und guter ÖPNV-Erreichbarkeit, möglichst oberirdisch und mit Verschattung, helle und versickerungsfähige Beläge
Fläche für öffentliches Grün	Flächenumfang, Grünfunktion, Erholungsfunktion, Bäume
Fläche für privates Grün	Bäume, Beläge, Vorgartengestaltung
Flächen der Regenwasserbewirtschaftung	Regenwasserversickerung, -rückhalt und -speicherung, Bewässerung

Bebauungspläne für Bestandsgebiete	
Wirksamkeit erst, wenn Gebäudeeigentümer*innen Umbauten oder Sanierungen vornehmen.	
Art der Festsetzung	Ziele der Festsetzung
Begrünung der Baukörper	Dachbegrünung in besonders hitzebelasteten Gebieten
Nicht überbaute private Flächen	Verschattung von Stellplätzen, helle und versickerungsfähige Beläge in besonders hitzebelasteten Gebieten
Fläche für öffentliches Grün	zusätzliches öffentliches Grün in grünunterversorgten Gebieten

Bebauungspläne für die Nachverdichtung von Bestandsgebieten	
Art der Festsetzung	Ziele der Festsetzung
Form und Stellung der Baukörper	Durchlüftung, Verbindung zu Kaltluftgebieten, Besonnung und sommerliche Verschattung, Oberflächenmaterial und -farbe
Gebote für Begrünung und Baumpflanzgebote	Kompensation verlorenen Grüns und zu fällender Bäume Kompensation der Belastungen durch Tiefgaragen
Flächen für öffentliches Grün	Berücksichtigung des zusätzlichen Bedarfs an öffentlichen Grünflächen

Bebauungspläne für grün-blaue Infrastrukturen	
Art der Festsetzung	Ziele der Festsetzung
Flächen für die Regenwasserbewirtschaftung	Anlage von Mulden und Rigolen für die Versickerung, Anlage von Rückhaltebecken und Zisternen zur Speicherung und zur Bewässerung
Baufläche für Parken mit Gebot für Begrünung	Errichtung von Quartiersparkhäusern mit Begrünung und Einbindung in die Regenwasserbewirtschaftung
Gewässerfläche, Grünfläche für Uferbereiche	Flächen für den Rückbau der Überbauung bzw. Einengung von natürlichen Gewässern

Bebauungspläne mit integriertem Grünordnungsplan und Ausgleichsbebauungspläne	
Art der Festlegung	Ziele der Festlegung
Grünfläche mit dem Gebot biodiversitätssteigernder Maßnahmen	ökologisch gleichwertiger Ausgleich von Eingriffen in Natur und Landschaft innerhalb des Bebauungsplangebietes, in dem der Eingriff geplant ist
Grünfläche mit dem Gebot biodiversitätssteigernder Maßnahmen	ökologisch gleichwertiger Ausgleich von Eingriffen in Natur und Landschaft außerhalb des Bebauungsplangebietes, in dem der Eingriff geplant ist Verbesserung der Biodiversität in dem Gebiet des Bebauungsplans bzw. des Quartiers

3.2 Satzungen

Erschließungsbeitragssatzung für Neubaugebiete	
Art der Festlegung	Ziele der Festlegung
Umlagefähige Herstellungskosten von ...	
... Verkehrsflächen (Straßen, Wege, Plätze, Parkflächen) für den KFZ-, Fuß- und Radverkehr in einer maximalen Breite bzw. Größe in Abhängigkeit vom erschlossenen Baugebiet	Niedriger asphaltierter Verkehrsflächenanteil
... Grünstreifen entlang von Verkehrswegen in einer maximalen Breite	Aufnahmefähigkeit von Mulden für die Regenwasserentwässerung
... Grünanlagen mit Ausnahme von Kinderspielplätzen in einer maximalen Größe in Abhängigkeit von den erschlossenen Grundstücksflächen (z. B. 15 %)	Ausreichender Grünflächenanteil

Entwässerungssatzung	
Art der Festlegung	Optionen / Ziele der Festlegung
Betrieb einer öffentlichen Entwässerungseinrichtung (Mischwasserkanäle, Schmutzwasserkanäle, Regenwasserkanäle, Sonderbauwerke: z. B. Schächte, Regenbecken, Pumpwerke, Regenüberläufe, sowie Kläranlagen)	Trennung des Regenwassers vom Schmutzwasserkanalsystem
Anschluss- und Benutzungsrecht der Entwässerungseinrichtung von Grundstücken mit Kanalanschluss, Anschluss- und Benutzungszwang der Entwässerungseinrichtung, Befreiungen vom Anschluss- und Benutzungszwang	

Beitrags- und Gebührensatzung zur Entwässerungssatzung	
Art der Festlegung	Optionen/Ziele der Festlegung
Beitrag zur Deckung des Aufwands für die Herstellung der Entwässerungseinrichtung mit Orientierung an die Grundstücksfläche und die Geschossfläche, kein Beitrag für Grundstücksflächen, von denen kein Abwasser bzw. Niederschlagswasser eingeleitet wird, Erstattung des Aufwands für die Herstellung und Einrichtung der Grundstücksanschlüsse	Mehr Regenwassernutzung, -speicherung und -versickerung auf privaten Grundstücken

Beitrags- und Gebührensatzung zur Entwässerungssatzung	
Art der Festlegung	Optionen/Ziele der Festlegung
Gebühren der Niederschlagswasserbeseitigung mit Orientierung an den Abflussbeiwerten der Teilflächen eines Grundstücks (Grad der Versiegelung) mit Gebührenminderung für Grundstücke mit Regenwasserzisternen, keine Gebühr für Grundstücke, von denen kein Niederschlagswasser eingeleitet wird	Mehr Regenwassernutzung, -speicherung und -versickerung auf privaten Grundstücken
Gebühren der Schmutzwasserbeseitigung mit Orientierung an die Wasserentnahme abzüglich verbrauchter und zurückgehaltener Wassermenge	Mehr Grauwassernutzung

Baumschutzsatzung	
Art der Festlegung	Optionen/Ziele der Festlegung
Schutzstatus von Laubbäumen und Nadelbäumen mit einem bestimmten Stammumfang sowie von Hecken in einem definierten Umfang, ausgenommen z. B. Obstbäume und Baumschul-Bäume	Hoher Anteil geschützter Bäume und Hecken
Pflege- und Erhaltungspflicht der Bäume und Hecken durch den Grundstückseigentümer*innen bzw. -nutzer*innen, Ausnahmen und Befreiungen von der Pflege- und Erhaltungspflicht	Erhalt von vorhandenen Bäumen und Hecken
Verpflichtung zur Ersatzpflanzung für entfernte Bäume, Ausgleichzahlung für nicht durchführbare Ersatzpflanzungen	Beachtung der ökologischen Gleichwertigkeit des Ersatzes

Kostensatzung für naturschutzrechtliche Ausgleichsmaßnahmen	
Art der Festlegung	Optionen/Ziele der Festlegung
Erstattungspflicht der Kosten für die von der Kommune ausgeführten Maßnahmen, Ablöseregulierung für Grundeigentümer*innen	Sicherung der Finanzierung von Ausgleichsmaßnahmen
Definition der Kosten (Flächenerwerb, Planung, erstmalige Herstellung der Ausgleichsmaßnahmen, Pflege), Verteilung der zu erstattenden Kosten auf die baureif gewordenen Grundstücke	z. B. Nutzen von Ausgleichsmaßnahmen bei der Nachverdichtung

3.3 Neue Satzung (Empfehlung)

Grün-Gestaltungssatzung	
Art der Festlegung	Optionen / Ziele der Festlegung
Gestaltung von Vorgärten	z. B. keine Schotterflächen
Gestaltung von Einfriedungen (maximale Höhe, Vorzug von Hecken, Gitterlösungen)	Mehr Hecken aus einheimischen Pflanzen als Einfriedung
Gestaltung von Gründächern und Fassadengrün (Pflege)	Integration in das Orts- und Stadtbild, mehr Akzeptanz

Bewässerungssatzung	
Art der Festlegung	Optionen/Ziele der Festlegung
Betrieb einer öffentlichen Bewässerungseinrichtung	Aufbau eines Bewässerungssystems zur Pflege öffentlichen und privaten Grüns mit Regenwasserzisternen und Bewässerungsanlagen
Anschluss- und Benutzungszwang der Bewässerungseinrichtung sowie Befreiungen hiervon, Erstattung der Kosten durch die Grundstückseigentümer*innen, denen die Bewässerung zu Gute kommt	Verteilung des gespeicherten Regenwassers zur Bewässerung

Literaturverzeichnis

- Aevermann T. & J. Schmude (2015): Quantification and monetary valuation of urban ecosystem services in Munich, Germany. *Z. Für Wirtsch.* 59 (3): 188–200. DOI: 10.1515/zfw-2015-0304.
- Alexandri E. & P. Jones (2008): Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Build. Environ.* 43 (4): 480–493. DOI: 10.1016/j.buildenv.2006.10.055.
- Alikhani S., P. Nummi & A. Ojala (2021): Urban Wetlands: A Review on Ecological and Cultural Values. *Water* 13 (22): 3301. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. DOI: 10.3390/w13223301.
- Andraczek I., J. Hampel & U. Kettner (2020): Fließgewässerrenaturierung im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen.
- Ansel W., R. Appl, F. Betzler, G. Mann, M. Ottelé & S. Wünschmann (2012): Handbuch Bauwerksbegrünung: Planung - Konstruktion - Ausführung. Müller, Köln.
- Ansel W., J. Zeidler, T. Esch, H. Bornholdt, A. Schmid, H. Wahle, B. Reichmann, H. Müller, B. Eisenberg, F. Ludwig & D. Schönle (2016): Kommunale Gründach-Strategien Inventarisierung, Potentialanalyse, Praxisbeispiele. Deutscher Dachgärtner Verband e. V. (DDV). URL: <http://www.hamburg.de/content-blob/6623366/28485406862c6556199d70798eda7435/data/kommunale-gruendachstrategien-ddv.pdf>, Zugriff am 12.04.2022.
- Asakawa S., K. Yoshida & K. Yabe (2004): Perceptions of urban stream corridors within the greenway system of Sapporo, Japan. *Landsc. Urban Plan.* 68 (2): 167–182. DOI: 10.1016/S0169-2046(03)00158-0.
- Barton J. & J. Pretty (2010): What is the Best Dose of Nature and Green Exercise for Improving Mental Health? A Multi-Study Analysis. *Environ. Sci. Technol.* 44 (10): 3947–3955. American Chemical Society. DOI: 10.1021/es903183r.
- Baumeister H. (2017): Blue Governance – Chance für eine gesundheitsförderliche Stadtentwicklung. Bielefeld. URL: <https://pub.uni-bielefeld.de/record/2908048>, Zugriff am 19.04.2022.
- Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2011): Standortangepasste Bewässerung öffentlicher Grünflächen als Beitrag zur Klimamäßigung im urbanen Lebensraum, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben KL/08/03. URL: https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/landespflege/dateien/bewaesserung_abschlussbericht.pdf.
- BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) (2019): Toolbox Klimaanpassung im Stadtumbau. URL: https://www.planergemeinschaft.de/sites/default/files/downloads/klu/klu_2019-09-10_box_massnahmen_fassadenbegruenung.pdf, Zugriff am 12.04.2022.
- BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Raum-, Stadt- und Raumforschung) (Hrsg.) (2017): KfW Programm 432 „Energetische Sanierung – Zuschüsse für integrierte Quartierskonzepte und Sanierungsmanager“. Ergebnisse der Begleitforschung.
- Berardi U., A.H. Ghaffarian Hoseini & A. Ghaffarian Hoseini (2014): State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Appl. Energy* 115: 411–428. DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.10.047.
- Bernatzky A. (1966): Klimawirkungen von Grünflächen und ihre Beziehungen zur Städteplanung = Les espaces verts en tant que facteur climatique et leur fonction en urbanisme = Climatic influences of the greens an city planning. *Anthos, Zeitschrift für Landschaftsarchitektur* 5 (1): 29–34. Graf + Neuhaus. DOI: 10.5169/SEALS-132360.

- Bevilacqua P., J. Coma, G. Pérez, C. Chocarro, A. Juárez, C. Solé, M. De Simone & L.F. Cabeza (2015): Plant cover and floristic composition effect on thermal behaviour of extensive green roofs. *Build. Environ.* 92: 305–316. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.04.026.
- BfN (Bundesamt für Naturschutz) (Hrsg.) (2017): Urban Grüne Infrastruktur. Grundlage für attraktive und zukunftsfähige Städte. Bonn: BfN.
- Bird D.W. (2007): Natural Thinking: A Report by William Bird for the Royal Society for the Protection of Birds: Investigating the Links Between the Natural Environment, Biodiversity and Mental Health. Royal Society for the Protection of Birds.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (2007) (Hrsg.): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007. Berlin: BMU.
- BMUV (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2021): Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen im Rahmen des Bundesprogramms Biologische Vielfalt. - BAnz AT 28.07.2021.
- Boyer T. & S. Polasky (2004): Valuing urban wetlands: A review of non-market valuation studies. *Wetlands* 24 (4): 744–755. DOI: 10.1672/0277-5212(2004)024[0744:VU-WARO]2.0.CO;2.
- Brack F., R. Hagenbuch, T. Wildhaber, C. Henle & F. Sadlo (2018): Mehr als Grün Praxishandbuch naturnahe Pflege. Grün Stadt Zür. GSZ 73.
- Brändle M. & R. Brandl (2001): Species richness of insects and mites on trees: expanding Southwood. *J. Anim. Ecol.* 70 (3): 491–504. DOI: 10.1046/j.1365-2656.2001.00506.x.
- Braun B. & A. Shoeb (2011): Ecological Rehabilitation And Public Participation: General Considerations And Empirical Evidence From A Creek Rehabilitation Scheme Near Cologne, Germany. *J. Life Earth Sci.* 6: 1–11. DOI: 10.3329/jles.v6i0.9714.
- Breuning J. (2008): Where Beetles are crawling and Honeybees are humming. Baltimore, MD. URL: <https://greenrooftechnology.com/resources/publications/>.
- Brune M., S. Bender & M. Groth (2017a): Gebäudebegrünung und Klimawandel. Anpassung an die Folgen des Klimawandels durch klimawandeltaugliche Begrünung. Report 30. URL: <https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/report30.pdf>, Zugriff am 30.08.2022.
- Buff W. (1986): Bäume im Bild, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. URL: <https://www.zvab.com/9783804708808/B%C3%A4ume-Bild-Buff-Wolfram-3804708803/plp>, Zugriff am 19.04.2022.
- Bundesverband GebäudeGrün e. V. (2018a): Grüne Innovation Fassadenbegrünung. URL: https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Fassadenbegruenung/BuGG_Fassadenbegruenung_11-2018.pdf, Zugriff am 12.04.2022.
- Cameron R.W.F., J.E. Taylor & M.R. Emmett (2014): What's 'cool' in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls. *Build. Environ.* 73: 198–207. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.12.005.
- Castleton H.F., V. Stovin, S.B.M. Beck & J.B. Davison (2010): Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy Build.* 42 (10): 1582–1591. DOI: 10.1016/j.enbuild.2010.05.004.
- Chazette P. & C. Liousse (2001): A case study of optical and chemical ground apportionment for urban aerosols in Thessaloniki. *Atmos. Environ.* 35 (14): 2497–2506. DOI: 10.1016/S1352-2310(00)00425-8.
- Cheng C.Y., K.K.S. Cheung & L.M. Chu (2010): Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls. *Build. Environ.* 45 (8): 1779–1787. DOI: 10.1016/j.buildenv.2010.02.005.

- Cook-Patton S.C. & T.L. Bauerle (2012): Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review. *J. Environ. Manage.* 106: 85–92. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.04.003.
- Coutts A.M., E. Daly, J. Beringer & N.J. Tapper (2013): Assessing practical measures to reduce urban heat: Green and cool roofs. *Build. Environ.* 70: 266–276. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.08.021.
- Davis M.M. & S. Hirmer (2015): The potential for vertical gardens as evaporative coolers: An adaptation of the 'Penman Monteith Equation'. *Build. Environ.* 92: 135–141. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.03.033.
- Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz e. V. (GALK) (2015): GALK-Straßenbaumliste. URL: <https://galk.de/arbeitskreise/stadtbaeume/themenuuebersicht/strassenbaumliste/galk-strassenbaumliste>.
- Dickhaut W., M. Fellmer, J. Lauer & A. Winkelmann (o. J.): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung an Baumstandorten – Chancen und Risiken.
- Duthweiler S., S. Pauleit, T. Rötzer, A. Moser, M. Rahman, L. Stratopoulos & T. Zölch (2017): Untersuchungen zur Trockenheitsverträglichkeit von Stadtbäumen. URL: https://www.waldwachstum.wzw.tum.de/fileadmin/publications/Duthweiler_fertig.pdf, Zugriff am 19.04.2022.
- Escobedo F.J. & D.J. Nowak (2009): Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *Landsc. Urban Plan.* 90 (3): 102–110. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2008.10.021.
- Eumorfopoulou E.A. & K. Kontoleon (2009): Experimental approach to the contribution of plant-covered walls to the thermal behaviour of building envelopes. *Build. Environ.* 44: 1024–1038. DOI: 10.1016/j.buildenv.2008.07.004.
- Europäische Kommission (Hrsg) (2020): Fragen und Antworten: EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 – Mehr Raum für die Natur in unserem Leben. Brüssel. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/qanda_20_886.
- Europäische Union (2014): Amtsblatt der europäischen Union. Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über die Prävention und das Management der Einbringung und Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1143&from=EN>.
- Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB) (Hrsg) (2010): Grüne Innovation Dachbegrünung. Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB). URL: <https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Dachbegrueung/FBB-Dachbegrueung.pdf>, Zugriff am 13.04.2022.
- Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB) (2011): Grüne Innovation Fassadenbegrünung. URL: <https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Fassadenbegrueung/FBB-Fassadenbegrueung.pdf>.
- Fang C. (2010): Rainwater retention capacity of green roofs in subtropical monsoonal climatic regions: A case study of Taiwan. In: 239–249. DOI: 10.2495/DN100211.
- Feng H. & K. Hewage (2014): Energy saving performance of green vegetation on LEED certified buildings. *Energy Build.* 75: 281–289. DOI: 10.1016/j.enbuild.2013.10.039.
- FLL (2010): Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate. URL: <https://shop.fll.de/de/empfehlungen-fuer-baumpflanzungen-teil-2-standortvorbereitungen-fuer-neupflanzungen-pflanzgruben-und-wurzelraumerweiterung-bauweisen-und-substrate-2010-broschuere.html>, Zugriff am 09.02.2023.

- FLL (2015): Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege. URL: <https://shop.fll.de/de/empfehlungen-fuer-baumpflanzungen-teil-2-standortvorbereitungen-fuer-neupflanzungen-pflanzgruben-und-wurzelraumerweiterung-bauweisen-und-substrate-2010-broschuere.html>, Zugriff am 09.02.2023.
- FLL (2021): Nebenleistungen, besondere Leistungen und gewerbliche Verkehrssitte bei Landschaftsbau-Fachnormen DIN 18915 bis DIN 18920. URL: <https://shop.fll.de/de/nebenleistungen-besondere-leistungen-und-gewerbliche-verkehrssitte-bei-landschaftsbau-fachnormen-din-18915-bis-din-18920-2021-broschuere.html>, Zugriff am 15.02.2023.
- Fontana S. (2008): Responses of bird community and functional composition to ecological gradients in Swiss cities. Universität Basel.
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. (FLL) (Hrsg) (2014): Leitfaden Gebäude Begrünung Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Bonn.
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) (2018a): Fassadenbegrünungsrichtlinien - Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen, 2018 (Broschüre). URL: <https://shop.fll.de/de/fassadenbegruenungsrichtlinien-richtlinien-fuer-die-planung-bau-und-instandhaltung-von-fassadenbegruenungen-2018-broschuere.html>, Zugriff am 12.04.2022.
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. (FLL) (2018b): Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltungen von Dachbegrünungen 2018 (Broschüre). URL: <https://shop.fll.de/de/dachbegruenungsrichtlinien-richtlinien-fuer-die-planung-bau-und-instandhaltungen-von-dachbegruenungen-2018-broschuere.html>, Zugriff am 13.04.2022.
- Francis R.A. & J. Lorimer (2011): Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls. *J. Environ. Manage.* 92 (6): 1429–1437. DOI: 10.1016/j.jenvman.2011.01.012.
- Gloor S. & M. Göldi Hofbauer (2018): Der ökologische Wert von Stadtbäumen für die Biodiversität. URL: http://swild.ch/publi/Gloor_JdB_2018.pdf, Zugriff am 13.04.2022.
- Gunawardena K.R., M.J. Wells & T. Kershaw (2017): Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. *Sci. Total Environ.* 584–585: 1040–1055. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.158.
- Hannover L. (2016): Leben mit dem Klimawandel–Hannover passt sich an. Schriftenreihe Kommunaler Umweltschutz (53).
- Hathway E.A. & S. Sharples (2012a): The interaction of rivers and urban form in mitigating the Urban Heat Island effect: A UK case study. *Build. Environ.* 58: 14–22. DOI: 10.1016/j.buildenv.2012.06.013.
- Henze H.J., C. Kappis, N. Model, M. Siemsen, O. Tapia, A. Treffkorn & S. Tschuikowa (2003): Grundlagenforschung und Entwicklung von Schienenfahrwegen für den regionalen Personenverkehr–Prognosemodelle ANIRAIL zur Emissionsminderung von schienengebundenen Fahrwegen unter Nutzung von Gleisbett-Naturierungen (LERM). Abschlussbericht Forschungsvorhaben IASP HU Berl.
- Heusinger J. & S. Weber (2015): Comparative microclimate and dewfall measurements at an urban green roof versus bitumen roof. *Build. Environ.* 92: 713–723. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.06.002.
- Hinghofer-Szalkay H. (2019): Praktische Physiologie“, Kapitel “Respirationssystem und Atemgastransport“, Unterkapitel “Atmung und Hämoglobin, Blutgaswerte. URL: <http://physiologie.cc/VIII.7.htm>, Zugriff am 19.04.2022.
- Hoelscher M.-T., T. Nehls, B. Jänicke & G. Wessolek (2016a): Quantifying cooling effects of facade greening: Shading, transpiration and insulation. *Energy Build.* 114: 283–290. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.06.047.

- IPCC (International Panel on Climate Change) (2007): Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genf: IPCC.
- IPCC (International Panel on Climate Change) (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genf: IPCC.
- Kaltenborn B.P. & T. Bjerke (2002): Associations between environmental value orientations and landscape preferences. *Landsc. Urban Plan.* 59 (1): 1–11. DOI: 10.1016/S0169-2046(01)00243-2.
- Katzschmann, A., M.-C. Rümmler, J. Maercker & D. Everding (2023): Biologische Vielfalt, Naturschutz und grüne Infrastruktur in Quartieren der ‚Energetischen Stadtsanierung‘. Teil 1: Wissenschaftliche Untersuchung. BfN-Schriften 665/1, Bonn: BfN.
- Kappis C., H. Schreiter & K. Reichenbacher (2014): Handbuch Gleisbegrünung: Planung, Ausführung, Pflege. Eurailpress in DVV Media Group, Hamburg.
- Kennedy C.E.J. & T.R.E. Southwood (1984): The Number of Species of Insects Associated with British Trees: A Re-Analysis. *J. Anim. Ecol.* 53 (2): 455–478. [Wiley, British Ecological Society]. DOI: 10.2307/4528.
- Kistemann T. & S. Völker (2014): Wie urbane Wasserflächen die Gesundheit fördern. *Nachrichten der ARL* 4/2014. URL: https://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/nachrichten/2014-4/NR-4-2014_Kistemann_S7-10_online.pdf, Zugriff am 19.04.2022.
- Klein D. & C. Schulz (2011): Kohlenstoffspeicherung von Bäumen. URL: <https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/mb-27-kohlenstoffspeicherung-2.pdf>, Zugriff am 13.04.2022.
- Köhler M., M. Schmidt & M. Laar (2003): Green roofs as a contribution to reduce urban heat islands. *RIO 3 - World Clim. Energy Event* 493–497.
- Kolokotsa D., M. Santamouris & S.C. Zerefos (2013): Green and cool roofs' urban heat island mitigation potential in European climates for office buildings under free floating conditions. *Sol. Energy* 95: 118–130. DOI: 10.1016/j.solener.2013.06.001.
- Kontoleon K.J. & E.A. Eumorfopoulou (2010): The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. *Build. Environ.* 45 (5): 1287–1303. DOI: 10.1016/j.buildenv.2009.11.013.
- Kuttler W. (2011): Climate change in urban areas. Part 2, Measures. *Environ. Sci. Eur.* 23 (1): 21. DOI: 10.1186/2190-4715-23-21.
- Lang W., S. Pauleit, J. Brasche, G. Hausladen, J. Maderspacher, R. Schelle & T. Zölch (2018): Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung, Teilprojekt 1: Klimaschutz und grüne Infrastruktur in der Stadt – Abschlussbericht, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, Referat „Klimapolitik, Klimaforschung“.
- Latha K.M. & K.V.S. Badarinath (2005): Factors influencing aerosol characteristics over urban environment. *Environ. Monit. Assess.* 104 (1–3): 269–280. DOI: 10.1007/s10661-005-1615-7.
- Li C. & C.W. Yu (2014): Mitigation of Urban Heat Development by Cool Island Effect of Green Space and Water Body. In: Li A., Y. Zhu, & Y. Li (Hrsg.) *Proceedings of the 8th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning*: 551–561. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-39584-0_62.
- Li J., C. Song, L. Cao, F. Zhu, X. Meng & J. Wu (2011): Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote Sens. Environ.* 115 (12): 3249–3263. DOI: 10.1016/j.rse.2011.07.008.

- Loh S. (2008): Living Walls – A Way to Green the Built Environment. Environ. Des. Guide 1–7. Royal Australian Institute of Architects.
- Manso M. & J. Castro-Gomes (2015): Green wall systems: A review of their characteristics. Renew. Sustain. Energy Rev. 41: 863–871. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.203.
- Mante J. (2021): Arbeitshilfe Blühmischungen für Projekte im Bundesprogramm Biologische Vielfalt. URL: https://biologischevielfalt.bfn.de/fileadmin/NBS/documents/Bundesprogramm/Downloads/BPBV_Arbeitshilfe_Bluehmischungen_2021-02-01.pdf.
- Mazzali U., F. Peron, P. Romagnoni, R.M. Pulselli & S. Bastianoni (2013): Experimental investigation on the energy performance of Living Walls in a temperate climate. Build. Environ. 64: 57–66. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.03.005.
- Mentens J., D. Raes & M. Hermy (2006): Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? Landsc. Urban Plan. 77 (3): 217–226. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2005.02.010.
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie (2020): Bewässerung von Straßenbäumen im öffentlichen Raum. URL: https://mule.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MWU/Media/Archiv/00_Aktuelles/1908/180820_handreichung_baumbewaesserung.pdf.
- Murakawa S., T. Sekine, K. Narita & D. Nishina (1991): Study of the effects of a river on the thermal environment in an urban area. Energy Build. 16 (3): 993–1001. DOI: 10.1016/0378-7788(91)90094-J.
- Nagase A. & N. Dunnett (2012): Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure. Landsc. Urban Plan. 104 (3): 356–363. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2011.11.001.
- Ng E., L. Chen, Y. Wang & C. Yuan (2012): A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. Build. Environ. 47: 256–271. DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.07.014.
- Nishimura N., T. Nomura, H. Iyota & S. Kimoto (1998): Novel water facilities for creation of comfortable urban micrometeorology. Sol. Energy 64 (4): 197–207. DOI: 10.1016/S0038-092X(98)00116-9.
- Nowak D.J., D.E. Crane & J.C. Stevens (2006): Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban For. Urban Green. 4 (3): 115–123. DOI: 10.1016/j.ufug.2006.01.007.
- Oke T.R. (1987): Boundary Layer Climates. Routledge, New York. URL: <https://www.routledge.com/Boundary-Layer-Climates/Oke/p/book/9780415043199>, Zugriff am 19.04.2022.
- Parlow E., T. Kleiber & R. Vogt (2011): Verbesserung des Stadtklimas durch Dachbegrünung? Reg. Basil. 17–28. University_of_Basel.
- Paul Bauder GmbH & Co. KG (2021): GRÜNDACH-SYSTEME Leben auf dem Dach. URL: https://www.bauder.de/fileadmin/bauder.de/DOWNLOADS/PRINT/Broschueren/Flachdach/FD_Gruendach/0150BR_0321_DE-GD_Leben_auf_dem_Dach.pdf.
- Pflanzenschutzamt Berlin (2020): Bewässerungsempfehlung für Stadtbäume. URL: <https://www.berlin.de/pflanzenschutzamt/stadtgruen/beratung/bewaesserungsempfehlung-fuer-stadtbaeume/>, Zugriff am 19.04.2022.
- Pfoser N., N. Jenner, J. Henrich, J. Heusinger, S. Weber, J. Schreiner & C.U. Kanashiro (2013): Gebäude Begrünung Energie. Potenziale Wechselwirkungen Forschungsinitiative Zuk. Bau Bundesminist. Für Bau- Stadt- Raumforsch. Abschlussbericht.

- Poë S., V. Stovin & C. Berretta (2015): Parameters influencing the regeneration of a green roof's retention capacity via evapotranspiration. *J. Hydrol.* 523: 356–367. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2015.02.002.
- Pretty J., J. Peacock, M. Sellens & M. Griffin (2005): The mental and physical health outcomes of green exercise. *Int. J. Environ. Health Res.* 15 (5): 319–337. DOI: 10.1080/09603120500155963.
- Reid C., J. Clougherty, J. Shmool & L. Kubzansky (2017): Is All Urban Green Space the Same? A Comparison of the Health Benefits of Trees and Grass in New York City. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14: 1411. DOI: 10.3390/ijerph14111411.
- Riechel M., C. Remy, A. Matzinger, H. Schwarzmüller, P. Rouault, M. Schmidt, M. Offermann, C. Strehl, D. Nickel, H. Sieker, M. Pallasch, M. Köhler, D. Kaiser, C. Möller, B. Büter, D. Leßmann, R. von Tils, I. Säumel, L. Pille, A. Winkler, H. Bartel, S. Heise, B. Heinzmann, K. Joswig, B. Reichmann & M. Klein (2017a): Maßnahmensteckbriefe der Regenwasserbewirtschaftung – Ergebnisse des Projektes KURAS, Berlin, Steckbrief 2: Fassaden- und Wandbegrünung. URL: http://kuras-projekt.de/fileadmin/Dokumenten_Verwaltung/pdf/Steckbrief_02_Fassadenbegrueung.pdf, Zugriff am 12.04.2022.
- Riechel M., C. Remy, A. Matzinger, H. Schwarzmüller, P. Rouault, M. Schmidt, M. Offermann, C. Strehl, D. Nickel, H. Sieker, M. Pallasch, M. Köhler, D. Kaiser, C. Möller, B. Büter, D. Leßmann, R. von Tils, I. Säumel, L. Pille, A. Winkler, H. Bartel, S. Heise, B. Heinzmann, K. Joswig, B. Reichmann & M. Rehfeld-Klein (2017b): Maßnahmensteckbriefe der Regenwasserbewirtschaftung – Ergebnisse des Projektes KURAS, Berlin, Steckbrief 1: Dachbegrünung. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, Bonn. URL: http://kuras-projekt.de/fileadmin/Dokumenten_Verwaltung/pdf/Steckbrief_01_Dachbegrueung.pdf.
- Robitu M., M. Musy, C. Inard & D. Groleau (2006): Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. *Sol. Energy* 80 (4): 435–447. DOI: 10.1016/j.solener.2005.06.015.
- Saha S. (2019): Stadtbäume im Stress. URL: <https://www.eskp.de/klimawandel/stadtbaeume-im-stress-9351071/>.
- Schreiter H. & C. Kappis (2022): Wirkung und Funktion grüner Gleise. URL: <http://www.gruen-gleisnetzwerk.de/images/downloads/wirkung.pdf>, Zugriff am 19.04.2022.
- Schwarz N., U. Schlink, U. Franck & K. Großmann (2012): Relationship of land surface and air temperatures and its implications for quantifying urban heat island indicators—An application for the city of Leipzig (Germany). *Ecol. Indic.* 18: 693–704. DOI: 10.1016/j.ecoind.2012.01.001.
- Schwarzenbach Y. (2014): Der Baum als vielfältiger Lebensraum. Zürich. URL: <https://vlzh.ch/images/stories/gruenforum2014/gruenforum-2-2014.pdf>, Zugriff am 13.04.2022.
- Sempel F., O. Gorbachevskaya, I. Mewis & C. Ulrichs (2013): Modellversuch zur Feinstaubbindung: extensive Dachbegrünung vs. Schotterdach. *Gesunde Pflanz.* 65 (3): 113–118. Springer Nature BV.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (2022): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung: Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung. URL: <https://shop.fl.de/de/gebaude-begrueung-energie-potenziale-und-wechselwirkungen.html>, Zugriff am 13.04.2022.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (2016): Stadtentwicklungsplan Klima - KONKRET: Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin.

- Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SENUVK) (2016): Förderrichtlinie für die Gewährung von Förderungen im Rahmen des Berliner Programms für Nachhaltige Entwicklung (BENE). URL: https://www.berlin.de/sen/uvk/_assets/umwelt/foerderprogramme/berliner-programm-fuer-nachhaltige-entwicklung-bene/downloads/foerderrichtlinie_bene_stand_04-10-19.pdf, Zugriff am 20.04.2022.
- Siegl A., L. Kirchner & D. Böhme (2010): Wasserverfügbarkeit, Wasserbedarf und klimatische Auswirkungen von Rasengleisen. In: *Das Grüne Gleis: vegetationstechnische, ökologische und ökonomische Aspekte der Gleisbettbegrünung*: 123–132. Geogr. Inst der Humboldt-Univ. zu Berlin.
- Sieker H., R. Steyer, B. Büter, D. Leßmann, R. von Tils, C. Becker & S. Hübner (2019a): Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten. 113.
- Southwood T.R.E. (1961): The Number of Species of Insect Associated with Various Trees. *J. Anim. Ecol.* 30 (1): 1–8. [Wiley, British Ecological Society]. DOI: 10.2307/2109.
- Speak A.F., J.J. Rothwell, S.J. Lindley & C.L. Smith (2013): Reduction of the urban cooling effects of an intensive green roof due to vegetation damage. *Urban Clim.* 3: 40–55. DOI: 10.1016/j.uclim.2013.01.001.
- Stadt Jena (2016): Bäume in Jena. URL: https://umwelt.jena.de/sites/default/files/2019-01/Schriften_zur_Stadtentwicklung_Nr7_11_2016_www_low_res.pdf, Zugriff am 19.04.2022.
- Stadt Leipzig (2019): Straßenbaumkonzept Leipzig 2030.
- Steenefeld G.J., S. Koopmans, B.G. Heusinkveld & N.E. Theeuwes (2014): Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect. *Landsc. Urban Plan.* 121: 92–96. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2013.09.001.
- Steinrücke M. (2016): Katalog der Maßnahmensteckbriefe zur Klimaanpassung, Anhang 2 zum Klimaschutzteilkonzept „Anpassung an den Klimawandel“ für die Stadt Soest.
- Stovin V., S. Poë, S. De-Ville & C. Berretta (2015a): The influence of substrate and vegetation configuration on green roof hydrological performance. *Ecol. Eng.* 85: 159–172. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2015.09.076.
- Stovin V., G. Vesuviano & H. Kasmin (2012): The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions. *J. Hydrol.* 414–415: 148–161. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2011.10.022.
- Sun R. & L. Chen (2012): How can urban water bodies be designed for climate adaptation? *Landsc. Urban Plan.* 105 (1): 27–33. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2011.11.018.
- Technische Universität München (Hrsg.) (2017): Leitfaden für klimaorientierte Kommunen in Bayern. Handlungsempfehlungen aus dem Projekt Klimaschutz und grüne Infrastruktur in der Stadt am Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung. URL: https://www.zsk.tum.de/fileadmin/w00bqp/www/PDFs/Berichte/180207_Leitfaden_ONLINE.pdf, Zugriff am 13.04.2022.
- Theeuwes N., A. Solcerova & G.-J. Steenefeld (2013a): Modeling the influence of open water surfaces on summertime temperatures and thermal comfort in the city. *J. Geophys. Res.* (118): 8881–8896.
- THINK Jena & GMK GbR (2020): Forschungsprojekt „Grüne Klimaoasen im urbanen Stadtraum“. URL: <https://umwelt.jena.de/de/gruene-klimaoasen>, Zugriff am 21.02.2023.
- UNCED (Vereinte Nationen für Umwelt und Entwicklung) (1992): Übereinkommen für die biologische Vielfalt. Übersetzung BMU 1992. New York: UN.

- Universität Oldenburg (2013): Internet-basierte Informationsplattform zum Trinkwasserschutz im OOWV-Verbandsgebiet (Niedersachsen). URL: <http://www.hydrologie.uni-oldenburg.de/ein-bit/11990.html>, Zugriff am 19.04.2022.
- VanWoert N., D. Rowe, J. Andresen, C. Rugh, R. Fernandez & L. Xiao (2005): Green Roof Stormwater Retention: Effects of Roof Surface, Slope, and Media Depth. *J. Environ. Qual.* 34: 1036–44. DOI: 10.2134/jeq2004.0364.
- Villarreal E.L. & L. Bengtsson (2005): Response of a Sedum green-roof to individual rain events. *Ecol. Eng.* 25 (1): 1–7. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2004.11.008.
- Völker S., H. Baumeister, T. Claßen, C. Hornberg & T. Kistemann (2013): Evidence for the temperature-mitigating capacity of urban blue space - A health geographic perspective. *Erdkunde* 67: 355–371. DOI: 10.3112/erdkunde.2013.04.05.
- White M., A. Smith, K. Humphryes, S. Pahl, D. Snelling & M. Depledge (2010): Blue space: The importance of water for preference, affect, and restorativeness ratings of natural and built scenes. *J. Environ. Psychol.* 30 (4): 482–493. DOI: 10.1016/j.jenvp.2010.04.004.
- Williams A. (2008): Sense of Place, Health and Quality of Life von Allison Williams | ISBN 978-0-7546-7332-3 | Fachbuch online kaufen - Lehmanns.de. Ashgate Publishing Limited, Aldershot. URL: <https://www.lehmanns.de/shop/medizin-pharmazie/9003583-9780754673323-sense-of-place-health-and-quality-of-life>, Zugriff am 19.04.2022.
- Winker M., F. Frick-Trzebitzky, A. Matzinger, E. Schramm & I. Stieß (2019a): Die Kopplungsmöglichkeiten von grünen, grauen und blauen Infrastrukturen mittels raumbezogener Bausteine. Ergebnisse aus dem Arbeitspaket 2, netWORKS 4. Deutsches Institut für Urbanistik -Difu-, Berlin. URL: <https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/256213>, Zugriff am 12.04.2022.
- Wollner H. (2019): Klimaresiliente integrale urbane Gehölz- und Regenwasserwirtschaft – kommunale Aufgabe für die Großstadt Berlin. Veröff. Leipz. Ökon. Soc. EV 31.
- Wong N.H., A.Y. Kwang Tan, Y. Chen, K. Sekar, P.Y. Tan, D. Chan, K. Chiang & N.C. Wong (2010a): Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Build. Environ.* 45 (3): 663–672. DOI: 10.1016/j.buildenv.2009.08.005.
- Xu J., Q. Wei, X.-F. Huang, X. Zhu & G. Li (2010): Evaluation of human thermal comfort near urban waterbody during summer. *Build. Environ.* - BLDG Env. 45: 1072–1080. DOI: 10.1016/j.buildenv.2009.10.025.
- Ye J., S. Yu, H. Zhang & W. Xu (2011): Study on rainwater retention effect of an extensive green roof. 2011 2nd Int. Conf. Mech. Autom. Control Eng. MACE 2011 - Proc. 6908–6911. DOI: 10.1109/MACE.2011.5988636.
- Zhu C., S. Li, P. Ji, B. Ren & X. Li (2011): Effects of the different width of urban green belts on the temperature and humidity. *Shengtai Xuebao Acta Ecol. Sin.* 31: 383–394.
- Zölch T., J. Maderspacher, C. Wamsler & S. Pauleit (2016): Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale. *Urban For. Urban Green.* 20: 305–316. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.09.011.
- Žuvela-Aloise M., R. Koch, S. Buchholz & B. Früh (2016): Modelling the potential of green and blue infrastructure to reduce urban heat load in the city of Vienna. *Clim. Change* 135 (3): 425–438. DOI: 10.1007/s10584-016-1596-2.

Weiterführende Literaturhinweise

- GALK e.V. (Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz) (2022): GALK-Straßenbaumliste. <URL: <https://strassenbaumliste.galk.de/>>
- Hauck, T. E. (Hrsg.), W. Weisser (Hrsg.), B. Apfelbeck, C. Jakoby, R. Rogers, M. Hanusch, M. Koch, E. B. Steffani, R. Honecker & J. Piecha (2021): Animal-Aided Design. Einbeziehung der Bedürfnisse von Tierarten in die Planung und Gestaltung städtischer Freiräume. BfN Schriften 595. Bonn: BMU. <URL: <https://www.bfn.de/publikationen/bfn-schriften/bfn-schriften-595-animal-aided-design-einbeziehung-der-beduerfnisse-von>>.
- Mewes, M. & J. Stahmer (2020): Insektenschutz in der Kommune. DStGB-Dokumentation No. 155. Bonn: Deutscher Städte- und Gemeindebund. <URL: <https://www.dstgb.de/publikationen/dokumentationen/nr-155-insektenschutz-in-kommunen-1/doku155-insekten-schutz-web.pdf?cid=5ux>>.
- Rötzer, T., A. Reischl, M. Rahman, H. Pretzsch, & S. Pauleit (2021): Leitfaden zu Stadtbäumen in Bayern. Handlungsempfehlungen aus dem Projekt Stadtbäume – Wachstum, Umweltleistungen und Klimawandel. <URL: https://www.zsk.tum.de/fileadmin/w00bqp/www/PDFs/Leitfaeden/leitfaden_stadtbaeume_in_bayern_einzelseiten_web.pdf>.
- Rudolph, M., H. Hellmann, R. Spreter, T. Herbst & J. Wieland (2018): Handlungsfelder für mehr Natur in der Stadt. Radolfzell: dieUmweltDruckerei. <URL: https://www.komm-bio.de/files/web/doks/download/stadtgruennaturnah_broschuere.pdf>
- StMUV (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz) (2020): Kommunale Grünflächen: Vielfältig – artenreich – insektenfreundlich. Praxishandbuch für Bauhöfe. München: StMUV. <URL: <https://www.bluehpakt.bayern.de/kommunen/bauhoefe.html>>.
- Unterseher, B. & T. Stottele (2016): Straßenbegleitgrün. Hinweise zur ökologisch orientierten Pflege von Gras- und Gehölzflächen an Straßen. Stuttgart: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Verkehrsministerium Baden-Württemberg. <URL: https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/Brosch%C3%BCren_Publikationen/Strassenbegleitgruen_Hinweise_zur_oekologisch_orientierten_Pflege_von_Gras_und_Gehoelzflaechen_an_Strassen.pdf>.
- Unterseher, B. (2016): Möglichkeiten zur Erhöhung der Artenvielfalt im Straßenbegleitgrün außerhalb der Regelpflege. Stuttgart: Verkehrsministerium Baden-Württemberg. <URL: https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/Brosch%C3%BCren_Publikationen/Strassenbegleitgruen_Erhoehung_der_Artenvielfalt_Broschuere.pdf>.

Die „BfN-Schriften“ sind eine seit 1998 unperiodisch erscheinende Schriftenreihe in der institutionellen Herausgeberschaft des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) in Bonn. Sie sind kurzfristig erstellbar und enthalten u.a. Abschlussberichte von Forschungsvorhaben, Workshop- und Tagungsberichte, Arbeitspapiere oder Bibliographien. Viele der BfN-Schriften sind digital verfügbar. Printausgaben sind auch in kleiner Auflage möglich.

DOI 10.19217/skr6652