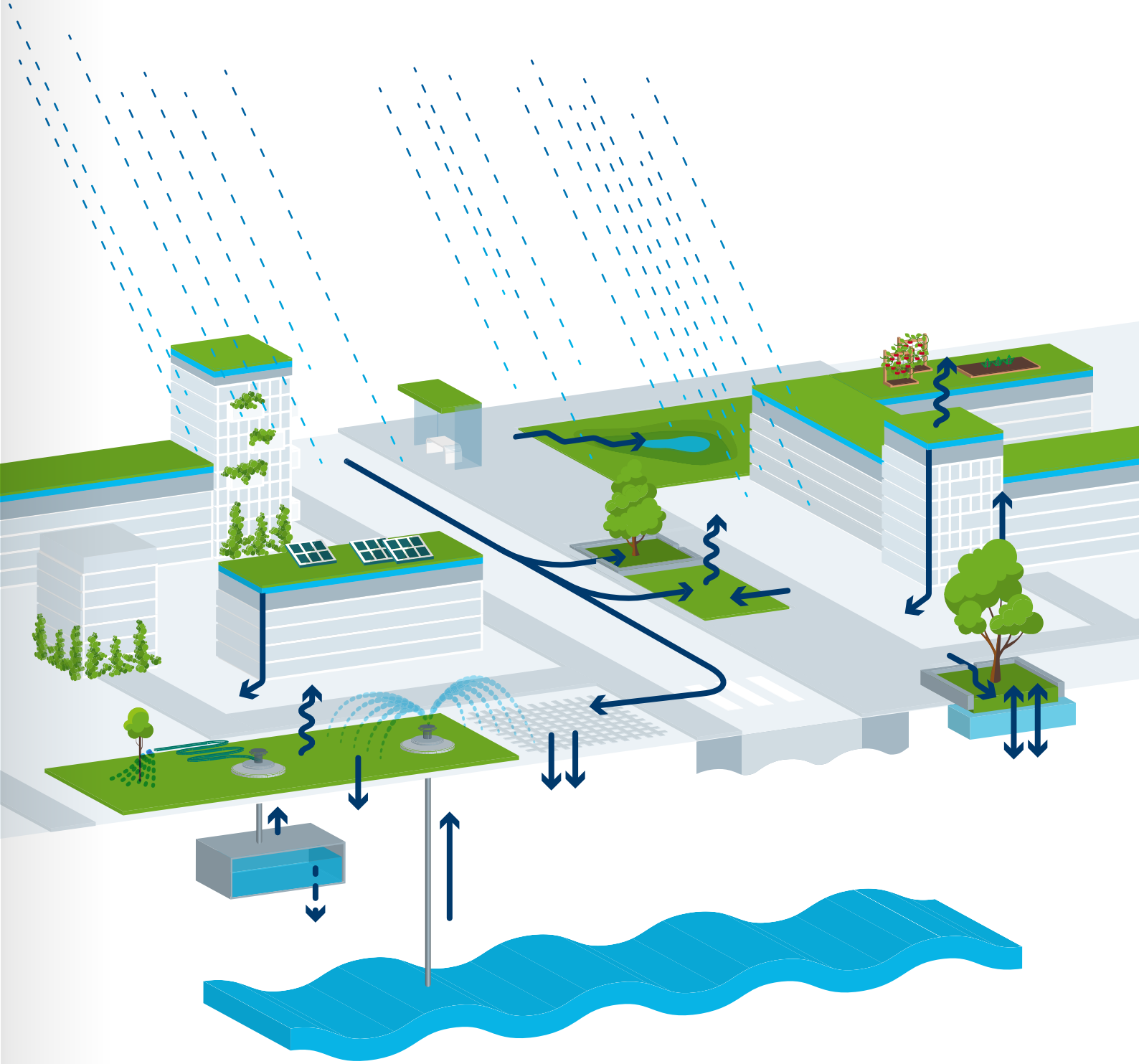
Leipziger BlauGrün

Planung gekoppelter blau-grüner Infrastrukturen

Ein Handbuch zur wassersensiblen Stadtentwicklung in Leipzig: Starkregenmanagement und Bewässerung



Leipziger BlauGrün

UFZ HELMHOLTZ Zentrum für Umweltforschung

Planung gekoppelter blau-grüner Infrastrukturen

Ein Handbuch zur wassersensiblen Stadtentwicklung in Leipzig: Starkregenmanagement und Bewässerung

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

FONA Forschung für Nachhaltigkeit

Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

RESQ Ressourceneffiziente Stadtquartiere

HERAUSGEBER

Marc Breulmann
Lucie Moeller

Federführend erarbeitet durch das

HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG – UFZ

im Rahmen des Forschungsprojekts „Leipziger BlauGrün“,
gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung

PROJEKTPARTNER

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Stadt Leipzig

Leipziger Wasserwerke

Universität Leipzig

Fraunhofer-IGB

Leipziger Stadtwerke

LWB Leipziger Wohnungsbaugesellschaft

HTWK Leipzig

Tilia GmbH

GFSL gruen fuer stadt + leben landschaftsarchitektur eG

Leipzig 416 Management GmbH

Umweltbundesamt

DHI WASY GmbH

Optigrün International AG

ZIELE DES DOKUMENTS

Ziel ist es, durch die Ermittlung detaillierter Informationen über das verfügbare Wasserdargebot und den Einfluss geplanter und gekoppelter blau-grüner Infrastruktur auf den Gesamtwasserhaushalt, konkrete Empfehlungen für blau-grüne Infrastruktur entwickeln zu können.

NOVUM

Die Berücksichtigung der Wasserversorgung ist ein zentraler Faktor für eine nachhaltige Stadtentwicklung. Ein innovativer Ansatz ist die Integration von blau-grüner Infrastruktur durch das Kaskadenkonzept, das eine Mehrfachnutzung von Wasser ermöglicht und sowohl den Verbrauch als auch den Abfluss in die Kanalisation deutlich reduziert. Gerade im urbanen Raum spielt die effiziente Bewässerung von Grünflächen eine Schlüsselrolle, wobei moderne Systeme gezielt Regenwasser nutzen. Um die Verfügbarkeit und den Verbrauch von Wasserressourcen fundiert in die Planung einbeziehen zu können, sind fortschrittliche Planungsinstrumente unerlässlich. Ein interdisziplinärer Planungsprozess ist entscheidend für eine nachhaltige und umweltverträgliche Wasserversorgung.

ADRESSAT

Das Dokument richtet sich primär an private Vorhabenträger sowie an Planungsabteilungen der Stadtverwaltungen. Ebenso angesprochen sind Stadt- und Landschaftsplanungsbüros, Architektur- und Ingenieurbüros sowie alle, die sich für blau-grüne Infrastruktur interessieren.

Inhalt

Herausgeber & Projektpartner 1
Ziele des Dokuments 3
Inhalt 5
Vorwort 9
Zusammenfassung / Summary 15

DAS LEIPZIGER MODELL BLAU-GRÜN 17

Integrierte Stadtentwicklung für eine klimaresiliente Zukunft 17
Übertragbarkeit 23

HINTERGRUND 25

Zielsetzungen 26
Integriertes Starkregenmanagement 27
Klimawandel und Extremwetterereignisse 27
Wassersensible Stadtentwicklung 29

VORGABEN UND ZIELE DER POLITIK 33

Politische Rahmenbedingungen 34
Die Nationale Wasserstrategie 35
Rechtlicher Rahmen 37
Prozess zum wassersensiblen Stadtumbau am Beispiel der Stadt Leipzig 43
Lenkungsnetzwerk Wassersensible Stadtentwicklung in Leipzig 45
Zukünftige Anforderungen an die zentrale Abwasserbewirtschaftung in Leipzig 48

POTENTIALE 49

Potentiale blau-grüner Infrastruktur 50
Regenwassermanagement 52
Kosten 53
Mikroklima 53
Gesundheit 54
Erholung 54
Gebäudedämmung 55
Schallschutz 56
Biodiversität 57
Food-Water-Energy-Nexus 57

DAS UFZ-FORSCHUNGSGRÜNDACH 61
DAS MANUGRÜN PROJEKT 65

KOPPLUNG 67

Kopplung blau-grüner Infrastruktur 68
Dachbegrünung 69
Extensive Dachbegrünung mit Retention 71
Intensive Dachbegrünung 72
Fassadenbegrünung – Lebendige Wände 74
Versickerungssysteme 75

NATÜRLICHER WASSERHAUSHALT UND DEZENTRALES REGENWASSERMANAGEMENT 77
BAUMRIGOLEN FÜR DAS URBANE REGENWASSERMANAGEMENT 80
INTERVIEW: PFLEGE BLAU-GRÜNER INFRASTRUKTUR 81

BEWÄSSERUNG 85

Bewässerung im urbanen Raum und Regenwassernutzung 86
Grundstücksübergreifende Bewirtschaftung von Regenwasser 90

NATÜRLICHER WASSERHAUSHALT 91

INTEGRIERTE PLANUNG 95

Integrierte Planung 96

MIKROKLIMASIMULATION VON INNENHÖFEN 101

PLANUNGSINSTRUMENTE 103

Bewertung blau-grüner Infrastruktur 104
Planungsinstrumente zur Ermittlung der Wasserbilanz für das Niederschlagswassermanagement 105
Planungsinstrumente und -methoden 105
Eine Auswahl an relevanten Planungsinstrumenten 106

BLAU-GRÜN-ROTER SYSTEMANSATZ 111
AUF DEM WEG ZUR WASSERSENSIBLEN STADTENTWICKLUNG 113

ANWENDUNG VON PLANUNGSINSTRUMENTEN & FALLBEISPIELE 117

Blau-grüne Infrastruktur im Bestand: Das Kolonnadenviertel 119
LEIPZIG 416 124
Löwitz Quartier: Integrierte Regenwasserbewirtschaftung 128

Gesetze | Normen | Richtlinien | Regelwerke (Auswahl) 135
Literaturverzeichnis 137
Bildverzeichnis 145
Impressum 146

VORWORT

Ob Hitzeinseln, überflutete Straßen oder überlastete Infrastrukturen – die Herausforderungen des Klimawandels manifestieren sich nirgendwo so unmittelbar wie in unseren Städten. Urbanisierung, Ressourcenverbrauch und Klimafolgen verdichten sich dort zu einem Brennglas für die großen Transformationsprozesse unserer Zeit. Städte sind nicht nur Orte des Zusammenlebens, sondern auch zentrale Schauplätze, in denen neue Lösungen für eine nachhaltige Zukunft erprobt und etabliert werden müssen.

Die Ressource Wasser ist hierbei ein zentraler Indikator für die Auswirkungen klimatischer Veränderungen. Neben der Überflutungsvorsorge bedarf es gleichermaßen belastbarer Konzepte für den Umgang mit Dürre- und Hitzephasen. Beide Aspekte sind entscheidend für die Lebensqualität und die Gesundheit der städtischen Bevölkerung. Der Umgang mit Wasser in urbanen Räumen muss daher neu bewertet und in der Stadtplanung stärker integriert berücksichtigt werden.

Gleichzeitig entstehen aber auch neue Handlungsspielräume: Städte bieten ein hohes Potenzial für Innovationen, in denen technisches Wissen, ökologische Verantwortung und gesellschaftliche Bedürfnisse zusammengeführt werden können.

Diese Potenziale gilt es gezielt zu fördern. Aus Sicht des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) bedeutet das: Der Wandel unserer Städte im Zuge des Klimawandels verlangt nach neuen, integrierten Lösungsansätzen. Vor diesem Hintergrund haben wir die Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft (RES:Z)" initiiert, um gezielt Projekte zu unterstützen, die innovative Wege einer ressourceneffizienten, integrierten und klimaangepassten Quartiersentwicklung aufzeigen.

Das Projekt Leipziger BlauGrün hat diesen Spagat überzeugend gemeistert: Es zeigt, wie technische Lösungen zur Klimaanpassung mit Maßnahmen zur Steigerung der Lebensqualität im Quartier sinnvoll verknüpft werden können. Das vorliegende Handbuch dokumentiert anschaulich, wie solche Innovationen in der Praxis umgesetzt werden können – und wie sie dazu beitragen, die Resilienz urbaner Räume zu stärken.

Besonders begrüßenswert ist, dass die erarbeiteten Konzepte nicht auf Leipzig beschränkt bleiben: In Zusammenarbeit mit dem Deutschen Städtetag werden derzeit zentrale Elemente des Leipziger Modells anderen Kommunen in Form von Weiterbildungs- und Beratungsangeboten zugänglich gemacht. So wird sichergestellt, dass die Ergebnisse übertragbar sind und bundesweit in die Umsetzung klimaanpassungsorientierter Stadtentwicklung einfließen können.

Ich danke allen beteiligten Partnern für ihr Engagement und hoffe, dass die vorgestellten Ansätze bundesweit Impulse für eine nachhaltige, widerstandsfähige Stadtentwicklung geben.

Dr. Vera Grimm
Bundesministerium für Forschung,
Technologie und Raumfahrt

VORWORT

Wiederkehrende lokale Starkregenereignisse zeigen uns Leipzigerinnen und Leipzigern immer wieder sehr deutlich, wie wichtig ein nachhaltiges Regenwassermanagement ist: Ganze Straßenbereiche werden überflutet und können nicht mehr wie üblich genutzt werden. Die Straßen sind bereits in der Starkregengefahrenkarte markiert, dennoch stellt das Regenwasser ein Risiko dar.

Wir sollten Regenwasser nicht nur als Risiko, sondern auch als wertvolle Ressource sehen. Unsere vielen Flüsse in Leipzig sind für die Bevölkerung bereits jetzt sichtbar und erlebbar. Regenwasser hingegen ist weniger erlebbar, da es bisher überwiegend auf befestigten Flächen anfällt, gesammelt und anschließend über die Kanalisation abgeleitet wird. Wir wollen Niederschlagswasser zukünftig stärker in die Gestaltung unserer Stadt integrieren.

Naturorientierte Lösungen können uns dabei helfen, die Ressource Regenwasser zu nutzen und sie als Gestaltungselement einzusetzen. Mit Regenwasser können wir Parks und Bäume bewässern, ein gesundes Lokalklima für die Bevölkerung schaffen und dadurch unsere Stadt lebenswerter umbauen.

Die Integration von Regenwasser in die städtebauliche Gestaltung berührt die Belange vieler Ämter in der Stadtverwaltung, der Leipziger Wasserwerke (LWW) und des Zweckverbandes für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung Leipzig-Land (ZV WALL). Wir wollen uns gemeinsam der Aufgabe der integrierten Planung der wassersensiblen Stadt Leipzig stellen. Dazu wurde das Lenkungsnetzwerk wassersensible Stadtentwicklung gegründet. Hier arbeiten viele Kolleginnen und Kollegen mit großem Engagement an der nachhaltigen Umgestaltung unserer Stadt.

Das BMBF-geförderte Forschungsvorhaben Leipziger BlauGrün begleitete mit seiner Expertise die Stadt Leipzig über 5 Jahre auf dem Weg zur Schwammstadt. Wir als Stadt Leipzig sind dankbar, durch das Projekt eng mit der aktuellen Forschung verknüpft zu sein. Gleichzeitig können wir wertvolle Erfahrungen einbringen, wie die wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis umgesetzt werden können. In dem nun vorliegenden Handbuch werden die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt gebündelt. Sie geben Anreize für Vorhabenträger, Planungsbüros und Kolleginnen und Kollegen aus den unterschiedlichsten Fachbereichen und aus anderen Kommunen.

Thomas Dienberg
Bürgermeister und Beigeordneter
für Stadtentwicklung und Bau der Stadt Leipzig

SCHEIBENHOLZ

ZUSAMMENFASSUNG

Angesichts des Klimawandels muss sich die Stadtentwicklung umfassend an neue Herausforderungen wie Starkregenereignisse, Wasserknappheit und Extremwetterlagen anpassen. Im Mittelpunkt steht die Integration der Regenwasserbewirtschaftung in die Stadtplanung, um Städte widerstandsfähiger gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels zu machen. Wichtige Ziele sind dabei die effektive Nutzung multifunktionaler Flächen, insbesondere im Bereich der Wasserwirtschaft, sowie die Entwicklung standardisierter und kostengünstiger Bauweisen für sogenannte blau-grüne Infrastruktur. Diese sollen nicht nur die städtische Kanalisation entlasten, sondern auch zur Kühlung, oder zur Bewässerung von z.B. Innenhöfen beitragen.

Ein wichtiges Konzept in diesem Zusammenhang ist die sogenannte Schwammstadt. Sie basiert auf der Idee, Regenwasser nicht einfach abzuleiten, sondern vor Ort zu bewirtschaften – zu speichern und langsam abzugeben oder zur Bewässerung zu nutzen. Mit dieser Methodik können Überschwemmungen in Städten vermieden und gleichzeitig wertvolle Wasserressourcen effizient genutzt werden. Blau-grüne Infrastruktur wie Gründächer, Versickerungsmulden und Regenwasserspeicher sind integraler Bestandteil einer solchen klima- und wassersensiblen Stadtentwicklung. Sie tragen nicht nur dazu bei, Wasser lokal zu speichern und für die Bewässerung zu nutzen, sondern bieten auch zahlreiche ökologische, gesundheitliche und soziale Vorteile: Sie verbessern die Luftqualität, regulieren das Mikroklima und schaffen neue Erholungsräume für die Bevölkerung. Solche Infrastrukturen erhöhen auch die Resilienz städtischer Systeme, indem sie Städte widerstandsfähiger gegenüber Klimaveränderungen machen und die Lebensqualität in städtischen Gebieten verbessern. Neben den rechtlichen Rahmenbedingungen und dem Prozess des wassersensiblen Stadtumbaus am Beispiel der Stadt Leipzig werden die genannten Potenziale und die Kopplungen der einzelnen Technologien einer blau-grünen Infrastruktur in diesem Handbuch näher beschrieben.

Die Entwicklung einer wassersensiblen Stadt erfordert zudem formelle und informelle Planungsinstrumente. Während formelle Planungen wie der Flächennutzungsplan gesetzlichen Vorgaben folgen, bieten informelle Planungen mehr Flexibilität und Anpassungsfähigkeit. Die Integration wasserwirtschaftlicher Aspekte in Landschafts- und Flächennutzungspläne ist unerlässlich, um die Ziele einer wassersensiblen Stadtentwicklung zu erreichen. Bei der Planung sind auch die bestehenden rechtlichen Rahmenbedingungen wie das Wasserrecht zu berücksichtigen. Daher erfordert die Planung der blau-grüner Infrastruktur eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure, auf die in diesem Dokument näher eingegangen wird. Diese Infrastrukturen, die sowohl Wasser als auch Vegetation nutzen, bieten multifunktionale Lösungen zur Anpassung an den Klimawandel. Dabei gilt es, die Flächenkonkurrenz zwischen verschiedenen Nutzungen zu berücksichtigen und Lösungen zu entwickeln, die den natürlichen Wasserhaushalt unterstützen. Digitale Planungswerkzeuge, die in diesem Dokument vorgestellt werden, können die interdisziplinäre Zusammenarbeit erleichtern und helfen, relevante Daten zusammenzuführen, um eine präzisere Planung zu ermöglichen.

Um zukünftig gezielte Empfehlungen für blau-grüne Infrastruktur geben zu können, ist es wichtig, genaue Daten über die verfügbaren Wasserressourcen und den möglichen Einfluss der geplanten Technologien auf den Wasserhaushalt zu erheben. Ein wesentlicher Aspekt ist die Analyse der Regenwasserbilanz. Städte beeinflussen durch Flächenversiegelung und Abwassereinleitungen den Wasser- und Stoffhaushalt. Für eine bessere Planung von blau-grüner Infrastruktur werden hier Planungsinstrumente vorgestellt, welche die Vorhersage von Abflüssen unterstützen. Eine Anwendung ausgewählter Planungsinstrumente wird an konkreten Fallbeispielen dargestellt.

Dieses Handbuch gibt einen umfassenden Überblick über innovative Strategien, Technologien und interdisziplinäre Ansätze für eine klimaresiliente, nachhaltige Stadtentwicklung.

SUMMARY

In the face of climate change, urban development needs to adapt comprehensively to new challenges such as heavy rainfall events, water scarcity and extreme weather conditions. Integrating stormwater management into urban planning is central to making cities more resilient to the impacts of climate change. Key objectives include the effective use of multifunctional spaces, particularly for stormwater management, and the development of standardised and cost-effective construction methods for so-called blue-green infrastructure. These solutions aim not only to relieve urban sewer systems, but also to contribute to cooling or irrigation.

A particularly important concept in this context is the , sponge city' approach, which is based on the idea of managing rainwater locally rather than simply draining it - by storing it and releasing it gradually or using it for irrigation. This technique can help prevent urban flooding while making efficient use of valuable water resources. Blue-green infrastructure such as green roofs, infiltration basins and rainwater storage are an integral part of such climate and water sensitive urban development. Not only do they help to store water locally and use it for irrigation, but they also provide numerous environmental, health and social benefits: they improve air quality, regulate the microclimate and create new recreational spaces for the population. Such infrastructure also increases the resilience of urban systems, making cities more resilient to climate change and improving the quality of life in urban areas. In addition to the legal framework and the process of water-sensitive urban transformation, illustrated by the example of Leipzig, this handbook explores the potential and synergies of different technologies within blue-green infrastructure.

Developing a water sensitive city also requires formal and informal planning tools. While formal planning, such as land use planning, follows legal guidelines, informal planning offers more flexibility and adaptability. The integration of water management aspects into landscape and land use planning is essential to achieve the goals of water sensitive urban development. Existing legal frameworks, such as nature conservation and water law, also need to be taken into account in the planning process. The planning of blue-green infrastructure therefore requires close cooperation between the various stakeholders, which is discussed in detail in this document. These infrastructures, which use both water and vegetation, offer multifunctional solutions for adapting to climate change. It is essential to consider the competition for land use between different functions and to develop solutions that support the natural water cycle. The digital planning tools presented in this document can facilitate interdisciplinary collaboration and help consolidate relevant data to enable more accurate planning.

In order to provide targeted recommendations for blue-green infrastructure in the future, it is important to collect accurate data on available water resources and the potential impact of proposed technologies on the water cycle. A key aspect is the analysis of the stormwater balance. Urban areas affect the water and nutrient balance as well as the morphology of water bodies through surface sealing and wastewater discharges. This document presents planning tools that support the prediction of future runoff in order to improve blue-green infrastructure planning. The application of selected planning tools is illustrated with concrete case studies.

This handbook provides a comprehensive overview of innovative strategies, technologies, and interdisciplinary solutions to promote climate-resilient, environmentally sound, and sustainable urban development.

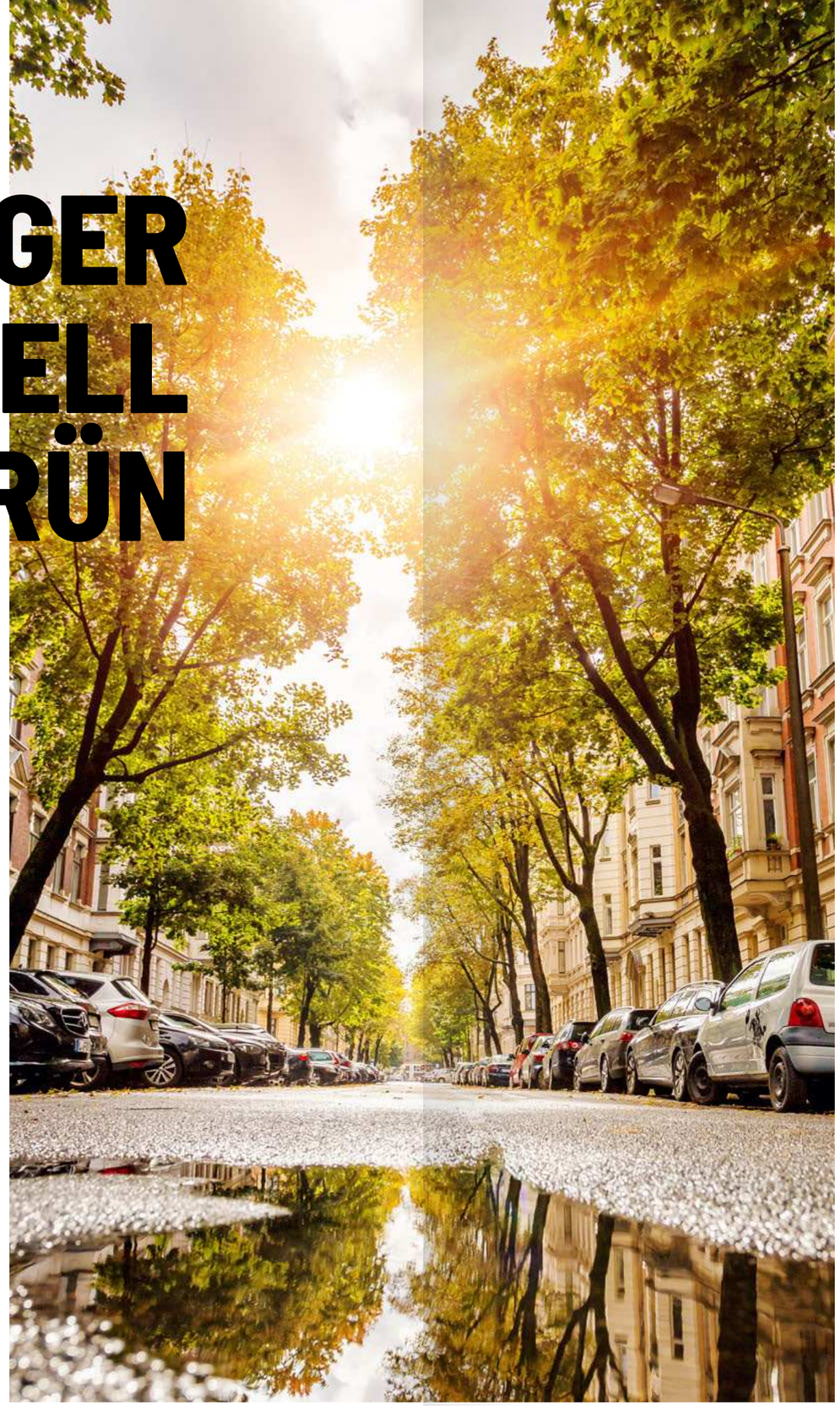
DAS LEIPZIGER MODELL BLAU-GRÜN

Roland A. Müller
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

INTEGRIERTE STADTENTWICKLUNG FÜR EINE KLIMARESILIENTE ZUKUNFT

Leipzig steht exemplarisch für urbane Räume, die angesichts zunehmender klimatischer Herausforderungen wie Starkregen, Hitzeperioden und Trockenphasen vor tiefgreifenden Anpassungserfordernissen stehen. Seit dem Jahr 2018 ist die Stadt durch eine dynamische Entwicklung geprägt, die sich gleichermaßen aus starkem Bevölkerungswachstum, urbaner Nachverdichtung und einer signifikanten Häufung extremer Wetterereignisse speist. Wiederkehrende Starkregenereignisse führten mehrfach zu Überlastungen der städtischen Entwässerungssysteme und manifestierten sich in lokalen Überflutungen, wodurch die Defizite konventioneller Regenwasserbewirtschaftung deutlich sichtbar wurden. Parallel dazu verdeutlichten langanhaltende Trockenperioden den dringenden Bedarf an nachhaltiger Bewässerungsinfrastruktur und klimaangepasster Stadtbegrünung. Der Verlust von über 1.500 Stadtbäumen in wenigen Jahren stellt hierfür eine sichtbare und folgenreiche Konsequenz dar.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) reagierte auf diese Herausforderungen mit der Initiierung eines thematischen Förderschwerpunkts zur Entwicklung ressourceneffizienter Stadtquartiere. Im Rahmen dieses Programms wurden sieben deutsche Städte als sogenannte Modellstädte ausgewählt, um innovative, praxisnahe und übertragbare Handlungsansätze zur klima- und ressourcenangepassten Stadtentwicklung zu erproben. In der Modellstadt Leipzig stand dabei die gezielte Ausrichtung städtischer Transformationsprozesse auf die Ressource Wasser im Zentrum der konzeptionellen Überlegungen. Zentrales Leitmotiv der beteiligten Akteure war es, die Wasserinfrastruktur nicht isoliert, sondern als integralen Bestandteil einer zukunftsfähigen und resilienten Stadtstruktur zu denken. Die entwickelten Maßnahmen sind eingebettet in ein erweitertes Anforderungsprofil, das zusätzlich die zunehmenden Anforderungen an den Gewässerschutz, die Ressourceneffizienz, die Energieeinsparung sowie den Erhalt und die Förderung urbaner Biodiversität berücksichtigt.



Vor dem Hintergrund zunehmender Extremwetterereignisse wurde der Bedarf einer strategischen Neuausrichtung der städtischen Wasserbewirtschaftung hin zu dezentralen, blau-grünen Systemlösungen deutlich. Anstelle einer rein zentralisierten Ableitung soll Niederschlagswasser künftig vermehrt lokal zurückgehalten, versickert und zur Bewässerung urbaner Vegetationsflächen genutzt werden. Ziel ist es, durch den Einsatz blau-grüner Infrastruktur eine Mehrfachwirkung zu erzielen: die Entlastung konventioneller Entwässerungssysteme, die gezielte Kühlung über Verdunstung, die Förderung städtischer Grünstrukturen sowie eine Stabilisierung des städtischen Wasserhaushalts. Erste fachliche Auswertungen zeigen, dass solche integrierten Maßnahmen substanzielle Beiträge zur Erhöhung der urbanen Resilienz leisten und zugleich positive Synergien in den Bereichen Gesundheit, Biodiversität und Aufenthaltsqualität erzeugen können.

Aus diesen Erkenntnissen heraus wurde in Leipzig ein integriertes Planungsverständnis etabliert, das Wasser nicht als zu entsorgende Ressource, sondern als steuerndes und gestalterisches Element urbaner Entwicklung versteht. Der Fokus liegt dabei auf der strategischen Nutzung der Potenziale multi-

funktionaler, naturbasierter Infrastruktur. Das Leipziger Modell verbindet wasserwirtschaftliche, städtebauliche, technische, rechtliche und gesellschaftliche Dimensionen zu einem systemischen Ansatz der klimaresilienten Stadtgestaltung.

Die überregionale Resonanz auf die Leipziger Aktivitäten – belegt durch Fachanfragen, Kooperationsgesuche, Interviews sowie politisches Interesse – verdeutlicht die hohe Relevanz des entwickelten Ansatzes und war zugleich von der Frage nach dessen Übertragbarkeit geprägt. Dabei zeigte sich, dass das in Leipzig konzipierte und erprobte Vorgehen – trotz standortspezifischer Rahmenbedingungen – grundsätzlich als modellhafte Orientierung für andere Kommunen dienen kann. Vor diesem Hintergrund wurde der Begriff „Leipziger Modell BlauGrün" eingeführt, um die systematische Herangehensweise und die konkreten Umsetzungserfahrungen als übertragbaren Referenzrahmen für eine klimaresiliente, blau-grüne und wassersensible Stadtentwicklung sichtbar und zugänglich zu machen.

Das Leipziger Modell BlauGrün basiert auf vier zentralen Bausteinen, die im Folgenden systematisch erläutert werden: (i) die Entwicklung modellbasierter Szenarien und der Einsatz flexibler GIS-Systeme im Rahmen einer integrierten Stadt- und Infrastrukturplanung unter Berücksichtigung der multifunktionalen Wirkungen wasserbezogener Maßnahmen; (ii) ein anpassungsfähiges und technologieoffenes Portfolio blau-grüner Infrastrukturlösungen, das auf unterschiedliche stadträumliche Kontexte übertragbar ist; (iii) die rechtliche und konzeptionelle Verankerung entsprechender Maßnahmen im Rahmen einer nachhaltigen und klimaresilienten Stadtentwicklung; sowie (iv) der Aufbau neuer, aufgabenspezifischer Kommunikations- und Koordinationsstrukturen innerhalb der Stadtverwaltung als Grundlage für die strukturelle Einbindung und langfristige institutionelle Verstetigung blau-grüner Konzepte.

BLAU-GRÜNE STADT- UND INFRASTRUKTURPLANUNG – MODELLBASIERTE SZENARIEN, GIS-SYSTEME UND DIGITALE ZWILLINGE

Ein Fundament des Leipziger Modells BlauGrün bildet die integrierte Planung von Stadt- und Infrastruktursystemen unter besonderer Berücksichtigung wasserbezogener Wirkungen. Vor dem Hintergrund zunehmender klimatischer Belastungen – insbesondere infolge von Starkregenereignissen, Hitzeperioden und langanhaltenden Trockenphasen – ist ein grundlegender Paradigmenwechsel in der Stadtentwicklung erforderlich. Urbane Systeme sind als komplexe, dynamisch vernetzte Strukturen zu begreifen, in denen Flächennutzung, blau-grüne Infrastruktur, Wasserhaushalt, Ökosystemleistungen und mikroklimatische Prozesse systemisch miteinander interagieren. Eine solche Betrachtung bildet die Grundlage für eine zukunftsorientierte, klimaresiliente Transformation urbaner Räume.

Das Leipziger Modell BlauGrün integriert diese Dimensionen konzeptionell von Beginn an und bringt sie sowohl räumlich als auch funktional in systemische Zusammenhänge. Bislang mangelte es an umfassenden Strategien, die bestehende Stadtquartiere, Gebäude- und Infrastrukturbestände gezielt in eine ressourcen- und klimasensible Transformation überführen. Genau hier setzt das Modell an: Es etabliert ein systemisch-interdisziplinäres Planungsverständnis, das multifunktionale blau-grüne Infrastruktur als integraler Bestandteil städtischer Entwicklungsprozesse versteht und diese frühzeitig in räumliche Entwicklungsstrategien einbindet. Ziel dieses methodischen Zugangs ist es, kommunale Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger in die Lage zu versetzen, die komplexen Wirkungszusammenhänge klimawandelbedingter Belastungen fundiert zu analysieren, darauf aufbauend geeignete Handlungsoptionen abzuleiten und prioritäre Transformationspfade strategisch zu definieren.

Zur operativen Umsetzung des integrativen Planungsansatzes im Leipziger Modell kommen verschiedene digitale Werkzeuge zum Einsatz. Eine zentrale Rolle spielen dabei flexible Geographische Informationssysteme (GIS), die die systematische Zusammenführung raumbezogener Daten aus unterschiedlichen Fachdisziplinen ermöglichen – etwa zu Bodenversiegelung, Abflussverhalten, Hitzebelastung, Vegetationsstrukturen oder Bevölkerungsdichte. Auf dieser Grundlage lassen sich räumliche Prioritäten für Maßnahmen, Synergiepotenziale sowie potenzielle Zielkonflikte identifizieren, analysieren und visuell aufbereiten. GIS-gestützte Auswertungen unterstützen somit sowohl die Standortwahl geeigneter blau-grüner Maßnahmen als auch die Analyse relevanter Einzugsgebiete und die Planung funktionaler Vernetzungen zwischen Wasser- und Grünstrukturen. Sie liefern eine belastbare Entscheidungsgrundlage, beispielsweise zur Abwägung zwischen Bebauungsdruck, Retentionsanforderungen und mikroklimatischer Belastung. Ergänzt wird dieser Zugang durch den Einsatz modellbasierter Szenarien, die es ermöglichen, alternative Entwicklungsverläufe zu simulieren und deren Auswirkungen auf Wasserhaushalt, Vegetation und Stadtklima vergleichend zu bewerten. Darüber hinaus finden zunehmend digitale Zwillinge Anwendung – dynamische, datenbasierte Abbilder städtischer Räume, die Echtzeitinformationen mit Planungs- und Simulationsmodellen verknüpfen. Mit ihrer Hilfe können zukünftig beispielsweise Retentionspotenziale, Hitzebelastungen oder Verdunstungseffekte für unterschiedliche Planungsvarianten analysiert, visualisiert und in Entscheidungsprozesse integriert werden. So wird es möglich, Zielkonflikte – etwa zwischen konkurrierenden Flächennutzungen oder zwischen kurzfristigen Bedarfen und langfristiger Klimaanpassung – frühzeitig zu erkennen, transparent zu kommunizieren und im Sinne eines resilienten Stadtumbaus zu bearbeiten.

BLAU-GRÜNER TECHNOLOGIEEINSATZ – NUTZUNG DER MULTIFUNKTIONALEN WIRKUNGEN VON BLAU-GRÜNER WASSERINFRASTRUKTUR

Blau-grüne Wasserinfrastruktur bildet die zweite tragende Säule des Leipziger Modells BlauGrün. Ihre Wirkungen werden gezielt in die modellgestützten Szenarien integriert, wodurch ihre multifunktionalen Leistungen – etwa im Hinblick auf Wasserhaushalt, Mikroklima oder Stadtgrün – sichtbar gemacht und quantifiziert werden können. BG-Infrastruktur umfasst ein breites Spektrum technischer, naturbasierter und hybrider Lösungen. Ihre besondere Stärke im urbanen Kontext liegt in ihrer hohen Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche räumliche, funktionale und gestalterische Anforderungen. Zu den typischen Technologien zählen begrünte Dächer und Fassaden, Mulden-Rigolen-Systeme, Zisternen, wasserdurchlässige Verkehrsflächen sowie naturnahe Rückhalteräume im öffentlichen Raum. Ergänzt werden diese durch die wassersensible Gestaltung von Innen- und Hinterhöfen, die vielfach modular konzipiert sind und mehrere Funktionen gleichzeitig erfüllen können.

Charakteristisch für alle genannten Systeme ist ihre ausgeprägte Multifunktionalität: Sie ermöglichen die dezentrale Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Rückhalt, Verdunstung und Wiederverwendung und leisten damit einen bedeutenden Beitrag für den urbanen Wasserkreislauf. Gleichzeitig übernehmen sie zusätzliche Funktionen – etwa als temporäre Wasserspeicher, Wärmedämmungselemente, Lärmschutz, CO_2- und Schadstoffsenken – und tragen zur Erhöhung der Biodiversität sowie zur Verbesserung des Mikroklimas und der Aufenthaltsqualität im urbanen Raum bei. Besonders in hochverdichteten Quartieren entfalten sie damit nicht nur wasserwirtschaftliche, sondern auch mikroklimatische, ökologische und soziale Wirkungen und leisten einen bedeutenden Beitrag zur urbanen Resilienz.

Mittlerweile sind viele dieser Technologien grundsätzlich in europäischen Städten bekannt, werden jedoch vielfach noch ohne konkrete Vorstellungen zur Wirkweise und Systemrelevanz eingesetzt. Zu den bekanntesten Technologien zählen Gründächer in extensiver oder intensiver Ausführung. Sie ermöglichen Verdunstungskühlung, entlasten die Kanalisation und bieten – insbesondere bei intensiver Ausgestaltung – zusätzliche Habitat- und Aufenthaltsfunktionen. In Bestandsquartieren eröffnen blau-grün ertüchtigte Innen- und Hinterhöfe ein erhebliches Potenzial zur Entsiegelung, Retention und Versickerung, unterstützt durch bepflanzte Mulden, oberflächennahe Speicher und modulare Elemente.

Bewährte technische Lösungen wie Mulden-Rigolen-Systeme ermöglichen eine kontrollierte Ableitung, Reinigung und Zwischenspeicherung von Regenwasser. Neuere Entwicklungen wie Baumrigolen mit unterirdischem Speichervolumen koppeln urbane Vegetation direkt an die Regenwasserbewirtschaftung und fördern die Vitalität von Stadtbäumen unter schwierigen Standortbedingungen.

Im Leipziger Modell werden diese Infrastrukturelemente nicht als isolierte Einzelmaßnahmen betrachtet, sondern als integrale Bestandteile modularer, standortspezifisch angepasster Systeme. Ihre kombinierte Wirkung wird systematisch erfasst, bewertet und in planerische Entscheidungsprozesse integriert. So leistet blau-grüne Infrastruktur nicht nur einen substantiellen Beitrag zur klimaresilienten Regenwasserbewirtschaftung, sondern entfaltet darüber hinaus meßbare Mehrwerte für Stadtökologie, Gesundheit, Aufenthaltsqualität und soziale Teilhabe.

GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN – NACHHALTIGE NIEDERSCHLAGSBEWIRTSCHAFTUNG UND KONZEPTIONELLE WEICHENSTELLUNGEN

Die dritte Säule des Leipziger Modells BlauGrün widmet sich der Gestaltung und Weiterentwicklung rechtlicher Rahmenbedingungen zur Ermöglichung und Verstetigung der Blau-grüne-Transformation. Im Fokus steht dabei die systematische Integration wasserwirtschaftlicher Belange in bestehende formelle und informelle Planungsinstrumente – darunter Bebauungspläne, Grünordnungspläne, Landschaftspläne sowie kommunale Klimaanpassungsstrategien.

Während die Umsetzung und technische Machbarkeit blau-grüner Wasserinfrastruktur sowie derer ökologische und klimatische Wirksamkeit in der Fachwelt weitgehend unbestritten sind, zeigen sich in der planerischen Praxis nach wie vor strukturelle Hürden, die einer breiten Anwendung im Wege stehen. Ein wesentlicher Grund hierfür liegt in der sektoralen Aufgabenteilung: Viele zentrale Komponenten der blau-grünen Infrastruktur – insbesondere im Bereich wassersensibler und entwässerungstechnischer Flächengestaltung – fallen nicht ausschließlich in den Zuständigkeitsbereich der Wasserwirtschaft, sondern betreffen in erheblichem Maße auch die Stadtplanung, die Grünflächenentwicklung sowie die Gestaltung öffentlicher Verkehrsflächen. Die erfolgreiche Umsetzung entsprechender Maßnahmen erfordert daher eine deutlich engere, institutionell abgestimmte und langfristig verankerte Zusammenarbeit zwischen Stadtentwicklungs-, Umwelt- und Wasserwirtschaftsressorts – weit über die bisher in der klassisch technikorientierten Kanalplanung etablierten Kooperationsmuster hinaus.

Um blau-grüne Infrastruktur wirksam, dauerhaft und rechtssicher realisieren zu können, sind neue Kooperationsmodelle erforderlich, die auf klar definierten Zuständigkeiten, verbindlichen Absprachen und angepassten regulatorischen Rahmenbedingungen basieren. Diese müssen sektorübergreifendes Handeln ermöglichen, bestehende Zielkonflikte zwischen Fachressorts oder Nutzungserwartungen moderieren und Planungsprozesse sowohl rechtlich als auch finanziell absichern. Nur wenn die nachhaltige Bewirtschaftung von Niederschlagswasser rechtlich so verankert wird, dass sie nicht nur eingefordert, sondern aktiv gefördert wird, können blau-grüne Lösungen systematisch in die Breite getragen und als fester Bestandteil kommunaler Planung und Infrastrukturentwicklung etabliert werden.

Das Leipziger Modell nimmt diese Konflikte aktiv auf und diskutiert sie im Hinblick auf mögliche rechtliche Weiterentwicklungen, etwa einer Novellierung relevanter Rechtsvorgaben oder der Definition neuer Förderkriterien. Gleichzeitig werden konzeptionelle Weichenstellungen vorgenommen – z. B. durch Flächenvorsorge für Retention oder durch Standards für Entsiegelung und Regenwassernutzung in städtebaulichen Verträgen.

Die gemeinsame Motivation aller beteiligten Leipziger Akteure besteht darin, die rechtlichen Grundlagen so anzuwenden oder weiterzuentwickeln, dass blau-grüne Maßnahmen nicht länger als Sonderlösungen betrachtet werden, sondern als integraler Bestandteil einer zukunftsgerichteten, klimaangepassten Stadtentwicklung dauerhaft verankert werden können.

NEUE KOMMUNIKATIONSSTRUKTUREN UND VERSTETIGUNG IN DER STADTVERWALTUNG

Die vorangegangenen Abschnitte verdeutlichen, dass ein integrierter Planungsprozess für blau-grüne Infrastruktur im Kontext der Klimaanpassung eine komplexe, ressortübergreifende und institutionell tragfähige Herangehensweise erfordert. In Leipzig haben die verantwortlichen Akteure aus Stadtverwaltung, kommunalen Unternehmen und Forschungseinrichtungen die gemeinsame Schlussfolgerung gezogen, dass hierfür neue Kommunikations- und Kooperationsstrukturen erforderlich sind. Diese bilden die vierte Säule des Leipziger Modells BlauGrün.

Ziel ist es dabei, Entscheidungsträger relevanter Fachbereiche – insbesondere aus der Stadtplanung, dem Umweltschutz, dem Stadtgrün- und Gewässermanagement, der Straßen- und Verkehrsplanung, der Geoinformation sowie der Leipziger Wasserwerke – systematisch zu vernetzen, ein gemeinsames fachliches Verständnis zu entwickeln und koordinierte Entscheidungsprozesse zu etablieren.

Zu diesem Zweck wurde das Lenkungsnetzwerk Wassersensible Stadtentwicklung gegründet – ein interdisziplinäres Gremium, das maßgeblich zur strategischen Steuerung und strukturellen Verstetigung der blau-grünen Transformation in Leipzig beiträgt. Das Netzwerk verfolgt gemeinsam entwickelte, verbindlich formulierte Ziele für eine wassersensible Stadtentwicklung, die als strategische Leitplanken und Handlungsgrundlage für die beteiligten Institutionen dienen. Es versteht sich als zentraler Treiber eines langfristig angelegten Transformationsprozesses hin zu einer klimaresilienten und ressourcensensiblen Stadtstruktur. Um diesen Anspruch

einlösen zu können, wurden Rollen, Aufgaben und Zuständigkeiten der beteiligten Akteure klar definiert und organisatorisch verankert. Darüber hinaus haben sich die beteiligten Ämter und kommunalen Unternehmen verpflichtet, die erforderlichen personellen und strukturellen Ressourcen – etwa durch dezidierte Koordinierungsstellen – bereitzustellen und dauerhaft zu sichern.

ÜBERTRAGBARKEIT

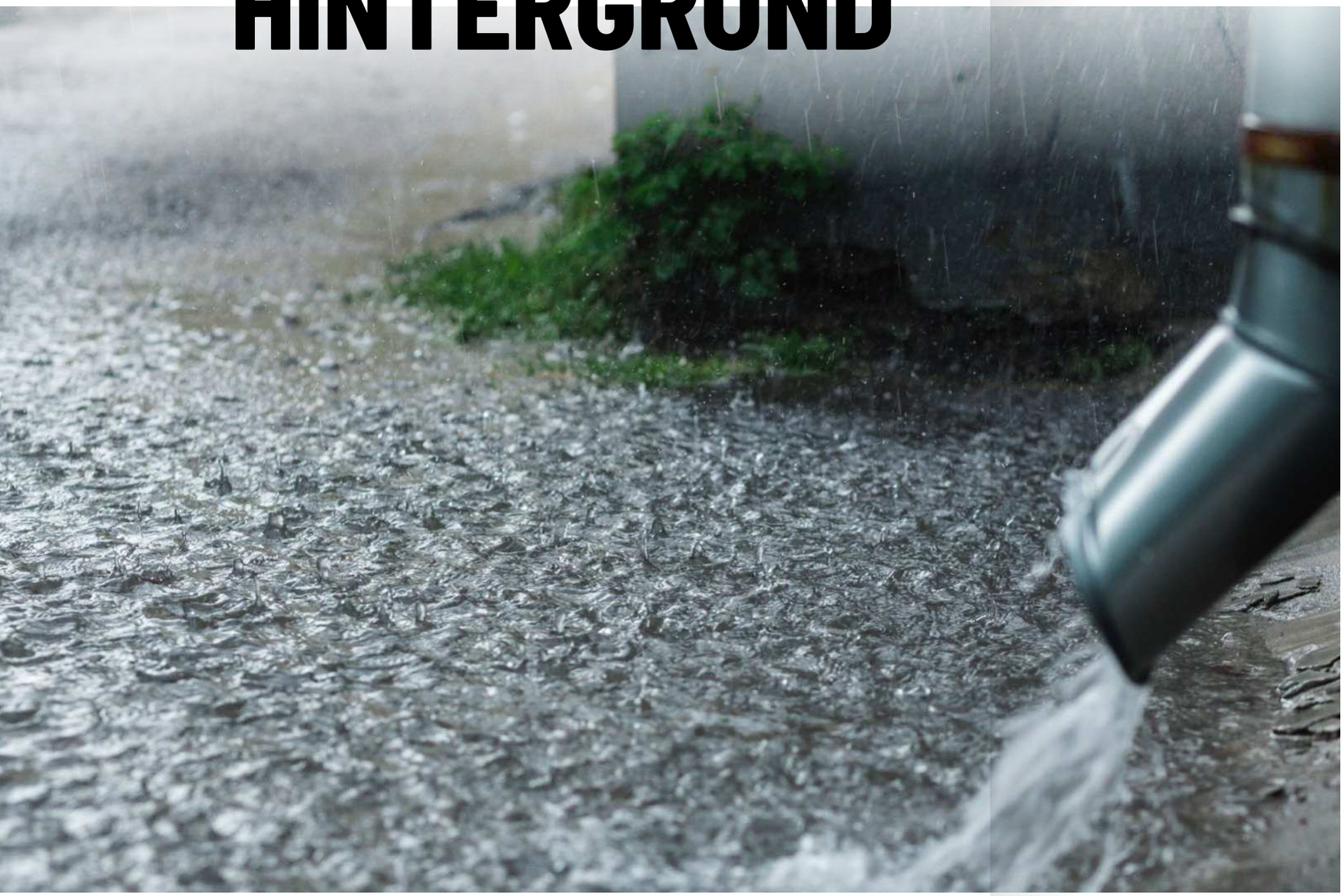
Auch wenn jede Stadt über spezifische Herausforderungen, Prioritäten und Ausgangsbedingungen hinsichtlich ihrer Klimaanpassungsstrategie und ihres Transformationsbedarfs verfügt, lassen sich aus den im Leipziger Modell dargestellten vier Säulen dennoch übertragbare Handlungsempfehlungen ableiten. Das Modell bietet einen strukturierenden Orientierungsrahmen für Städte, die den Herausforderungen des Klimawandels aktiv begegnen und wasser- sowie grünflächenbezogene Lösungsansätze systematisch in ihre Stadtentwicklung integrieren möchten.

Die Kombination aus datenbasierter Planung, multifunktionalen Infrastrukturansatz, rechtlicher Weiterentwicklung der Rahmenbedingungen und institutioneller Verankerung in der Stadtverwaltung macht den Ansatz einerseits robust gegenüber unterschiedlichen Aufgabenstellungen. Wesentliche Erfolgsfaktoren sind dabei die frühzeitige Integration von Wasser- und Klimathemen in die kommunale Planung, die interdisziplinäre Zusammenarbeit innerhalb der Stadtverwaltung, der Einsatz digitaler Analyse- und Simulationswerkzeuge, die Förderung der Mehrfachnutzung städtischer Flächen sowie die kontinuierliche Einbindung von Öffentlichkeit und Fachakteuren.

Gleichzeitig stellt sich die grundlegende Frage, welche strategischen Ziele eine kommunale Anpassungsstrategie konkret verfolgen soll. Die Klärung, wofür künftig städtisches Wasser benötigt wird – etwa zur Bewässerung, Verdunstungskühlung oder zur Versorgung von Stadtgrün –, und welche Funktionen mit blaugrünen Maßnahmen erfüllt werden sollen – wie z. B. die Abkopplung von Oberflächenwasser von zentralen Netzen oder die integrierte Betrachtung von Wasser- und Wärmewende – ermöglicht es, über standortbezogene Einzelentscheidungen hinauszudenken. So kann eine vorausschauende, systemisch vernetzte Planung entstehen, die funktionale Synergien nutzt und langfristige Transformationspfade absichert.

Als Modellstadt hat Leipzig mit dem BlauGrün-Modell einen Weg aufgezeigt, der bestehende Strukturen aufgreift und systematisch weiterentwickelt – ein praxisorientierter, adaptiver und zukunftsfähiger Ansatz für eine klimaresiliente Stadtentwicklung.

HINTERGRUND



Marc Breulmann und Lucie Moeller
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

ZIELSETZUNGEN

Der Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels erfordert eine Anpassung in der Stadtentwicklung. Dabei müssen insbesondere die vielfältigen Ansprüche und Konflikte bei der Umgestaltung begrenzter städtischer Flächen im Neubau und im Bestand berücksichtigt werden. Die frühzeitige Integration des Starkregenmanagements in die städtebauliche Planung ist hier von großer Bedeutung.

Eine integrierte Nutzung der Multifunktionalität des Gesamtsystems in Bezug auf Kanalentlastung, Kühlung, Vegetationsvitalität und Bewässerung wird häufig nicht berücksichtigt. Die in oft größeren Pilotprojekten entwickelten Ansätze müssen in einfache, kostengünstige Bauweisen mit evaluierter Leistungsfähigkeit überführt werden. Die Entwicklung standardisierter Bauweisen für vernetzte Systeme reduziert den Entwicklungs- und Planungsaufwand für das Einzelprojekt. Komplexere Systeme, die z.B. Dachbegrünungen mit Retentionsräumen, Regenwasserspeichern und oberirdischen Rigolensystemen kombinieren, können so auch in kleineren Projekten umgesetzt werden. Ohne geprüfte Standardbauweisen ist der Bemessungs- und Planungsaufwand derzeit bei vielen Projekten sehr hoch. Mit der Entwicklung von einfach zu handhabenden blau-grünen Bausteinen kann deren Anwendung auch durch Vorgaben in Satzungen und Auflagen für Bauherren verbindlich gemacht werden. So können die erarbeiteten Maßnahmen eine allgemeine Anwendung finden und an vielen Stellen eine Optimierung der bestehenden Infrastruktur ermöglichen. Die konsequente Umsetzung einer wassersensiblen und klimaangepassten Bauweise ist für eine zukunftsorientierte Entwicklung unerlässlich.

Die wasserwirtschaftliche Infrastruktur muss zukunftsfähig weiterentwickelt werden. Es ist mit einem stark steigenden Investitionsbedarf zu rechnen. Daher sind langfristige Konzepte notwendig, die eine ganzheitliche

Betrachtung erfordern. Dabei spielt die Abkopplung des Regenwassers aus dem Mischsystem auch aus Sicht der Siedlungsentwässerung und des Gewässerschutzes eine wichtige Rolle, insbesondere hinsichtlich der Reduzierung von hydraulischen Überlastungen und Mischwasserabschlägen. Ziel ist es, das gesamte anfallende Niederschlagswasser in ausgewählten Quartieren oder Hausblöcken wie in einem Schwamm zurückzuhalten (das Schwammstadtprinzip) und vor Ort zur klimaschonenden Bewässerung und Verdunstung zu nutzen und dem natürlichen Wasserkreislauf vor Ort wieder zuzuführen (DWA, 2022).

Um künftig konkrete Empfehlungen für blau-grüne Infrastruktur (BGI) geben zu können, sind detaillierte Informationen über das verfügbare Wasserdargebot sowie über den Einfluss der geplanten BGI auf den Wasserhaushalt unerlässlich.

Das vorliegende Dokument gibt detaillierte Empfehlungen für die integrierte Planung der BGI zum Umgang mit Starkregenereignissen und zur Bewässerung urbaner Räume in Leipzig auf der Grundlage des blau-grünen Kaskadenkonzeptes. Es dient als klarer Leitfaden für die frühzeitige Einbindung, zielgerichtete Umsetzung und partizipative Gestaltung entsprechender Projekte. Um einen reibungslosen Planungsprozess zu gewährleisten, wird zudem aufgezeigt, wie und wann Maßnahmen zum Starkregenmanagement in den Planungsprozess integriert werden können und welche Akteure unterstützend tätig werden können.

INTEGRIERTES STARKREGEN-MANAGEMENT

Die Welt steht heute vor Herausforderungen wie der raschen globalen Urbanisierung, dem Klimawandel und der zunehmenden Wasserknappheit. Städte sind von den Auswirkungen von Starkregen, Dürre und Hitze besonders betroffen, was das Management des urbanen Wasserkreislaufs zu einer zentralen Aufgabe für Stadtplaner macht (Larsen et al., 2016).

Der Zusammenhang zwischen Stadtentwicklung und Wasserressourcen wird damit zu einem zentralen Thema bei der Entwicklung integrierter Anpassungs- und Minderungsstrategien (UNEP-DHI, 2014; Ahlhelm et al., 2020). Wir erleben einen Paradigmenwechsel im Umgang mit der Ressource Wasser.

Um den zukünftigen Herausforderungen gerecht zu werden, müssen Stadtplaner verschiedene Aspekte des urbanen Wassermanagements berücksichtigen, einschließlich Umweltschutzmaßnahmen und Regenwassernutzung (Furlong et al., 2017; Köster, 2021; Müller et al., 2023; Meilinger et al., 2024).

KLIMAWANDEL UND EXTREMWETTEREREIGNISSE

Extremwetterereignisse wie Starkregen, Hochwasser, Trockenheit und Hitze werden in Zukunft immer häufiger auftreten. Die Anpassung von Städten und Regionen an diese veränderten Bedingungen erfordert eine ganzheitliche Strategie, die den verantwortungsvollen Umgang mit verschiedenen Ressourcen berücksichtigt (DWA, 2023). Eine nachhaltige und naturnahe Regenwasserbewirtschaftung ist die Grundlage für eine lebenswerte und resiliente Stadt der Zukunft (Stadt Bonn, 2023; Stadt Bonn, 2024). Diese Notwendigkeit spiegelt sich nun im verabschiedeten Klimaanpassungsgesetz (KAnG) des Bundes wider. Es weist den Weg zur urbanen Klimaanpassung und betont die Bedeutung naturbasierter Lösungen für den klimagerechten Umbau der Städte zu klimaresilienten Schwammstädten maßgeblich durch Fachgesetze und Verordnungen sowie technische Normen und Standards beeinflusst werden (Meilinger et al., 2024).

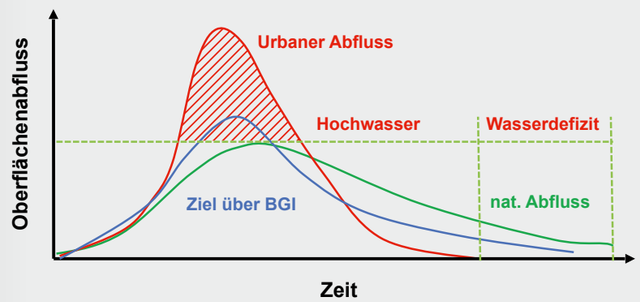
Die Zunahme von Extremwetterereignissen wie Starkregen wird in Zukunft vermehrt zu lokalen Überschwemmungen führen. Diese können sowohl lokal als auch großflächig auftreten und insbesondere in Verbindung mit lang anhaltenden Niederschlagssituationen erhebliche Schäden verursachen (Schelle et al., 2020; DWA, 2023). Ein Grund hierfür ist der Einfluss der Städte auf den natürlichen Wasserkreislauf, insbesondere durch die starke Versiegelung von Flächen. Regenwasser kann nicht mehr auf natürliche Weise versickern, was zu einem erhöhten Oberflächenabfluss und damit zu Überschwemmungen führt. Bei Starkregenereignissen ist die zentrale Wasser-/Abwasserinfrastruktur häufig überlastet, was zu zusätzlichen Schäden durch Überflutungen und Einleitung ungeklärter Abwässer in die Gewässer führt (UFZ, 2021). Kommunale Regenwasserkonzepte berücksichtigen zunehmend 100-jährige Regenereignisse für ihre Simulationen, um die zu erwartenden Wassermengen mit einer angepassten Infrastruktur bewältigen zu können. Neue Regelungen in der Siedlungswasserwirtschaft unterstreichen die steigende Bedeutung eines naturnahen, lokalen Wasserhaushaltes. Es wird betont, dass die alleinige Ableitung von Niederschlagswasser über die Kanalisation nicht mehr zukunftsfähig ist (UFZ, 2021; Müller et al., 2023). *Der Zukunftsplan Wasser Hessen* benennt z.B. die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung als eine wichtige Maßnahme (HMUKLV, 2022). Darüber hinaus unterstützt das Land die Erstellung kommunaler Wasserkonzepte, die u.a. Möglichkeiten der Regenwasserbewirtschaftung aufzeigen sollen.

Der Klimawandel führt nicht nur zu wärmeren und heißeren Sommern, sondern auch zu mehr Trockenheit und Dürre in städtischen Gebieten. Es gibt Situationen, in denen Wasser im Überfluss vorhanden ist, aber über längere Zeiträume knapp wird (DWA, 2023). Dieser Effekt wird durch die hohe Flächenversiegelung noch verstärkt. Gebäude, Straßen und Plätze schaffen eigene Mikroklimazonen, sogenannte Wärmeinseln, die zu extrem hohen Temperaturen führen.

Zunehmende Trockenheit und Wassermangel bedrohen das Stadtgrün und zeigen, dass die natürliche Bewässerung von Stadtbäumen und Grünflächen nicht mehr ausreicht (DWA, 2023; Stadt Bonn, 2023; Stadt Bonn, 2024). Temperaturrekorde, Hitzewellen und Trockenperioden erfordern aktive Vorsorgemaßnahmen. Selbst bei sofortiger Reduktion der Treibhausgasemissionen würden die Auswirkungen des Klimawandels spürbar bleiben. Infrastrukturprojekte müssen daher nachhaltige, zukunftsfähige Lösungen berücksichtigen, um Herausforderungen wie die Sicherung des Stadtgrüns zu bewältigen. Um die Wasserversorgung von Grünflächen und Stadtbäumen in Trockenperioden zu verbessern, ist es wichtig, anfallendes Niederschlagswasser lokal zu nutzen. Dies ist notwendig, da in den Sommermonaten mit einer negativen Wasserbilanz zu rechnen ist.

Als Reaktion auf den Klimawandel und seine Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft hat das Bundeskabinett im März 2023 die Nationa-

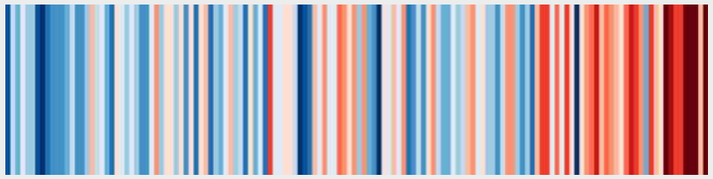
Stadtplaner müssen den Zusammenhang zwischen Stadtentwicklung und Wasserressourcen verstehen und integrierte Anpassungsstrategien entwickeln.



Durch Bebauung und Versiegelung wird das natürliche Abflussverhalten verändert, so dass in kurzer Zeit große Wassermengen anfallen, die die vorhandene Infrastruktur belasten und im schlimmsten Fall zu Überschwemmungen führen können. Ziel von BGI ist es, den urbanen Abfluss zu regulieren und das natürliche Abflussverhalten wiederherzustellen.

le Wasserstrategie beschlossen (BMUV, 2021), in deren Mittelpunkt das Konzept der „wassersensiblen Stadtentwicklung" steht, das die Wiederherstellung eines möglichst naturnahen Wasserhaushalts vorsieht. Diese Maßnahmen können einen wichtigen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel in Städten leisten, indem Extremereignisse besser bewältigt werden (Ahlhelm et al., 2020; LAWA, 2021).

Der vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ herausgegebene *Dürremonitor Deutschland* zeigt für die Region Leipzig insbesondere für Jahre wie 2018 eine extreme Trockenheit, des Bodens. Diese Trockenheit wirkt sich negativ auf das Stadtgrün aus und verringert damit auch dessen Kühlleistung an heißen Tagen. Neben schattenspendenden Bäumen trägt vor allem die Vegetation durch Verdunstung zur Minderung der Hitzebelastung bei. Dies ist jedoch nur dann effektiv möglich, wenn Boden und Vegetation ausreichend mit Wasser versorgt sind. In Leipzig zum Beispiel, sind in den Dürresommern 2018 und 2020 rund 1.600 Stadtbäume aufgrund von Wassermangel eingegangen (siehe www.bund-leipzig.de/stadtbaeume). Zudem beeinträchtigt die Aufheizung der Städte das Wohlbefinden der Stadtbevölkerung (UFZ, 2021).



Klimastreifen (Warming Stripes) für Sachsen (1881-2022). Jeder Streifen repräsentiert ein Jahr und die Streifenfarbe zeigt die Temperaturabweichung für das entsprechende Jahr.

WASSERSENSIBLE STADTENTWICKLUNG

Die Bedrohung städtischer Strukturen durch zu viel oder zu wenig Wasser ist nur eine Facette der zukünftigen Herausforderungen. Wasser kann auch eine Schlüsselrolle bei der Minderung der negativen Auswirkungen des Klimawandels spielen. Ein flexibles Wassermanagement, das nicht ausschließlich auf zentrale Entwässerungsinfrastrukturen setzt, sondern Regenwasser lokal zurückhält, bietet eine naheliegende Lösung. Diese Strategie kann durch die Umsetzung von BGI erreicht werden, wodurch lokale Wasserkreisläufe geschlossen, Regenwasser gespeichert, Hitzeprobleme abgemildert und umweltschädliche Kanalüberläufe vermieden werden können.

Die Umsetzung von BGI spielt bereits heute eine Schlüsselrolle im Hochwasserschutz (DWA, 2021a,b). Diese dezentralen Lösungen verbessern nicht nur die Lebensqualität und das Stadtklima, sondern bieten auch Möglichkeiten wie die Bewässerung von städtischen Grünflächen im Sommer. Auf diese Weise behält das Stadtgrün seine wichtige Funktion zur Kühlung der Städte, zur Verbesserung der Luftqualität und damit zur Steigerung der Lebensqualität (DWA, 2021a,b, UFZ, 2021; DWA, 2023). Insbesondere der Aspekt der Kühlfunktion der Stadt durch Verdunstungskälte hat in den letzten Jahren zunehmend planerisch an Bedeutung gewonnen und wird durch das Konzept der Schwammstadt gezielt gefördert (Sieker et al., 2019).

Die Anpassung von Städten und Regionen an diese veränderten Bedingungen erfordert eine ganzheitliche Strategie und ein Umdenken im Umgang mit Ressourcen (DWA, 2021a,b). Um beispielsweise die Aufenthaltsqualität in Straßenräumen zu verbessern, wurden im Rahmen des Forschungsprojektes BlueGreenStreets blaue und grüne Teilziele formuliert (Berger et al., 2025; BlueGreenStreets, 2022a; BlueGreenStreets, 2022b). Blaue Ziele konzentrieren sich auf wassersensible Gestaltung und wasserwirtschaftliche Maßnahmen, während grüne Ziele die Vitalität der Vegetation, hochwertige Aufenthaltsräume und freiraumplanerische Ziele fördern. Aus naturschutzfachlicher Sicht sollten Grün- und Freiflächen als leistungsstarkes Netzwerk der urbanen grünen Infrastruktur anerkannt und weiterentwickelt werden (BfN, 2018).

Leipziger BlauGrün

Das Projekt „Leipziger BlauGrün - Blau-grüne Quartiersentwicklung in Leipzig" wird im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft (RES:Z)" gefördert. Im Rahmen von RES:Z wurden in der ersten Phase (2018-2022) bundesweit zwölf inter- und transdisziplinäre Projekte in Kooperation mit mehr als 20 Modellkommunen gefördert. Leipzig war dabei die einzige ostdeutsche Modellstadt. Am Projekt Leipziger BlauGrün waren zahlreiche Akteure aus der Forschung und Praxis beteiligt, darunter die Stadt Leipzig, die Kommunalen Wasserwerke Leipzig, die Stadtwerke Leipzig, die Leipzig 416 Management GmbH, das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB), die Universität Leipzig, die Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (HTWK) sowie die Unternehmen Tilia GmbH, Optigrün international AG, DHI Wasy GmbH und das Umweltbundesamt (UBA).

In Phase I des Projektes wurden BGI bereits erfolgreich im Pilotmaßstab untersucht und im Co-Design-Prozess in die Vorplanung des neuen Leipziger Stadtquartiers „Eutritzscher Freiladebahnhof" (L416) integriert. Dabei wurden wichtige Kommunikationsstrukturen etabliert, die in Phase 2 bei anstehenden Bestandssanierungen der Leipziger Wohnungsbaugesellschaft (LWB) weiter ausgebaut werden sollen. Gleichzeitig wurden Planungs- und Entscheidungsprozesse der Stadtentwicklung auf gesamtstädtischer Ebene optimiert und institutionalisiert. In Phase 2 sind umfassend bewertete Potenzialanalysen erforderlich, um Investitionsplanungen für die blau-grüne Aufwertung von Bestandsquartieren vorzubereiten. Neben der Bewertung öffentlicher Flächen und der Funktionsfähigkeit bereits realisierter Infrastrukturen ist die Erarbeitung eines Leipziger Handlungskonzeptes für zukünftige blau-grüne Investitionen von großer Bedeutung. Die langfristige Umsetzung wird durch die Unterstützung des interdisziplinären Steuerungsnetzwerkes „Wassersensitive Stadtentwicklung" über die Projektlaufzeit hinaus gewährleistet. In diesem Rahmen wurden Verwaltungs- und Genehmigungsprozesse für die blau-grüne Stadtentwicklung bewertet, priorisiert und vorbereitet. Die organisatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen hierfür werden in Phase 2 entwickelt, evaluiert und als Empfehlungen auf politischer Ebene, z.B. als Vorlage für den Stadtrat, eingebracht.

Schwammstadt

Das Konzept der Schwammstadt wird zunehmend in neu geplanten Quartieren und Gebäudekomplexen sowie im Bestand diskutiert (Sieker et al., 2019; Meilinger et al., 2024). Ziel ist es, Niederschläge in der Stadt zurückzuhalten, anstatt sie über Straßen und Gehwege in die Kanalisation und damit aus der Stadt raus abzuleiten und spiegelt im Wesentlichen eine Annäherung an den natürlichen Wasserkreislauf wider, wie er in der deutschen Diskussion zur wassersensiblen Stadtentwicklung beschrieben wird (LAWA, 2021). Dies erfordert dezentrale Lösungen wie BGI als integriertes System, das Niederschlag an verschiedenen Orten zurückhält, versickert, verdunstet,

Oberstes Ziel der Schwammstadt ist der nachhaltige Umgang mit der lebenswichtigen Ressource Wasser.

sammelt und speichert, wiederverwendet oder gedrosselt und gereinigt ableitet (Chan et al., 2018; Jiang et al., 2022). Eine Hilfestellung bietet hier z.B. das Regelwerk der Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA, 2022). Diese multifunktionalen Wasserinfrastrukturen können dazu beitragen, das Wasser in den Siedlungen zu halten (StMUV, 2020; Trapp et al., 2020; UFZ, 2021; Müller et al., 2023).

Die Umsetzung solcher Konzepte stärkt die Resilienz, schützt das Grundwasser, reduziert hitzebedingte Gesundheitsschäden und verbessert die Lebensqualität der Bewohner (DWA, 2023). Insbesondere die Speicherung und Wiederverwendung von Regenwasser zur besseren Bewältigung von Trockenperioden ist ein zentrales Ziel der Schwammstadt. Eine flächendeckende Umsetzung des wasserwirtschaftlichen Stadtumbaus ist jedoch notwendig, da Niederschlagswasser eine unserer wertvollsten Ressourcen ist.

Die zukünftige Regenwasserbewirtschaftung muss im Einklang mit dem Wasserhaushalt der Siedlungsgebiete stehen und den Einfluss des Klimawandels berücksichtigen. Die Förderung der Grundwasserneubildung und die Unterstützung der Verdunstung sind von entscheidender Bedeutung (DWA, 2021). Die technischen Möglichkeiten für eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung sind vielfältig und reichen von Retentionsgründächern bis zu Zisternen. Ziel ist es, Regenwasser bei Starkregenereignissen zurückzuhalten und für die Bewässerung in trockenen Sommermonaten zu speichern, um das Stadtgrün zu erhalten und damit das Stadtklima und die Lebensqualität zu verbessern (DWA, 2023). Ein intaktes Stadtgrün wirkt sich wiederum positiv auf das Stadtklima aus, filtert Staub, mindert Lärm, bietet Erholungsräume für den Menschen, fördert die Artenvielfalt und trägt insgesamt zu einer höheren Lebensqualität der Stadtbevölkerung bei (UFZ, 2021).

Wasserrückhalt

Die Kopplung und Interaktion von BGI eröffnet eine Vielzahl zusätzlicher Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel. Beispiele sind begrünte Dächer, Rückhaltebecken, Versickerungsmulden und Speicherinfrastrukturen. Blau-grüne Infrastruktur bieten zahlreiche

> Die Wirksamkeit der Ökosystemleistungen von BGI hängt entscheidend von der Wasserverfügbarkeit ab.

Ökosystemleistungen, die für eine klimaangepasste Stadtentwicklung von großem Nutzen sind (Trapp et al., 2020; Almeida et al., 2021). Diese Leistungen decken ein breites Spektrum ab, darunter Regenwassermanagement (Dawson et al., 2020), Luftqualität (Tomson et al., 2021), menschliche Gesundheit (Williams et al., 2019), menschliches Wohlbefinden (Andersson et al., 2019), Lärmschutz (Yildirim et al., 2022), Freizeitaktivitäten (Baek et al., 2020), Mikroklima (Cao et al., 2022), Food-Water-Energy-Nexus (Bellezoni et al., 2021) und/oder Biodiversität (Pille et al., 2021; Donati et al., 2022).

Blau-grüne Infrastruktur konzentriert sich vor allem auf das Regenwassermanagement in städtischen Gebieten, das Maßnahmen wie die Rückhaltung, Bewirtschaftung und Versickerung von Regenwasser sowie die Klimaregulierung in Grünflächen umfasst (Oberndorfer et al., 2007; O'Donnell et al., 2020).

Die zunehmende Urbanisierung und die Häufung extremer Niederschlagsereignisse belasten die bestehende Infrastruktur wie Kanalnetze und Kläranlagen erheblich (Khurelbaatar et al., 2021). Aus diesem Grund wurden dezentrale Ansätze für ein integriertes Regenwassermanagement entwickelt, darunter Konzepte wie Low-Impact-Development (Pati et al., 2022), wassersensitive Stadtplanung (Nguyen et al., 2021), Schwammstadtmodelle (Li et al., 2017) und BGI (Kabisch et al., 2023; Knappe et al., 2023).

Zur Beantwortung der zentralen Frage, wie die Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten oder im Bestand gestaltet werden kann, ist eine detaillierte Untersuchung des Wasserdargebotes und die Berechnung der Wasserbilanzen einzelner Objekte erforderlich. Die Modellierung der Abflussmengen von Dachflächen und gestalterischen Elementen wie Tiefgaragen, Wegen, Fahrradstellplätzen, Spielplätzen, Bäumen und Blumenbeeten unter verschiedenen Niederschlagsszenarien ergibt potenzielle Abflussmengen, die auf dem Grundstück versickern oder gespeichert werden können (UFZ, 2021). Eine besondere Herausforderung besteht darin, den grünen Charakter des Geländes auch in trockenen Sommern zu erhalten, was Bewässerungsmöglichkeiten für Bäume, Sträucher und Rasen erfordert. Die Flächenkonkurrenz ist hoch, da Pflanzen, Sandkästen, Sitzgelegenheiten, Fußwege und unterirdische Elemente, wie Tiefgaragen, sowie Infrastrukturnetze miteinander konkurrieren. Der Einsatz von Zisternen zur Speicherung von Bewässerungswasser kann in trockenen Sommermonaten sinnvoll sein, ihr Platzbedarf schränkt jedoch die Gestaltungsmöglichkeiten ein. Ein größeres Potenzial bieten Grundwasserbrunnen, die einzelne Häuserblöcke oder ganze Stadtviertel versorgen können. Die Wassermenge aus diesen Brunnen darf jedoch den Grundwasserleiter nicht überlasten und sollte der versickerten Niederschlagsmenge im Block entsprechen (UFZ, 2021), wobei zu beachten ist, dass hierfür Genehmigungen erforderlich sind und die zuständigen Behörden einbezogen werden müssen. Für einen ausgeglichenen Wasserhaushalt im Quartier sind außerdem Gründächer als ein wesentlicher Bestandteil zu sehen, die Regenwasser zurückhalten, bzw. dessen Ablauf zeitlich verzögern. Die genaue Ausgestaltung der Gründächer bleibt offen und muss an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden.

Das übergeordnete Ziel einer wassersensiblen Stadtentwicklung ist es, Wasser als wertvolle Ressource zu schützen und zu nutzen, um eine nachhaltige, widerstandsfähigere und lebenswertere urbane Umwelt zu schaffen. Aspekte und Ziele einer wassersensiblen Stadtentwicklung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Regenwassermanagement und -speicherung:** Implementierung von Systemen zur Speicherung und Wiederverwendung von Regenwasser, um die Wasserversorgung zu sichern und gleichzeitig den Trinkwasserverbrauch zu reduzieren.
- **Flächenentsiegelung und -begrünung:** Förderung der Versickerung von Regenwasser durch die Entsiegelung von Flächen und die Schaffung von Grünflächen, die Wasser aufnehmen und filtern können.
- **Hochwasserschutz:** Umsetzung von Maßnahmen zum Hochwasserschutz, wie Rückhaltebecken, und Renaturierung von Flüssen.
- **Klimaanpassung:** Anpassung der städtischen Infrastruktur an die Auswirkungen des Klimawandels, wie häufigere und intensivere Niederschläge, durch ein nachhaltiges Wassermanagement.
- **Nachhaltige Entwässerungssysteme:** Entwicklung und Implementierung nachhaltiger urbaner Entwässerungssysteme, die natürliche Prozesse zur Wasserbehandlung und -versickerung nutzen.
- **Lebensqualität und Biodiversität:** Integration von Wasserflächen und naturnahen Elementen in die Stadtplanung zur Verbesserung der Lebensqualität und Förderung der Biodiversität.
- **Bildung und Bürgerbeteiligung:** Sensibilisierung der Bevölkerung für einen nachhaltigen Umgang mit Wasser und deren Einbindung in Planungsprozesse.
- **Integrativer Planungsprozess:** Durch integrales Wassermanagement und Koordination zwischen den Akteuren eine wassersensible Stadtentwicklung fördern.
- **Innovative Technologien:** Einsatz moderner Technologien.

VORGABEN UND ZIELE DER POLITIK

Marc Breulmann, Lucie Moeller,
Frank Hüesker, Moritz Reese
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Phoebe Hänsel Leipziger Wasserwerke

POLITISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

Die Akteure, Institutionen und Prozesse, die an der Planung von BGI beteiligt sind, sind zahlreich und auf allen politischen Ebenen von der kommunalen über die europäische bis hin zur globalen Ebene angesiedelt. Formelle und informelle politische Rahmenbedingungen geben dabei die Ziele, Ressourcen und Verfahren vor, die im Idealfall legitim sind und einer zeit- und aufwandsgerechten Umsetzbarkeit dienen. Die Akteure und ihre Interessen sind einerseits im Kern vergleichbar mit denen der etablierten Abwasserinfrastrukturpolitik, die insbesondere Westdeutschland im Bereich der kommunalen Daseinsvorsorge mit zentralen Systemen und Gebietsmonopolen über Jahrzehnte geprägt hat. Nur führt zum anderen die Dezentralisierung dieser Technologien durch die gekoppelte Integration grüner Elemente nun zu einer erheblichen Erweiterung dieser Akteurskonstellation, der zugehörigen Rahmenbedingungen, Institutionen, Prozesse und Zielsetzungen. Denn es vollzieht sich - aus heutiger Sicht im Jahr 2025 vor allem im Dienste der urbanen Klimaanpassung - eine Infrastrukturtransformation mit offenem Ausgang hinsichtlich der Frage, wie die Governance der blau-grünen Infrastruktur letztlich aussehen wird. Dies wird von Ort zu Ort unterschiedlich sein und es wird Zeit brauchen, bis sich ein der kommunalen Daseinsvorsorge vergleichbares Politikmodell aus Gebietsmonopolen, flächendeckender Ver- und Entsorgung sowie Anschluss- und Benutzungszwang herausbildet. Die politischen Rahmenbedingungen für blau-grüne Infrastruktur ist vielfältig, zahlreiche Politikfelder beeinflussen die Gestaltung kommunaler Infrastruktur. Auf Bundesebene sind die Umweltpolitik (Wasser, Biodiversität, Klimaschutz etc.) und die Stadtentwicklungspolitik (Wohnungsbau, Städtebauförderung, Verkehr etc.) zentral. Relevante Politikinstrumente können aber aus allen Ressorts

kommen, z.B. die Förderung von Reallaboren durch das Bundesforschungsministerium oder Tarifvorgaben für die kommunale Wirtschaft, die eher aus dem Innen- oder Wirtschaftsressort kommen.

Policy Paper

DIE NATIONALE WASSERSTRATEGIE

Am 15.03.2023 wurde die Nationale Wasserstrategie offiziell vom Bundeskabinett verabschiedet und damit die Grundlage für eine nachhaltige Bewirtschaftung unserer Wasserressourcen und den Schutz unserer Gewässer gelegt. Die Wasserwirtschaft und der Gewässerschutz stehen vor vielfältigen Herausforderungen wie dem Klimawandel, Globalisierung, diffuse Stoffeinträge und demographischer Wandel. Die Nationale Wasserstrategie soll die nachhaltige Bewirtschaftung unserer Wasserressourcen bis 2050 und darüber hinaus sicherstellen. Langfristiges Ziel ist es, den Zugang zu qualitativ hochwertigem Trinkwasser zu sichern, den verantwortungsvollen Umgang mit Grund- und Oberflächenwasser in den verschiedenen Sektoren zu gewährleisten und den natürlichen Wasserhaushalt sowie die ökologische Entwicklung unserer Gewässer zu unterstützen. Die 78 Maßnahmen des Aktionsprogramms zur Umsetzung der Nationalen Wasserstrategie sollen schrittweise bis zum Jahr 2030 umgesetzt werden (BMUV, 2021). Die Strategie gliedert sich in zehn strategische Themenfelder:

1. Schutz, Wiederherstellung und nachhaltige Sicherung eines naturnahen Wasserhaushalts zur Vermeidung von Wasserknappheit und Zielkonflikten.
2. Umsetzung einer gewässerverträglichen und klimaangepassten Landnutzung im urbanen und ländlichen Raum.
3. Weiterentwicklung einer nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung zur Erreichung und Sicherung des guten Zustands.
4. Begrenzung der Risiken durch Stoffeinträge.
5. Klimaangepasste Weiterentwicklung der Wasserinfrastruktur zum Schutz vor Extremereignissen und zur Sicherung der Wasserversorgung.
6. Verknüpfung von Wasser-, Energie- und Stoffkreisläufen.
7. Stärkung leistungsfähiger Verwaltungen, Verbesserung des Datenflusses, Optimierung des Ordnungsrahmens und Sicherung der Finanzierung.
8. Intensiver Schutz der Meeresgebiete (Nord- und Ostsee) vor Stoffeinträgen vom Land.
9. Stärkung des Bewusstseins für die Ressource Wasser.
10. Gemeinsame Anstrengungen zum nachhaltigen Schutz der globalen Wasserressourcen.

DIN SPEC 91468 – Leitfaden für ressourceneffiziente Stadtquartiere

Diese DIN SPEC definiert Richtlinien und Vorgehensweisen, die bei der frühzeitigen Planung und Entwicklung von ressourceneffizienten Stadtquartieren zu berücksichtigen sind. Sie umfasst sowohl den Umbau als auch den Neubau von *„ressourceneffizienten Stadtquartieren"* und beschreibt eine systematische Vorgehensweise für die erste integrierte Analyse, Bewertung und Planung der Ressourceneffizienz auf Quartiersebene. Dabei werden die Beiträge von Fläche, Wasser, Energie, Materialressourcen und Grün zur nachhaltigen Entwicklung von Stadtquartieren betrachtet und die relevanten Themenfelder in einen Ressourcenplan integriert. Ziel ist es, räumliche und sektorale Planungs- und Genehmigungsverfahren zu verknüpfen, ein effizientes Schnittstellenmanagement zwischen privaten und öffentlichen Akteuren zu gewährleisten und multifunktionale Nutzungen zu fördern (DIN SPEC 91468, 2022).

RECHTLICHER RAHMEN

AUCH AUF DAS RECHT KOMMT ES AN!

Die rechtlichen Rahmenbedingungen spielen bei der Planung und Umsetzung einer wassersensiblen, blau-grünen Stadtentwicklung eine wichtige Rolle. Den kommunalen Akteuren stellen sich aus rechtlicher Sicht v.a. folgende Fragen:

- Inwieweit können private Grundstückseigentümer zur dezentralen Bewirtschaftung des Niederschlagswassers auf dem Grundstück verpflichtet werden?
- Welche Anforderungen sind an die dezentrale Bewirtschaftung mit Blick auf den Schutz von Böden und Grundwasser zu stellen?
- Welche Anforderungen gelten mit Blick auf den Überschwemmungsschutz?
- Wie ist blau-grüne Infrastruktur zu planen und in die städtebaulichen und wasserwirtschaftlichen Planungen zu integrieren?
- Wie ist multifunktionale blau-grüne Infrastruktur zu betreiben und zu finanzieren?

Das geltende Recht gibt auf diese Fragen nicht durchweg eindeutige Antworten, auch weil es vornehmlich noch auf die tradierten, zentralen Strukturen und das hergebrachte Ableitungsmodell zugeschnitten ist. Rechtliche Lösungen erfordern daher mitunter eine proaktive Auslegung, lassen sich aber in der Regel finden. Maßgeblich sind v.a. das Wasserrecht und das Baurecht. Für die Betriebsführung und Refinanzierung sind außerdem das Kommunalrecht und das Kommunalabgabenrecht einschlägig. Im Folgenden wird ein Überblick über die wichtigsten Bestimmungen gegeben mit Hinweisen auf weiterführende Literatur.

INWIEWEIT KÖNNEN PRIVATE GRUNDSTÜCKSEIGENTÜMER ZUR DEZENTRALEN BEWIRTSCHAFTUNG DES NIEDERSCHLAGSWASSERS AUF DEM GRUNDSTÜCK VERPFLICHTET WERDEN?

Das **Wasserrecht** des Bundes regelt durch die §§ 54 ff. des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) Grundsätze, Anforderungen, Pflichten und Zuständigkeiten zur Abwasserbeseitigung. Zur Abwasserbeseitigung zählt das Wasserrecht traditionell auch den Umgang mit Niederschlagswasser, das von befestigten Flächen gesammelt abläuft (§ 54 Abs. 1 Nr. 2 WHG).

Gemäß § 56 Satz 1 WHG und iVm den landesrechtlichen Zuweisungen sind für die Abwasserbeseitigung grundsätzlich die Gemeinden zuständig. Ihnen ist das Abwasser zu überlassen; zu diesem Zweck sind die nötigen Grundstücksanschlüsse zu errichten. Die Gemeinden werden landesrechtlich ermächtigt einen satzungsrechtlichen Anschluss- und Benutzungszwang zu normieren, und dem korrespondiert regelmäßig auch ein Anschlussrecht der Grundeigentümer. Allerdings dürfen die Länder gem. § 56 Satz 2 WHG auch bestimmen, unter welchen Voraussetzungen die Abwasserbeseitigung anderen als den nach Satz 1 zuständigen öffentlich-rechtlichen Trägern (Gemeinden) obliegt. Auf dieser Grundlage können sie auch die Grundstückseigentümer zur Eigenbeseitigung bzw. Eigenbewirtschaftung des Niederschlagswassers verpflichten. Dass eine Eigenbewirtschaftung speziell des Niederschlagswassers möglich und wasserrechtlich durchaus gewollt sein kann, ergibt sich aus dem Grundsatz des § 55 Abs. 2 WHG, wonach Niederschlagswasser „ortsnah versickert oder verrieselt oder direkt oder über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden soll," sofern sonstige Vorschriften und wasserrechtliche Belange nicht entgegenstehen. Auch sonst lässt sich zu den einschlägigen Vorschriften der §§ 54 ff. WHG sagen, dass sie die dezentrale Niederschlagsbewirtschaftung grundsätzlich zulassen.

Gemäß § 56 WHG bleibt es allerdings Sache der Länder zu regeln, inwieweit auch Grundeigentümer verpflichtet werden können, das Niederschlagswasser unmittelbar auf ihrem Grundstück zu bewirtschaften. Alle Landeswassergesetze sehen entsprechende Verpflichtungsmöglichkeiten vor, allerdings zu unterschiedlichen und z.T. erschwerenden Voraussetzungen (Müller et al. 2023; Queitsch 2023). Regelmäßig hängt die Verpflichtungsmöglichkeit davon ab, dass die ordnungsgemäße Versickerung des Niederschlagswassers auf dem Grundstück möglich ist. Praktisch ist dabei bedeutend, wie und durch wen der Nachweis zu erbringen ist, dass diese Möglichkeit besteht. Ist der Nachweis im Einzelfall vollumfänglich durch die Gemeinde zu erbringen, birgt dies u.U. erhebliche Vollzugshürden. Insofern ist zu empfehlen, den Gemeinden lediglich den Nachweis der allgemeinen hydrogeologischen Eignung des Geländes aufzuerlegen (vorzugsweise durch kommunale Versickerungspotenzialkarten) und die Grundeigentümer ggf. zu weiteren Prüfungen der spezifischen grundstücksbezogenen Versickerungspotenziale zu verpflichten. Abhängig von den landesrechtlichen Vorgaben, kann dies durch die Gemeinden selbst satzungsrechtlich bestimmt werden.

Das **Bauplanungsrecht** ermöglicht es den Gemeinden, die Grundstückseigentümer qua Bebauungsplan dazu zu verpflichten, bestimmte Flächen für die Zwecke der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser freizuhalten (§ 9 Abs. 1 Nr. 14 BauGB), sowie bestimmte bei der Errichtung baulicher Anlagen zu treffender Maßnahmen zur „Vermeidung von Schäden durch Starkregen" (§ 9 Nr. 16c BauGB) festzulegen. Maßnahmen, die der Versickerung von Niederschlagswasser dienen, können auch auf § 9 Abs. 1 Nr. 20 gestützt werden, sofern sie dem Schutz, der Pflege und Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft dienen – wozu auch der örtliche, natürliche Wasserkreislauf zu zählen ist. Schließlich bietet § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauBG eine Grundlage zur Festsetzung von Gründächern und sonstigen Maßnahmen der Gebäude- und Grundstücksbegrünung, die auch der Niederschlagsbewirtschaftung dienen können. Die o.g. Festsetzungen müssen mit Blick auf die Belange der Bauleitplanung gem. § 1 Abs. 5 und 6 BauGB begründet und abgewogen sein. Zu diesen Belangen zählen auch die „Klimaanpassung", der Schutz der Umwelt einschließlich der Gewässer, der Hochwasser- und Überschwemmungsschutz und die Wasserversorgung. Die Festsetzungsmöglichkeiten der B-Planung sind in erster Linie für die Entwicklung von Neubaugebieten bedeutend, können aber iVm den Instrumenten der Stadtsanierung (§§ 136 ff. BauGB) oder des Stadtumbaus (§§ 171a ff. BauGB) auch in Bestandslagen zur Anwendung kommen.

Die **Bauordnungen** der Länder ermächtigen außerdem die Gemeinden in unterschiedlichem Umfang dazu, „örtliche Bauvorschriften" durch Ortssatzung zu erlassen. Der Musterbauverordnung folgend umfassen dieser Ermächtigungen regelmäßig die Möglichkeit, Vorschriften zur „Begrünung baulicher Anlagen" zu bestimmen. Auf diese Ermächtigung können auch Verpflichtungen zur Dach- und Fassadenbegrünung gestützt werden. Einige Länder sehen darüberhinausgehende Regelungsmöglichkeiten vor, z.B. zur Gestaltung von baulichen Anlagen im Hinblick auf einen „rationalen Umgang mit Energie und Wasser" (§ 91 Hessische Bauordnung). Am weitesten geht § 75 Abs. 3 Nr. 2 Bauordnung Baden-Württemberg, wonach die Gemeinden für das Gemeindegebiet oder bestimmte Teilgebiete bestimmen können, dass „Anlagen zum Sammeln, Verwenden oder Versickern von Niederschlagswasser oder zum Verwenden von Brauchwasser herzustellen sind, um die Abwasseranlagen zu entlasten, Überschwemmungsgefahren zu vermeiden und den Wasserhaushalt zu schonen, soweit gesundheitliche oder wasserwirtschaftliche Belange nicht beeinträchtigt werden." In anderen Bundeländern können solche Ortsregelungen zwar nicht auf bauordnungsrechtlicher Grundlage, teils aber kraft landeswasserrechtlicher Ermächtigung und in den **kommunalen Entwässerungssatzungen** getroffen werden (Bsp. § 37 Abs. 4 LWG Hessen, § 44 Abs. 2 LWG NRW, § 58 Abs. 2 LWG RP, § 58 Abs. 2 LWG Saarl., § 44 Abs. 4 LWG SH), teils fehlen spezifische Satzungsermächtigungen auch im Landeswasserrecht (zB. Bsp. in Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thürigen).

Neben den o.g. Anordnungsmöglichkeiten ergeben sich im Rahmen größerer Neubauvorhaben umfangreichere Möglichkeiten, die Grundeigentümer und Bauherren vertraglich zur Errichtung blau-grüner Anlagen und Infrastruktur zu verpflichten, wenn das Vorhaben eine vorhabenbezogene kommunale Bebauungsplanung erfordert. In diesen Fällen empfiehlt es sich, die künftige Ausstattung mit blau-grünen Anlagen und ggf. auch deren Betrieb im Rahmen eines **städtebaulichen Ver-**

trags zu regeln. Der vertragliche Weg eröffnet weitergehende Möglichkeiten, auch Details zur Gestaltung und Finanzierung zu vereinbaren.

WELCHE ANFORDERUNGEN SIND AN DIE DEZENTRALE BEWIRTSCHAFTUNG MIT BLICK AUF DEN SCHUTZ VON BÖDEN UND GRUNDWASSER ZU STELLEN?

Die Versickerung in das Grundwasser stellt eine Einleitung von Abwasser in ein Gewässer dar, die gem. §§ 9, 10 WHG grundsätzlich der **Erlaubnispflicht** unterliegt und nur unter den o.g. Voraussetzungen des § 57 Abs. 1 gestattet werden kann. Es muss also eine **Minderung von Schädlichkeit und Menge nach dem Stand der Technik** erfolgen. Insofern ist daran zu denken, dass je nach Herkunft bzw. Belastung des Niederschlagswassers eine ausreichende Reinigung durch die Bodenpassage oder vorgeschaltete Reinigungsmaßnahmen erfolgt. Unter dem Mengenkriterium könnte außerdem verlangt werden, dass Maßnahmen zur Vermeidung des Niederschlagswassers geprüft und ggf. ergriffen werden müssen, namentlich v.A. die Entsiegelung oder durchlässige Gestaltung sowie Begrünung von Oberflächen.

Immissionsseitig muss gewährleistet sein, dass „die Einleitung mit den Anforderungen an die Gewässereigenschaften und sonstigen rechtlichen Anforderungen vereinbar ist" (§ 57 Abs. 1 Nr. 2 WHG). Als Anforderungen an die Gewässereigenschaften sind zunächst die **Bewirtschaftungsziele für das Grundwasser** gem. § 47 WHG zu beachten. Die Niederschlagsversickerung darf insbesondere nicht zu einer Verschlechterung des chemischen Zustands des Grundwasserkörpers führen. Nicht abschließend geklärt ist allerdings, inwieweit kleinräumige Konzentrationserhöhungen aus Versickerungsmaßnahmen als Verschlechterung der großräumigen Grundwasserkörper zu bewerten sind (Pawlowski 2023). Auch kleinräumige Schwellenwertüberschreitungen sind aber gem. § 48 WHG relevant. Danach darf eine „Erlaubnis für das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser nur erteilt werden, wenn eine nachteilige Veränderung der Gewässerbeschaffenheit nicht zu besorgen ist." Dieser sog. **Besorgnisgrundsatz** erlaubt nach h.A. keine noch so geringe Wahrscheinlichkeit, dass es zu einer nachteiligen Veränderung kommt (Pawlowski, 2023). Zur Umsetzung hat die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für die relevantesten Schadstoffe sog. Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) entwickelt, die an die Umweltqualitätsnormen der GrwV und der Trinkwasserverordnung anknüpfen (LAWA 2016). In einer UBA-Studie sind daraus auch konkrete „Anwendungsgrundsätze" zum Schutz des Grundwassers bei der Niederschlagsversickerung abgeleitet worden (Rösel et al., 2020). Die GFS sind allerdings nicht rechtsverbindlich, und es bleiben daher Rechtsunsicherheiten, die die Anwendung des Besorgnisgrundsatzes erschweren.

In Bezug auf die Niederschlagsversickerung ergibt sich eine relevante Vereinfachung allerdings dadurch, dass es § 46 Abs. 2 dem Bund und i.V.m. § 23 Abs. 3 WHG ersatzweise auch den Ländern erlaubt, durch Rechtsverordnung zu regeln, dass unter bestimmten Voraussetzungen „das Einleiten von Niederschlagswasser in das Grundwasser durch schadlose Versickerung" von Abwasser erlaubnisfrei zulässig ist. Entsprechende **Erlaubnisfreistellungsverordnungen** haben Bayern, Berlin, Brandenburg und Sachsen erlassen, und darin auch konkrete Voraussetzungen geregelt, unter denen davon auszugehen ist, dass die Versickerung „schadlos" erfolgt. Zum einen werden dazu die „erlaubten" Ablaufflächen bezeichnet und zum anderen werden Anforderungen an die Art und Weise der Versickerung und die Eignung der Versickerungsflächen geregelt. In den anderen Ländern bleibt es dabei, dass für die Niederschlagsversickerung eine wasserrechtliche Erlaubnis zu beantragen ist. Vollzugserleichternde Anforderungen zur Erlaubnisfähigkeit, die denen der Freistellungsverordnungen gleichen, werden hier z.T. aber verwaltungsintern durch Erlasse geregelt.

Der Vergleich der Freistellungsregelungen und Erlasse der Länder zeigt naheliegende Ähnlichkeiten, aber auch erhebliche **Anforderungsunterschiede** im Detail, sodass keine bundeseinheitliche Anwendung des Besorgnisgrundsatzes gesichert ist (Müller et al., 2023). Zweifel daran, dass die landesrechtlichen Anforderungen dem Anforderungsmaßstab des Besorgnisgrundsatzes überhaupt (noch) gerecht werden, speisen sich mitunter aus dem Umstand, dass die Verordnungen bzw. Erlasse der Länder sämtlich aus der Zeit um die Jahrtausendwende stammen und weder mit Blick auf die GFS noch die GrwV eine Aktualisierung stattgefunden hat. Das Landesrecht sollte entsprechend überprüft und aktualisiert werden. Die anwendenden Behörden haben den Vorrang aktuellerer Bundesvorschriften ggf. zu beachten.

Zur Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser werden in dem **Arbeitsblatt A 138-1 der DWA** (DWA, 2020c) vielfältige technische Standards formuliert, die erklärtermaßen auch dazu dienen sollen, die „erforderlichen Maßnahmen zu Schutz der Bodenfunktionen und des Grundwassers" zu beschreiben. Dabei nimmt allerdings das Arbeitsblatt auf die o.g. gesetzlichen Anforderungen nur lose Bezug und formuliert allgemein: „Unter Beachtung der qualitativen Vorgaben (Behandlung Niederschlagswasser) nach Tabelle 6 und Tabelle 7 kann ein ausreichender, vorsorgender Grundwasserschutz im Allgemeinen sichergestellt werden. Für bestimmte Stoffe, zum Beispiel für Biozide, Herbizide und gelöste Metalle werden aktuell spezifische Behandlungsmaßnahmen entwickelt. Hierfür sind mit der zuständigen Wasserrechtsbehörde gegebenenfalls im Einzelfall Anforderungen festzulegen." Auch sonst ist die Einhaltung insb. des Besorgnisgrundsatzes und der Anforderungen zum Bodenschutz konkret zu prüfen, weil das Gesetz insofern nicht auf technische Standards bzw. den Stand der Technik oder allgemein anerkannte Regeln der Technik verweist.

WELCHE ANFORDERUNGEN GELTEN MIT BLICK AUF DEN ÜBERSCHWEMMUNGSSCHUTZ?

Mit Blick auf den Überflutungsschutz stellt sich die Frage, welche Kapazitäten dazu auf den privaten Grundstücken und durch das öffentliche Entwässerungssystem vorzuhalten sind, wenn die öffentliche Entwässerung auf eine dezentrale Bewirtschaftung umgestellt wird und wenn private Grundstücke von der Kanalentwässerung abgekoppelt werden sollen. Im Gesetz finden sich zum Überflutungsschutz keine spezifischen Standards. Alleiniger Maßstab ist bisher die Regelung gem. § 60 Abs. 1 WGH, wonach „Abwasseranlagen (...) nach den „**allgemein anerkannten Regeln der Technik**" (aaRdT) zu errichten und zu betreiben sind. Daran anknüpfend sind die Mindestkapazitäten privater und öffentlicher Entwässerungssysteme bisher durch Techniknormen bestimmt worden, namentlich durch die DIN 1986-100 (DIN, 2016) zur Entwässerung privater Grundstücke und die DWA-A 118 (DWA, 2024) und DIN EN 752 (DIN, 2017) für öffentliche Entwässerungssysteme. Daran wird sich auch die Bemessung einer dezentralen Niederschlagsbewirtschaftung orientieren können bzw. müssen.

Allerding sind diese Normen und der ihnen zugrundeliegende § 60 Abs. 1 WHG als veraltet und unpassend zu kritisieren, denn Maßstab der aaRdT ist der denkbar konservativste Technikstandard und keinesfalls dazu geeignet, einen Wandel hin zu neuen Lösungen der blau-grünen Stadtentwicklung zu fördern. Überdies ist die Frage des Überschwemmungsschutzes per se keine rein technische, sondern in erster Linie eine politische Frage, und zwar der (Risko-) Abwägung von Kosten und Nutzen erweiterter Entwässerungskapazitäten - auch mit Blick auf die Möglichkeiten des Objektschutzes. Diese Frage muss bei einem System der dezentralen Bewirtschaftung letztlich weitgehend situativ mit Blick auf die örtlichen Risiken, Prioritäten und Bewirtschaftungsmöglichkeiten beantwortet werden. Zu einem solchen **integrierten Risikomanagement** hat die **DWA im Merkblatt M 119** (DWA, 2016) auch bereits 2016 erstmals Grundsätze entwickelt, die sich erkennbar an den Ansatz des Hochwasserschutzes gemäß §§ 72 ff. WHG anlehnen. Das Schutzniveau soll danach ortsspezifisch durch kommunale Abwägungsentscheidung bestimmt werden, und zwar auf der Grundlage von Starkregenrisikokarten und mit Beteiligung aller relevanten Ämter. Das Merkblatt zeigt zutreffend, dass zur dezentralen Niederschlagsbeseitigung künftig ein gesonderter, von den o.g. Standards abweichender Regelungsansatz anzuwenden ist.

WIE SIND BLAU-GRÜNE INFRASTRUKTUR ZU PLANEN UND IN DIE STÄDTEBAULICHEN UND WASSERWIRTSCHAFTLICHEN PLANUNGEN ZU INTEGRIEREN?

Der Ausbau dezentraler Infrastruktur zur Niederschlagsbewirtschaftung stellt in hohem Maße eine **planerische Aufgabe der Systementwicklung und Koordinierung** dar (LAWA, 2021). Die Entwicklung multifunktionaler blau-grüner Infrastruktur kann den Kommunen nur gelingen, wenn sie diese Entwicklung langfristig und in Abstimmung mit der Stadtentwicklung planen. Die Planung muss auf einer gründlichen Ermittlung der Wissensgrundlagen aufbauen insb. über Starkregenrisiken, Hitze-Hotspots, Versickerungspotenziale, multifunktionale Gestaltungsmöglichkeiten, Kosten und Nutzen und Belange der betroffenen Öffentlichkeit. Problemanalyse und Planung sind die Basis für Beteiligung, Verständnis und Akzeptanz der Betroffenen und ggf. auch rechtlich erforderlich, um Eingriffe in das Grundeigentum zu rechtfertigen und zu begründen, weshalb ein Grundstück auf Eigenbewirtschaftung umzustellen ist. In der Planung können angemessene Übergangsfristen gesetzt und nötige Investitionen kalkulierbar und tragbar gestaltet werden. Die hergebrachten, rein technischen Entwässerungsplanungen der kommunalen Abwasserunternehmen erfüllen diese Voraussetzungen einer transformativen, integrierten Infrastrukturplanung nicht. Die Gemeinden sollten vielmehr eine problemgerechte integrierte und transformative Planung zur Entwicklung ihrer Abwasserinfrastruktur auflegen, mit der sie auch längerfristig ihre Entwicklungsprioritäten und -schritte in Abstimmung mit der Siedlungs- und Grünflächenentwicklung festlegen (Wickel, 2014, Reese, 2025).

Soweit die Länder bereits zur Erstellung von **Abwasserbeseitigungskonzepten** verpflichtengehen diese bereits – teils mehr, teils weniger – in Richtung einer solchen integrierten Entwicklungsplanung, bleiben allerdings überwiegend deutlich dahinter zurück (Wickel, 2014). Bereits der Umstand, dass einige Länder gar keine Planung vorsehen, spricht indessen dafür, dass der Bund eine einheitliche Regelung treffen sollte, die den Erfordernissen einer integrativen Infrastrukturentwicklung zur Abwasserbewirtschaftung gerecht wird. Für eine Bundesregelung streitet nunmehr auch, dass die novellierte **Kommunalabwasserrichtlinie** dazu verpflichtet, eine „integrierte Abwasserbewirtschaftungsplanung" zunächst für größere Städte und später auch für mittlere Gemeinden einzuführen. Nicht zuletzt muss eine auf klimaresiliente Niederschlagsbewirtschaftung gerichtete Fachplanung auch als zentrales Element der kommunalen **Klimaanpassungskonzepte** gelten, wie sie künftig durch das Klimaanpassungsgesetz (§ 12 KAnG) gefordert sind. Jedenfalls den größeren Gemeinden ist daher zu empfehlen, proaktiv auf diese kommenden Planungsverpflichtungen zuzugehen und kommunale Entwicklungskonzepte zur wassersensiblen, blau-grünen Stadt und Quartiersgestaltung in Angriff zu nehmen. Der Gesetzgebung ist außerdem zu empfehlen, diese Fachplanung auch gesetzlich zur regeln und mit qualitätssichernden Anforderungen zu untersetzen (Reese, 2025).

Die Gemeinden sollten auch die Möglichkeiten nutzen, die ihnen die **Flächennutzungsplanung** gibt, um die größeren Zusammenhänge der (zu entwickelnden) blau-grünen Infrastruktur in die räumliche Gesamtplanung einzuspeisen und um insb. die benötigten Freiflächen, Grünzüge und Wasserflächen darzustellen, sodass sich die künftige Bebauungsplanung daran ausrichten kann.

WIE SIND MULTIFUNKTIONALE BLAU-GRÜNE INFRASTRUKTUR ZU BETREIBEN UND ZU FINANZIEREN?

Mit Errichtung und Betrieb von blau-grüner Infrastruktur können sich mitunter konfliktträchtige Finanzierungsfragen verbinden. Dies gilt insb. in Bezug auf öffentliche Anlagen, die multifunktional sowohl zur Niederschlagsbewirtschaftung, als auch als Grünfläche und zu Verkehrs-, Aufenthalts- und Erholungszwecken dienen. Für diese Fälle ist eine **angemessene Kostenaufteilung** auf die „blauen" Funktionen einerseits und die „grünen" Zwecke andererseits zu bestimmen. Sofern die blauen Funktionen auch der Bewirtschaftung von Niederschlagswasser aus privaten Grundstücken dienen, muss diese Aufteilung auch dem gebührenrechtlichen Äquivalenzprinzip genügen und darf den Gebührenzahler keine Kosten anlasten, die nicht durch die Beseitigung ihrer Niederschläge jedenfalls mitveranlasst sind. Kosten, die ausschließlich der grünen Funktion zuzurechnen sind, wie z.B. solche der „Möblierung" einer als Retentionsbecken genutzten Park- oder Sportfläche, dürfen daher nicht der Niederschlagsbeseitigung zugeschlagen werden. Die Kosten doppelnützliger Maßnahmen, wie z.B. der Rasenmahd in einer Retentionsmulde, können geteilt werden, wobei Nutzenschwerpunkte zu berücksichtigen und im übrigen Ermessensspielräume zu gewähren sind.

Die Finanzierung öffentlicher Anlagen zur Bewirtschaftung von Niederschlagswasser kommt über Abwasser- bzw. Niederschlagswassergebühren grundsätzlich nur insoweit in Betracht, als die Anlagen auch tatsächlich dazu dienen, von den Gebührenschuldnern überlassenes Niederschlagswasser – z.B. auf angrenzenden öffentlichen Parkflächen – zu speichern, einzustauen und zu versickern. Anlagen, die ausschließlich der Bewirtschaftung von Niederschlagswasser von öffentlichen Flächen dienen, sind dagegen von den Eigentümern dieser Flächen – idR also den Gemeinden - zu finanzieren. Bemerkenswert ist insofern die noch neue Regelung des § 54 Nr. 7 LWG NW, wonach zu den ansatzfähigen Kosten der Abwasser- bzw. Niederschlagswassergebühr, auch die Kosten „für Maßnahmen der Niederschlagswasserableitung und Niederschlagswasserbewirtschaftung, die dem Schutz vor Überflutung und Verschlammung von Gemeingütern, öffentlichen Abwasseranlagen und Grundstücken dienen, auch zur Klimafolgenanpassung," gehören. Der die Kostenanlastung rechtfertigende Veranlassungszusammenhang wird hier offenbar u.a. über die Entlastungswirkung hergestellt, die die öffentlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen für die Niederschlagswasserbeseitigung aus privaten Grundstücken im Gesamtsystem der öffentlichen Entwässerungseinrichtung schaffen. Ob von dieser weitgehenden Zurechnung zum Gebührenhaushalt praktisch Gebrauch gemacht wird, und inwieweit sie sich auch gerichtlich als tragfähig erweist bleibt abzuwarten. Ggf. ergeben sich auch über NRW hinaus erhebliche Finanzierungsspielräume für öffentliche Blau-Grün-Anlagen.

AUSBLICK

Für den Ausbau blau-grüner Infrastruktur ist der Rechtsrahmen von großer Bedeutung, und zwar v.a. dann, wenn es darum geht, Lösungen zur dezentralen Niederschlagswasserbewirtschaftung auch gegen Interessen und Wiederstände privater Grundeigentümer durchzusetzen. Das geltende Wasser- und Baurecht bietet dazu bereits mehr oder weniger weitrechende Möglichkeiten, die nicht unwesentlich von der Ausgestaltung durch die Landeswassergesetze und das Landesbauordnungsrecht abhängen und mitunter auch eine mutige, proaktive Auslegung durch die zuständigen Kommunen und Landesbehörden erfordern. Relevante Unklarheiten und Schwächen, die der Rechtsrahmen mit Blick auf die dezentrale Niederschlagsbewirtschaftung aufweist, sind dem Umstand geschuldet, dass das Recht noch erkennbar dem tradierten zentralen Ableitungsmodell verhaftet ist. Eine Modernisierung des Rechtsrahmens wäre daher wünschenswert, um die wassersensible und blau-grüne Stadtentwicklung stärker zu fördern und verstärkt auch zu fordern (s. dazu Bannick et al., 2023; Reese, 2025).

PROZESS ZUM WASSERSENSIBLEN STADTUMBAU AM BEISPIEL DER STADT LEIPZIG

SOFORTMAßNAHMEN ZUM KLIMANOTSTAND IN LEIPZIG

Regelmäßige Befragungen des Leipziger Amtes für Statistik und Wahlen und des Amtes für Umweltschutz zeigen, dass Hitze von Menschen aller Altersgruppen in Leipzig als belastend empfunden wird (Stadt Leipzig, 2022). Als Reaktion darauf hat die Stadt Leipzig am 30. Oktober 2019 den Klimanotstand ausgerufen, um ihrer Verantwortung im Rahmen des eigenen Leitbildes und des Klimawandels gerecht zu werden (siehe Ratsbeschluss VI-A-07961). Das Integrierte Stadtentwicklungskonzept Leipzig 2030 (INSEK) bekennt sich zur nachhaltigen Entwicklung der Stadt (Stadt Leipzig, 2018)

Leipzig strebt die Klimaneutralität bis 2050 an, die Stadtverwaltung will dieses Ziel bis 2035 erreichen, wie im Arbeitsprogramm 2023 des Oberbürgermeisters verankert. Obwohl Leipzig als kommunale Gebietskörperschaft nur begrenzte Gesetzgebungskompetenzen hat, setzt die Stadt alles daran, wirksame Maßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgasen umzusetzen. Dabei werden verstärkt lokale wissenschaftliche Einrichtungen eingebunden, um deren Expertise für die Bewertung, Evaluierung und Optimierung der städtischen Klimaschutzmaßnahmen zu nutzen.

Das Klimaschutz-Sofortmaßnahmenprogramm soll vor allem solche Maßnahmen aufzeigen, die im kommunalen Bereich kurzfristig umsetzbar sind und einen signifikanten Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen und zur Erreichung sowohl der kommunalen als auch der globalen Klimaziele leisten können (Stadt Leipzig, 2020). Maßnahmen, die ihre Wirkung erst langfristig entfalten, müssen rechtzeitig vorbereitet und umgesetzt werden. Ein solcher Vorbereitungsprozess ermöglicht die kurzfristige Umsetzung der meisten Maßnahmen. Das Sofortprogramm zeigt, dass Klimaschutz eine Querschnittsaufgabe ist, die Herausforderungen in verschiedenen Bereichen mit sich bringt. Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind in Anlehnung an das Energie- und Klimaschutzprogramm (vgl. Stadt Leipzig, 2020) in einzelne Handlungsfelder gegliedert.

> Ein zentrales Ziel ist es, Niederschlagswasser in den Siedlungen zurückzuhalten und damit lokale Wasserkreisläufe zu unterstützen. Dabei kommt der lokalen Speicherung, Versickerung und Verdunstung von Niederschlagswasser in der Bauleitplanung eine besondere Bedeutung zu.

Dazu gehört auch eine klimaangepasste Wasserwirtschaft, in der Konzepte einer nachhaltigen Wasserwirtschaft im Hinblick auf die kommunale Klimaanpassungsstrategie verfolgt werden, wie z.B. die klimaangepasste-wassersensible Quartiersentwicklung.

Die im Klimaschutz-Sofortmaßnahmenprogramm aufgeführten Maßnahmen wurden hinsichtlich ihrer Potenziale, Kosten und Wirkungszeitpunkte umfassend bewertet. Die Ergebnisse dieser Bewertungen einschließlich Kosten-Nutzen-Analysen, Verantwortlichkeiten und inhaltlicher Bezüge zum Energie- und Klimaschutzprogramm 2014-2020 sind in detaillierten Maßnahmenblättern dokumentiert (Stadt Leipzig, 2014). Über den Stand der Umsetzung des Sofortmaßnahmenprogramms werden der Stadtrat und die Öffentlichkeit regelmäßig im Rahmen der Klimapolitischen Stunde, der Leipziger Klimakonferenz sowie im Umsetzungsbericht zum Energie- und Klimaschutzprogramm informiert.

Eine klimaangepasste Stadtentwicklung erfordert die Berücksichtigung sowohl der innerstädtischen Verdichtung als auch der Auswirkungen des Klimawandels. Dies stellt hohe Anforderungen an eine ressourcenschonende und wassereffiziente Entwicklung unter Berücksichtigung des natürlichen Wasserhaushaltes. Von besonderer Bedeutung sind dabei Aspekte wie die Maximierung von Verdunstung und Versickerung zur Aufrechterhaltung des Wasserhaushaltes, die Verbesserung der Energieeffizienz und des Mikroklimas, die Orientierung an natürlichen Speicher- und Nutzungsmechanismen und/oder die Vermeidung der Überlastung vorhandener Infrastruktur und der Berücksichtigung von BGI (siehe Beschluss VII-A-07985-NF-03, Stadt Leipzig, 2020). Die zur Verfügung stehende Dachfläche wird vollständig genutzt und die Solaranlagen bevorzugt mit Dachbegrünungen kombiniert, um die Kühlwirkung und den Regenwasserrückhalt zur Klimaanpassung und zur Steigerung der Anlageneffizienz zu nutzen (Stadt Leipzig, 2020).

Neben dem stetigen Wachstum der Stadt Leipzig sehen auch die Leipziger Wasserwerke den Klimawandel als zentrale Herausforderung für die Zukunft. Die wasserwirtschaftliche Infrastruktur muss zukunftsfähig weiterentwickelt werden. Es ist mit einem stark steigenden Investitionsbedarf zu rechnen und langfristige Konzepte müssen erarbeitet werden und erfordern eine ganzheitliche Betrachtung (Leipziger Wasserwerke et al., 2021; Leipziger Wasserwerke et al., 2022).

Bis 2030 sollen in Leipzig zahlreiche öffentliche Plätze entsiegelt, umgestaltet und begrünt werden. Dadurch sollen diese nicht nur attraktiver werden, sondern auch das Stadtklima positiv beeinflussen, indem mehr Bäume und Sträucher gepflanzt und weniger Flächen versiegelt werden. Ziel der Initiative ist es, die Luftqualität zu verbessern und die Lärmbelastung zu reduzieren. Es wurde bereits eine Liste mit 22 prioritären steinernen Stadtplätzen erstellt, die in den kommenden Jahren umgestaltet werden sollen (Stadt Leipzig, 2024). Dabei wird auch die Öffentlichkeit im Rahmen von Beteiligungsveranstaltungen in den Prozess eingebunden.

LENKUNGSNETZWERK WASSERSENSIBLE STADTENTWICKLUNG IN LEIPZIG

Mit der Gründung des Lenkungsnetzwerkes Wassersensible Stadtentwicklung wurde eine langfristige Zusammenarbeit zwischen der Stadt Leipzig, den Leipziger Wasserwerken (LWW) und dem Zweckverband für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung Leipzig-Land (ZV WALL) etabliert, um die Auswirkungen des Klimawandels zu mindern und die Lebensqualität der Bürger zu verbessern, bzw. künftig halten zu können. Als Handlungsgrundlage hat das Lenkungsnetzwerk fünf verbindliche Ziele definiert: (i) Klimaresilienz, (ii) Gewässer und Grundwasser, (iii) Nachhaltige Wasserbewirtschaftung, (iv) BGI und (v) Geringe Versiegelung.

Damit leistet das Lenkungsnetzwerk einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der Ziele des Integrierten Stadtentwicklungskonzeptes (INSEK) Leipzig 2030 (Stadt Leipzig, 2018). Dies geschieht durch den Einsatz von naturbasierten Lösungen, multifunktionalen BGI und einer gezielten Steuerung von Ver- und Entsiegelungsprozessen. Diese Maßnahmen tragen zu einer resilienten Wasserver- und -entsorgungsstruktur sowie zur Verbesserung der Umwelt- und Lebensqualität bei.

Konkret soll die Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Verdunstung, Versickerung, Rückhaltung, Nutzung und verzögertem Direktabfluss optimiert werden, um den lokalen Wasserhaushalt in Richtung eines naturnahen Zustandes zu fördern. Dazu sollen Retentionsflächen und Rückhaltekapazitäten geschaffen werden. Der Einsatz von BGI wird gefördert, um Lebens- und Aufenthaltsqualität, Klimaschutz, Gewässersensibilität und Biodiversität zu fördern und zu verbinden. Darüber hinaus wird durch die kontinuierliche Reduzierung des Versiegelungsgrades von Flächen und einen geringen Versiegelungsgrad bei Neubauvorhaben die zusätzliche Ableitung von Niederschlagswasser in die Kanalisation reduziert.

Das Lenkungsnetzwerk treibt die wassersensible Stadtentwicklung durch die konsequente Umsetzung eines ganzheitlichen und nachhaltigen Wassermanagements voran. Es dient als Plattform für den Wissensaustausch und der Abstimmung zwischen den Akteuren, um Planungs- und Umsetzungsprozesse zu beschleunigen und zu verbessern. Das Netzwerk stimmt Anforderungen ab, erarbeitet Planungsunterlagen, priorisiert Maßnahmen und fördert den kontinuierlichen Austausch, um ein

Regenwasser in Siedlungen zurückhalten, um lokale Wasserkreisläufe zu unterstützen und eine Überlastung der bestehenden Infrastruktur zu vermeiden.

einheitliches und verbindliches Vorgehen aller Akteure für eine wassersensible Stadtentwicklung sicherzustellen.

Das Lenkungsnetzwerk integriert bestehende Konzepte, Beschlüsse und Projekte zur wassersensiblen Stadtentwicklung, um einen komplexen Ansatz für eine klimaangepasste und nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft zu fördern. Es sammelt, analysiert und diskutiert Ergebnisse aus Pilotprojekten und Forschungsvorhaben, um sie dauerhaft und ganzheitlich in der Stadt umzusetzen. Diese Erfahrungen dienen als Grundlage für die Weiterentwicklung der politischen, rechtlichen und administrativen Rahmenbedingungen auf kommunaler Ebene und werden von allen beteiligten Akteuren getragen. Erfolgreiche Projekte wie „Leipziger BlauGrün" zeigen, dass eine konstruktive Zusammenarbeit im Lenkungsnetzwerk zielführend ist.

Ziel des Lenkungsnetzwerkes:

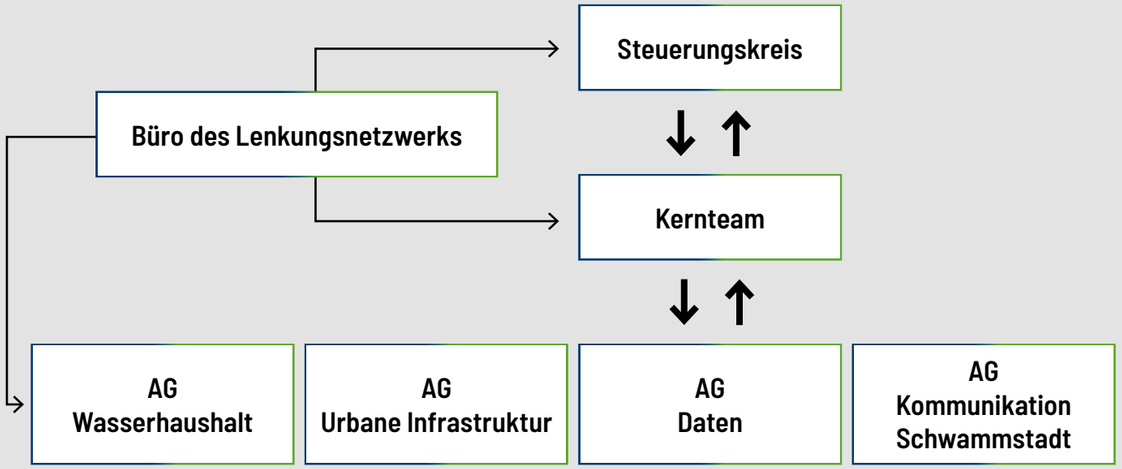
Verringerung der Auswirkung extremer Wetterereignisse
Nach dem Prinzip der Schwammstadt soll Niederschlagswasser in der Stadt zurückgehalten werden, um die negativen Auswirkungen von Trockenheit, Hitze und Starkregen auf das lokale Klima zu verringern, die Verdunstungskühlung zu erhöhen und das Niederschlagswasser für städtische Grünflächen zu nutzen.

Der Steuerungskreis definiert Ziele und Leitlinien für das Netzwerk und koordiniert die Arbeitsagenda der Akteure. Er ist verantwortlich für die Bereitstellung von Ressourcen, die Kommunikation mit dem Stadtrat und die Lösung übergeordneter Zielkonflikte. In der Ende 2023 vom Leipziger Stadtrat beschlossenen Informationsvorlage Nr. VII-Ifo-08770 „Lenkungsnetzwerk Wassersensible Stadtentwicklung" sind die der Arbeit des Lenkungsnetzwerk zugrunde liegenden Ziele als Planungsgrundsätze der Leipziger Stadtentwicklung festgeschrieben.

Die Struktur des Lenkungsnetzwerks ist in der Abbildung auf der nachfolgenden Seite dargestellt. Es hat folgende Aufgaben: Das Kernteam entwickelt Strategien und Maßnahmen, um die im Rahmen der Netzwerkarbeit festgelegten Ziele zu erreichen und den Auftrag zu erfüllen. Es identifiziert den thematischen Bedarf, beruft Arbeitsgruppen ein und berichtet dem Steuerungskreis. Das Kernteam setzt sich aus Vertretern aller relevanten Akteure zusammen. Bei Bedarf kann je nach Themenvielfalt und Entscheidungsbedarf ein erweitertes Kernteam gebildet werden.

Die Arbeitsgruppen dienen als Rahmen und Plattform für die Entwicklung und Koordination von Maßnahmen und Projekten. Bei Bedarf wird der Austausch zwischen den Arbeitsgruppen durch eine temporäre Erweiterung des Kernteams erleichtert. Das Büro des Lenkungsnetzwerkes unterstützt den Steuerungskreis, das Kernteam und die Arbeitsgruppen administrativ und fachlich und koordiniert die Kommunikation.

Das Netzwerk dient als Kommunikationsplattform für eine langfristige strategische Ausrichtung, die für die Planung neuer Projekte unerlässlich ist. Einzelne Projekte können



Das Lenkungsnetzwerk Wassersensible Stadtentwicklung in Leipzig.

LeipzigerBlauGrün

L416

Löwitz Quartier

unabhängig von der Struktur des Lenkungsnetzwerk bearbeitet und umgesetzt werden.

Wirkung und Ziele des Lenkungsnetzwerks
Leipzig hat durch eine Vielzahl von Umsetzungsprojekten und Forschungsaktivitäten beachtliche Fortschritte erzielt und sich als Modellkommune etabliert (z.B. im Forschungsprojekt LeipzigerBlauGrün; L416 oder das Löwitz Quartier). Eine wassersensible Stadtentwicklung ist dabei ein wesentlicher Baustein zur Anpassung an den Klimawandel. Diese Ziele sind u.a. in der Nationalen Wasserstrategie (BMUV, 2021) verankert, z.B. durch die Weiterentwicklung des Leitbildes „wassersensible Stadt" und dessen Umsetzung. Ein dringendes Anliegen ist die Abkopplung des Regenwassers aus dem Mischsystem. Dies ist sowohl aus Sicht der Stadtentwässerung als auch aus Sicht des Gewässerschutzes erforderlich, um hydraulische Überlastungen und Mischwasserabflüsse zu reduzieren. Der Erfolg dieser Maßnahmen hängt wesentlich von der zielgerichteten Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure ab. Dazu müssen neue Wege beschritten werden, wie z.B. der Aufbau eines Lenkungsnetzwerkes und die gemeinsame Nutzung von Daten. Von großer Bedeutung ist eine umfassende Kommunikation und Bewusstseinsbildung, um Bürger, Investoren und Planer aktiv einzubinden. Dies sollte als gemeinsame Aufgabe verstanden werden. Darüber hinaus ist die Anpassung von Regelwerken, Verordnungen und Richtlinien notwendig, um die Entwicklung zu fördern und Umsetzungshemmnisse abzubauen. Ausreichend finanzierte Förderprogramme, insbesondere zur Unterstützung von Modellprojekten durch Bund und Länder sowie zur Vernetzung, sind unerlässlich. Dabei sollte das Lenkungsnetzwerk dauerhaft finanziert und unterstützt werden, um langfristige Erfolge zu sichern.

ZUKÜNFTIGE ANFORDERUNGEN AN DIE ZENTRALE ABWASSERBEWIRTSCHAFTUNG IN LEIPZIG (aus Müller et al., 2023)

Die Abwassersysteme in deutschen Städten, so auch in Leipzig, sind historisch gewachsen und oft über 100 Jahre alt. Es liegt in der Verantwortung der Betreiber, diese Systeme auch für zukünftige Generationen funktionsfähig zu halten. Dies geschieht durch regelmäßige Zustandsbewertungen und Sanierungsstrategien nach den Regelwerken der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall).

Die Sanierungsstrategien variieren je nach örtlichen Gegebenheiten und finanziellen Mitteln, beinhalten aber zentrale Fragen wie den optimalen Zeitpunkt und das geeignete Sanierungsverfahren sowie die Wirtschaftlichkeit und die Kosten der Netzsanierung. Die Instandhaltung des Leitungsnetzes ist eine der wichtigsten Aufgaben der Netzbetreiber und muss zahlreiche Veränderungen der natürlichen, rechtlichen, technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen berücksichtigen. Beispiele sind steigende Energiepreise, erhöhte Anforderungen an die Abwasserreinigung und Nährstoffrückgewinnung, neue Abwasserabgabengesetze und demographische Veränderungen. Diese Faktoren haben einen erheblichen Einfluss auf die Kostenentwicklung.

Darüber hinaus rücken klimatische Veränderungen in den Vordergrund. Höhere Temperaturen und längere Trockenperioden erhöhen die Gewässertemperaturen und verlängern die Niedrigwasserphasen, was die Selbstreinigungskraft der Gewässer beeinträchtigt und eine stärkere Vorreinigung des Abwassers erfordert. Häufigere Starkniederschläge führen zu schnellen Abflüssen und urbanen Überflutungen, was die Situation weiter verschärft. Die Netzbetreiber müssen sich langfristig mit den Auswirkungen dieser Veränderungen auseinandersetzen und dabei Maßnahmen ganzheitlich betrachten und auch Alternativen zur zentralen Abwasserentsorgung prüfen.

In Leipzig dominiert in den innerstädtischen Bereichen die Mischwasserkanalisation, in den Neubaugebieten die Trennkanalisation. Die Mischwasserkanalisation muss sowohl bei Trocken- als auch bei Regenwetter funktionieren, wobei Feststoffablagerungen und Mischwasserrückhalt im Vordergrund stehen. Dies ist eine der großen Herausforderungen der nahen Zukunft.

Geringe industrielle Einleitungen und geringe einwohnerspezifische Abwassermengen führen zu reduzierten Fließgeschwindigkeiten, die Ablagerungen begünstigen. Detaillierte Untersuchungen und Betriebsoptimierungen wurden bereits durchgeführt, um ablagerungsfreie Bereiche zu identifizieren und die Effizienz der Kanalisation zu erhöhen.

Leipzig steht vor der großen Herausforderung, dass alte Abwassersystem an moderne Anforderungen und klimatische Veränderungen anzupassen. Die Stadt hat erkannt, dass diese komplexe Aufgabe nur durch eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen städtischen Ämter, der städtischen Unternehmen und der Öffentlichkeit bewältigt werden kann. Ein kohärentes und koordiniertes Vorgehen aller Akteure ist entscheidend, um nachhaltige Lösungen für die zukünftige Abwasserinfrastruktur zu entwickeln.

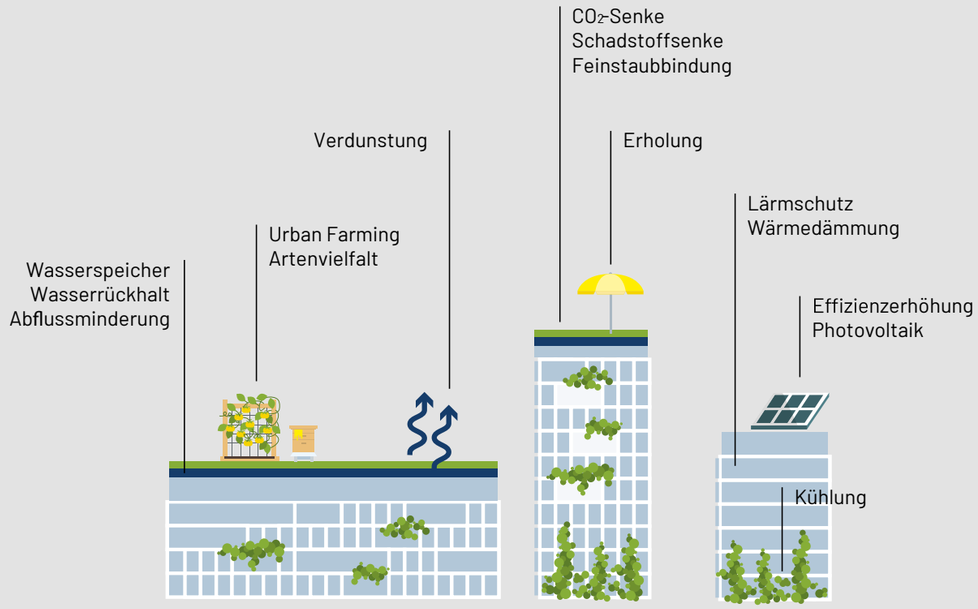
POTENTIALE

Marc Breulmann und Lucie Moeller
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

POTENTIALE BLAU-GRÜNER INFRASTRUKTUR

Im Zeitalter der raschen Urbanisierung stehen Städte weltweit vor der Herausforderung, den steigenden Anforderungen an Lebensqualität, Umweltschutz und Anpassung an den Klimawandel gerecht zu werden. In diesem Zusammenhang gewinnen BGI als innovative Lösungen zur Verbesserung der Lebensqualität in städtischen Gebieten und zur Förderung der ökologischen Nachhaltigkeit zunehmend an Bedeutung. BGI nutzen die Prinzipien der Natur, indem sie natürliche Elemente wie Grünflächen, Parks, Gärten, naturnahe Gewässer und Regenwassermanagementsysteme in die städtische Umgebung integrieren. Ihr Potenzial geht weit über die rein ästhetische Gestaltung hinaus und umfasst eine Vielzahl von Bereichen, von Umweltschutz und Biodiversität bis hin zu Gesundheitsförderung und sozialer Integration.

Der BGI-Ansatz verbindet die strategische Planung von Grün- und Freiflächen mit Ökosystemleistungen, fördert die Multifunktionalität von Flächen und integrierte Managementansätze. Er adressiert die koordinierte Flächennutzungsplanung für Landwirtschaft, Naturschutz, Siedlung und Verkehr. Der multifunktionale Charakter der BGI ermöglicht es, dass ein Ökosystem verschiedene Bedürfnisse erfüllen kann. Die Art der benötigten BGI hängt von den spezifischen Bedürfnissen der Menschen und der lokalen Umwelt ab. Beispielsweise benötigen Innenstädte mehr Raum für Freizeitaktivitäten und Klimadienstleistungen wie die Reduzierung des Wärmeinseleffekts und die Regulierung des Niederschlagsabflusses.



Multifunktionalität blau-grüner Infrastruktur.

Gut geplante, multifunktionale Grünflächen und Landschaftselemente können verschiedene lokale Probleme angehen, z.B. Klimaschutz und Zugang zu Grünflächen durch die Revitalisierung von kontaminierten, brachliegenden oder verlassenen Flächen. Die Einbeziehung verschiedener Sektoren und die sektorübergreifende Zusammenarbeit können den Zugang zu Finanzierungsmöglichkeiten verbessern und die finanzielle Belastung auf verschiedene Sektoren oder Dienstleister verteilen (John et al., 2019).

Angesichts der vielfältigen Potenziale von BGI ist es wichtig, dass Städte diese Ansätze verstärkt in ihre Planung und Entwicklung integrieren. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen Stadtplanern, Architekten, Umweltschützern und der lokalen Bevölkerung, um die Bedürfnisse und Anliegen aller Interessengruppen zu berücksichtigen. Darüber hinaus müssen politische Entscheidungsträger und Stadtverwaltungen drastische Schritte unternehmen, um die Umsetzung von BGI voranzutreiben und die notwendigen Ressourcen bereitzustellen.

In diesem Kapitel werden die vielfältigen Potenziale der BGI näher beleuchtet und ihre Bedeutung für die Schaffung lebenswerter und nachhaltiger Städte herausgearbeitet. Die verschiedenen Aspekte ihrer Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft werden beleuchtet und es wird aufzeigt, wie sie dazu beitragen können, die Herausforderungen der Stadtentwicklung im 21. Jahrhundert anzugehen.

Wie bereits eingangs erwähnt, können BGI zahlreiche Ökosystemleistungen bereitstellen, die für eine klimaangepasste Stadtentwicklung genutzt werden können. Dazu gehören beispielsweise:

Elemente wie Gründächer, Versickerungsanlagen und Speicher erhöhen den Rückhalt von Niederschlagswasser, kühlen und beschatten die Umgebung und mindern Trockenheit sowie Überhitzung.

REGENWASSER-MANAGEMENT

Blau-grüne Infrastruktur spielen bei der Bewältigung von Starkregenereignissen eine entscheidende Rolle, da sie direkte und indirekte Auswirkungen auf das Starkregenmanagement haben (Raimondi et al., 2020; Berliner Regenwasseragentur, 2021). Grünflächen und natürliche Gewässer wirken als natürliche Puffer, die die Abflussmengen bei Starkregen reduzieren können. Die Versickerung von Regenwasser in den Boden trägt dazu bei, die Gefahr von Überschwemmungen zu verringern. Außerdem reinigt und filtert der Boden in diesen Grünflächen das Wasser, was die Wasserqualität verbessert und die Belastung der Oberflächengewässer mit Schadstoffen verringert. Allerdings ist es nicht immer möglich, Grünflächen im erforderlichen Umfang in den städtischen Raum zu integrieren. Aus diesem Grund wird zunehmend auf Gebäudebegrünung als nicht ganz gleichwertige, aber funktional ähnliche Alternative zurückgegriffen.

Der Einsatz von z.B. Gründächern bietet viele Vorteile im Umgang mit Niederschlägen, insbesondere im Hinblick auf die Entwässerung. Gründächer können je nach Aufbau und Art der Begrünung bis zu 60-100 % (DeNardo et al., 2005; Getter et al., 2006) des Jahresniederschlags, und davon bis zu 34-59 % bei Starkregenereignissen zurückhalten (Wang et al., 2021). Dieser zurückgehaltene Niederschlag verdunstet allmählich oder wird zeitverzögert in geringeren Abflussmengen an die Kanalisation abgegeben und entlastet so die Entwässerungssysteme. Eine noch effektivere Möglichkeit, diese Wirkung zu verbessern, ist der Einsatz von Retentions-Gründächern.

Durch diese Dachformen wird die Belastung der Entwässerungssysteme weiter reduziert. Dies wirkt sich auch positiv auf die notwendige Dimensionierung von Versickerungs- oder Retentionsanlagen auf den Grundstücken aus, was wiederum zu erheblichen Kosteneinsparungen führt.

Eine weitere Möglichkeit, die Vorteile von Gründächern zu nutzen, besteht in der Kombination mit Regenwassernutzungsanlagen, sofern ausreichende Niederschlagsmengen zur Verfügung stehen. Durch die Filterfunktion des Gründaches wird das gesammelte Wasser bereits aufbereitet, so dass es z.B. für die Toilettenspülung oder zur Bewässerung genutzt werden kann (Dickhaut, 2017).

Ähnliche Elemente können auch im Straßenraum installiert werden. So wird im Projekt BlueGreenStreets die Möglichkeit untersucht, ein wasserwirtschaftliches System zur Rückhaltung von Straßenabflüssen mit Baumstandorten zu koppeln. Das Prinzip der sogenannten Baumrigolen wurde im Rahmen des Projektes entwickelt und wird derzeit umgesetzt (Berger et al., 2025, BlueGreenStreets, 2022b; BlueGreenStreets, 2022a).

Insgesamt stellen BGI eine effektive und nachhaltige Lösung für den Umgang mit Starkregenereignissen in urbanen Gebieten dar. Die Kombination von natürlichen Elementen wie Grünflächen und Gewässern mit gezielten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung kann dazu beitragen, Überschwemmungen zu reduzieren, die Wasserqualität zu verbessern und die Widerstandsfähigkeit städtischer Gebiete gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels zu erhöhen.

KOSTEN

Die Ermittlung des wirtschaftlichen Werts von Maßnahmen zur Verbesserung des Arbeits- und Wohnumfelds, der Gebäudearchitektur, des Mikroklimas, der Luftschalldämmung, der Filterung von Luftschadstoffen, der Biodiversität und der Energieeinsparung ist eine komplexe Herausforderung, und es ist schwierig, den genauen finanziellen Wert dieser Vorteile zu quantifizieren, da sie von verschiedenen Faktoren abhängen und in vielfältiger Weise miteinander verknüpft sind.

Ein interessanter Ansatz ist das Gebührensplitting, das bereits in vielen deutschen Kommunen praktiziert wird und die Möglichkeit bietet, die Retentionsfunktion von Gründächern zu berücksichtigen. Konkret bedeutet dies, dass die Niederschlagswassergebühr pro Quadratmeter Gründach und Jahr um 50 % reduziert werden kann. Im Einzelfall kann sogar eine vollständige Befreiung von der Niederschlagswassergebühr erfolgen, wenn das Niederschlagswasser auf dem Grundstück selbst bewirtschaftet wird (Dickhaut, 2017).

MIKROKLIMA

Blau-grüne Infrastruktur spielt eine entscheidende Rolle bei der Verbesserung des Mikroklimas in städtischen Gebieten. Die direkten Auswirkungen sind sofort spürbar. Grünflächen und Gewässer senken die Umgebungstemperatur durch einen Kühleffekt. Dies geschieht durch die Verdunstung von Wasser aus Pflanzen und Gewässern sowie durch den Schatten von Bäumen und Vegetation. Die Folge ist eine geringere Wärmebelastung, was insbesondere in dicht bebauten Städten von Vorteil ist (Park et al., 2018; Schelle et al., 2020).

Im Sommer wird das Mikroklima auf dem Dach und in der unmittelbaren Umgebung des Gebäudes durch die Verdunstungskühle des Gründaches abgekühlt. An heißen Tagen erhöht sich die Luftfeuchtigkeit um bis zu 0,5 L/m^2 Wasser, das über die Blattoberfläche verdunstet. Dachbegrünungen, insbesondere auf niedrigen Gebäuden, wirken sich positiv auf die bodennahen Temperaturen und die angrenzende Bebauung aus (Detommaso et al., 2021). Intensive Begrünungen haben dabei einen stärkeren Kühleffekt als extensive Begrünungen. Modellrechnungen zeigen, dass großflächige Dachbegrünungen die Lufttemperatur um 0,2 bis 0,9 K oder sogar bis zu 3 K senken können (Günther, 2014; Berliner Regenwasseragentur, 2021).

Darüber hinaus trägt das Gründach zur Reduktion verschiedener Luftschadstoffe bei, indem es beispielsweise bis zu 20 % der Staubpartikel bindet (Dickhaut, 2017; Viecco et al., 2021). Um die Attraktivität ganzer Stadtquartiere zu erhalten, bieten Gründächer mehrere Vorteile. Zum einen können sie als Träger für die Montage von Photovoltaik-Modulen dienen, zum anderen erhöhen sie den Wirkungsgrad dieser Anlagen um bis zu 2–3 % pro Jahr (Arenandan et al., 2022; Abdalazeem et al., 2024) was wiederum zu kürzeren Amortisationszeiten der getätigten Investitionen führt (Dickhaut, 2017). Zudem erhöht diese Infrastruktur die Luftfeuchtigkeit, was wiederum das Mikroklima verbessert. Eine höhere Luftfeuchtigkeit kann im Sommer zu weniger Hitzestau führen und gleichzeitig die Luftqualität verbessern und damit zum Gesundheitsschutz der Stadtbevölkerung beitragen. Feinstaub und andere Schadstoffe werden gebunden. Der kombinierte Einsatz von Dach- und Fassadenbegrünung kann bis zu 7.3 % der Feinstaubpartikel reduzieren, wobei Fassadenbegrünung bei der Verbesserung der städtischen Luftqualität in Fußgängerzonen besser abschneidet als Dachbegrünung (Viecco et al., 2021).

Die positiven Effekte gehen aber noch weiter. Indirekt fördern BGI die Luftzirkulation, indem sie als natürliche „grüne Lungen" Frischluft in die Umgebung transportieren. Dies trägt nicht nur zur Verbesserung der Luftqualität bei, sondern reduziert auch Hitzeinseln in städtischen Gebieten. Durch die Schaffung eines angenehmeren und gesünderen städtischen Umfelds erhöhen sie die Lebensqualität der Bewohner und mildern die Auswirkungen des städtischen Klimawandels und leisten einen wichtigen Beitrag zur Minderung des „Urban Heat Island"-Effekts (Pitha et al., 2021). Blau-grüne Infrastruktur ist somit nicht nur ein ästhetisches Element, sondern auch ein wichtiger Baustein für eine nachhaltige und lebenswerte Stadtentwicklung.

> BGI bieten vielfältige Ökosystemleistungen, die Umwelt-, Klima-, Gesundheits- und soziale Bedürfnisse gleichzeitig erfüllen.

GESUNDHEIT

Grüne Infrastruktur wie Parks, Wälder und Freiflächen haben nachweislich einen positiven Einfluss auf Gesundheit und Wohlbefinden. Sie fördern Erholung und Bewegung und wirken sich positiv auf die physische und psychische Gesundheit aus. Ein verbesserter Zugang zu Grünflächen in städtischen Gebieten kann gesundheitliche Ungleichheiten zwischen Stadtteilen verringern. Grünflächen tragen auch zur Verringerung der Luftverschmutzung bei, indem sie Schadstoffe absorbieren und verteilen (Wang et al., 2017; John et al., 2019). Der Aufenthalt in einer grünen Umgebung und in der Nähe von Wasser hat nachweislich stressreduzierende Wirkungen und der Anblick von Natur und Wasser kann beruhigend wirken und das allgemeine Wohlbefinden steigern (van den Berg et al., 2015).

Grünflächen und Gewässer bieten Möglichkeiten für verschiedene Freizeitaktivitäten wie Spazierengehen, Joggen, Radfahren oder Wassersport. Dies fördert die körperliche Aktivität und wirkt sich positiv auf die Gesundheit aus, da das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Übergewicht und anderen Gesundheitsproblemen verringert wird. Die regelmäßige Nutzung von Grünflächen und die Möglichkeit, Zeit in der Natur zu verbringen, können auch das Risiko von Depressionen und anderen psychischen Gesundheitsproblemen verringern (Williams et al., 2019). Natur kann helfen, Stress abzubauen und wirkt sich positiv auf die Stimmung aus.

ERHOLUNG

Blau-grüne Infrastruktur hat haben einen wichtigen Einfluss auf die Erholung der Menschen, insbesondere in städtischen Gebieten, wo der Zugang zur Natur oft eingeschränkt ist. Zu den direkten Erholungseffekten gehört die

Entspannung, da das Vorhandensein von Grünflächen und Wasser das Stressniveau senkt und die Erholung fördert. Menschen suchen bewusst Orte in der Natur auf, um der Hektik des Alltags zu entfliehen und sich zu erholen. Blau-grüne Infrastruktur bietet auch die Möglichkeit, die Schönheit der Natur zu genießen und sich mit der Umwelt zu verbinden, was ein Naturerlebnis schafft und eine Quelle der Freude und Inspiration sein kann. Aktive Erholung wird durch Grünflächen und Gewässer gefördert, die Raum für eine Vielzahl von Freizeitaktivitäten wie Picknicks, Sport, Spaziergänge, Radfahren, Angeln oder Bootfahren bieten. Diese Aktivitäten fördern die körperliche und geistige Erholung und tragen zur Steigerung des allgemeinen Wohlbefindens bei.

Blau-grüne Infrastruktur kann auch als Treffpunkt für Menschen mit unterschiedlichem sozialem und kulturellem Hintegrund dienen, was soziale Interaktionen fördert, soziale Bindungen stärkt und zur sozialen Erholung beiträgt. Darüber hinaus ermöglicht die Verfügbarkeit von Grünflächen und Wasser in der Nähe des Wohnortes spontane Aufenthalte in der Natur, ohne lange Wege zurücklegen zu müssen.

Grüne Infrastruktur wie Parks und Naturschutzgebiete sind integraler Bestandteil von Tourismus- und Erholungsgebieten. Sie bieten nicht nur touristische Attraktionen, sondern erfüllen auch wichtige Funktionen wie Klimaschutz und Förderung der Biodiversität (John et al., 2019).

GEBÄUDEDÄMMUNG

Grünpflanzen und Gewässer haben eine natürliche kühlende Wirkung auf die Umgebungstemperatur. Indem sie die Hitze in städtischen Gebieten reduzieren, können BGI dazu beitragen, den Bedarf an Klimaanlagen und die damit verbundenen Energiekosten zu senken. Das Gründach wird zu einem integralen Bestandteil des Gebäudedaches, so dass keine zusätzlichen Kosten für die Dämmung anfallen, was zu geringeren Heizkosten im Winter führt (Dickhaut, 2017).

Bäume und andere Pflanzen in Grünflächen können als natürliche Schattenspender dienen und die direkte Sonneneinstrahlung auf Gebäude reduzieren, insbesondere in den oft überhitzten Dachgeschossen. Dies kann die Aufheizung von Gebäuden im Sommer verringern und den Bedarf an Klimaanlagen oder anderen Kühlsystemen reduzieren. Die finanziellen Vorteile ergeben sich aus der verbesserten Kühlleistung des Gründaches (Dickhaut, 2017).

So wirken sich z.B. die Schichten eines Gründaches positiv auf den Wärmedurchgangskoeffizienten aus, da Feuchtigkeit schneller von der Dachhaut abtransportiert wird. Dieser Effekt variiert je nach Gründachaufbau und den verwendeten Substratkomponenten. Die Dämmwirkung wird auch durch das Luftporenvolumen der verwendeten Substrate wie Blähton, Schiefer, Perlite und Mineralwolle beeinflusst. Entscheidend ist die Schichtdicke: Je dicker die Schicht, desto besser die Dämmwirkung (Pitha et al., 2021). Begrünte Dächer verbessern somit das Gebäudeklima. Schon eine extensive Begrünung kann die Temperatur darunter um 2 bis 6 °C senken (Jaffal et al., 2012)

Obwohl BGI nicht direkt als Gebäudedämmung wirkt, kann sie dennoch dazu beitragen, den Energieverbrauch und die damit verbundenen Kosten für Kühlung und Heizung von Gebäuden zu reduzieren (Getter et al., 2006; Detommaso et al., 2021). Herkömmliche schwarze Dächer können sich im Sommer auf über 90 °C aufheizen, während bewässerte begrünte Dächer selten mehr als 20 bis 25 °C erreichen (Berliner Regenwasseragentur, 2021). Ergebnisse des UFZ-Forschungsgründachs und Peng et al. (2013) zeigen aber auch, dass ein unbewässertes Extensivgründach in Trockenperioden Oberflächentemperaturen von über 50 °C erreichen kann. Im Winter isoliert ein begrüntes Dach besser und verhindert eine übermäßige Abkühlung im Vergleich zu einem unbegrünten Dach.

Durch die Schaffung eines angenehmeren und energieeffizienteren städtischen Umfelds können sie die Nachhaltigkeit von Gebäuden und die Lebensqualität der Bewohner verbessern.

Mehr Informationen zum UFZ- Forschungsgründach

SCHALLSCHUTZ

Blau-grüne Infrastruktur ist ein wirksames Mittel zur Lärmminderung in städtischen Gebieten. Zum einen absorbieren Grün- und Wasserflächen Schallwellen und reduzieren so den Umgebungslärm. Dabei spielen Pflanzen und Bäume eine wichtige Rolle. Zum anderen können Gewässer wie Teiche und Flüsse Schallwellen reflektieren und brechen und so den direkten Lärm reduzieren.

Dachbegrünungen wirken lärmmindernd, da Substrat und Blätter den Schall absorbieren und im Gegensatz zu glatten Oberflächen weniger reflektieren (Van Renterghem, 2018). Dieser Effekt wird insbesondere in Kombination mit Fassadenbegrünungen verstärkt. Vor allem tiefe Frequenzen werden im Vergleich zu Metalleindeckungen weniger in das Gebäude übertragen, da sie vom Gründachaufbau absorbiert werden. Aufbauten mit höherer Substrathöhe und krautiger Vegetation haben eine bessere Schallabsorption als Aufbauten mit geringer Substrathöhe und sukkulenter Vegetation (Berliner Regenwasseragentur, 2021; Pitha et al., 2021). Studien zeigen, dass Gründächer den Lärm in Innenräumen im Idealfall um 10 (Van Renterghem et al., 2011) bis 20 dB (Connelly et al., 2013) reduzieren können, wobei die Lärmminderung am effektivsten ist, wenn die Begrünung dicht, flächendeckend und ganzjährig ist (Engelmann et al., 2023).

Insgesamt trägt BGI wesentlich zur Verringerung der Lärmbelastung und zur Schaffung einer angenehmeren städtischen Umgebung bei. Durch die Kombination von natürlichen Elementen wie Grünflächen und Gewässern mit gezielten Lärmschutzmaßnahmen verbessern sie die Lebensqualität und fördern das Wohlbefinden der Stadtbevölkerung.

BIODIVERSITÄT

Dachbegrünungen erhöhen die urbane Biodiversität, indem sie artenreiche, vorzugsweise einheimische Pflanzengesellschaften fördern. Grünflächen wie Parks, Gärten und naturnahe Uferstreifen bieten Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten. Sie fungieren als ökologische Nischen, in denen verschiedene Arten Nahrung finden, sich fortpflanzen und vor Fressfeinden geschützt sind (Schelle et al., 2020; Wang et al., 2022). Zudem bieten begrünte Dächer einen isolierten Lebensraum für gefährdete oder geschützte Tier- und Pflanzenarten (Pitha et al., 2021). Die Integration von Dachbegrünungen in die Stadtplanung kann dazu beitragen, gefährdete Arten zu schützen und ihre Lebensräume zu erhalten. Die Schaffung von Schutzgebieten und naturnahen Lebensräumen in der Stadt trägt zum Schutz bedrohter Arten und zur Erholung ihrer Bestände bei. Die Vielfalt an Insekten und Bodentieren, die sich ansiedeln können, hängt von der Art der Begrünung ab (Berliner Regenwasseragentur, 2021).

Blau-grüne Infrastruktur fördert die Biotopvernetzung, indem sie ein Netzwerk von Grünflächen und Gewässern in städtischen Gebieten schaffen. Dadurch können Tierarten innerhalb der Stadt wandern, Nahrungsquellen nutzen und ihre Populationen erhalten. Darüber hinaus trägt BGI zur Verbesserung der ökologischen Funktionen in städtischen Gebieten bei, indem sie die Wasserfiltration und die Klimaregulierung unterstützen (Shafique et al., 2018). Dadurch werden günstige Bedingungen für das Pflanzenwachstum und die Entwicklung von Lebensräumen für Tiere geschaffen.

Eine weitere, nicht minder wichtige Funktion der BGI ist ihre Nutzung für die Umweltbildung. Sie bieten Möglichkeiten, das Bewusstsein für die Bedeutung der Biodiversität zu schärfen. Durch die Schaffung von öffentlich zugänglichen Naturräumen können Menschen die heimische Flora und Fauna kennen lernen und ein Bewusstsein für den Schutz und Erhalt der Biodiversität entwickeln.

Insgesamt kann BGI die Biodiversität in städtischen Gebieten fördern und zur nachhaltigen Entwicklung städtischer Ökosysteme beitragen, indem Lebensräume für eine Vielzahl von Pflanzen- und Tierarten geschaffen werden. Durch die Integration natürlicher Elemente wie Grünflächen und Gewässer in die Stadtplanung können sie zur Erhaltung der ökologischen Vielfalt beitragen.

FOOD-WATER-ENERGY-NEXUS

Blau-grüne Infrastruktur ist ein vielversprechender Ansatz zur Beeinflussung des Food-Water-Energy-Nexus. Diese Infrastruktur integriert natürliche und technologische Systeme, um nachhaltige Lösungen für die Bereitstellung von Nahrung, Wasser und Energie zu schaffen (Grard et al., 2017; Cristiano et al., 2021).

Im Bereich der Nahrungsmittelproduktion kann BGI dazu beitragen, die landwirtschaftliche Produktion zu optimieren. Durch Methoden wie vertikale Landwirtschaft, Aquaponik-Systeme und nachhaltige Bewässerungstechniken können Ressourcen effizienter genutzt und Ernteerträge gesteigert werden (Cristiano et al., 2021; Carvalho et al., 2022). Darüber hinaus fördern BGI die Biodiversität und tragen zur Schaffung von Lebensräumen für Bestäuber und andere Nützlinge bei, was wiederum die ökologische Widerstandsfähigkeit erhöht.

Im Wassersektor bieten BGI innovative Lösungen für das Management von Wasserressourcen. Regenwasserrückhaltebecken und Dachbegrünungen tragen dazu bei, Regenwasser aufzufangen, zurückzuhalten, zu speichern und zu reinigen. Dies entlastet nicht nur die Kanalisation, sondern stellt auch eine nachhaltige Quelle für Bewässerungswasser dar, was besonders in trockenen Regionen von Vorteil ist.

Im Bereich der Energieversorgung trägt BGI zur Förderung erneuerbarer Energiequellen bei. Die Integration von Solaranlagen in städtische Grünflächen, die Nutzung von Wasserkraft aus lokalen Flüssen und die Implementierung von Geothermieanlagen sind nur einige Beispiele dafür, wie diese Infrastruktur dazu beitragen können, den Energiebedarf zu decken und gleichzeitig die Umweltbelastung zu reduzieren.

Gründachexponat im Botanischen Garten Leipzig

Insgesamt können BGI dazu beitragen, die Wechselwirkungen zwischen Nahrung, Wasser und Energie zu verstehen und zu optimieren. Durch die Nutzung natürlicher Prozesse und die Integration technologischer Innovationen bieten sie eine ganzheitliche Lösung für die Herausforderungen des Food-Water-Energy-Nexus im Zeitalter des Klimawandels und der zunehmenden Urbanisierung.

BGI spielt eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung lebenswerter Städte, um sich den Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zu stellen. Diese vielseitigen Systeme tragen auf verschiedenen Ebenen zur Verbesserung städtischer Gebiete bei und sind integraler Bestandteil eines umfassenden Ansatzes für Nachhaltigkeit und Lebensqualität. Sie tragen auf vielfältige Weise dazu bei, Städte lebenswerter, nachhaltiger und widerstandsfähiger zu machen. Sie sind ein Schlüsselelement für die Gestaltung einer nachhaltigen Stadtentwicklung, die den Bedürfnissen heutiger und künftiger Generationen gerecht wird (Stadt Bonn, 2023; Stadt Bonn, 2024).

STÄRKEN

BGI sind ein wichtiger Bestandteil der Anpassung von Städten an den Klimawandel. Sie helfen, sich gegen die Auswirkungen des Klimawandels zu wappnen, indem sie beispielsweise Überschwemmungen vorbeugen und Hitzebelastungen verringern. Dies ist wichtig, da Städte zunehmend mit extremen Wetterereignissen und anderen Folgen des Klimawandels konfrontiert sind. Die Stärke der BGI zeigt sich besonders im Bereich des Starkregenmanagements. In Zeiten des Klimawandels häufen sich extreme Wetterereignisse wie Starkregen, die zu Überschwemmungen und erheblichen Schäden an Infrastruktur und Eigentum führen können. BGI bieten eine robuste Lösung für dieses Problem. Durch die Integration von Maßnahmen wie Regenwasserrückhaltebecken, Gründächern und versickerungsfähigen Oberflächen können sie Regenwasser effektiv aufnehmen, speichern und ableiten. Diese Systeme reduzieren den Oberflächenabfluss, minimieren das Risiko von Überschwemmun-

gen und tragen gleichzeitig zur Grundwasserneubildung bei. Durch die Kombination von naturbasierten Ansätzen und technologischen Innovationen bieten BGI somit eine nachhaltige und widerstandsfähige Lösung für den Umgang mit Starkregenereignissen in städtischen Gebieten. Sie sind aber auch ein Eckpfeiler des Umweltschutzes. Durch die Integration von Grünflächen und Wasser tragen sie zur Verbesserung der Umweltqualität bei, indem sie die Luft reinigen, CO_2 absorbieren und das Stadtklima regulieren. Dies ist nicht nur für den Erhalt der biologischen Vielfalt, sondern auch für das Wohlbefinden der Stadtbevölkerung von entscheidender Bedeutung. Darüber hinaus fördern BGI die soziale Integration und den Gemeinschaftssinn. Indem sie Orte der Begegnung und des Austauschs schaffen, die allen Bevölkerungsgruppen offenstehen, tragen sie dazu bei, soziale Bindungen zu stärken und das Gemeinschaftsgefühl zu fördern. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Gesundheitsförderung. Die Schaffung von Grün- und Wasserflächen verbessert nachweislich die Gesundheit und das Wohlbefinden der Stadtbevölkerung, indem sie Stress abbaut und zu mehr körperlicher Aktivität anregt. Dies ist besonders wichtig in einer Zeit, in der der Lebensstil vieler Menschen von Stress und Bewegungsmangel geprägt ist. Sie tragen außerdem zur ästhetischen Verbesserung der städtischen Umwelt bei. Durch die Integration von Natur in den städtischen Raum wird die Umgebung attraktiver und lebenswerter, was sich positiv auf die Lebensqualität der Bewohner auswirkt. Darüber hinaus kann dies auch das touristische Potenzial einer Stadt erhöhen und sie zu einem attraktiveren Ziel für Besucher machen.

Das Leipziger Stadtgrün, insbesondere die Parkanlagen und der angrenzende Auwald, erfüllen bereits heute an vielen Stellen eine wichtige Funktion, indem sie den Stadtraum abkühlen und den Bürgern an heißen Tagen einen angenehmen Aufenthaltsort bieten. Vor dem Hintergrund des Klimawandels gilt es, diese Funktion durch den Ausbau der BGI und eine professionelle Pflege der Leipziger Grünflächen zu erhalten und vor allem zu stärken.

Im Wohnungsbau besteht ein Zielkonflikt zwischen der kostengünstigen Bereitstellung von Wohnraum und dem Bestreben, bei Bauprojekten höhere Standards für Grünflächen und deren Qualität zu erreichen (Stadt Bonn, 2023; Stadt Bonn, 2024).

SCHWÄCHEN

Die Umsetzung von BGI ist auch mit einer Reihe von Herausforderungen verbunden. An erster Stelle sind hier die Kosten zu nennen. Der Bau solcher Infrastruktur erfordert oft erhebliche Investitionen, die von politischen Entscheidungsträgern und den Investoren häufig als Hindernis angesehen werden. Angesichts anderer Prioritäten können sie zögern, diese Mittel bereitzustellen, obwohl der langfristige Nutzen häufig überzeugend ist. Ein weiteres Problem ist der Flächenbedarf. Insbesondere in dicht besiedelten städtischen Gebieten ist der verfügbare Raum begrenzt. Die Schaffung von Grünflächen und Gewässern kann daher eine echte Herausforderung darstellen, insbesondere wenn es sich um Veränderungen im Bestand handelt. Stadtplaner und Architekten müssen kreative Lösungen finden, um diese Hindernisse zu überwinden und gleichzeitig die Lebensqualität in den Städten zu verbessern.

Festzuhalten ist, dass Leipzig als Großstadt durch eine hohe Bebauungsdichte und einen hohen Versiegelungsgrad gekennzeichnet ist. Bereits heute ist der Anteil klimatisch benachteiligter Gebiete in der Stadt sehr hoch. Mit fortschreitendem Klimawandel wird die sommerliche Wärmebelastung in der Stadt voraussichtlich weiter zunehmen. Angesichts des hohen Wachstumsdrucks in der Stadt und der zunehmenden Konkurrenz um städtische Freiflächen im Rahmen der Innenentwicklung und Nachverdichtung wird sich diese Situation aller Voraussicht nach weiter verschärfen. Eine weitere Herausforderung stellt der vergleichsweise hohe Anteil an Altlasten und Altlastenverdachtsflächen dar. Gerade auf diesen Flächen, auf denen eine Entsiegelung oder Versickerung aufgrund von Altlasten nicht möglich ist, sind die Möglichkeiten zur Umsetzung des Schwammstadtkonzeptes eingeschränkt und häufig mit zusätzlichen Kosten verbunden.

Aber auch wenn die BGI einmal angelegt ist, hören die Herausforderungen nicht auf. Die langfristige Pflege und Unterhaltung erfordern kontinuierliche Ressourcen und Expertise. Obwohl davon auszugehen ist, dass mit der Umsetzung des Schwammstadtkonzeptes das Grünvolumen in der Stadt zunehmen wird, sind die damit verbundenen finanziellen und personellen Ressourcen nicht ausreichend gesichert, Zuständigkeiten oft nicht geklärt. Die Umsetzung kann insbesondere im Bestand mit Unsicherheiten und zusätzlichen Investitionen verbunden sein. Insbesondere im Zusammenhang mit der Altlastensanierung oder der Regenwasserbehandlung können erhebliche Mehrkosten entstehen. Die Umsetzung erfordert auch eine sorgfältige ökologische Planung, um unerwünschte Auswirkungen auf die lokale Flora und Fauna zu vermeiden. Die Einschleppung invasiver Arten oder die Störung empfindlicher Ökosysteme kann langfristige Schäden verursachen und die erwarteten Vorteile zunichte machen (Kinlock et al., 2016).

Ein weiterer wichtiger Aspekt, der oft übersehen wird, ist die soziale Gerechtigkeit. Es besteht die Gefahr, dass bestimmte Bevölkerungsgruppen, insbesondere solche mit niedrigem Einkommen, keinen gleichberechtigten Zugang zu den Vorteilen der BGI haben (Kabisch et al., 2023). Dadurch könnten bestehende Ungleichheiten eher verstärkt als abgebaut werden. Daher ist es wichtig, bei der Planung und Umsetzung dieser Projekte auf eine gerechte Verteilung der Ressourcen zu achten.

Blau-grüne Infrastruktur bietet zweifellos eine vielversprechende Möglichkeit, städtische Lebensräume nachhaltiger und lebenswerter zu gestalten. Um ihr volles Potenzial zu entfalten, müssen jedoch verschiedene Herausforderungen sorgfältig angegangen und bewältigt werden. Nur dann können sie einen echten Beitrag zur Verbesserung unserer Städte und unserer Lebensqualität leisten. Zu den zentralen Herausforderungen gehören der Umgang mit Flächennutzungskonflikten, insbesondere zwischen Wohnen und ruhendem Verkehr, sowie die Entwicklung kosteneffizienter und konfliktarmer Maßnahmen (Stadt Bonn, 2023; Stadt Bonn, 2024).

Das UFZ-Forschungsgründach aus der Vogelperspektive.

Lucie Moeller, Ralf Trabitzsch, Katy Bernhard, Dietmar Schlosser und Niels Wollschläger
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Peter Otto Universität Leipzig, Institut für Biologie, AG Molekulare Evolution und Systematik der Pflanzen

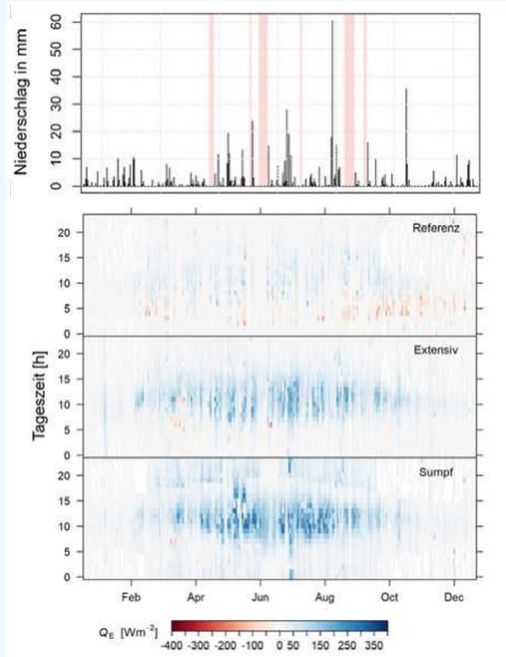
DAS UFZ-FORSCHUNGSGRÜNDACH

Gerade in dicht besiedelten Räumen stellen die Folgen des Klimawandels eine große Herausforderung für die Gesellschaft und für das urbane Ökosystem dar. In diesem Zusammenhang können begrünte Dachflächen eine wichtige Rolle spielen und zahlreiche neue Funktionen übernehmen: Regenwasserretention, Reduzierung von Hitzeinseln, Verbesserung der urbanen Biodiversität, Feinstaubsenke, und viele mehr. Doch sind die herkömmlichen Systeme dieser Aufgabe gewachsen? Um dies zu untersuchen und Steuerungsmöglichkeiten zu entwickeln, hat das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ mit Unterstützung des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung EFRE im Jahr 2019 auf einem Bestandsgebäude ein Forschungsgründach errichtet. Das UFZ-Forschungsgründach besteht aus vier Dachsegmenten mit jeweils 80 m² Fläche: Extensivbegrünung, einfach-Intensivbegrünung, ein Sumpfpflanzendach und ein Kiesdach (siehe Abbildung: Das UFZ-Forschungsgründach aus der Vogelperspektive). Alle Dachsegmente sind mit einer Vielzahl an Sensoren ausgestattet, um die Wasser- und Energiebilanzen der jeweiligen Dachstrukturen zu untersuchen. Die Substrathöhe auf dem Gründach mit Extensivbegrünung beträgt bis zu 7 cm, bei der einfachen Intensivbegrünung bis zu 15 cm. Eine Unterteilung der begrünten Flächen in verschiedene Segmente, die sich in der Art der Bepflanzung und der Bewirtschaftungsstruktur unterscheiden, ermöglicht die Identifizierung von heimischen, artenreichen, ertragreichen und pflegeextensiven Pflanzengemeinschaften.

EINFLUSS DER GRÜNDÄCHER AUF DAS INNERSTÄDTISCHE MIKROKLIMA

Seit dem Sommer 2020 werden auf drei Dachsegmenten des UFZ-Forschungsgründachs (Sumpfpflanzendach, Extensivbegrünung und Kiesdach) Messungen für die Oberflächenenergiebilanz durchgeführt. Nach der Ermittlung relevanter Parameter wie z.B. der Strahlungs- und Energieflüsse, des Niederschlags etc. können Aussagen über die Klimawirkung der Dachsegmente getroffen werden (siehe Abbildung oben rechts). Der wesentliche Wirkungsmechanismus von Gründächern zur Kühlung der Umgebungsluft ist die Erhöhung der Evapotranspiration, die eine ausreichende Wasserverfügbarkeit voraussetzt. Eine saisonale Analyse der Evapotranspiration für das Jahr 2021 zeigt einen ausgeprägten Tages- und Jahresgang mit besonders hohen Werten in der Tages- und Jahresmitte. Die Amplitude der Evapotranspiration ist beim Sumpfpflanzendach am stärksten ausgeprägt und entspricht der maximal möglichen Verdunstung, wodurch der maximal mögliche Kühleffekt erreicht wird. Während in Perioden mit ausreichendem Niederschlag das Dachsegment mit Extensivbegrünung eine vergleichbare Verdunstungsleistung wie das Sumpfpflanzendach aufweist, kann diese bei anhaltender Trockenheit nicht mehr aufrechterhalten werden. Die geringere Verdunstungsleistung kann sogar dazu führen, dass die Kühlwirkung der Extensivbegrünung im Vergleich zum herkömmlichen Kiesdach verschwindet, da das Kiesdach eine deutlich höhere Oberflächenalbedo aufweist.

Da die kühlende Wirkung von Gründächern auf die Umgebungsluft insbesondere in Hitzeperioden, die häufig auch mit Trockenheit einhergehen, erwünscht ist, stellt die Bewässerung der Dachsysteme mit Extensivbegrünung eine wichtige Maßnahme zur Erhaltung ihres Kühlpotenzials dar. Um Konflikte mit der Nutzung von Gründächern zur Regenwasserrückhaltung zu vermeiden, ist die Entwicklung angepasster und intelligenter Bewässerungssteuerungen für die Bewirtschaftung notwendig und Gegenstand aktueller Forschung.



Oben: Tagessummen des Niederschlags und sommerliche Trockenperioden (d.h. das Ausbleiben von Niederschlag an mindestens fünf aufeinander folgenden Tagen - rote Balken) und unten: Vergleich des Tages- und Jahresverlaufs des latenten Wärmestroms der Dachsegmente.

REGENWASSERMANAGEMENT MIT GRÜNDÄCHERN

Im Rahmen der Untersuchungen zur Wasserretention werden für alle vier Dachsegmente Wasserbilanzen erstellt. Als Zufluss werden das Niederschlagswasser und die Bewässerung erfasst. Der Abfluss wird mit einem dualen Messsystem aus Kippzähler und Thompson-V-Wehr quantifiziert. Die Differenz zwischen Zu- und Abfluss gibt Aufschluss über die Retentionskapazität und die Evapotranspiration. Die Ergebnisse zeigen deutlich den Einfluss der Substrathöhe und der Substratfeuchte auf die Regenwasserretention. In der Tabelle auf der nachfolgenden Seite sind die Retention- und Evapotranspirationswerte für das Trockenjahr 2022 und das Jahr 2023 mit mittlerem Niederschlag dargestellt. Das Sumpfpflanzendach verdeutlicht die beachtliche Leistung in Bezug auf die minimale Abgabe

des ankommenden Wassers an die Kanalisation. Im Jahr 2023 hat dieses Dachsystem durchschnittlich 87 ± 17 % des ankommenden Wassers zurückgehalten bzw. an die Umgebung abgegeben, obwohl dieses Gründach mit 32 m^3 fünfmal mehr Bewässerungswasser benötigt als beiden anderen Gründächer.

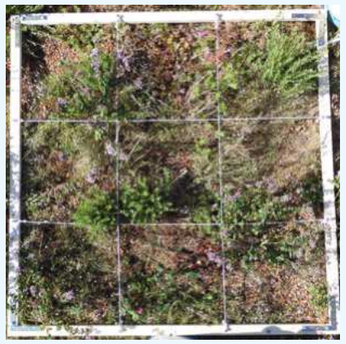
	Durchschnittliche Retention & Evapotranspiration [%]	
	2022	2023
Kiesdach	71 ± 17	64 ± 27
Extensive Dachbegrünung	92 ± 14	78 ± 30
Einfach intensive Dachbegrünung	99 ± 1	82 ± 26
Sumpfpflanzendach	96 ± 5	87 ± 17

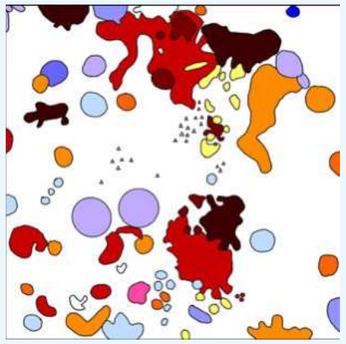
Wasserretention und Evapotranspiration der Dachsegmente auf dem Forschungsgründach in 2022 (373 mm Niederschlag) und 2023 (651 mm Niederschlag).

GRÜNDÄCHER UND URBANE BIODIVERSITÄT

Die Vegetation ist das bestimmende Strukturelement einer jeden Dachbegrünung und hängt stark von der Beschaffenheit des Substrats und den klimatischen Bedingungen ab. Meist wird die Vegetationsentwicklung auf Gründächern auf die ausgebrachten und damit gewollten Samenpflanzen fokussiert. In Wirklichkeit sind die Verhältnisse wesentlich komplexer und ergeben sich auch aus dem Wirken zahlreicher spontan auftretender Arten einschließlich Moose, Algen und deren Symbiosen (Flechten). Diese zu berücksichtigen ist ein wichtiges Anliegen der Forschung an der Universität Leipzig (siehe Abbildung auf der nachfolgenden Seite).

Die Aktivitäten zielen vor allem auf die Frage nach der Dynamik von Flora und Vegetation unter den Bedingungen des besonders trockenen mitteldeutschen Klimas und im Hinblick auf die Pflegemaßnahmen ab. Durch regelmäßige Kartierungen und Messungen wird ermittelt, welche Tendenzen in der Vegetationsentwicklung für die drei Gründachtypen bestehen und ob sich daraus zuverlässige Prognosen ableiten lassen. Bewertungskategorien sind u.a. der Bedeckungsgrad, die Vitalität und die Reproduktion. Neben botanischen Analysen werden auch mykologische und faunistische Untersuchungen durchgeführt, um z.B. Bedenken hinsichtlich allergener Pilzsporen oder tierischer Schädlinge und Lästlinge auszuräumen. Auch die Frage nach dem Wert der Dachbegrünung für den Artenschutz wird untersucht, indem z.B. Insektenfänge der Jahre 2020 und 2022 auf naturschutzfachlich relevante Arten geprüft werden.





Mono- /Dikotyledonen	Familie	Art	Farbname und-codierung	Farbe	Flächendeckung in %
Monokotyledonen	Poaceae (Süßgräser)	*Vulpia myuros* (Federschwingel)	Fern (Farngrün) 92,188,09		0,6
Dikotyledonen	Asteraceae (Korbblütler)	*Conyza canadensis* (Kanadisches Berufkraut)	Yellow (Gelb) 253,230,75		1,4
		Lactuca serriola (Kompass-Lattich)	Fire (Karmingelb) 253,165,15		0,2
	Caryophyllaceae (Nelkengewächse)	*Dianthus carthusianorum* (Kartäuser-Nelke)	Fire (feuerfarbenes Gelb)		1,2
		Petrorhagia saxifraga (Felsen-Nelke)	Apricot (Aprikosen-orange) 237,130,14		5,3
	Crassulaceae (Dickblattgewächse)	*Phedimus hybridus* (Sibirische Fetthenne)	Mahogany (dunkles Braunrot) 66,19,9		3,8
		Phedimus spurium (Kaukasus-Asiafetthenne)	Blood (Blutrot) 113,12,4		1,9
		Sedum album (Weiße Fetthenne)	Candy (Zuckerstangenrot)		8,7

Der Weg von der Bestimmung, über Notizen und Foto zu einer Vegetationskarte mit Flächenberechnung mit Auszug aus der Legende. Das Beispiel „Einfache Intensivbegrünung, naturschutzoptimiert, ohne Management" auf dem UFZ-Forschungsgründach im Juli 2021 (Flächengröße: 1,5 x 1,5 m).

POTENZIAL VON GRÜNDÄCHERN ALS SCHADSTOFFSENKE

Das standortspezifische Vorkommen und die Diversität von Pilzen auf den Gründächern wird untersucht, wobei ihre Fähigkeit, Phthalsäureester, die als Additive in Kunststoffen vorkommen, abzubauen, im Vordergrund steht. Auf allen untersuchten Gründächern konnte eine umfangreiche, dach- und pflanzenartspezifische Pilzbesiedlung festgestellt werden. Die im Labor untersuchten Pilzisolate waren in der Lage, Phthalsäureester zu verstoffwechseln und somit potentiell zum Abbau von Umweltschadstoffen auf Gründächern beizutragen.

Gabriele Stich BDZ Leipzig

DAS MANUGRÜN PROJEKT

UNTERSUCHUNG DER RESILIENZ VERSCHIEDENER GRÜNDACHSYSTEME

Die versiegelten Flächen nehmen in vielen Städten zu. Für Kanalisation, Kläranlagen und Vorfluter stellt dies eine neue Herausforderung dar, insbesondere wenn extreme (Stark-) Niederschläge auftreten. Aber auch ausbleibende Niederschläge führen zu Problemen im urbanen Wasserhaushalt. Durch den immer geringer werdenden Anteil an Wasser- und Grünflächen entstehen ungünstige Luftfeuchtigkeitsverhältnisse, Wärmeinseln und schlechte Luftqualität in den Städten sind die Folge. Eine Möglichkeit, diesen Phänomenen entgegenzuwirken, ist der verstärkte Einsatz von Gründächern. Sie tragen zur Verbesserung des Klimas bei, haben positive Auswirkungen auf die Biodiversität und stehen nicht in Konkurrenz zu ebenerdigen Flächen.

Vor diesem Hintergrund wurde das Projekt MaNuGrün (Management und Resilienz verschiedener Gründachsysteme bei Starkregenereignissen und Trockenperioden im urbanen Raum) ins Leben gerufen. Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) untersuchen die Leipziger Wasserwerke, die Stadtentwässerung Dresden, das Bildungs- und Demonstrationszentrum Dezentrale Infrastruktur (BDZ) sowie die Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur (HTWK) Leipzig und das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) den Wasserrückhalt verschiedener Gründachsysteme unter ganzjährigen Witterungsbedingungen.

Acht kommerziell erhältliche Gründächer unterschiedlicher Systemaufbauten wurden ausgewählt und mit Hilfe einer Beregnungsanlage unterschiedlichen Niederschlagsbelastungen ausgesetzt. Dabei werden unterschiedliche Substrathöhen, unterschiedliche

Dränageelemente und unterschiedliche Vegetationstypen berücksichtigt. Spezifische Eigenschaften der verwendeten Substrate wie Speicherkapazität, Porenvolumen etc. werden so einer genaueren Betrachtung unterzogen. Ergänzend wurden ein Kiesdach und ein konventionelles Kunststoffdach aufgebaut. Der Einsatz einer speziellen Sensorik ermöglicht den direkten und exakten Vergleich des Retentionsverhaltens der Dachaufbauten.

Auf der Grundlage der gewonnenen Daten können Gründachkonstruktionen für den praktischen Einsatz optimiert werden. Betreiber von Entwässerungssystemen können so in die Lage versetzt werden, den Einsatz von Gründächern genauer zu prüfen und gegebenenfalls gegenüber flächen- und kostenintensiven Maßnahmen wie z.B. geschlossenen Rückhaltesystemen bevorzugen.

Anhand des geplanten Projektes wird auch ermittelt, welche Einsparpotentiale bei der Dimensionierung neu geplanter Kanalisationen bestehen. Aufgrund des Wasserrückhaltevermögens von Gründächern ist es möglich, die Kanaldimensionierung zu reduzieren und somit auch kleinere Schutzstreifen bei Erschließungen oder Leitungsänderungen zu realisieren.

Aufbauend auf den Projektergebnissen wird ein Leitfaden für den Einsatz von Gründächern zur Regenwasserbewirtschaftung im urbanen Raum für Kommunen, Gemeinden und Planungsbüros erstellt. Fachleute und interessierte Bürger können die Versuchsanlage am Standort des BDZ besichtigen und sich „Rund ums Gründach“ beraten lassen.

KOPPLUNG

Marc Breulmann und Lucie Moeller
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

KOPPLUNG BLAU-GRÜNER INFRASTRUKTUR

Die Integration von öffentlich nutzbaren Kleingewässern in Parks, Straßen, Kleingewässern und Feuchtgebieten hat vielfältige positive Auswirkungen auf die urbane Umwelt. Sie bereichern das urbane Umfeld, indem sie Aufenthaltsqualität, Kühlung und Artenvielfalt fördern. Darüber hinaus können Verkehrs-, Grün- und Erholungsflächen auch als temporäre Retentions- und Entlastungsflächen für einen verbesserten Hochwasserschutz dienen. Diese multifunktionale Nutzung trägt zur Reduzierung von Hochwasserrisiken bei, wie im Bericht „Wasserbewusste Entwicklung unserer Städte" der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) dargestellt ist (DWA, 2021).

Die Umsetzung der Kaskadenbewirtschaftung erfolgt durch verschiedene Elemente der Grundstücksentwässerung wie Gründächer mit und ohne Retentionsraum, Versickerungsanlagen, Speicher, geringe Versiegelung, Verdunstungsanlagen und einen hohen Begrünungsanteil. Durch kombinierte Ansätze der BGI, wie Baumrigolen oder Gehölzpflanzungen in Versickerungsmulden, wird der Rückhalt von Niederschlagswasser auf dem Grundstück durch gleichzeitige Versickerung und Verdunstung erhöht. Dies trägt dazu bei, die positiven Effekte von Kühlung und Beschattung zu nutzen und den Auswirkungen von Trockenheit und Überhitzung entgegenzuwirken.

Die Bedeutung der „multifunktionalen Flächennutzung" nimmt im urbanen Raum stetig zu, da natürliche Flächen für wasserwirtschaftliche Funktionen immer knapper werden. In der Raumplanung wird zunehmend auf die Umsetzung dieses Prinzips geachtet. Multifunktionale Freiraumnutzung ermöglicht die Kombination verschiedener Nutzungen, wobei durch wassersensible Bauweisen Niederschlagswasser durch Versickerung, Verdunstung und Speicherung zurückgehalten wird - im Idealfall konsequent und im Einklang mit der Natur.

Eine wassersensible Stadtentwicklung und eine naturnahe Regenwasserbewirtschaftung könnten beispielsweise so umgesetzt werden, dass Parkflächen oder Straßenbegleitgrün temporär als Retentionsflächen für Starkregenereignisse genutzt werden. Durch diese temporäre Nutzung werden erhebliche Schäden an Gebäuden und Grundstücken vermieden. Durch die Integration der BGI in die Wasserinfrastruktur wird insbesondere die Widerstandsfähigkeit gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels, wie Starkregen oder Hitzewellen, gestärkt. Gleichzeitig wird durch diese Verknüpfung eine nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft gefördert (Winker et al., 2019a). Diese Verknüpfung eröffnet dabei erhebliche Potenziale, insbesondere auch im Bereich der Abwasserentsorgung.

Bei der Kaskadensteuerung wird auch von gekoppelter Infrastruktur gesprochen, was sich auf das Vorhandensein von mindestens zwei Infrastrukturen bezieht, die in einer gegenseitigen Beziehung oder Wechselwirkung stehen. Diese Beziehung kann einseitig sein, wenn eine Infrastruktur auf die Funktionen der anderen angewiesen ist, oder wechselseitig, wenn beide Infrastrukturen voneinander abhängig sind (Trapp et al., 2020). Blau-grüne Infrastruktur lässt sich am besten koppeln, wenn sie synergetisch wirken und sich gegenseitig ergänzen. Nachfolgend sind einige Beispiele für BGI aufgeführt, die sich gut miteinander verknüpfen lassen:

- Regenwassernutzungsanlagen, die Regenwasser von Gebäuden ableiten und speichern, können mit Gründächern kombiniert werden. Gründächer dienen nicht nur als zusätzliche Grünfläche, sondern nehmen auch Regenwasser auf und tragen zur Reduzierung des Regenwasserabflusses bei. Das gesammelte Regenwasser kann dann zur Bewässerung der Gründächer oder anderer öffentlicher Grünflächen genutzt werden.

- Regenwasserbewirtschaftungssysteme wie Regenrückhaltebecken und Versickerungsanlagen können mit naturnahen Gewässern wie Flüssen, Bächen und Teichen kombiniert werden. Diese natürlichen Gewässer dienen nicht nur als Lebensraum für Pflanzen und Tiere, sondern können auch das gesammelte Regenwasser aufnehmen und speichern, um Überschwemmungen zu vermeiden und die Grundwasserneubildung zu fördern.
- Grünflächen können mit Regenwasserspeichern oder Zisternen kombiniert werden, um Regenwasser zu sammeln und für die Bewässerung der Grünflächen zu nutzen. So kann der Wasserbedarf von Parks gedeckt und gleichzeitig die Abhängigkeit von der städtischen Wasserversorgung reduziert werden.
- Grüne Straßeninfrastruktur wie Baumscheiben und Straßenbegleitgrün können mit Baumalleen kombiniert werden, um die Effekte der Straßenbegrünung zu verstärken. Baumalleen bieten nicht nur Schatten und Lebensraum für Tiere, sondern nehmen auch Regenwasser auf und durchwurzeln den Boden, um die Versickerung zu fördern und die Bodenerosion zu verringern.
- Vertikale Gärten und Fassadenbegrünungen können mit Regenwassernutzungssystemen kombiniert werden, um Regenwasser zu sammeln und für die Bewässerung der vertikalen Grünflächen zu nutzen. So kann der Wasserbedarf der vertikalen Gärten gedeckt und gleichzeitig die Effizienz der Regenwassernutzung maximiert werden.

Durch die gezielte Kombination verschiedener BGI können urbane Gebiete ganzheitlich begrünt und gleichzeitig die ökologische, soziale und ökonomische Nachhaltigkeit gefördert werden.

Im Folgenden werden einige Infrastrukturen, die für eine Kombination in Frage kommen, näher beschrieben.

DACHBEGRÜNUNG

Eine repräsentative Gebäudebegrünung steigert den Wert der Immobilie. Werden Dachbegrünungen als multifunktionale Elemente in die Architektur integriert, ergeben sich zusätzliche Vorteile für Bewohner und Beschäftigte in den Gebäuden. Dies führt zu einer Nutzensteigerung für alle Beteiligten (Dickhaut, 2017).

Gründächer sind multifunktional, die nicht nur Lebensraum für Tiere und Pflanzen bieten, sondern auch für den Menschen von Bedeutung sind. So können Gründächer auch als Parkanlagen mit Spiel- und Sportflächen genutzt werden. Notwendige Parkflächen werden durch Mehrfachnutzung zu Erholungsflächen für die Allgemeinheit. Auch die Kombination mit Solarthermie oder Photovoltaik ist möglich und nachweislich vorteilhaft (Pitha et al., 2021).

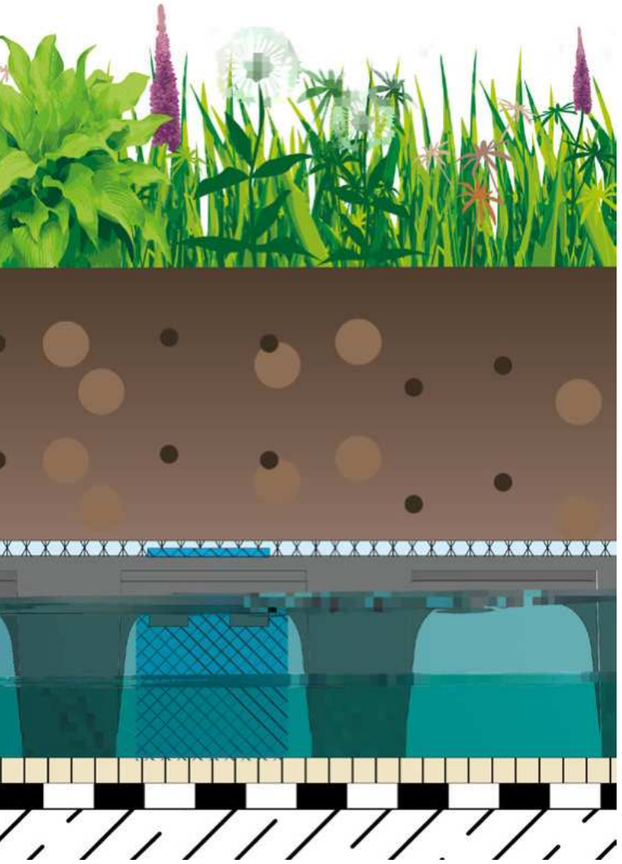
Nach der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung e.V. (FLL) (Lösken et al., 2021) sind Dachbegrünungen wie folgt aufgebaut:

- **Schutzschicht:** Schutz der Dachabdichtung und/oder Schutz vor Durchwurzelung.
- **Dränschicht/ Retentionsraum:** Aufnahme von überschüssigem Wasser aufgrund des Hohlraumvolumens und gedrosselte Ableitung des Wassers zum Dachablauf.
- **Wasserspeicherung:** Vergrößerung des durchwurzelbaren Raumes und Schutzfunktion für die darunter liegende Konstruktion.
- **Filterschicht:** Verhindert das Eindringen von feineren Boden- und Substratpartikeln aus der Vegetationstragschicht in die Dränschicht. Schützt die Wasserdurchlässigkeit der Dränschicht.
- **Vegetationstragschicht (Substrat):** Bildet die Grundlage für das Pflanzenwachstum. Muss intensiv durchwurzelbar sein. Besteht aus Gemischen oder nach festgelegten Anforderungen aufbereiteten Böden.

Intensives Gründach/
Dachgarten auf einer Garage

Begrünte Dächer bieten zahlreiche ökologische Vorteile, wie die Speicherung, langsame Verdunstung und Rückhaltung von Regenwasser, wodurch die Kanalisation entlastet und das Überschwemmungsrisiko verringert wird. Sie können auch zur Verbesserung des Stadtklimas beitragen. Angesichts des fortschreitenden Klimawandels mit häufigeren Extremwetterereignissen wie Starkregen und Hitzewellen gewinnen sie zunehmend an Bedeutung. Nicht zuletzt bieten Dachbegrünungen auch Raum für Erholung und Entspannung.

Die Vielfalt der Vegetation auf Dachbegrünungen ist bemerkenswert. Sie reicht von niedrig wachsenden Pflanzen bis hin zu höheren Sträuchern oder sogar Bäumen. Vom Blumengarten bis zum Gemüsebeet, kombiniert mit Solarenergie oder zusätzlichen Wasserspeichersystemen sind den Möglichkeiten auf dem Dach kaum Grenzen gesetzt.



Schematischer Schnitt eines Retentionsgründachs

Synergistische Verknüpfung von Infrastrukturen: Durch die Kopplung von Regenwassernutzungsanlagen, Gründächern, natürlichen Gewässern und anderen Grünflächen kann Regenwasser gespeichert, die Biodiversität gefördert und die städtische Wasserversorgung entlastet werden.

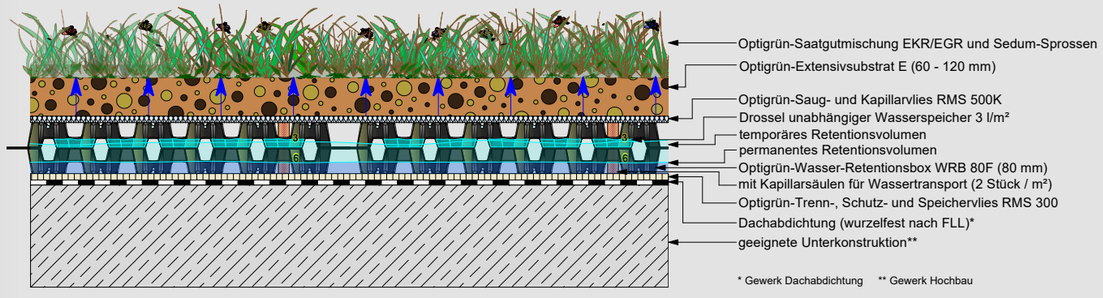
EXTENSIVE DACHBEGRÜNUNG MIT RETENTION

Extensive Gründächer mit Retention sind eine nachhaltige und effektive Form der BGI, die sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile bietet. Dieser Gründachtyp besteht aus einer dünnen Substratschicht (8-15 cm), die mit robusten, trockenheitsresistenten Pflanzen wie Sedum oder Gräsern bepflanzt wird. Das Besondere an extensiven Gründächern mit Retention ist, dass sie neben der Begrünung auch die Funktion der Regenwasserretention erfüllen. Das bedeutet, dass sie Regenwasser aufnehmen, speichern und verzögert abgeben können, anstatt es direkt in die Kanalisation abzuleiten. Durch die Rückhaltung und Verzögerung des Regenwassers tragen sie dazu bei, den Abfluss bei Starkregenereignissen zu reduzieren und damit die städtische Kanalisation zu entlasten. Darüber hinaus bieten extensive Gründächer mit Retention eine Reihe ökologischer Vorteile, wie die Verbesserung der Luftqualität, die Förderung der Biodiversität und die Schaffung von Lebensräumen für Insekten und Vögel. Sie können auch zur Verbesserung des Mikroklimas beitragen, indem sie die Umgebungstemperatur senken und die Bildung von Hitzeinseln verringern. Dieser Effekt ist jedoch nur dann wirksam, wenn das extensiv begrünte Dach in den trockenen Perioden mit Wasser versorgt wird. Insgesamt stellen extensive Gründächer mit Retention eine nachhaltige Lösung für die Regenwasserbewirtschaftung in städtischen Gebieten dar, die zur Verbesserung der städtischen Umweltqualität und zur Anpassung an den Klimawandel beiträgt.

Darüber hinaus zeichnen sie sich durch geringe Unterhaltskosten aus, da sie aufgrund der Verwendung trockenresistenter Pflanzen nur wenig Pflege benötigen. Dies macht sie im Vergleich zu intensiven Gründächern zu einer kostengünstigen Option.

Ihre flache Struktur bietet jedoch im Vergleich zu intensiven Gründächern weniger Raum für kreative Gestaltungsmöglichkeiten, was sie weniger attraktiv machen kann. Die eingeschränkte Auswahl an Pflanzenarten kann auch zu einer geringeren Artenvielfalt

Systemschnitt "Optigrün Retentionsdach Drossel extensiv"
Optigrün-Wasser-Retentionsbox WRB 80F (faltbar 80 mm hoch)
Verlegt mit der 3 Liter- Seite nach oben



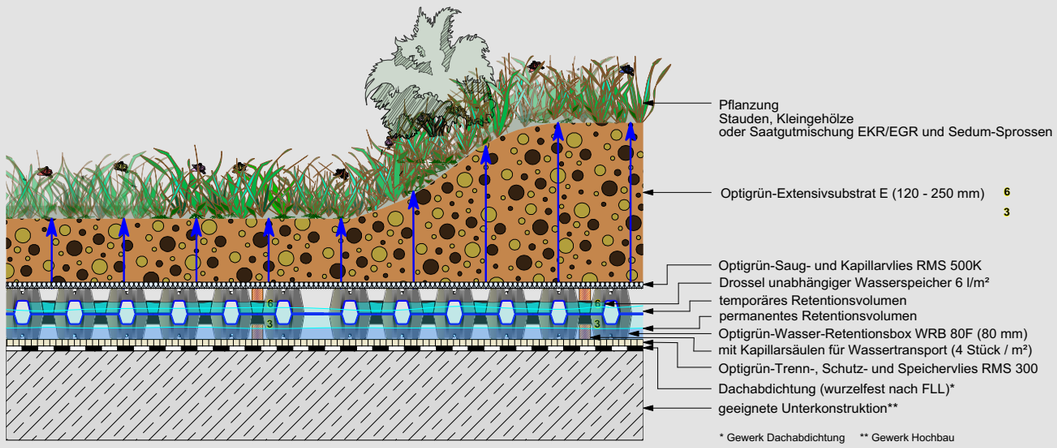
führen. Hier könnten Biodiversitätselemente wie Sandlinsen, kleine Wasserflächen, Totholz etc. dazu beitragen, die Dachbegrünung aufzuwerten.

Insgesamt bieten extensive Gründächer mit Retention eine umweltfreundliche und kostengünstige Möglichkeit, die ökologische Leistung von Gebäuden zu verbessern. Ihre Fähigkeit, Regenwasser zurückzuhalten, die Luftqualität zu verbessern und die städtische Biodiversität zu fördern, macht sie zu einer attraktiven Option für nachhaltiges Bauen und Stadtplanung. Es ist jedoch wichtig, ihre Grenzen und Einschränkungen zu berücksichtigen, um sicherzustellen, dass sie den spezifischen Anforderungen und Zielen eines Bauprojekts entsprechen.

INTENSIVE DACHBEGRÜNUNG

Intensive Dachbegrünungen mit Retention sind eine fortschrittliche Form der BGI, die durch ihre multifunktionalen Eigenschaften die Nachhaltigkeit und Lebensqualität in urbanen Gebieten fördern. Im Gegensatz zu extensiven Gründächern zeichnen sich intensive Gründächer durch eine höhere Substratschicht (12 cm bis 1,5 m und höher) aus, die den Anbau einer Vielzahl von Pflanzen wie Bäumen, Sträuchern und sogar Nutzgärten ermöglicht. Intensive Dachbegrünungen bieten durch ihre höhere Tragfähigkeit die Möglichkeit, vielfältige Grün- und Erholungsflächen auf Dächern zu schaffen, die sowohl zur Erholung der Bewohner als auch zur Förderung der Biodiversität genutzt werden können. Das Besondere an intensiven Dachbegrünungen mit Retention ist, dass sie

Systemschnitt "Optigrün Retentionsdach Drossel einfach intensiv"
Optigrün-Wasser-Retentionsbox WRB 80F (faltbar 80 mm hoch)
Verlegt mit der 6 Liter- Seite nach oben



neben der Schaffung von Grünflächen auch die Funktion der Regenwasserrückhaltung erfüllen. Sie sind in der Lage, Regenwasser aufzunehmen, zu speichern und über eine Drossel kontrolliert abzugeben, wodurch sie auch zur Reduzierung von Regenwasserabflüssen und Überschwemmungen in urbanen Gebieten beitragen. Darüber hinaus bieten intensive Dachbegrünungen mit Retention ähnliche ökologische Vorteile wie extensive Dachbegrünungen, indem sie die Luftqualität verbessern, die Umgebungstemperatur senken und Lebensraum für verschiedene Pflanzen- und Tierarten bieten.

Diese Art der Begrünung findet sich häufig in Innenhöfen auf Tiefgaragen und ist eine spezialisierte Form der Intensivbegrünung, die eng mit dem Verkehrswegebau verbunden ist und wesentlich mehr Funktionen erfüllt als eine einfache Dachbegrünung. Hier wird meist eine höhere Substratschicht von 50 cm - 1 m oder mehr eingesetzt. Ein Großteil der innerstädtischen Flächen ist bebaut und bei Neubauten müssen oft auch Fahrzeugstellplätze geschaffen werden. Deshalb werden bei fast allen Neubauprojekten Tiefgaragen integriert. Wo früher versiegelte Flächen dominierten, werden heute Bäume gepflanzt, Gärten und Spielplätze angelegt.

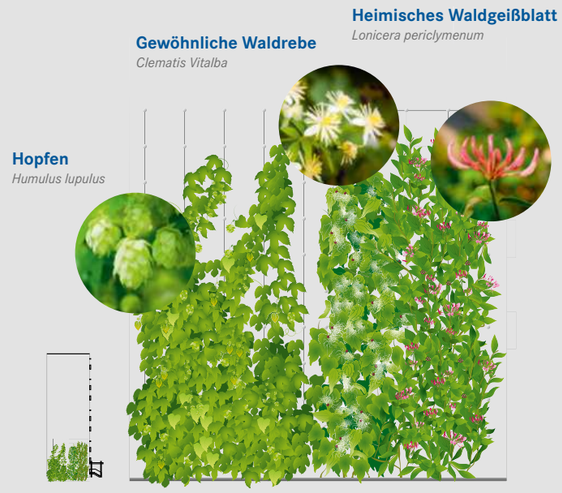
Die Wartungskosten für intensive Gründächer sind in der Regel höher als bei einer extensiven Dachbegrünung, da sie regelmäßig gepflegt werden müssen, um die Vielfalt der Pflanzenarten zu erhalten und die langfristige Unversehrtheit des Daches zu gewährleisten. Darüber hinaus erfordern intensive Gründächer eine robuste Dachkonstruktion, um das zusätzliche Gewicht der dickeren Substratschicht und der Pflanzen tragen zu können. Dies kann zu höheren Bau- und Installationskosten führen und die Wirtschaftlichkeit des Projekts beeinträchtigen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der höhere Bewässerungsbedarf von Intensivbegrünungen im Vergleich zu einfacheren Varianten. Aufgrund der Vielfalt der Pflanzenarten benötigen sie wesentlich mehr Bewässerungswasser als extensive Gründächer, was zusätzliche Ressourcen erfordert und die ökologische Nachhaltigkeit des Systems beeinträchtigen kann. Durch die Integration von Retentionsraum kann der Bewässerungsbedarf jedoch deutlich reduziert werden.

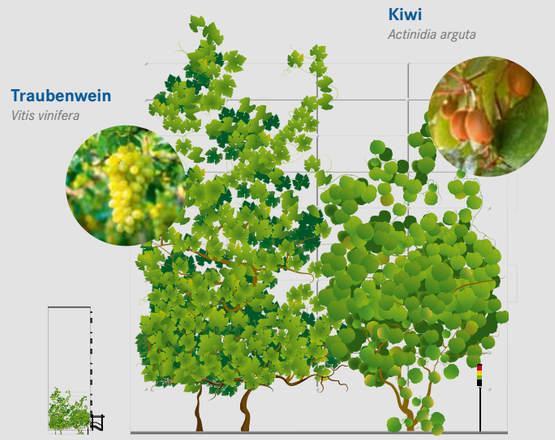
Trotz dieser Herausforderungen bieten sowohl extensive als auch intensive Gründächer mit Retention eine nachhaltige Lösung für das Regenwassermanagement und die Schaffung grüner Lebensräume in städtischen Gebieten. Die Wahl zwischen den beiden Optionen hängt von verschiedenen Faktoren wie der verfügbaren Dachfläche, dem Budget, der gewünschten Nutzung und den lokalen Umweltbedingungen ab. Letztendlich können beide Ansätze dazu beitragen, Städte lebenswerter und umweltfreundlicher zu machen.

FASSADENBEGRÜNUNG – LEBENDIGE WÄNDE

Eine weitere elegante Lösung, die zur Verbesserung des Stadtklimas beiträgt, ist die Fassadenbegrünung. Unter Fassadenbegrünung versteht man die Bepflanzung von Gebäudefassaden mit verschiedenen Arten von Kletterpflanzen, Gräsern oder anderen Vegetationsformen. Diese Praxis bietet zahlreiche ökologische, ökonomische und soziale Vorteile für städtische Räume. Sie verbessert nicht nur das Erscheinungsbild der Gebäude, sondern wirkt sich auch positiv auf das Mikroklima und die Luftqualität aus. Durch die Verdunstung von Wasser über die Blätter wird die Luft in heißen Sommern am Boden um 0,8 °C und an den Wänden um 1,3 °C abgekühlt und die Luftfeuchtigkeit erhöht (Berliner Regenwasseragentur, 2021).

Die Schaffung von vertikalen Grünflächen kann unter anderem die Luftverschmutzung reduzieren, die städtische Biodiversität för-





dern und die Energieeffizienz von Gebäuden verbessern. Im Rahmen einer wassersensiblen Stadtentwicklung spielt die Fassadenbegrünung aber eine eher untergeordnete Rolle in puncto Regenwassermanagement.

Die Umsetzung von Fassadenbegrünung erfordert spezielle Techniken und Herangehensweisen wie in der Fassadenbegrünungsrichtline „Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Wand- und Fassadenbegrünungen" (Mahabadi, 2018) näher beschrieben. Die Auswahl der richtigen Pflanzen, die Berücksichtigung der Gebäudestruktur und die Integration von Bewässerungssystemen sind entscheidend für den Erfolg solcher Projekte. Herausforderungen wie Platzmangel, Baugenehmigungen, Brandschutz und Pflegeaufwand müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Durch die Integration dieser Praxis in Stadtplanungsstrategien können Städte weltweit effektiver auf die Herausforderungen des Klimawandels reagieren und gleichzeitig lebenswerte und widerstandsfähige Lebensräume schaffen. Darüber hinaus wirken sich begrünte Fassaden auch positiv auf das ästhetische Erscheinungsbild aus (Kabisch et al., 2023).

VERSICKERUNGSSYSTEME

Durch Entsiegelung und den Einbau von ober- und unterirdischen Versickerungsanlagen können Flächen für Niederschlagswasser wieder durchlässig gemacht werden und das Wasser direkt vor Ort versickern. Für eine effektive Versickerung des Niederschlagswassers von angrenzenden Flächen ist es wichtig, das Wasser breitflächig in die Grünflächen einzuleiten (**Flächenversickerung**). Insbesondere auf Grundstücken mit befestigten oder teilbefestigten Flächen bietet sich die Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers über angrenzende Rasenflächen an, die allerdings zur Freihaltung der Versickerungsfläche einer regelmäßigen Pflege bedürfen. Je nach Standort, Bodenbeschaffenheit und Platzverhältnissen ergeben sich verschiedene Möglichkeiten (Berliner Regenwasseragentur, 2021).

Die Muldenversickerung (**Versickerungsmulde**) bietet eine Lösung, wenn die herkömmliche Flächenversickerung nicht ausreicht, sei es aufgrund undurchlässiger Böden oder begrenzter Flächen. Der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, bei dem das Niederschlagswasser vollständig versickert werden kann, liegt im Bereich zwischen 10^{-3} m/s bis 10^{-6} m/s (DWA, 2024; DWA, 2020). Das gesammelte Wasser versickert langsam über bepflanzte Mulden mit einer Tiefe von 30 cm. Die Herstellung der Versickerungsmulden ist technisch einfach und kann durch die Bepflanzung mit Rasen, Bodendeckern oder Gehölzen verbessert werden, wodurch auch die Verdunstung erhöht wird (Berliner Regenwasseragentur, 2021).

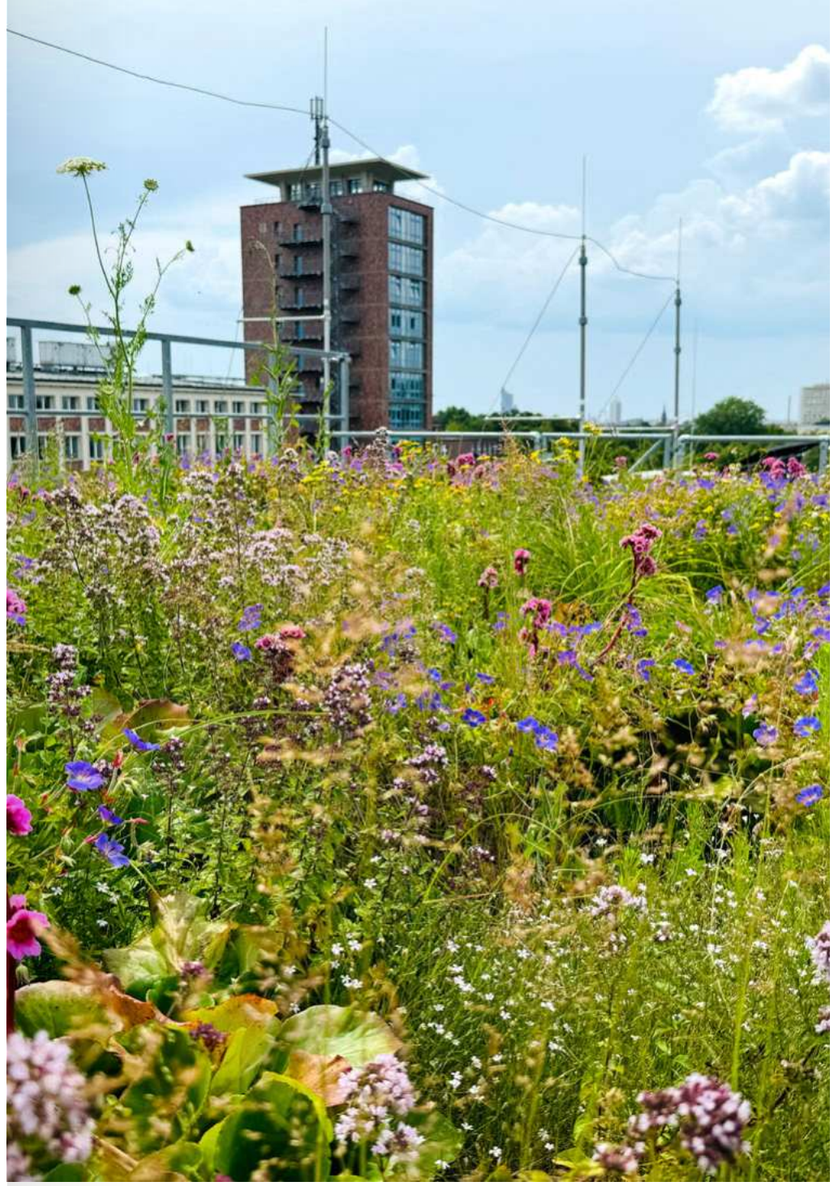
Rigolen sind unterirdische Speicher- und Versickerungssysteme, die Niederschlagswasser aufnehmen und über einen längeren Zeitraum gedrosselt versickern lassen. Bei schwierigen Bodenverhältnissen kann das gesammelte Wasser auch gedrosselt in Kanäle oder Gewässer eingeleitet werden, um eine Überlastung bzw. einen Überlauf in den Straßenraum zu vermeiden. Daher ist dieses Verfahren nur für gering belastete Flächen geeignet. Bei stärker belastetem Wasser sind zusätzliche Reinigungseinrichtungen erforderlich. Eine innovative Form der Rigole ist die **Baumrigole**, bei der der Wasserspeicher einem Straßenbaum zur Verfügung gestellt wird.

Bei schwer durchlässigen Böden oder begrenztem Platz für Versickerungsmulden bieten sich kombinierte Systeme wie **Mulden-Rigolen-Systeme** an. Dabei wird eine Mulde zur oberirdischen Wasserspeicherung/-Rückhalt mit einer Rigole zur unterirdischen Versickerung kombiniert.

Bei der **Schachtversickerung** wird das Niederschlagswasser in einen unterirdischen Sickerschacht aus Beton oder Kunststoff geleitet, dort gespeichert und versickert dann in den umgebenden Kiesbereich.

Bestimmte Nutzungen erfordern befestigte Flächen wie Parkplätze oder Wege, die das Regenwasser versickern lassen (**wasserdurchlässige Beläge/ Pflaster**). Bei diesen teildurchlässigen Belägen wird das Regenwasser nur durch Poren oder Fugen in den Boden geleitet, ohne dass zusätzliche Entwässerungssysteme erforderlich sind.

Sickerpflaster sind luft- und wasserdurchlässige Betonpflastersteine. Niederschlagswasser kann hier über die gesamte offenporige Pflasteroberfläche und damit durch den Stein selbst versickern.



Einfach intensives Gründach am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung

Einfahrten oder Wege erfordern eine robustere Lösung als Rasenflächen. **Rasengitterelemente** bieten hier eine praktische Alternative aus Beton oder Kunststoff. Sie lassen durch wabenförmige Hohlkammern das Gras wachsen und sind gleichzeitig so belastbar, dass sie Autos tragen können.

Wassergebundene Wegedecken, wie Schotter- oder Kieswege, gehören zu den traditionellen Wegebauweisen. Unter einer Deckschicht aus Sand, Kies-Sand oder Splitt-Sand-Gemischen befindet sich eine ungebundene Tragschicht aus Schotter/Kies.

Fugenpflaster ermöglicht die Versickerung von Niederschlagswasser durch die Fugen. Im Gegensatz zu offenporigen Sickersteinen sind die Fugen mit losem Sand oder Splitt gefüllt.

Sowohl **Drainasphalt, PU-Asphalt** als auch **Dränbeton** sind wasserdurchlässige Beläge, die den Verkehrslärm absorbieren. (Winker et al., 2019b)

Milena Mohri Optigrün international AG

NATÜRLICHER WASSERHAUSHALT UND DEZENTRALES REGENWASSERMANAGEMENT

Städte sind vom Klimawandel besonders betroffen und verwundbar. Durch die dichte Bebauung und die zunehmende Versiegelung von Flächen heizen sich die Städte zusätzlich auf, gleichzeitig fehlt der Raum für die Versickerung und Verdunstung von Regenwasser. Eine verheerende Kombination, die zu extremen Wetterereignissen, wie städtischen Hitzeinseln und Sturzfluten, führt.

Ein entscheidender Lösungsansatz zur Verbesserung des Stadtklimas liegt in der Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushaltes. Die Wasserbilanz versiegelter Flächen ist durch einen hohen oberflächlichen Abfluss von Niederschlagswasser gekennzeichnet. Nur geringe Mengen verdunsten oder versickern.

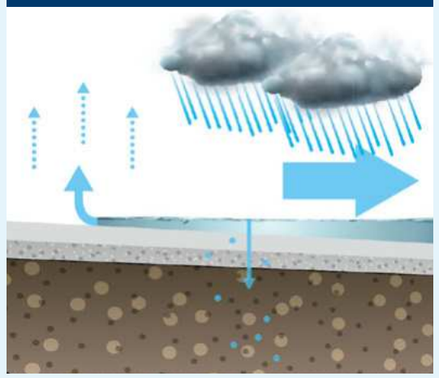
Die Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushaltes hat vielfältige und weitreichende Auswirkungen. Sie trägt nachhaltig dazu bei, einen ökologischen Mehrwert zu schaffen und unsere Städte lebenswert zu erhalten: Ein hoher Verdunstungsanteil ist ein wesentlicher Baustein zur Lösung des Hitzeproblems in den Städten. Für die Verdunstung von Wasser wird viel Energie benötigt. Diese wird der Umgebung in Form von Wärme entzogen und führt zu einer Abkühlung. Das Mikroklima in der unmittelbaren Umgebung wird durch die Kühlleistung spürbar verbessert. Insbesondere durch Vegetation kann Regenwasser effizient verdunstet werden.

Die gezielte Zuführung des Niederschlags zur Versickerung fördert die Grundwasserneubildung. Der insgesamt geringe Oberflächenabfluss verringert die Hochwassergefahr, entlastet die vorhandenen Entwässerungssysteme und begrenzt so mögliche Schäden.

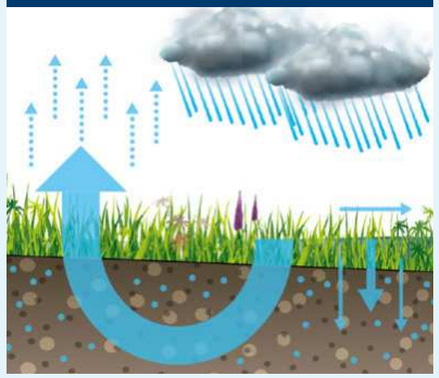
Eine großflächige Umwandlung in naturnahe Grünflächen ist aufgrund des Platzmangels in den Städten nicht realistisch. Dachflächen bieten jedoch ein enormes Potenzial für die Begrünung mit effektiven und zukunftssicheren Systemen. Durch die Reduzierung des Regenwasserabflusses und die hohe Verdunstungsleistung haben Gründächer einen erheblichen Einfluss auf die Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushaltes.

Die Wirkung einer Dachbegrünung hängt neben der Vegetation und den Standortbedingungen wesentlich von der Art und Größe des Wasserspeichers ab. Ein großer Wasserspeicher und eine hohe Wasserverfügbarkeit führen nachweislich zu einer höheren Verdunstungs- und Kühlleistung.

Wasserbilanz bei versiegelten Flächen



Natürliche Wasserbilanz



RETENTIONSDÄCHER: BLAU-GRÜNE INFRASTRUKTUR MIT WICHTIGEN FUNKTIONEN

Um einen möglichst hohen Wasserrückhalt sowie Raum für die gezielte Rückhaltung von Niederschlagsereignissen zu schaffen, sind Retentions-Gründächer elementar. Im Systemaufbau der Dachbegrünung verbergen sich Kunststoffhohlkörper mit speziellen Funktionen. Die Optigrün-Wasserretentionsboxen (WRB) haben ein Hohlraumvolumen von bis zu 95 % und schaffen auf gefällelosen Dächern (0°) einen zusammenhängenden, frei durchströmbaren Speicherraum mit Platz für bis zu 160 L/m² Niederschlag bei nur 17 cm Höhe.

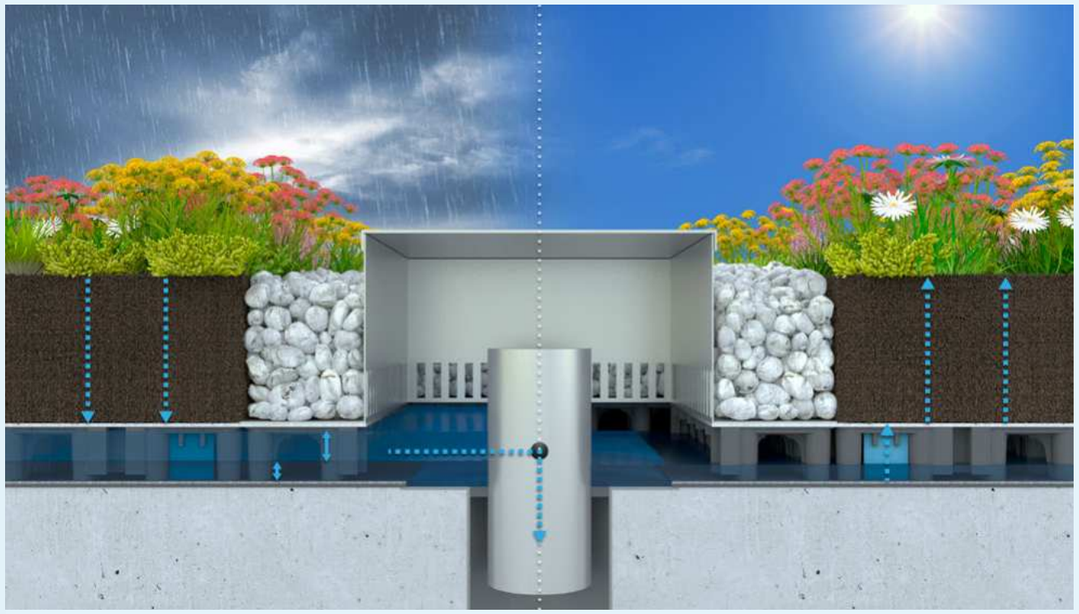
Der Dachablauf wird mit einer statischen Drossel versehen, um einen definierten Abfluss und ggf. einen Rückstau in den Retentionsboxen zu erzeugen. Auf diese Weise wird der Retentionsraum in einen temporären und einen permanenten Wasserspeicher aufgeteilt. Während sich der temporäre Speicher im Retentionsraum über den Abfluss entleert, reduziert sich der permanente Speicher nur durch Verdunstung.

Die maximale Höhe, die der Wasserstau auf der Dachfläche erreichen soll, wird in der Planungsphase festgelegt. Eine objektspezifisch dimensionierte Lochbohrung in der Ablaufdrossel sorgt dafür, dass das oberhalb dieser Öffnung anfallende Regenwasser gedrosselt abfließen kann.

In die Retentionsboxen integrierte Kapillarbrücken transportieren das gestaute Niederschlagswasser zurück in den Gründachaufbau. Durch die optimale Wasserversorgung der Vegetation wird das Potenzial der Begrünung, erhebliche Wassermengen zu verdunsten, bestmöglich genutzt.

Die Nutzung von gespeichertem Niederschlag für die Bewässerung ist darüber hinaus eine nachhaltige Lösung, um Stadtgrün und seinen Nutzen auch bei Hitze, langanhaltender Trockenheit und Wassermangel zu erhalten.

Wird der Dachablauf eines Retentionsdaches mit einer statischen Ablaufdrossel versehen, so erzeugt die Drossel einen definierten Abfluss sowie einen Wasserrückstau. Dadurch teilt sich der Retentionsraum in einen temporären und einen permanenten Wasserspeicher. Während sich der temporäre Speicher im Retentionsraum über den gedrosselten Abfluss entleert, reduziert sich der permanente Wasserspeicher ausschließlich durch Verdunstung. Dies geschieht über integrierte Kapillarbrücken oder -säulen, die das gespeicherte Niederschlagswasser wieder in die Substratschicht transportieren und so der Vegetation zur Verfügung stellen.



Die Alte Hauptpost in Leipzig

Baujahr: 2018
Dachfläche: 3.000 m²
Optigrün
Systemlösungen:
Retentionsdach
Drossel, Naturdach &
Verkehrsdach

In Leipzig wurde der Hinterhof der Alten Hauptpost am Augustusplatz mit einem Retentionsgründach von knapp 700 m² ausgestattet. Dieser Retentionsraum bietet ein Speichervolumen von über 60.000 Litern Regenwasser und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushaltes sowie zur Verbesserung des Mikroklimas in Zeiten der Klimaerwärmung.

Wohnquartier Eberhardshöfe in Nürnberg

Baujahr: 2020
Dachfläche: 13.500 m²
Optigrün
Systemlösung:
Retentionsdach
Drossel

Im Rahmen der kompletten Neuplanung eines Stadtteils in Nürnberg wurden ehemalige Parkplatzflächen entsiegelt und in einen Stadtteilpark sowie zwei neue Wohnanlagen mit Grünflächen umgewandelt. Hier konnte durch die Kombination von Retentionsdächern mit Rigolen ein Regenwassermanagementsystem realisiert werden, mit dem der gesamte Niederschlag auf dem Grundstück zurückgehalten werden kann. Ein Großteil des Wassers (76 %) verdunstet auf dem Retentionsdach, die restlichen 24 % versickern.

Marc Breulmann, Lucie Moeller und Katy Bernhard
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

BAUMRIGOLEN FÜR DAS URBANE REGENWASSER-MANAGEMENT

In der Kasseler Straße in Leipzig-Gohlis werden drei unterschiedliche Baumrigolen auf ihre Wirkung und Effizienz untersucht, um das Regenwasser vor Ort zu versickern und gleichzeitig den Straßenbäumen (Stadt-Linde Tilia cordata , Greenspire') zur Verfügung zu stellen.

Baumrigole – Retentionsspeicher (Lehm)

- Retentionsspeicher (25 cm) Wasserspeicher, offene Seiten für Versickerung
- Kapillarsäule unterstützt die Bewässerung aus dem Retentionsspeicher
- Notüberlauf (100 cm) in das Kanalnetz

Baumrigole – Versickerung (optimiert)

- Kein Retentionsspeicher
- direkte Versickerung über die Seiten und den unteren Rand
- Keine Kapillarsäule
- Kein Notüberlauf

Baumrigole – Retentionsspeicher (Bentonit)

- Retentionsspeicher (25 cm) Wasserspeicher, offene Seiten zur Versickerung
- Kapillarsäule zur Unterstützung der Bewässerung aus dem Retentionsspeicher
- Notüberlauf (100 cm) in das Kanalnetz

Alle Baumrigolen sind mit vertikal und horizontal angeordneten Bodenfeuchtesensoren ausgestattet. Temperatursensoren messen die Bodentemperatur, während ein weiterer Sensor den Wasserstand an der Rigolensohle überwacht. Zusätzlich wurde in einem nahe gelegenen Innenhof ein Regenmesser installiert. Ein konventioneller Referenz-Straßenbaum ist ebenfalls mit den gleichen Bodensensoren ausgestattet.

Eine Baumrigole in der Kasseler Straße in Leipzig

INTERVIEW: PFLEGE BLAU-GRÜNER INFRASTRUKTUR

Ein wichtiger, aber oft vernachlässigter Baustein

Ulf-Peter Schilling ist Geschäftsführer der Firma Garten- und Landschaftsbau Schilling GmbH in Leipzig. Das Unternehmen hat sich auf die kompetente und zuverlässige Pflege und Bewirtschaftung von Gärten und Grünanlagen spezialisiert. Dabei ist es dem Unternehmen ein besonderes Anliegen, Grünflächen nicht nur zu erhalten, sondern nachhaltig weiterzuentwickeln. Aus diesem Grund liegt der Schwerpunkt mehr auf der Pflege und Entwicklung bestehender Grünflächen als auf Neubauprojekten. Mit über 100 aktiven Kunden betreut das Unternehmen sowohl öffentliche als auch private Auftraggeber und bietet maßgeschneiderte Konzepte für jedes Budget und jede Projektgröße.

Das Interview führte Marc Breulmann (UFZ)

Welche Bedeutung haben Gründächer derzeit in Leipzig?
Gründächer spielen in Leipzig derzeit eine eher untergeordnete Rolle, obwohl ein großes Potenzial besteht, ungenutzte Dachflächen nachhaltig zu begrünen und das Stadtbild positiv zu verändern. Oft ist unklar, ob bei Neubauten überhaupt Gründächer vorgesehen sind. Bei Bauprojekten ist selten ersichtlich, was auf den Dächern geplant ist, da Begrünung und Nachhaltigkeit von Gebäuden zu wenig öffentlich kommuniziert werden. Das Potenzial von Gründächern wird deutlich unterschätzt und zu wenig genutzt.

Sind Informationen über geplante Gründächer zugänglich?
Im Prinzip ja, aber man muss sich aktiv darum bemühen, in der Regel über den Gebäudeeigentümer. Sinnvoll wäre es, auf den ohnehin vorgeschriebenen Bauschildern darauf hinzuweisen. Viele wissen nicht, dass es in Leipzig bereits einige Gründächer gibt. Oft sieht man stattdessen Kiesdächer, die nicht immer ausreichend gepflegt werden. Stirbt die Vegetation durch Hitze oder andere Umwelteinflüsse ab, wird oft nicht in die Wiederherstellung investiert, sondern die Bepflanzung entfernt.

Wie können wir Gründächer alltagsnah vermitteln?
Um die breite Öffentlichkeit für Gründächer zu sensibilisieren, braucht es leicht verständliche und zugängliche Informationen. Statt nur politisch über Nachhaltigkeit zu sprechen, könnten konkrete Beispiele hervorgehoben werden, wie „Dieses Gebäude hat/bekommt ein Gründach", dass im Sommer Schatten spendet und Lebensraum für Tiere bietet oder Wasser zurückhält. Solche Informationen sollten sichtbar und Teil des öffentlichen Raums sein, damit sie nicht aktiv gesucht werden müssen, sondern im Alltag präsent sind. So wird das Thema, das derzeit oft politisch aufgeladen ist, in die Stadtgesellschaft getragen.

Welche baulichen Voraussetzungen sind für ein Gründach erforderlich?
Dachbegrünungen unterliegen zahlreichen baurechtlichen Anforderungen wie Statik, Brand- und Feuchteschutz, die oft als Hemmnis empfunden werden. Insbesondere der Brandschutz wird oft als große Herausforderung angesehen. Wir konzentrieren uns so stark auf diese Vorschriften, weil wir es nicht anders gewohnt sind. Gerade das Thema Brandschutz, sei es bei Fassadenbegrünungen oder bei Dachbegrünungen, ist oft wie ein Damoklesschwert, das über allem schwebt. Wichtig ist, dass nicht nur Neubauten, sondern auch bestehende Gebäude begrünt werden. Hier gibt es genügend Potenziale, die bisher zu wenig genutzt werden. Die Begrünungsrichtlinie, die Vorgaben für Neubauten macht, ist weitgehend unbekannt und sollte stärker in den Fokus gerückt werden, um nachhaltiges Bauen zu fördern. Es sollte überlegt werden, wie Bauvorschriften und Genehmigungsverfahren stärker auf Nachhaltigkeit und Klimaresilienz ausgerichtet werden können. Auch Genehmigungsverfahren sollten stärker auf diese Aspekte ausgerichtet werden. Die Begrünung von Bauvorhaben war in den letzten Jahrzehnten oft ein Kostenfaktor, der oft an letzter Stelle stand. So ist z.B. beim Neubau eines Hauses der Garten- und Landschaftsbau in der Regel das letzte Gewerk - auch in der Bauabfolge. Häufig investieren Bauherren zusätzlich in teurere Fliesen oder Jalousien, und wenn das Haus schließlich bezugsfertig ist, bleibt oft nicht mehr genug Budget für Außenanlagen und Begrünung übrig. So bleiben Projekte wie Gründächer, Fassadenbegrünung oder Ersatzpflanzungen von Bäumen oft auf der Strecke. Dies liegt nicht an fehlenden finanziellen Mitteln, sondern daran, dass das Thema Begrünung am Gebäude oder auf dem Grundstück oft zu spät in den Planungsprozess integriert wird. Hier könnte die Begrünungssatzung ansetzen und für eine frühere und verbindlichere Integration der Begrünung sorgen.

Ist der finanzielle Mehraufwand für Gründächer gerechtfertigt?
Ich denke, das ist eine Diskussion, bei der man als Praktiker nicht unbedingt eine klare Antwort geben oder sich voll einbringen kann. Ob sich der Mehraufwand wirtschaftlich rechnet, hängt stark von der Größe und dem Nutzen des Projektes ab. Die langfristigen Vorteile eines Gründaches, wie z.B. die Verbesserung der klimatischen Bedingungen, die Wasserspeicherung und die Schaffung von Lebensraum, lassen sich oft nicht direkt in einer Kosten-Nutzen-Rechnung ausdrücken. Vielmehr sollte der ideelle Wert für das Stadtklima und die Lebensqualität im Vordergrund stehen. Wir müssen uns vielmehr fragen, wie wir in 20 oder 30 Jahren in unseren Städten leben wollen und ob das Stadtklima - oder auch das Mikroklima eines Gebietes - nicht einen höheren Wert hat als eine reine Kosten-Nutzen-Rechnung.

Gibt es spezialisierte Firmen für die Pflege von Gründächern?
Ja, es gibt Firmen, die sich auf die Pflege von Gründächern spezialisiert haben. Intensiv begrünte Dächer, die als begehbare Gärten genutzt werden, erfordern mehr Pflege als extensiv begrünte Dächer, die selten betreten werden. Sicherheitsvorschriften spielen bei der Pflege eine wichtige Rolle, da Unfälle vermieden werden müssen. Wichtig ist, dass die Pflege eines Gründaches nicht nur beim Bau berücksichtigt wird, sondern auch nach der Fertigstellung kontinuierlich erfolgt. Dies wird oft übersehen. Jedes Dach, auch ein Gründach, muss regelmäßig gepflegt und kontrolliert werden. Dabei geht es nicht um überbordende Bürokratie und Bevormundung, sondern um die Frage, was passiert, wenn die Wartung unterbleibt. Zum einen leidet die Funktion des Gründaches, zum anderen können z.B. Wasserabläufe verstopfen oder verschmutzen, was zu weiteren Problemen führen kann.

Wie beurteilen Sie die Bewässerung von Gründächern?
Grundsätzlich müssen wir uns dieser Tatsache stellen: Ja, Wasser ist für uns derzeit ein reiner Kostenfaktor. In der Praxis ist Wasser auch für unsere Auftraggeber ein Kostenfaktor, gepaart mit der Sorge um Abdichtungsfragen. In Deutschland haben wir gelernt: Wasser muss vom Bauwerk ferngehalten werden - kein Wasser am Bauwerk, kein Wasser auf dem Bauwerk. Wasser weg!

Aus meiner technischen Sicht kenne ich natürlich die technischen Möglichkeiten der Stauregulierung und die entsprechenden Systeme. Es gibt heute durchaus Möglichkeiten, Wasser am Gebäude zu halten und dort verdunsten zu lassen. Wenn ich mir die aktuellen Temperaturen und die Wetterentwicklung der letzten Jahre anschaue, wird deutlich, dass wir, sobald wir Pflanzen auf Gebäuden haben, auf Wasser angewiesen sind. Mit dem normalen Niederschlagswasser allein kommen wir nicht aus. Das heißt, das Wasser muss an oder in den Gebäuden gehalten werden.
Hier gibt es bereits viele gute Ansätze, z.B. durch Speichersysteme, die das Wasser direkt am Gebäude bewirtschaften, ohne es in die Kanalisation oder in Vorfluter abzuleiten. Natürlich lässt sich diese Herausforderung im Neubau leichter umsetzen als im Bestand. Aber die Frage ist berechtigt: Wir werden Wasser am Gebäude brauchen, sonst können wir keine funktionierenden Gründächer realisieren.

Wie häufig sollten Gründächer gepflegt werden?
Dies hängt von der Art der Dachbegrünung ab. Intensiv genutzte Flächen benötigen in der Regel 3 bis 5 Pflegedurchgänge pro Jahr. Bei extensiv genutzten Gründächern sind in der Regel 1 bis 3 Pflegegänge ausreichend. Es kommt aber immer auf die Umstände an. Wenn in der Umgebung des Daches Bäume stehen, von denen Samen auf das Dach geweht werden, wie z.B. Robinien oder Ahorn, entsteht unabhängig von der Art der Dachbegrünung das Problem des unerwünschten Bewuchses. Diese müssen entfernt werden, da Gehölzansiedlungen auf Gründächern zumindest geprüft werden sollten, ob sie dort geduldet werden können oder nicht. In solchen Fällen ist der Landschaftsgärtner der richtige Ansprechpartner, da er über die notwendigen Pflanzenkenntnisse verfügt. Er kann auch beurteilen, ob die vom Planer vorgesehene Pflanzenzusammensetzung für den Standort geeignet ist und sich dort etablieren kann. Dabei spielen Faktoren wie Witterung, Lichtverhältnisse, Erwärmung des Substrats oder eventuell spiegelnde Fassaden eine Rolle.

Wer ist für die Pflege von Gründächern verantwortlich?
Die Verantwortung liegt beim Eigentümer, sei es eine öffentliche Institution oder eine Privatperson. Eine gesetzliche Verpflichtung zur Pflege besteht nicht, jedoch geben Gründach-Richtlinien, wie z.B. die FLL-Dachbegrünungsrichtlinien, wertvolle Hinweise zur Erhaltung und Pflege. Darüber hinaus gibt es Verbände und Organisationen, die sich intensiv mit diesem Thema beschäftigen, wie z.B. der Bundesverband GebäudeGrün (BUGG), der wertvolle Hinweise gibt, was man tun kann, sollte und muss, um die Begrünung zu erhalten. Insgesamt leidet die Funktion der Dachbegrünung bei mangelnder Pflege, was zu ökologischen und baulichen Schäden führen kann. Ich möchte aber betonen, dass wir in Deutschland ein Versicherungsrecht haben, das uns und andere schützt. Daraus ergibt sich die klassische Verkehrssicherungspflicht, die besagt: Wenn ich eine Verkehrssituation schaffe - und das betrifft nicht nur Autos, sondern auch Pflanzen oder Bäume, die potenziell gefährlich sein können -, dann habe ich als Eigentümer die Pflicht, mein Eigentum auf Gefahren hin zu überprüfen. Wenn von einem Dach eine Gefahr ausgeht, muss ich sie beseitigen.

Unterscheidet sich der Pflegeaufwand z. B. zwischen kommunalen und privaten Gründächern?
Man könnte vermuten, dass Privatpersonen vielleicht mehr Wert auf eine ästhetische Gestaltung oder andere individuelle Aspekte legen. Auf kommunaler Ebene stehen dagegen oft die Kosten im Vordergrund. Mittlerweile entwickelt sich das aber nicht mehr in diese Richtung. Es gibt ebenso viele öffentliche oder gewerbliche Gründächer, die aufwendig gestaltet, gepflegt oder bewirtschaftet werden wie private Gründächer. Letztlich hängt der Aufwand eher vom Budget und dem jeweiligen Objekt ab, als von der Frage, ob es sich um ein privates oder öffentliches Gründach handelt.

Welche Folgen hat eine mangelnde Pflege?
Ein Gründach erfüllt seinen Zweck – sei es als ökologischer Lebensraum, zur Speicherung und Verdunstung von Niederschlagswasser oder zur Kühlung und Dämmung der Gebäudehülle – nur, wenn es richtig gepflegt wird. Auch im Kleinen führt mangelnde Pflege zu Schäden, nicht nur am Gebäude, sondern auch an der Bepflanzung. Im schlimmsten Fall wird das Gründach bis zur Funktionsunfähigkeit „gepflegt" - also buchstäblich zu Tode gepflegt. Die Sanierung eines Gründaches ist in der Regel teurer als ein kompletter Neubau. Allerdings kann ein Landschaftsgärtner oft kleinere Undichtigkeiten beheben oder Teile der Bepflanzung erneuern, so dass die Kosten überschaubar bleiben. Natürlich kommt es auf die Art des Schadens an. Nur, weil Pflanzen über einzelne Bauteile hinauswachsen, muss nicht gleich das ganze Gründach oder gar das Gebäude neu gebaut werden. Es kommt immer auf das genaue Schadensbild an. Zu bedenken ist auch, dass die Logistik bei einem Gründach aufwendiger ist als bei einem Garten. Schäden im Garten lassen sich in der Regel schneller beheben. Bei einem Gründach ist das komplizierter, weil es sich oft in einer gewissen Höhe befindet und das Gebäude genutzt wird. Dennoch möchte ich betonen, dass es auch beim Gründach sinnvoll ist, mit punktuellen Reparaturen zu arbeiten, ähnlich dem „Smart Repair" beim Auto. Kleine Eingriffe können oft helfen, Schäden zu beheben und das Gründach wiederherzustellen.

Gibt es behördliche Kontrollen für die Gründachpflege?
Nein. Bei kommunalen Projekten können u.a. Sicherheitsfachkräfte hinzugezogen werden, die entsprechende Gutachten erstellen. Gleiches gilt für Brandschutzhelfer oder Brandschutzbeauftragte. In diesem Bereich habe ich allerdings keine eigenen Erfahrungen. Ich weiß aber, dass Sicherheitssysteme, die für den Unterhalt von Gründächern notwendig sind, wie z.B. Sicherungssysteme oder Sekuranten, regelmäßig gewartet werden müssen.
Selbst wenn im Bebauungsplan festgelegt wird, dass ein Gründach zu errichten ist, erfolgt in der Regel nur eine einmalige Abnahme. Ist diese erfolgt, ist es das in der Regel auch schon gewesen. Das ist leider in der Praxis oft so, obwohl solche Auflagen viel strenger kontrolliert und durchgesetzt werden müssten.

Gibt es genügend Unternehmen in Leipzig, die Gründachpflege anbieten?
Ja, Leipzig verfügt über ein dichtes Netz von Fachbetrieben des Garten- und Landschaftsbaus, die sich auf die Pflege von Gründächern spezialisiert haben. Diese Firmen verfügen über die notwendige Expertise in der Pflanzentechnik und -pflege sowie den technischen Anforderungen wie Bewässerungs- und Sicherungssysteme. Es gibt ein dichtes Netzwerk von Fachleuten, die in diesen Bereichen unterstützen können. In Leipzig sind viele erfahrene Firmen und Wettbewerber ansässig, so dass man nicht auf Firmen aus anderen Städten zurückgreifen muss.

Was fehlt in der aktuellen Entwicklung?
Öffentlichkeit und Sichtbarkeit sind entscheidend. Statt langwieriger Diskussionen über Kosten und Hemmnisse sollte mit einfachen Maßnahmen begonnen und die Stadtgesellschaft stärker eingebunden werden. In Leipzig gibt es bereits viele positive Projekte, die jedoch zu wenig bekannt sind. Ein „Tag des offenen Gründachs" könnte eine gute Möglichkeit sein, solche Projekte sichtbar zu machen. Gründächer sollten nicht nur geplant, sondern auch öffentlich wahrnehmbar sein - und das ohne sie ständig zur Diskussion zu stellen.

Fazit
Grün in der Stadt ist unverzichtbar. Ich bin Leipziger und ich liebe meine Stadt. Es darf nicht mehr die Frage sein, ob wir Gründächer brauchen, sondern wie wir sie effektiver und sichtbarer umsetzen. Leipzig hat ein großes Potenzial, das noch nicht ausgeschöpft ist.

BEWÄSSERUNG

Marc Breulmann und Lucie Moeller
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

BEWÄSSERUNG IM URBANEN RAUM UND REGENWASSER-NUTZUNG

Trockene Sommer werden zu einer immer größeren Herausforderung für urbane Gebiete. Städtische Grünflächen spielen eine entscheidende Rolle bei der Verbesserung des Stadtklimas, erfordern aber gleichzeitig eine zuverlässige Bewässerung (HMUKLV, 2022). Eine nachhaltige Lösung besteht darin, Regenwasser von befestigten Flächen zu sammeln und für die Bewässerung zu nutzen. In der kommunalen Bauleitplanung und in Wasserversorgungskonzepten für Stadtteile und Industrieanlagen werden bereits Leitlinien für die Wiederverwendung von z.B. Niederschlagswasser erarbeitet (BMUV, 2021). Eine weitere Möglichkeit ist die Wiederverwendung von aufbereitetem Grauwasser. Dieses Wasser kann mit geringem Aufwand zu Brauchwasser aufbereitet und im Gebäude für Toilettenspülung, Geschirrspüler und Waschmaschine sowie zur Bewässerung genutzt werden (DWA, 2021).

Blau-grün-graue Infrastruktur ist ein innovativer Ansatz, der die Prinzipien der BGI mit den funktionalen Eigenschaften der grauen Infrastruktur verbindet, um eine effektive Lösung für die Klimaanpassung und die Bewässerung öffentlicher Grünflächen in städtischen Gebieten zu schaffen. Dieser integrierte Ansatz verbindet die Vorteile natürlicher Elemente wie Grünflächen und Wasser mit den technischen Möglichkeiten traditioneller städtischer Infrastruktur, um eine nachhaltige und widerstandsfähige Lösung zu schaffen.

BGI bieten eine effiziente Möglichkeit zur Bewässerung von öffentlichem Grün in städtischen Gebieten. Durch die Nutzung von Regenwasser werden die Bewässerungsanforderungen für öffentliche Grünflächen reduziert, was zu einer effizienteren Nutzung von Wasserressourcen führt und die Belastung der städtischen Wasserversorgungssysteme verringert. Die Integration von intelligenten Bewässerungssystemen und bodengestützten

Wasserspeicherungen ermöglicht es zudem, den Wasserbedarf von Grünflächen genau zu steuern und die Bewässerung an die spezifischen Bedürfnisse von Pflanzen und Böden anzupassen. Durch die Integration natürlicher und technischer Elemente wird nicht nur die Resilienz städtischer Grünflächen gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels gestärkt, sondern es wird auch eine effizientere Nutzung von Wasserressourcen ermöglicht und die Lebensqualität der städtischen Bevölkerung verbessert.

Regenwasser kann zur Bewässerung von Grünflächen durch integrierte BGI genutzt werden. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass Grünflächen ihre Funktionen nur dann optimal erfüllen können, wenn sie auch in längeren Hitze- und Trockenperioden ausreichend mit Wasser versorgt werden. Bisher wird hierfür jedoch häufig Trinkwasser verwendet. Als Alternative steht neben dem Grundwasser insbesondere das Niederschlagswasser zur Verfügung, dessen Bewirtschaftung auch zur Minderung von Starkregenereignissen beitragen kann. Die dafür notwendigen großen Speicher wie Zisternen finden im urbanen Raum meist nur begrenzt Platz und reichen nur für wenige Tage (Breulmann et al., 2024).

Die Begrünung und Bewässerung öffentlicher Flächen in städtischen Gebieten steht vor zahlreichen Herausforderungen, die eine sorgfältige Planung und innovative Lösungen erfordern. Erstens ist Wasserknappheit ein ernstes Problem, insbesondere in Regionen mit begrenzten Wasserressourcen oder während Trockenperioden. Nachhaltige Bewässerungstechniken sind hier entscheidend, um eine effiziente Wassernutzung zu gewährleisten. Zweitens ist der Boden in städtischen Gebieten oft verdichtet und versiegelt, was die Wasseraufnahme behindert und zu Überschwemmungen führen kann. Maßnahmen, wie die Förderung der Regenwasserversickerung und die Schaffung durchlässiger Oberflächen, können hier Abhilfe schaffen. Drittens tragen Hitzeinseln dazu bei, dass sich städtische Gebiete übermäßig aufheizen, was das Pflanzenwachstum beeinträchtigt und den Bewässerungsbedarf erhöht. Strategien zur Beschattung und Begrünung städtischer Gebiete können dazu beitragen, die Auswirkungen von Hitzeinseln zu mildern und das Mikroklima zu verbessern. Umweltverschmutzung stellt ebenfalls eine Bedrohung für das Pflanzenwachstum dar und kann zusätzliche Pflege und Bewässerung erforderlich machen.

Die Nutzung von Regenwasser über Grundstücksgrenzen hinweg trägt zur Verbesserung der Wasserversorgung von städtischen Grünflächen bei.

Die Nutzung von Regenwasser zur Bewässerung vor Ort unterstützt den natürlichen Wasserkreislauf positiv. In städtischen Gebieten fließt der größte Teil des Niederschlags oberirdisch ab, während in unbebauten Naturgebieten nur etwa ein Prozent auf diese Weise abfließt. Die Nutzung von Regenwasser zur Bewässerung stärkt das Gleichgewicht zwischen städtischem und natürlichem Wasserkreislauf (Berliner Regenwasseragentur, 2021).

Die Installation und Instandhaltung von Bewässerungssystemen kann erhebliche Kosten und Ressourcen erfordern, was eine sorgfältige finanzielle Planung und eine effiziente Nutzung der Wasserressourcen notwendig macht. Investitionen in nachhaltige Infrastruktur und die Integration von Bewässerungssystemen in Stadtentwicklungsprojekte können langfristig die Kosten senken und die Effizienz steigern. Entscheidend für den Erfolg von Begrünungsmaßnahmen und Bewässerungssystemen ist auch die Akzeptanz in der Bevölkerung. Die aktive Einbindung der Bürger in den Planungsprozess und die Förderung des bürgerschaftlichen Engagements bei der Pflege öffentlicher Grünflächen können eine positive Einstellung zur Stadtbegrünung fördern.

Insgesamt erfordert die Bewältigung dieser Herausforderungen einen systemischen Ansatz und die Integration verschiedener Lösungen, um die Widerstandsfähigkeit städtischer Grünflächen zu stärken und die Lebensqualität der Stadtbewohner zu verbessern. Durch den Einsatz von blau-grün-grauen Infrastrukturlösungen können urbane Räume nachhaltig entwickelt und für zukünftige Generationen erhalten werden.

Eine effektive kommunale Klimaanpassungsstrategie, die Regenwassermanagement mit dem Erhalt und der Verbesserung von städtischen Grünflächen kombiniert, besteht darin, Niederschlagswasser von umliegenden Gebäuden und Verkehrsflächen in Grünflächen zu leiten (Grundstücksübergreifende Lösungen). Dieses Wasser kann dann direkt zur Bewässerung und zur Grundwasseranreicherung genutzt werden. Grundstücksübergreifende Lösungen der Regenwasserbewirtschaftung können somit dazu beitragen, mehr Flächen von der Kanalisation abzukoppeln, Überflutungsmengen dezentraler zu verteilen, Mischwasserüberläufe zu reduzieren, das Grundwasser anzureichern und städtische Grünflächen besser mit Wasser zu versorgen (SenMVKU, 2023). Wie Rauchecker et al. (2023) erläutern, wäre dazu die Zusammenarbeit verschiedener Akteure wie Hauseigentümer, kommunale Abwasserentsorger, Straßenverwaltungen und Grünflächenämter notwendig. Die Regenwassernutzung für den Park erfordert nicht nur die

Regenwasser wird nicht als Ressource betrachtet, was eine effiziente Nutzung erschwert.

Kopplung von bestehenden BGI mit weiteren Infrastrukturbausteinen, sondern auch eine Akteurskonstellation, die den Betrieb ermöglicht, und dauerhaft sicherstellt. Um allerdings die Regenwassernutzung für Grünflächen langfristig zu sichern, gibt es verschiedene rechtliche Möglichkeiten, wie die Eintragung ins Grundbuch, die Erarbeitung einer Satzung oder die Integration in den Bebauungsplan und befindet sich gegenwärtig noch in den Anfängen (Rauchecker et al., 2023).

GRUNDSTÜCKSÜBERGREIFENDE BEWIRTSCHAFTUNG VON REGENWASSER

Ein grundsätzliches Problem besteht derzeit darin, dass abgeleitetes Niederschlagswasser nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG, 2023) Abwasser ist und damit in die Zuständigkeit der kommunalen Abwasserentsorgung fällt – d.h. Regenwasser wird derzeit nicht als wertvolle Ressource betrachtet. Ein zentrales Ziel des Schwammstadtkonzeptes ist jedoch gerade die Speicherung und Wiederverwendung von Regenwasser, um u.a. Trockenperioden besser bewältigen zu können und die Resilienz gegenüber Wasserknappheit zu erhöhen. Darüber hinaus hängt die Wirksamkeit der Ökosystemdienstleistungen von BGI entscheidend von der Verfügbarkeit von Wasser ab. Dieser Widerspruch kann nur durch eine Änderung der rechtlichen Rahmenbedingungen aufgelöst werden. Vorschriften können von Region zu Region unterschiedlich sein, und es kann erforderlich sein, Genehmigungen einzuholen und ein gemeinsames Nutzungskonzept zu entwickeln, das alle Beteiligten einbezieht. Aus technischer Sicht ist die Umsetzung eines grundstücksübergreifenden Managements oft komplex. Es müssen Lösungen gefunden werden, um Regenwasser effizient zu sammeln, zu speichern und zu verteilen und gleichzeitig das Risiko von Überschwemmungen und anderen Problemen zu minimieren. Auch Haftungs- und Verantwortungsfragen müssen klar geregelt werden, um festzustellen, wer für mögliche Schäden verantwortlich ist, die durch unzureichende Wartung oder Fehlfunktionen entstehen können. Ein weiteres wichtiges Thema ist die Qualitätskontrolle des Regenwassers. Insbesondere wenn das Wasser für bestimmte Zwecke wie Bewässerung oder sogar für den Gebrauch im Haushalt bestimmt ist, muss sichergestellt werden, dass es keine Verunreinigungen enthält. Die Überwachung und Sicherung der Wasserqualität ist daher von großer Bedeutung.

Weitere Literatur
Neue Lösungswege für den Fall der Parkbewässerung mit Regenwasser von den Dächern angrenzender Häuser und Straßenwasser wurden in einem Bestandsquartier von Rauchecker et al. (2023) erarbeitet.

Im Rahmen der Studie von SenMVKU (2023) werden fünf Produkte entwickelt, die bei der Planung und Umsetzung grundstücksübergreifender Lösungen unterstützen. Es werden technische Lösungsmöglichkeiten, inklusive der damit verbundenen Herausforderungen und Defizite, für grundstücksübergreifende Lösungen der Regenwasserbewirtschaftung in Berlin beschrieben. Studie 1: Frontfallrohre bei Blockrandbebauung in Straßenbegleitgrün; Studie 2: Dachregenwasser in Grünflächen entwässern; Studie 3: Freiflächen in Grünflächen entwässern; Studie 4: Öffentliches Straßenland in Grünflächen entwässern und Studie 5: Regenwasserkanalisation (teilweise) Abkoppeln zur Nutzung oder Versickerung des Wassers.

Rüdiger Clausen
Grün für stadt und leben - GFSL

NATÜRLICHER WASSERHAUSHALT

VERÄNDERUNG DER HYDROLOGISCHEN VERHÄLTNISSE

Durch den fortschreitenden Klimawandel verändert sich das Lokalklima in städtischen Verdichtungsräumen zunehmend. Alle im Projekt Leipziger BlauGrün favorisierten Maßnahmen sollen daher dazu dienen, die hydrologischen Verhältnisse wieder in Richtung des natürlichen Wasserhaushaltes zu verändern.

Dazu ist in urbanen Verdichtungsräumen mit hohen Niederschlagsabflüssen eine Erhöhung der Verdunstungsleistung erforderlich, welche gegenüber der natürlichen Wasserbilanz stark reduziert wird. Um dies zu erreichen, muss die Verdunstungsrate der Flächen erhöht werden. Dies ist am einfachsten auf Freiflächen und Dachflächen möglich.

Im Zuge des Klimawandels wird derzeit davon ausgegangen, dass die Jahresniederschlagsmenge in etwa gleichbleibt, sich aber die jahreszeitliche Verteilung dahingehend verändert, dass insbesondere in den Monaten Mai bis September weniger Niederschläge fallen, diese zudem häufiger als Starkniederschläge auftreten und die Wintermonate tendenziell feuchter werden als in den vergangenen Jahrzehnten.

Die folgenden Ausführungen sollen ein Maßnahmenpaket beschreiben, welches die natürlichen Niederschläge bestmöglich dafür nutzt, und in möglichst geringem Umfang zusätzlich Wasser in das System einträgt, um sommerliche Wasserdefizite auszugleichen, um die Verdunstung von den Dach- und Freiflächen zu erhöhen und um urbane Verdichtungsräume resilienter gegen Starkniederschlagsereignisse zu machen.

Um Dachbegrünungen und Freiflächen bestmöglich in das System des blau-grünen Stadtumbaus zu integrieren, sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, um diese stadtklimatisch hochrelevanten Flächen effektiv und möglichst kostengünstig in das Maßnahmensystem einzugliedern.

Dabei sollen möglichst Ansätze mit einfacher Technologie bevorzugt werden, um die Anwendung der Umbaumaßnahmen an möglichst vielen Orten zu ermöglichen. Die Nutzung von lokal erzeugtem Strom zur Energiebereitstellung für die Bewässerung soll weitgehend ermöglicht werden, um eine lokale Stromautarkie der blau-grünen Maßnahmen zu fördern. Systeme, die Wasser im System der Anlage speichern (z.B. Retentionsdächer, Skelettböden in Baumstandorten), erscheinen zur Sicherung der Wasserbevorratung besser geeignet als klassische Zisternenlösungen, bei denen bereits der bauliche Aufwand zu fragwürdigen Ressourcenverbräuchen führt, die vermieden werden sollten.

Generell erscheint eine ganzheitliche Betrachtung der Nebeneffekte von blau-grünen Maßnahmen sinnvoll, da diese sich in vielen Fällen an mehreren Stellen im städtischen System positiv auf die Quartiere und ihre Bewohner auswirken. Dies wiederum kann die Bereitschaft zur Integration solcher Maßnahmen in Stadtumbaumaßnahmen erhöhen, da Klimaanpassung mit Qualitätsverbesserungen für die Bewohner einhergeht.

RETENTIONSDÄCHER ALS MASSNAHME

Zur Zwischenspeicherung der auf den Dachflächen anfallenden Niederschläge, bieten sich Retentionsdächer auf gefällelosen Flachdächern als multifunktionales Bauteil zur Anpassung von Wohngebäuden an die Anforderungen des Klimawandels an. Die Absenkung der Oberflächentemperatur der Dachhaut, durch das im Retentionsdach zurückgehaltene Wasser, wirkt sich direkt und ohne weiteren technischen Aufwand auf die Innentemperatur der darunter liegenden Räume aus.

Es erscheint daher sinnvoll, durch technische Einrichtungen für eine Nachspeisung in den Wasserspeicher zu sorgen. Dabei ist der lokalen Stromerzeugung aus regenerativen Quellen und der Nutzung von temporären Überkapazitäten der Stromerzeugung im Stromnetz der Vorzug zu geben. Der Zeitpunkt des Stromverbrauchs für die Pumpen zur Nachspeisung der Wasserspeicher kann sehr gut an das Stromangebot angepasst werden, da das System über erhebliche Pufferkapazitäten bezüglich des Nachspeisezeitpunkts verfügt und somit Erzeugungsspitzen nutzen kann.

Retentionsdächer puffern auch bei gefülltem Dauerstauvolumen die bei Starkniederschlagsereignissen plötzlich auftretenden Regenwassermengen im Substrat und leiten diese zeitverzögert von den Dachflächen ab. Orientieren sich die baurechtlichen Anforderungen an Dachbegrünungen an den Empfehlungen des Umweltbundesamtes (Substrathöhe 20 cm), entstehen Dachbegrünungen, deren Pflanzengesellschaften auch in niederschlagsarmen Zeiten stabil sind und nicht bereits auf kleinere Trockenperioden mit Schäden reagieren. In den meisten Systemen werden die von Dachbegrünungen abfließenden Wassermengen derzeit einer Versickerung oder Ableitung in die Kanalisation nachgeschaltet, so dass eine weitere lokale Nutzung des Niederschlagswassers kaum realisierbar ist.

RÜCKHALTEBECKEN ALS MASSNAHME

Wird das abgeleitete Wasser dagegen in künstlichen Rückhaltebecken gespeichert, steht es für die Nachspeisung von Bewässerungsanlagen zur Verfügung. Um Speicherteiche als dauerhafte Reservoire zu erhalten, müssen Gewässer geschaffen werden, die trotz schwankender Wasserstände ökologisch stabil bleiben. Gewässer in Mooren weisen diese Fähigkeit in der Natur auf. Künstlich angelegte Moorgewässer eignen sich als urbane Wasserspeicher, zumal sie als positiver Nebeneffekt Ersatzlebensräume für Arten verloren gegangener Feuchtbiotope bieten und damit die Biodiversität urbaner Landschaften deutlich erhöhen können. Wo Flächen zur Verfügung stehen, sollten daher solche Speicherteiche in das Wassermanagementsystem integriert werden. Aus diesen Gewässern können in Trockenzeiten Wassermengen zur Auffüllung von Wasserspeichern in Reten-

„Schaumoor" im Kurpark Bad Schmiedeberg.

tionsdächern und auch zur Baumbewässerung entnommen werden.

NACHSPEISEN DER WASSERSPEICHER

Um bei langanhaltenden Trockenperioden die in diesen Zeiten besonders wichtigen Verdunstungseffekte von Dach-, Frei- und Parkanlagen in vollem Umfang zu erhalten, ist ein Nachspeisungssystem erforderlich, das ab einem unteren Mindestwasserstand in den Speicherbecken und Retentionsdächern diese Volumina aus dem Grundwasser nachspeist. Damit der Grundwasserspeicher gut gefüllt ist, sollte an allen geeigneten Stellen das temporär im Überschuss vorhandene Wasser nach Vorreinigung über Versickerungsanlagen (Mulden, Versickerungsfenster) eingespeist werden. Dies sollte deutlich über das natürliche Maß der Versickerung hinausgehen, um dieses Volumen als Speicher für Trockenperioden vorzuhalten. So kann in niederschlagsarmen Monaten mit dem im Winterhalbjahr gespeicherten „Wasservorrat" die Verdunstung hochgehalten und Dächer, Parks und Gärten bewässert werden. Auch diese Betrachtung sollte auf Quartiers- oder Stadtteilebene durch Langzeitsimulationen quantitativ abgesichert werden, um die längerfristigen Auswirkungen von Veränderungen im Wassermanagement abschätzen zu können. Durch lokale Grundwasserentnahmen kann so im urbanen Raum durch Bewässerung im Sommer mit versickerten Niederschlägen im Winter trotz veränderter Niederschlagsverteilung im Jahresverlauf eine Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt im mehrjährigen Gesamtzusammenhang erreicht werden.

Versickerungsmulden mit Versickerungsfenstern zur Zwischenspeicherung von Starkniederschlägen und Teiche zur Speicherung von Bewässerungswasser werden so zu Teilen eines Gesamtsystems, in dem diese Speicher den Abfluss nahezu unterbinden. Dach- und Freiflächen erhöhen die in Hitze- und Trockenperioden besonders wichtige Verdunstungsleistung und werden aus den lokalen Wasserspeichern und dem Grundwasser, in das die Winterniederschläge verstärkt eingespeist werden, mit den für die Verdunstung notwendigen Wassermengen versorgt.

Die dafür erforderlichen Mengen sind sehr hoch, da z.B. in Leipzig das sommerliche Wasserdefizit zwischen Niederschlag und theoretischer Verdunstungsleistung sehr groß ist. Gerade in den letzten Jahren ist zu beobachten, dass sich das sommerliche Wettergeschehen zum Teil sehr deutlich verändert. Solche Veränderungen, die zum Teil auf den Klimawandel zurückzuführen sind, können durch Maßnahmen zur Wiederherstellung der natürlichen Wasserbilanz im urbanen Raum nicht kompensiert werden. Betrachtet man den Jahresgang von Niederschlag, Sonnenscheindauer und Temperatur, so wird deutlich, wie gering die Einflussmöglichkeiten auf den Jahreswasserhaushalt sind.

Die im Projekt Leipziger BlauGrün vorgeschlagenen Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung zielen nicht auf eine Kompensation der Auswirkungen des Klimawandels, sondern lediglich auf eine Trendumkehr der Entwicklungen, die den lokalen Wasserhaushalt in urbanen Verdichtungsräumen beeinflussen. Nur in Kombination mit allen anderen Bemühungen, z.B. zur Immissionsminderung, kann eine langsame Dämpfung der aktuellen Entwicklungen, die derzeit noch zu einer Verschlechterung der Situation beitragen, erreicht werden.

„Das Jahr 2022 war mit +2,1 Grad »extrem zu warm«, mit 29 Prozent mehr Sonnenstunden »extrem zu sonnig«, mit 19 Prozent weniger Niederschlag »viel zu niederschlagsarm«... Die meisten Sonnenstunden gab es im Frühjahr mit +46 Prozent. Die klimatische Wasserbilanz (Niederschlag minus Verdunstung) weist in Sachsen ein Defizit von 20 Litern pro Quadratmeter auf. Zum Vergleich: In der klimatologischen Referenzperiode 1961 - 1990 betrug die klimatische Wasserbilanz +250 Liter pro Quadratmeter. Das Defizit im Jahr 2022 resultiert aus 19 Prozent weniger Jahresniederschlag und einer um 21 Prozent höheren Verdunstung. Experten sprechen hier vom „Durst der Atmosphäre" (DWD und Freistaat Sachsen Wetter trifft Klima - Jahresrückblick 2022; Zugriff 23.06.2024: www.klima.sachsen.de).

Alle Maßnahmen des Blau-Grünen Stadtumbaus sollen die Resilienz der städtischen Freiräume gegenüber Extremwetterereignissen erhöhen. Dabei ist die geringe Wasserdurchlässigkeit des anstehenden Geschiebemergels an vielen Stellen in Leipzig ein limitierender Faktor für den Einsatz von Blau-Grünen Technologien. Um die Einsatzmöglichkeiten zu erweitern, sind neben dem Einsatz von Speicherteichen weitere technologische Ansätze denkbar, die auch in Verbindung mit einer Bewässerungsstrategie eingesetzt werden können.

Versickerungsmulde Schulhof Heidegrundschule Bad Düben.

INTEGRIERTE PLANUNG

Sophie Wehmeier Stadt Leipzig

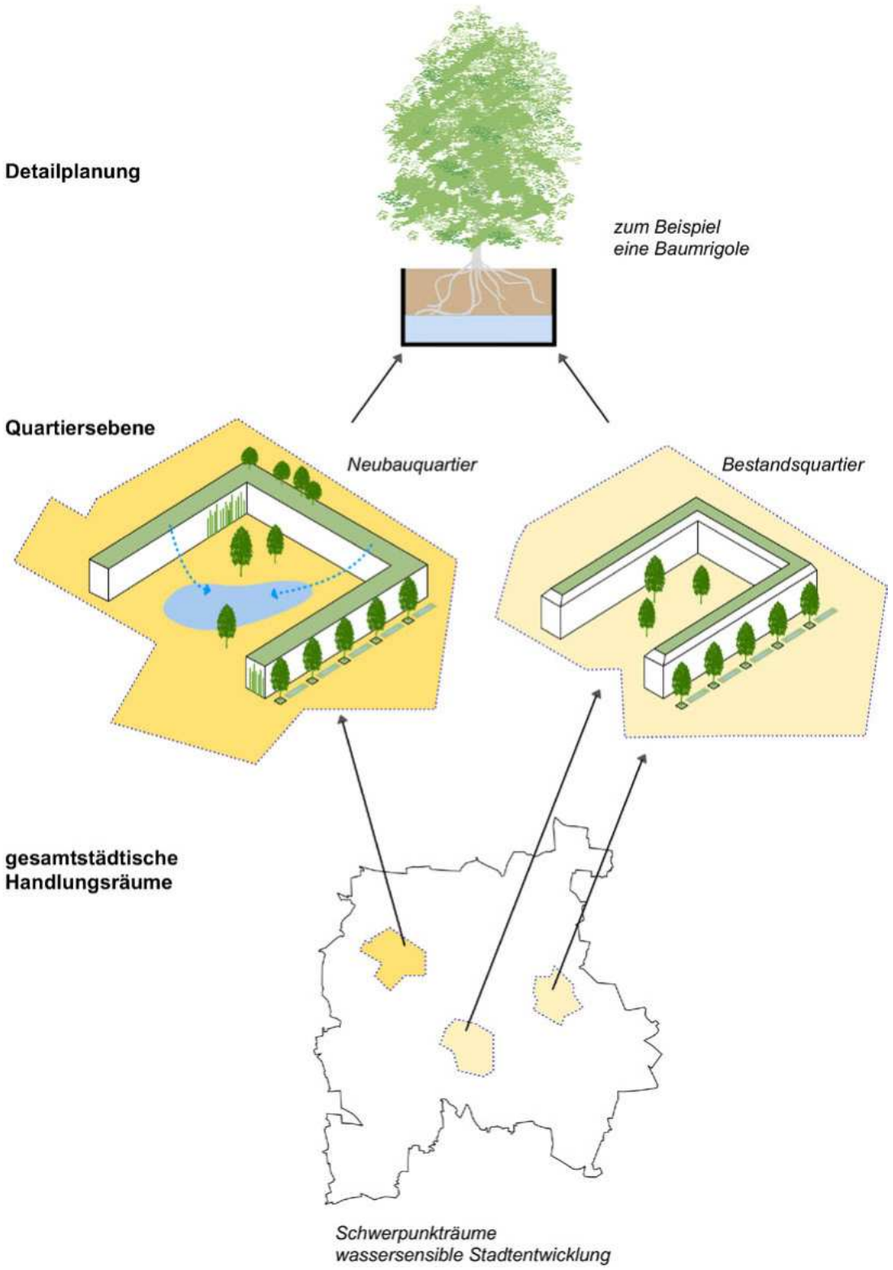
INTEGRIERTE PLANUNG

Blau-grüne Infrastruktur dient in unseren Städten den übergeordneten Zielen des natürlichen Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel. Sie ist flächenwirksam und muss deshalb mit weiteren Nutzungen im begrenzten urbanen Raum verknüpft werden. Eine in diesem Sinne multifunktionale Flächennutzung kann Synergien erzeugen und sollte gesamtstädtisch und integriert geplant werden.

Diese Synergien werden durch die traditionelle Abgrenzung der Fachdisziplinen und isolierte Planung insbesondere von Wasserinfrastruktur, Stadtgrün, Verkehrswegen und Grundstücksbebauung nicht ermöglicht. Das am 1. Juli 2024 in Kraft getretene Klimaanpassungsgesetz des Bundes (KAnG) fordert daher eine fachübergreifende und integrierte Berücksichtigung des Ziels der Klimaanpassung (siehe § 8 KAnG).

Um zu einer klimaangepassten, wassersensiblen Stadtentwicklung zu gelangen, müssen segmentierte Organisations-, Planungs- und Entscheidungsstrukturen überwunden werden. Insbesondere müssen Wege gefunden werden, die Regenwasserbewirtschaftung und die Wasserwirtschaft im Zusammenhang mit der Stadt-, Landschafts- und Freiraumplanung zu entwickeln. Dazu sind integrierte Planungen auf verschiedenen Planungsebenen erforderlich.

Die strategische Planung einer wassersensiblen Stadtentwicklung sollte auf gesamtstädtischer Ebene erfolgen. Dabei ist zu entscheiden, wo die Entwicklung einer blau-grünen Infrastruktur besonders notwendig und sinnvoll ist. Es werden also räumliche Prioritäten und Handlungsschwerpunkte für eine wassersensible Stadtentwicklung definiert. Als Planungsgrundlage dienen u.a. Daten wie Starkregengefahrenkarten und Stadtklimaanalysen. Auf Basis der lokalen Versickerungsbedingungen, Grundwasserflurabstände und Flächenverfügbarkeiten wird entschieden, inwieweit blau-grüne Infrastruktur im gesamtstädtischen Kontext umgesetzt werden können.



Prioritätensetzung in gesamtstädtischer Planung für wassersensible Stadtentwicklung

FORMELLE PLANUNGEN			POTENTIALE FÜR WASSERSENSIBLE STADTENTWICKLUNG
	Rechtsgrundlage	**Akteure**	
Landschaftsplan (LP), Planinstrument	Bundesnatur-schutzgesetz (BNatschG)	Landschaftsplanung	Planerische Auseinandersetzung mit den Naturgütern Wasser, Klima und Luft, Boden und Arten/Biotope/Biodiversität und Erholung und deren Wirkungsgefüge → Synergien im Sinne der wassersensiblen Stadtentwicklung erkennen und Prioritätenräume definieren
Flächennutzungs-plan (FNP)	Baugesetzbuch (BauGB)	Stadtplanung, Bauamt	Flächen für blau-grüne Infrastruktur behördenverbindlich sichern, Vorgaben für nachgeordnete Planungsebenen definieren (Schutzbereiche)
INFORMELLE PLANUNG			
Abwasserbe-seitigungskonzept (ABK) / General-entwässerungs-plan (GEP)	Landeswasser-gesetze, bspw. Sächsisches Wassergesetz (SächsWG)	Abwasserbeseiti-gungspflichte (in Leipzig: Stadt Leipzig, vertreten durch Leip-ziger Wasserwerke)	Planung mit Initiativkraft zur Umgestaltung des Bestandes
Klimaanpassungs-konzept (KIAnK)	Klimaanpas-sungsgesetz (KAnG)	Umweltämter / gesamte Stadtver-waltung	Maßnahmenplanung im Sinne der wassersensiblen Stadtentwicklung

Gesamtstädtische Planungen, ihre Rechtsgrundlage und Akteure, eigene Darstellung

Die etablierten formellen Planungsinstrumente Landschaftsplan (LP) und Flächennutzungsplan (FNP) können und müssen teilweise die strategische Planung im Sinne einer Prioritätensetzung für eine wassersensible Stadtentwicklung auf gesamtstädtischer Ebene leisten. „[Die] Landschaftsplanung [ist] als vorausschauendes Instrument des Naturschutzes [...] per sé darauf ausgerichtet [...] unterschiedliche Nutzungsansprüche auszugleichen und mit verschiedenen Akteuren abgestimmte Entwicklungsmöglichkeiten aufzuzeigen." Der Landschaftsplan hat zudem „die Anforderungen im Hinblick auf Erholungs- und Gesundheitsfunktionen der Menschen im Auge" (Lipp et al., 2024). Diese Anforderungen decken sich insbesondere mit den positiven Wirkungen der blau-grünen Infrastruktur auf den Menschen. Der LP kann daher dazu dienen, den natur- und erholungsraumbezogenen Teil der wassersensiblen Stadtentwicklung auf gesamtstädtischer Ebene sinnvoll zu planen.

Um die im LP vorgenommene planerische Auseinandersetzung mit der wassersensiblen Siedlungsentwicklung behördenverbindlich zu gestalten und in den Kontext der städtebaulichen Entwicklung zu stellen, ist die Verknüpfung mit dem FNP erforderlich. Damit können flächenbezogene (ökologische) Festsetzungen im Sinne einer wassersensiblen Stadtentwicklung für alle nachfolgenden Planebenen wie den Bebauungsplan, der „aus dem Flächennutzungsplan zu entwickeln" ist (§ 8 BauGB) und kommunales Baurecht schafft, getroffen

werden. Darüber hinaus kann „auf der Maßstabsebene des Flächennutzungsplans [...] die [...] grob skizzierte Anpassung des Siedlungsbestandes an den Klimawandel in mehrfacher Hinsicht vorbereitet und gesteuert werden" (Bunzel et al., 2023). Das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu) bezeichnet beispielsweise den Flächennutzungsplan der Stadt Aachen als vorbildlich (vgl. Bunzel et al. 2023), der für große Teile der baubauten Kernstadt von Aachen einen "Schutzbereich Stadtklima" ausweist. „Nachverdichtungsmaßnahmen über neue Bebauungspläne oder Innenentwicklungen gem. § 34 BauGB sollten [...] klimaverträglich gestaltet werden." Als Maßnahmen werden hier Dach- und Fassadenbegrünung sowie Grünvolumenangaben genannt (Stadt Aachen, 2020). Die Stadt Aachen denkt an dieser Stelle bereits den unbeplanten Innenbereich (§ 34 BauGB) mit und setzt sich verwaltungsinterne Standards, da die aktuelle Gesetzeslage eine klimaverträgliche Gestaltung des unbeplanten Innenbereichs noch nicht vorsieht. Hier wäre eine Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen erforderlich. Im Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauen zur Novellierung des BauGB aus dem Jahr 2024 (Entwurf eines Gesetzes zur Stärkung der integrierten Stadtentwicklung) ist bereits vorgesehen, dass in § 34-Gebieten „ergänzende Anforderungen gestellt werden können, die der Klimaanpassung, insbesondere der Vermeidung und Minderung von erhöhten Hitzebelastungen und Schäden durch Starkregenereignisse, dienen". Entscheidend für die Umsetzbarkeit wird hier die Definition eines klaren Rahmens für die Handlungskompetenz der Kommunen sein.

Die formellen Planungsinstrumente LP und FNP können Rahmenbedingungen für eine blau-grüne Stadtentwicklung im Neubau und im Bestand setzen, indem sie flächenbezogene Vorgaben für die nachfolgenden Planungsebenen machen.

Darüber hinaus sollten neu aufgestellte informelle Planungen, die sich mit einer wassersensiblen Stadtentwicklung befassen, die Vorgaben der aktuellen übergeordneten formellen strategischen Planungen wie LP und FNP berücksichtigen und für den konkreten Planungsraum bzw. das konkrete Fachthema weiter ausdifferenzieren. Informelle Planungen bieten die Möglichkeit, sich intensiv einem Fachthema zu widmen. Die Rahmenvorgaben der formellen und informellen Planungsinstrumente sollten auch für Planungen auf Genehmigungsebene (z.B. Straßenplanungen) - auch in bestehenden Strukturen - gelten. Damit die Planwerke ihre Steuerungswirkung voll entfalten können, ist es wichtig, dass sie auf aktuellen Datengrundlagen basieren und regelmäßig aktualisiert werden.

LP, FNP, Bebauungsplan (B-Plan) und Genehmigungsplanung können jedoch keine (Zeit-) Planung leisten, die kurzfristige und kleinteilige Maßnahmen und Schritte im Sinne einer grundsätzlichen Ausbauplanung der blau-grünen Infrastruktur insbesondere im Bestand definiert, um die strategischen Ziele zu erreichen. Für die gesamtstädtische Planung können Klimaanpassungskonzepte, Abwasserbeseitigungskonzepte und andere informelle Planungen herangezogen werden. Diese Planungen sollten auf eine mittel- und langfristige Prioritäten-, Entwicklungs- und Investitionsplanung mit Initiativkraft ausgerichtet sein und idealerweise einen konkreten Maßnahmenplan mit Zuständigkeiten und ggf. hinterlegter Finanzierung enthalten. Dabei sind auch personelle Ressourcen zu berücksichtigen. Diese Planung setzt ein proaktives Handeln der Stadtverwaltung voraus und muss vom Stadtrat beschlossen werden.

Neben der gesamtstädtischen strategischen Planung ist die Integration von Infrastruktur auch auf kleinräumiger Ebene notwendig. Dabei ist die Quartiersebene sowohl im Neubau als auch im Bestand zu betrachten (siehe Abbildung). Eine Planungsebene, die der Quartiersebene nahekommen kann, ist der B-Plan-Umgriff. Hier können die Festsetzungen des FNP inhaltlich und gestalterisch weiter qualifiziert werden. B-Pläne sind Gelegenheitsfenster für die gebietsbezogene Planung der blau-grünen Infrastruktur. Auf dieser Planungsebene können insbesondere Synergien zwischen wasserwirtschaftlichen und freiraumplanerischen Belangen durch naturnahe blau-grüne Infrastruktur geschaffen werden. Hier sind die Stadtplaner gefordert, entsprechende integrierte Planungsprozesse mit Wasserwirtschaftlern und Freiraumplaner

zu steuern. Im Zuge der Genehmigungsverfahren (Bauantragsverfahren oder Bebauungsplanung) zur Umsetzung eines B-Plans wird deutlich, wie kohärent die vorangegangenen Abstimmungen zwischen den einzelnen Akteuren, die für die Planung blau-grüner Infrastruktur verantwortlich sind, waren.

Die Vernetzung bestehender und neuer blau-grün-grauer Infrastruktur erfordert eine integrierte Planung. Diese Planung kann nur durch die gezielte Steuerung verschiedener Fachbereiche und deren Daten gelingen. Ein niedrigschwelliger Datenzugang für Planer zu diesen vielfältigen Datenbeständen ermöglicht aktuelle und präzise Datenanalysen, die helfen, mögliche Synergien von Flächenansprüchen in der Stadt zu identifizieren und so multifunktionale Räume auf allen Planungsebenen zu schaffen. In Leipzig übernimmt z.B. das Lenkungsnetzwerk wassersensible Stadtentwicklung Leipzig die zielgerichtete Koordination und Steuerung verschiedener Fachbereiche und hat u.a. eine WebGIS-Anwendung geschaffen, die allen Beteiligten einen niedrigschwelligen Zugang zu den Daten ermöglicht. Perspektivisch sollen dort alle für die Planung und Umsetzung einer wassersensiblen Stadtentwicklung notwendigen Daten zur Verfügung stehen.

Die Ziele für die Planung und Umsetzung der blau-grünen Infrastruktur sind für alle Kommunen im Wesentlichen gleich. Die kommunalen Prozesse und Strukturen mit allen notwendigen externen Akteuren müssen jedoch an die Strukturen und Zuständigkeiten der jeweiligen Verwaltungen angepasst werden. Leipzig kann hier als gutes Beispiel dienen.

ZUSAMMENFASSUNG

Insbesondere in den Städten erfordert die Flächenkonkurrenz eine multifunktionale Nutzung der knappen Ressource Fläche. Wenn jeder Fachbereich seine eigenen Planungen für die jeweils zu vertretenden Belange erstellt, können die begrenzt zur Verfügung stehenden Flächen nur eingeschränkt multifunktional geplant werden. Eine integrierte fachübergreifende Planung erleichtert und beschleunigt die koordinierte Umsetzung einer wassersensiblen Stadtentwicklung und macht fachübergreifende Synergien sichtbar. Dazu muss zunächst ein einheitliches Verständnis über die Begrifflichkeiten der wassersensiblen Stadtentwicklung zwischen den Fachbereichen geschaffen werden, was mitunter zeitintensiv sein kann. In Leipzig wird der Verständigungsprozess und die Koordination der blau-grünen Entwicklung durch das „Lenkungsnetzwerk wassersensible Stadtentwicklung" übernommen. Dadurch kann die Vernetzung von bestehenden und neuen blau-grün-grauer Infrastruktur gelingen.

Die gesamtstädtischen formellen Planungen LP und FNP können eine flächenbezogene strategische Ausrichtung der Ziele der wassersensiblen Stadtentwicklung leisten. Um von der strategischen Ausrichtung zur Maßnahmenplanung zu gelangen, können informelle Planungsinstrumente wie z.B. Abwasserbeseitigungskonzepte eingesetzt werden. Diese könnten einen größeren Maßstab aufweisen und die Maßnahmen mit einer zeitlichen Komponente verknüpfen.

Thermischer Komfort in einem Innenhof in Leipzig um 16 Uhr, berechnet mit dem Stadtklimasimulationsmodell PALM-4U

Matthias Winkler und Johanna Henning
Stadtbauphysik-Modellierung –
Abteilung Hygrothermik
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

MIKROKLIMASIMULATION VON INNENHÖFEN

In Städten herrscht ein anderes Klima als im Umland. So können unter dem Phänomen der städtischen Wärmeinsel Temperaturunterschiede von bis zu 12 K zwischen Stadt und Umland auftreten. Gründe hierfür sind z.B. die hohe Bebauungsdichte als Strukturveränderung, der hohe Versiegelungsgrad, die Materialeigenschaften der Oberflächen und anthropogene Wärmequellen wie Klimaanlagen. Auch innerhalb städtischer Räume können bereits nach wenigen Metern deutliche Unterschiede in Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Temperatur, Strahlung und Luftqualität auftreten. Diese Unterschiede machen es notwendig, das Mikroklima bei stadtklimatischen Analysen und Untersuchungen zu berücksichtigen.

Soll das Mikroklima nicht nur punktuell, also in Form von Messdaten, sondern flächenhaft betrachtet werden oder sollen Planungsvarianten verglichen werden, bietet sich der Einsatz eines Stadtklimasimulationsmodells an. Dieses kann je nach Modell die räumlichen Eigenschaften, Strahlungs- und Strömungsflüsse räumlich und zeitlich sehr hoch aufgelöst abbilden. Eines dieser Stadtklimamodelle wurde im Rahmen der Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel" (2016 bis 2023) des BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) geschaffen: Mit PALM-4U wurde ein Stadtklimasimulationsmodell entwickelt und durch Messkampagnen validiert, das sowohl in der Forschung als auch in der Praxis einsetzbar ist und die Simulation kleiner Gebiete wie auch die Analyse ganzer Städte ermöglicht. PALM-4U ist als Open Source Software frei verfügbar und kann zur Entscheidungsunterstützung in Stadtplanungsprozessen und verwandten Bereichen beitragen. Die cloudbasierte grafische Benutzeroberfläche PALM-4U GUI ermöglicht eine einfache und praxisnahe Bedienung des Modells. Für die Anwendung werden in der Regel folgende Eingangsparameter benötigt:

- 3D-Stadtmodell bzw. digitaler Zwilling mit Informationen zu Oberflächenformen und -eigenschaften
- Informationen zu meteorologischen Randbedingungen, z.B. aus lokalen Messdaten

Mit Hilfe von Simulationen lassen sich verschiedene stadtklimarelevante Planungsfragen abbilden. Die typischsten werden in drei Anwendungsfeldern zusammengefasst:

Thermischer Komfort und Kaltlufthaushalt
Die Simulation eines typischen heißen Sommertages ermöglicht die Analyse der thermischen Belastung am Tag und des nächtlichen Kaltlufthaushaltes. Zur Bewertung der thermischen Belastung des Menschen werden sogenannte Belastungsindizes verwendet, wie z.B. der universelle thermische Klimaindex »UTCI«. Dieser berücksichtigt neben der Lufttemperatur auch Strahlung, Wind und Luftfeuchte. Damit lässt sich kategorisieren, wie stark der menschliche Körper durch die vorliegende Situation belastet wird. In der Nacht sind zudem das Kaltluftvolumen und der Kaltluftabfluss von zentraler Bedeutung, um die Durchlüftung des Siedlungskörpers zu bewerten.

Windkomfort
Untersuchungen zum Windkomfort befassen sich mit den Auswirkungen des Windes in städtischen Gebieten, unabhängig von thermischen Einflüssen. Dabei werden Windströmungen hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Menschen und ihres Gefährdungspotentials bewertet. Windkomfortsimulationen werden vor allem in windreichen Gebieten Deutschlands, z.B. in küstennahen Städten, eingesetzt.

Schadstoffausbreitung
Ziel dieser Untersuchungen ist es, den Anteil der Feinstaubbelastung, der durch den lokalen Hausbrand einerseits und den Straßenverkehr andererseits verursacht wird, abzuschätzen und die Wirksamkeit von Maßnahmen vorab zu überprüfen.

Ein Beispiel für den Einsatz des Stadtklimamodells PALM-4U findet sich auch im Projekt Leipziger BlauGrün: Hier konnten die mikroklimatischen Auswirkungen von Begrünungs- und Bebauungskonzepten in Leipziger Innenhöfen während eines heißen Sommertages mit dem Modell untersucht werden.

PLANUNGS INSTRUMENTE

Marc Breulmann
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

BEWERTUNG BLAU-GRÜNER INFRASTRUKTUR

Der Begriff „Blau-grüne Infrastruktur" (BGI) bezieht sich allgemein auf bewirtschaftete und gebaute Infrastrukturen. Kernelemente von BGI sind Wasser und Vegetation, die für die dezentrale Siedlungswasserwirtschaft genutzt werden (z.B. Gründächer, begrünte Retentionsdächer, Versickerungsmulden, Speicherinfrastrukturen), und die sowohl koppelbar sind, als auch z.B. eine Bewässerung beinhalten können. BGI werden als multifunktional angesehen und können den Folgen des Klimawandels entgegenwirken (Breulmann et al., 2024). Eine große Herausforderung bei der Integration von BGI in die Siedlungswasserwirtschaft ist die Flächenkonkurrenz zwischen unterirdischen Strukturen (Tiefgaragen, Versickerungsmulden, Speicherinfrastruktur, Fernwärme- und andere Leitungen) und oberirdischen Strukturen (Straßen, Gehwege, Spielplätze, Radwege, Parkplätze) sowie der Bedarf an natürlicher Flächennutzung (z.B. Baumpflanzungen, Grünflächen). Stadtquartiere können jedoch so gestaltet werden, dass sie beides miteinander verbinden (McDonald et al., 2023).

Der Wasserhaushalt kann hier als wichtiger Indikator für die negativen Auswirkungen der Urbanisierung und des zu erwartenden Klimawandels angesehen werden und wird für wasserwirtschaftliche Bewertungen herangezogen. Blaue und grüne Infrastruktur sowie deren Verknüpfung mit grauer Infrastruktur können dazu beitragen, sich dem natürlichen Wasserhaushalt anzunähern und die negativen Auswirkungen der Urbanisierung und des Klimawandels abzumildern. Die Vorhersage des Wasserhaushalts in urbanen Gebieten und der damit verbundenen Infrastruktur bleibt jedoch eine Herausforderung und wird in der Planung häufig vernachlässigt (Trapp et al., 2020).

Digitale Planungsinstrumente können die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen kommunalen Fachbereichen, Ämtern und Entscheidungsträgern fördern und erleichtern, daher sollte bereits zu Beginn von Planungsprozessen geprüft werden, welche übergeordneten Ziele erreicht werden sollen, aber auch welche Methoden den spezifischen Anforderungen eines Projektes entsprechen. Der Einsatz solcher Planungsinstrumente ist insbesondere zu Beginn eines Prozesses sinnvoll, um alle relevanten Daten und Fachdisziplinen zusammenzuführen. Auch im späteren Prozess, z.B. bei der Kommunikation mit der Öffentlichkeit, können digitale Werkzeuge durch Visualisierungen unterstützen (Lang et al., 2023). Je präziser und hochauflösender die vorhandenen Datengrundlagen sind, desto verlässlichere Aussagen lassen sich mithilfe der vorgestellten Simulations- und Bewertungsmethoden generieren. Detaillierte Datengrundlagen ersetzen eine Detailplanung jedoch nicht, die für konkrete BGI-Umsetzung sinnvoll und notwendig bleibt. Ein entscheidender Mehrwert liegt in der Einordnung und Gegenüberstellung unterschiedlicher Planungsvarianten oder Szenarien, was u.a. Städten und Ämtern bessere Voraussetzungen für Bürgerbeteiligung und Ausschreibungen gibt.

PLANUNGSINSTRUMENTE ZUR ERMITTLUNG DER WASSERBILANZ FÜR DAS NIEDERSCHLAGSWASSER-MANAGEMENT

Städte haben weitreichende Auswirkungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt sowie auf die Gewässermorphologie der sie umgebenden Fließgewässer. Sie manifestieren sich in der Versiegelung von Flächen, in erheblichen Veränderungen der Gewässer- und Uferstruktur sowie in der Einleitung von Abwässern und Schadstoffen aus den einzelnen Siedlungsstrukturen. Die Veränderungen des Wasserhaushaltes in Siedlungsgebieten und des Abflussregimes der angrenzenden Fließgewässer werden maßgeblich durch die Bebauung beeinflusst, die sich auf die hydrologischen Prozesse der Infiltration und Evapotranspiration auswirkt. Das Ausmaß dieser Veränderungen hängt vor allem vom Anteil der versiegelten Flächen im Siedlungsgebiet ab (DWA, 2022).

In Deutschland werden bereits verschiedene geeignete Modelle zur Ermittlung des Wasserhaushaltes eines bestimmten Referenzzustandes eingesetzt. Die Wasserhaushaltskomponenten werden dabei durch Langzeitsimulationen mit aktuellen meteorologischen Zeitreihen berechnet und sind im DWA-Merkblatt „Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer - Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Regenwasserbewirtschaftung" (DWA, 2022) aufgeführt. Darin wird die Ermittlung der Wasserbilanz für den unbebauten und den bebauten Zustand näher erläutert.

Wasserhaushaltsprojektionen sind entscheidend für die Vorhersage des zukünftigen Wasserabflusses. Sie basieren auf einer Reihe von Emissionsszenarien, globalen und regionalen Klimamodellen sowie Wasserhaushaltsmodellen. Da die Modelle nur Annäherungen an die Realität darstellen, ist ihre Entwicklung ein mehrstufiger Prozess, der Berechnungen und Plausibilitätsprüfungen der Ergebnisse umfasst. Hinweise, wie mögliche BGI den Wasserhaushalt beeinflussen, fehlen aber bisweilen.

PLANUNGSINSTRUMENTE UND -METHODEN

In städtischen Gebieten spielen verschiedene Planungsinstrumente und -methoden eine entscheidende Rolle bei der Berechnung und dem Management des Wasserhaushalts. Zu den gebräuchlichsten gehören hydrologische Modelle, Software zur Regenwasserbewirtschaftung, Geographische Informationssysteme (GIS), LID-Planungstools (LID steht für Low Impact Development), sowie Online-Rechner und Tools.

Hydrologische Modelle sind computergestützte Werkzeuge, die den Wasserhaushalt eines Einzugsgebietes oder einer städtischen Region modellieren. Sie berücksichtigen verschiedene hydrologische Prozesse wie Niederschlag, Abfluss, Verdunstung, Versickerung und Oberflächenabfluss. Bekannte Modelle sind das SWMM (Storm Water Management Model), das HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) und MIKE URBAN.

Regenwasserbewirtschaftungssoftware ist speziell für die Planung und Bemessung von Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung konzipiert. Sie ermöglicht die Berechnung von Regenwassermengen, die Speicherung und Rückhaltung von Regenwasser sowie die Dimensionierung der entsprechenden Infrastruktur. Beispiele hierfür sind SWMM, DHI MIKE URBAN und TUFLOW.

GIS (Geographische Informationssysteme) dienen der räumlichen Analyse und Visualisierung hydrologischer Daten und Informationen. Sie integrieren geographische Daten wie Geländemodelle, Landnutzungskarten, Niederschlagsdaten und hydrologische Netzwerke, um den Wasserhaushalt in städtischen Gebieten zu verstehen und zu planen. Bekannte GIS-Programme sind ArcGIS, QGIS und GRASS GIS. Viele größere Städte betreiben auch eigene GIS-Portale.

LID-Planungswerkzeuge unterstützen die Umsetzung von Low-Impact-Entwicklungsmethoden zur Reduzierung des Regenwasserabflusses in städtischen Gebieten. Sie helfen bei der Auswahl und Platzierung von LID-Praktiken wie Gründächern, Regenwasserversickerung und Regenwasserrückhaltung.

Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von Online-Rechnern und -Tools, die zur schnellen Berechnung bestimmter hydrologischer Kenngrößen und zur Abschätzung des Wasserhaushalts in Siedlungsgebieten eingesetzt werden können. Diese werden häufig von Behörden, Universitäten und Forschungseinrichtungen zur Verfügung gestellt. Die Wahl des geeigneten Planungsinstrumente hängt jedoch von den spezifischen Projektanforderungen, den verfügbaren Daten, dem Budget und den technischen Fähigkeiten des Anwenders ab. Häufig wird eine Kombination mehrerer Werkzeuge und Methoden eingesetzt, um ein umfassendes Verständnis des Wasserhaushalts zu erlangen und effektive Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung zu planen und umzusetzen. Für einzelne BGI-Technologien gibt es zudem oft konkrete Modellansätze (Knappe et al., 2023). BGI gewinnen zunehmend an Bedeutung, da Städte weltweit nach nachhaltigen Lösungen suchen, um dem Klimawandel zu begegnen. In diesem Zusammenhang bieten Planungswerkzeuge eine entscheidende Unterstützung, um die Bewässerung von Grünflächen effizient zu gestalten und gleichzeitig die Integration in ganzheitliche Ansätze der Regenwasserbewirtschaftung und Stadtgrünplanung zu ermöglichen. Eine wichtige, aber oft vernachlässigte Kategorie solcher Werkzeuge ist Regenwasserbewirtschaftungssoftware, die neben der Planung von BGI auch Funktionen zur Optimierung der Bewässerung bietet.

EINE AUSWAHL AN RELEVANTEN PLANUNGSINSTRUMENTEN

WASSERHAUSHALT SIEDLUNGSGEPRÄGTER GEWÄSSER (WASIG)

Das Mess- und Untersuchungsprogramm in WaSiG ist ein GIS-gestütztes Verfahren, welches dazu beiträgt, Prozesse des Wasserhaushaltes zu analysieren und Aussagen über die Wirkung von Regenwasserbewirtschaftung in schon bestehenden Siedlungen zu liefern. Bei diesem Verfahren werden die Referenzwerte aus den gleichen Hydrotop- und Landschaftstypen ermittelt, die auch im zu untersuchenden Siedlungsgebiet vorhanden sind (Steinbrich et al., 2018; DWA, 2022). Grundlage für die Ermittlung der Wasserhaushaltskennwerte ist die allgemeine Wasserhaushaltsgleichung für ein geschlossenes Einzugsgebiet. Diese berücksichtigt die drei Größen Niederschlag,

Abfluss und aktuelle Verdunstung sowie die Speicherveränderung des betrachteten Systems. Das Verfahren bestimmt auf der Basis allgemein verfügbarer Daten den langjährigen mittleren Wasserhaushalt als Referenzzustand. Die Vorgehensweise nach Uhl et al. (2021):

- Bestimmung der naturräumlichen Einheit, in der das Planungsgebiet liegt, auf der Grundlage des Hydrologischen Atlas Deutschlands (HAD).
- Ermittlung der im Planungsgebiet vorkommenden Bodentypen.
- Analyse der nicht urbanen Landnutzung.
- Berechnung der Flächenanteile mit gleicher Boden-/Landnutzungskombination.
- Festlegung der Modellparameter unter Berücksichtigung von Bodeneigenschaften, Landnutzung, Topographie und Geologie.
- Auswahl einer repräsentativen Klimastation.
- Berechnung der Anteile von Direktabfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung.

VERFAHREN GRUNDWASSERNEUBILDUNG (GWNEU)

Ziel ist die flächendifferenzierte Ermittlung der langjährigen mittleren Grundwasserneubildung. Hierzu eignet sich die Berechnung der Grundwasserneubildung mit Hilfe der Wasserhaushaltsgleichung, die für jede homogene Teilfläche separat durchgeführt wird. Dieses Verfahren berechnet analog zum HAD die Verdunstung nach BAGLUVA, den Direktabfluss und daraus als Differenz die Grundwasserneubildung (DWA, 2022). Für die Berechnung der Verdunstung und des Direktabflusses werden die notwendigen Basisgrößen für jede homogene Kleinfläche ermittelt. Der Berechnungsablauf gliedert sich in die Schritte:

- Berechnung der Verdunstung,
- Berechnung des Gesamtabflusses,
- Abtrennung des Direktabflusses und
- Berechnung der Grundwasserneubildung.

Für die Berechnung der Grundwasserneubildung werden Eingangsdaten wie Niederschlag, Klimatope, Bodentypen, Flurabstände, Flächennutzung und Versiegelung, Hangneigung und Exposition benötigt.

WASSERBILANZMODELL (WABILA)

Für den urbanen Raum wurde das Wasserhaushaltsmodell WABILA entwickelt (Henrichs et al., 2017; Uhl et al., 2021). Mit Hilfe von Simulationsrechnungen und nichtlinearen multiplen Regressionsansätzen können die drei Hauptkomponenten des Wasserhaushalts in Abhängigkeit von lokalen Kenndaten bestimmt werden. Diese Kenndaten umfassen die bebauten Flächen, die Entwässerungsanlagen, die verschiedenen Versickerungssysteme (wie z.B. Versickerungsflächen, -mulden, -schächte, -rohre, -rigolen, Mulden-Rigolen-Elemente und -Systeme), die Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung sowie die Bauwerke zur zentralen Regenwasserbehandlung und-rückhaltung (wie z.B. Regenbecken ohne Dauerstau, offene Regenbecken mit Dauerstau, Retentionsbodenfilter und Teichanlagen mit Zufluss von befestigten Flächen). Zusätzlich werden hydrogeologische und meteorologische Daten berücksichtigt. Detaillierte Berechnungen sind in DWA (2022) beschrieben.

NATURNAHE URBANE WASSERBILANZ (NATURWB)

Mit der Forderung nach einer integralen Bewertung des Wasserhaushalts soll der Grundsatz des Wasserhaushaltsgesetzes unterstützt werden, die Gewässer so weit wie möglich in einen naturnahen Zustand zu versetzen. Um den urbanen Wasserhaushalt nach diesem Prinzip zu bewerten, ist ein Vergleich mit dem naturnahen Referenzzustand erforderlich (Schmit et al., 2022). Die von Schmit et al. (2022) weiterentwickelte und im WaSiG-Verfahren vorgeschlagene Methode definiert diesen naturnahen Zustand und wurde in ein bundesweit anwendbares Modell integriert und über ein interaktives Webtool zugänglich gemacht.

VERDUNSTUNGSMODELL URBANEVA

Das Verdunstungsmodell UrbanEVA wurde als Teilmodell in das hydrologische Simulationsmodell „Storm Water Management Model (SWMM)" integriert (Rossman, 2015). Es ist in das Modul Low Impact Development (LID) integriert und besteht aus drei Schichten Oberfläche, Boden und Speicher, und kann von der Bodenfeuchte abhängige Wechselwirkungen modellieren. Dieses Dreischichtensystem wird beibehalten und um eine Vegetationsschicht erweitert, für die verschiedene pflanzenspezifische Eigenschaften definiert werden können (Hörnschemeyer et al., 2021). Es bildet verschiedene Vegetationstypen standortspezifisch und präzise ab, indem es Interzeptionsverdunstung, Transpiration und Evaporation detailliert nachahmt und die Wechselwirkungen im System Boden-Pflanze-Atmosphäre sowie die Beschattung durch Gebäude oder Bäume realitätsnah integriert (Hörnschemeyer et al., 2021; Uhl et al., 2021). Dies ermöglicht in der Objekt- und Quartiersplanung eine detaillierte Berechnung von Begrünungs- und Verdunstungsvarianten.

MANAGEMENT OF URBAN STORMWATER AT BLOCK-LEVEL (MUST-B)

Der MUST-B Ansatz bietet eine Grundlage zur Abschätzung der Transformationsfähigkeit urbaner Entwässerungssysteme hin zu einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung. Er basiert auf der Annahme, dass Maßnahmen zur Reduzierung und Behandlung von Regenwasserabflüssen nicht nur bei Neubauprojekten, sondern auch bei bestehenden Siedlungsentwässerungssystemen wichtig sind. Ziel ist es, das Potenzial der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung auf Blockebene zu maximieren (Müller et al., 2023). Ein Block ist dabei ein innerstädtisches Gebiet, das von Straßen und anderen Verkehrswegen umgeben ist. Der Ansatz zielt darauf ab, Regenwasser innerhalb dieser Blockgrenzen zu halten und den Transport darüber hinaus zu vermeiden. Verkehrsflächen sind von dieser Betrachtung ausgenommen, da sie spezifische Entwässerungsanforderungen und -belastungen aufweisen.

Der MUST-B Ansatz ist flexibel und kann sowohl auf kleine Stadtteile als auch auf größere Stadtgebiete angewendet werden. Der Versiegelungsgrad und die Durchlässigkeit des Bodens werden für jeden Block untersucht, um die Planung einer BGI zu unterstützen. Der Ansatz ist so konzipiert, dass er mit allgemein verfügbaren Daten auf alle Städte übertragen werden kann.

Regenwasserversickerungsanlagen werden als einzelne oder kombinierte Komponenten der Siedlungswasserwirtschaft betrachtet. Die technischen Anforderungen orientieren sich an den Vorgaben der DWA (2006). Die genaue Dimensionierung der Anlagen hängt stark vom gewählten Material und der technischen Ausführung ab, was sich wiederum auf den Flächenbedarf und die Kosten auswirkt.

Die Potenzialanalyse nach dem MUST-B Ansatz berücksichtigt verschiedene Szenarien von Niederschlagsereignissen, die alle 5, 30 oder 100 Jahre auftreten und jeweils zwei Stunden andauern. Diese Szenarien dienen dazu, die technische Wirksamkeit dezentraler Maßnahmen, insbesondere zum Schutz vor lokalen Überflutungen, aufzuzeigen. Ein entscheidender Faktor für die Versickerung ist die Durchlässigkeit des Bodens.

Spezifische Eingangsdaten
Der MUST-B Ansatz nutzt verfügbare Daten mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad für die Modellierung. Dazu gehören sowohl Open-Source-Daten als auch hochaufgelöste lokale Daten zu Straßen, Bebauung und Vegetation. Mit Hilfe dieser Daten wird der Versiegelungsgrad der Siedlungsflächen bestimmt. Weitere Parameter wie Niederschlagsintensität und -dauer sowie Bodeneigenschaften geben den Rahmen für die Modellierung vor. Zu den Eingangsdaten zählen:

- Eine genaue Bestimmung des Versiegelungsgrades ist notwendig.
- Die Potenzialanalyse basiert auf der Betrachtung von Baublöcken als funktionale Einheiten, die durch Verkehrsflächen definiert werden. Die Verkehrsflächen wurden von der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes abgezogen, um die Datensätze der Häuserblocks zu erstellen.

- Die lokalen Niederschlagsdaten werden vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt. Für die Modellierung werden drei Regenereignisse unterschiedlicher Intensität und Dauer verwendet. Zur Verbesserung des Überflutungsschutzes nach DIN 1986-100 (2016) werden auch extreme Regenereignisse berücksichtigt.
- Bestimmung der Durchlässigkeit des Bodens.
- Die Simulation der Effizienz von Regenwasserbewirtschaftungsanlagen erfordert eine Abschätzung der Größe der verfügbaren Flächen. Die verfügbare Fläche wird in verschiedenen Datensätzen als Grünfläche unter Berücksichtigung von Sicherheitsabständen zu Gebäuden definiert.
- Die Bemessung der einzelnen Anlagen erfolgt nach DWA (2006) und ist abhängig vom Oberflächenabfluss und der Durchlässigkeit des Bodens. Der Flächenbedarf der Anlagen wird in der Modellierung schrittweise angepasst, um einen optimalen Abfluss ohne Überschreitungen zu gewährleisten. Zusätzliche Maßnahmen, wie extensive Gründächer und Schachtversickerungen, werden als weitere Szenarien berücksichtigt, wenn der zur Verfügung stehende Platz nicht ausreicht.

BGI BEWÄSSERUNGSMODELL B-GRIIN

Zahlreiche Studien haben den Bewässerungsbedarf und die Wassernutzung als wichtige Reaktion auf den Klimawandel untersucht, wobei der Schwerpunkt häufig auf den Bedürfnissen großflächiger landwirtschaftlicher Systeme liegt (Paschold et al., 2010; Lupia et al., 2017; Schwarz-v.Raumer et al., 2023). Für Gemüsekulturen im Freiland gibt es beispielsweise eine Methode zur Bewässerungssteuerung, die sogenannte „Geisenheimer Bewässerungssteuerung", die einen Pflanzenkoeffizienten (kc) für verschiedene Gemüsekulturen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien nutzt (Hochschule Geisenheim, 2021).

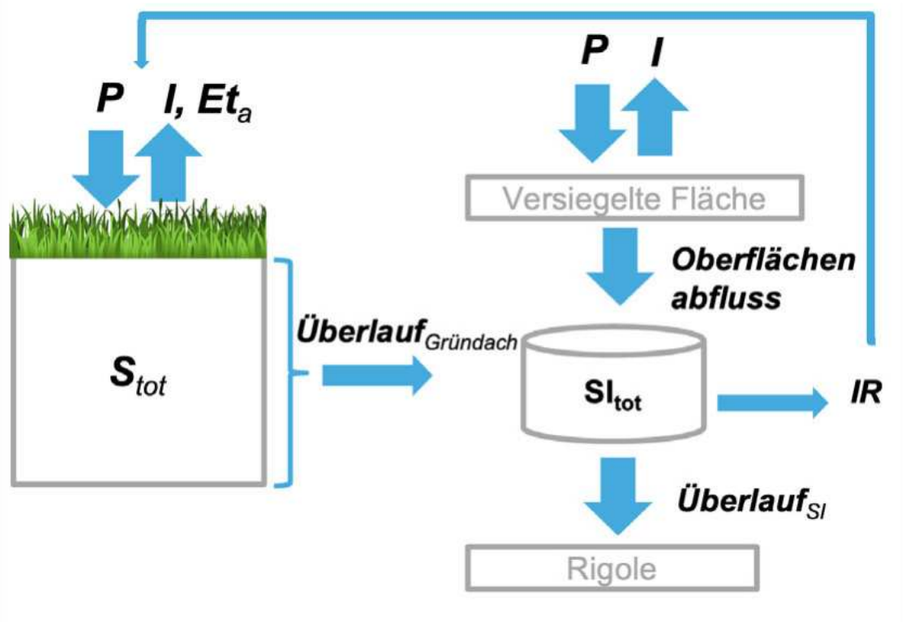
Schwarz-v.Raumer et al. (2023) stellten ein webbasiertes Tool vor, das darauf abzielt, die Regen- und Grauwasserableitung zu harmonisieren und gleichzeitig den Wasserbedarf der Vegetation in städtischen Grünflächen zu decken. Dieses Tool integriert GIS-Daten, um das Regen- und Grauwasserpotenzial in einem Einzugsgebiet zu bewerten. Es berechnet auch den täglichen Wasserbedarf für verschiedene Vegetationstypen unter Berücksichtigung lokaler Wettermuster, Beschattung, Bodenfeuchte und Bodenbedingungen.

Trotz der Relevanz dieser Thematik findet der Einsatz solcher Technologien im städtischen Kontext noch nicht ausreichend statt. Besonders im Hinblick darauf, wie BGI den Abfluss reduzieren und wie viel dieses Abflusses für eine optimale Bewässerung in trockenen Jahren zur Verfügung steht, ist dies wichtig. Durch die Speicherung von Regenwasser in Retentionsräumen oder Zisternen kann dieses für die Bewässerung genutzt werden, was entscheidend für die Regenwasserbewirtschaftung und die Sicherung eines abflusslosen Stadtquartiers ist. Die gewonnenen Erkenntnisse können dann in den laufenden Entwurfs- und Planungsprozess einfließen.

Das Bewässerungsmodell B-GRIIN (Blue-Green Infrastructure Irrigation) berücksichtigt nun genau diesen Kontext und beinhaltet die Kopplung verschiedener BGI sowie die Integration und Nutzung von gesammeltem Niederschlagswasser für Bewässerungszwecke. Der Wasserhaushalt kann variable für ausgewählte niederschlagsreiche bzw. -arme Jahre simuliert und Szenarien für die optimale Bewässerung der Grünflächen zu deren Erhaltung bereitgestellt werden.

Das Modell basiert auf der zeitlichen Variation der allgemeinen, ausgeglichen Wasserbilanzgleichung. Eine detaillierte Beschreibung des Bewässerungsmodells B-GRIIN und weitere Erläuterungen zu den getroffenen Annahmen finden sich in Breulmann et al. (2024).

Die Eingangsgrößen für den Wasserzufluss sind Niederschlag und Bewässerungswasser. Die Niederschlagsdaten werden vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt. Für die Abschätzung des jährlichen Bewässerungsbedarfs ist die Berücksichtigung des Witterungsverlaufs von entscheidender Bedeutung. Der Tagesgang von Niederschlag und Evapotranspiration im Jahresverlauf beeinflusst maßgeblich die Verfügbarkeit von Bodenwasser für die Pflanzen und damit die



Vereinfachte Übersicht über das Bewässerungsmodel B-GRIIN. P: Niederschlag; I: Interzeption; IR: Bewässerung; Eta: aktuelle Evapotranspiration; Stot: Gesamtwasserspeicher der Dachbegrünung; Sltot: Volumen der Speichereinheit (angepasst aus Breulmann et al., 2024).

Notwendigkeit und Menge der Bewässerung. Ziel der urbanen Bewässerung ist es, den Wassergehalt im Wurzelbereich auf einem Niveau zu halten, das ein optimales Pflanzenwachstum ermöglicht und die Ökosystemleistungen der BGI das ganze Jahr über sicherstellt. B-GRIIN stellt vereinfacht den Wassergehalt dar, der zu einem bestimmten Zeitpunkt für die Pflanzen im System verfügbar ist. Der gesamte verfügbare Wasserspeicher der BGI im System ergibt sich aus der Summe des in jeder Substratschicht und in der Retentionsschicht gespeicherten Wassers. Der Wasseraustausch zwischen den Schichten wird als unmittelbar angenommen, wobei lokale Gleichgewichte innerhalb eines Tages erreicht werden.

Der Abfluss jeder Fläche ist definiert als die Summe aus tatsächlicher Evapotranspiration, Interzeption, Grundwasserinfiltration und Abfluss. Die potenzielle Evapotranspiration nach der Methode von Penman-Monteith (Allen et al., 2005) wird vom Deutschen Wetterdienst für ausgewählte Jahre zur Verfügung gestellt. Zur Berechnung der tatsächlichen Evapotranspiration wurde der mittlere jährlicher Pflanzenkoeffizient kc (Skalierungsfaktor) für Gras verwendet (siehe auch Hörnschemeyer et al., 2021). B-GRIIN berücksichtigt einen konstanten Wasserverlust durch Interzeption von 1 mm pro Tag. Dies reduziert den effektiven Niederschlag, der in das Substrat eindringt, sowie den Abfluss von versiegelten Flächen in jedem Zeitschritt.

Der Abfluss von versiegelten Flächen ergibt sich aus dem Gesamtniederschlag abzüglich der Interzeption und fließt in einen Speicher.

Wird die maximale Wasserspeicherkapazität des Substrates im Gründachsystem überschritten, fließt das überschüssige Wasser ebenfalls in den Speicher und das überschüssige Wasser im Speicher fließt in die Versickerungsmulde und versickert anschließend in das Grundwasser.

Konkrete Beispiele für die Anwendung ausgewählter Planungsinstrumente werden im nachfolgenden Kapitel vorgestellt.

Stefan Böttger Tilia GmbH

BLAU-GRÜN-ROTER SYSTEMANSATZ

Die Stadt-, Quartiers- und Gebäudeentwicklung umfasst nicht nur die Anpassung an die Folgen des Klimawandels, sondern auch die Planung im Sinne des Klimaschutzes. Das bedeutet, dass Planungen so umgesetzt werden sollen, dass die damit verbundenen Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen beitragen. Für Stadtquartiere bedeutet dies im Wesentlichen die Reduzierung des Energiebedarfs sowie die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien. Erneuerbare Energien aus nachhaltigen Quellen sind der Kern der Energie- und Wärmewende und werden auch als grüne Energie bezeichnet.

Aufgrund des häufig vorherrschenden Flächendrucks stehen die beiden Ziele Anpassung an die Folgen des Klimawandels und Klimaschutz bzw. deren Maßnahmen in einem Spannungsverhältnis zueinander. Konkret bedeutet dies, dass energetische Maßnahmen Flächen bzw. Räume beanspruchen können, die auch von blau-grünen Systemen beansprucht werden. Dies ist in der untenstehenden Tabelle beispielhaft dargestellt.

Aufgrund der dargestellten Flächenansprüche kann es notwendig bzw. zielführend sein, Synergien zu identifizieren und umzusetzen, um Flächenkonkurrenzen zu reduzieren. Der vorgestellte Ansatz beschreibt in diesem Sinne die Kombination eines „blau-grünen" Konzeptes der Regenwasserbewirtschaftung mit einer nachhaltigen Energiebereitstellung („rot") - ein blau-grün-roter Systemansatz.

Das Retentionskühldach ist ein solcher Systemansatz. Dabei wird ein Gründach mit der Kälteversorgung eines Gebäudes kombiniert.

Die Wärmeübertragung im Retentionsraum erfolgt über einen Wärmetauscher aus PE-Material. In diesem zirkuliert ein umweltfreundliches Wärmeträgermedium (Wasser-Propylenglykol-Gemisch), welches die Wärme bei aktivem Kühlbedarf aus dem Gebäude in das Gründach transportiert. Die Wärmeaufnahme im Gebäude kann über verschiedene Varianten von Kühldecken/Flächen wie z.B. thermische Bauteilaktivierung oder geschlossene Kühldeckensysteme erfolgen.

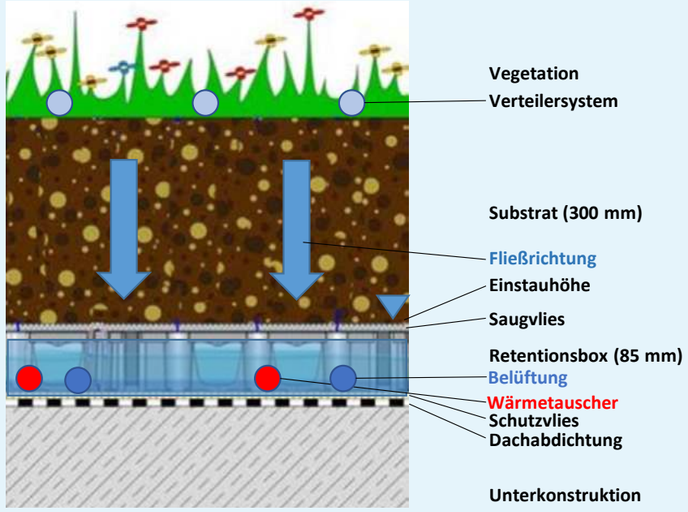
Das Wasser in den Retentionsräumen wird im Berechnungsmodell aus dem Grundwasserleiter entnommen (sofern kein Regenwasser mehr im Retentionsraum vorhanden ist) und weist eine mittlere Temperatur von 12°C auf. Durch Wärmeübertragung wird die Temperatur um 3 K auf 15 °C erhöht. Das Berechnungsmodell stellt einen beispielhaften Lastfall dar, bei dem die Kühlung über den Aquifer als Ergänzung bei Bedarf an zusätzlicher Kühltemperatur bei hohen Außentemperaturen fungiert.

Nach der Erwärmung kann das Wasser wieder in den Aquifer zurückgeführt oder bei Bedarf im Rahmen eines Bewässerungskonzeptes für Vegetation (privat und/oder öffentlich) genutzt werden.

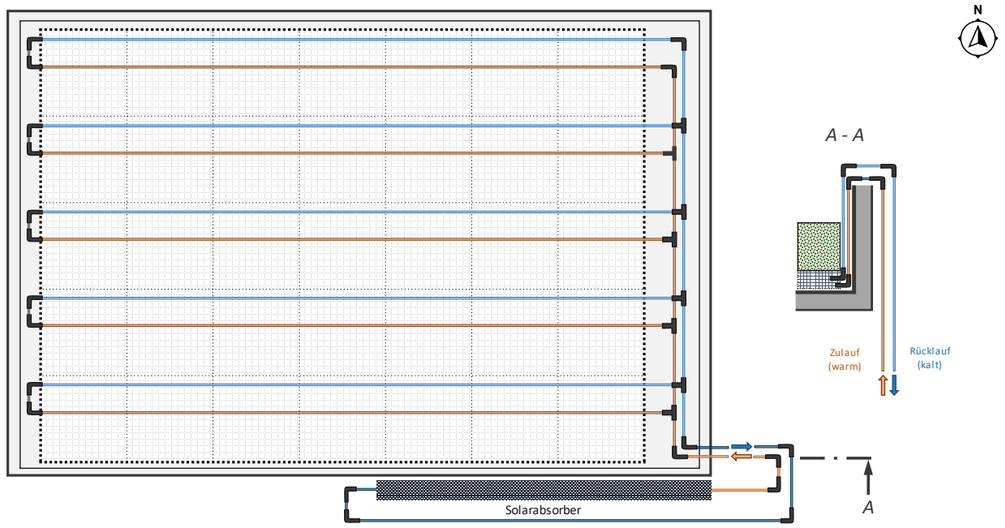
Der Vorteil dieser Variante liegt eindeutig in der „Mehrfachnutzung" des geförderten Grundwassers - Nutzung zur Gebäudekühlung, Bewässerung von Gründachflächen und anschließende Bewässerung von Grünflächen. Die Bewässerungsfunktion trägt zusätzlich zur Verbesserung des Mikroklimas bei. Eine ausreichend bewässerte Vegetation ermöglicht durch Evapotranspiration eine hohe Verdunstungskühlung und trägt damit zur Verbesserung des lokalen Mikroklimas bei.

(grüne) Elemente der Energiebereitstellung	Faktoren	(blau-grüne) Elemente des Regenwassermanagements
Wärmespeicher	Fläche & Volumen	Regenwasserspeicher
Building Integrated Photovoltaik (BI-PV)	Fläche	Fassadenbegrünung
PV, Solarthermie, Rückkühler etc.	Fläche	Dachbegrünung
Hydrothermie (z.B. Aquifernutzung)	Fläche & Ressource Wasser	(Grund-) Wasserentnahme für Bewässerung
oberflächennahe Geothermie, Eisspeicher	Fläche	Versickerungssysteme
(aktive) Gebäudekühlung	Dimensionierung	BGI: Mulden, Vegetation (Bäume)

Konkurrenzsituationen und Schnittstellen zwischen Elementen der Energiebereitstellung und der Regenwasserbewirtschaftung.



Querschnitt Retentions-Kühldach
(„Vertikal durchströmt und aktiv belüftet mit Wärmeaustauscher").



Wärmekreislauf Gründach Draufsicht.

Berücksichtigung blaugrüner Elemente im Zuge der Neustrukturierung von Straßenräumen

Berücksichtigte Elemente der Oberflächengestaltung mit Parkflächen

Uwe Winkler Leipziger Wasserwerke
Tilo Sahlbach IWS/HTWK Leipzig
Erik Hofmann und Sabine Lautenschläger
IIRM / Universität Leipzig

AUF DEM WEG ZUR WASSERSENSIBLEN STADTENTWICKLUNG

Entwicklung von Instrumenten zur Strategiefindung und Entscheidungsunterstützung auf gesamtstädtischer Ebene

Auf dem Weg zu einer wassersensiblen Stadtentwicklung muss auch dem Straßenraum mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden. In Verbindung mit größeren Sanierungs- und Neubaumaßnahmen, z.B. im Zusammenhang mit der Umsetzung der Wärmewende, eröffnen sich Möglichkeiten, Straßenräume neu zu strukturieren und gezielt blau-grüne Elemente zu integrieren (siehe Abbildung oben). Um die Informationsbasis über entsprechende Potenziale und Straßenabschnitte mit besonderem Handlungsdruck zu verbessern, wurde für die Rahmenbedingungen der Stadt Leipzig ein Baukasten entwickelt.

Ziel des Baukastens ist es, eine Planungshilfe für die Gestaltung eines Multifunktionsstreifens im Rahmen der Straßenraumgestaltung in einer sehr frühen Planungsphase zu schaffen (siehe Abbildung „Multifunktionsstreifen wassersensibler Straßenraum"). Dazu enthält der Baukasten konkrete standardisierte Planungsbausteine. Diese sind im Rahmen der konkreten Planung auf die jeweilige Situation anzuwenden und weiterzuentwickeln. Damit trägt der Baukasten zur Vereinfachung und Verkürzung des Planungsprozesses bei. Der Baukasten ist sowohl eine Sammlung bestehender Leipziger Baustandards als auch eine Neuentwicklung von blau-grünen Elementen, die erstmals als Baustandard eingeführt werden.

Im weiteren Planungsprozess sind die Bausteine richtlinienkonform abzustimmen und in die Querschnittsgestaltung gemäß RASt 06 „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen" einzuordnen. Die Breite des Multifunktionsstreifens ist im Hinblick auf eine klimaangepasste Straßenraumgestaltung anzupassen.

Für die Straßengestaltung sind vorrangig solche Bausteine und Elemente zu wählen, die keine zusätzliche Reinigungstechnik erfordern, mit regionaltypischen Baustoffen arbeiten, eine ausgewogene Wasserversorgung der Grünelemente ermöglichen und möglichst kostengünstig sind. Dies ist bei der planerischen Ausarbeitung und Bewertung der einzelnen Bausteine zu berücksichtigen.

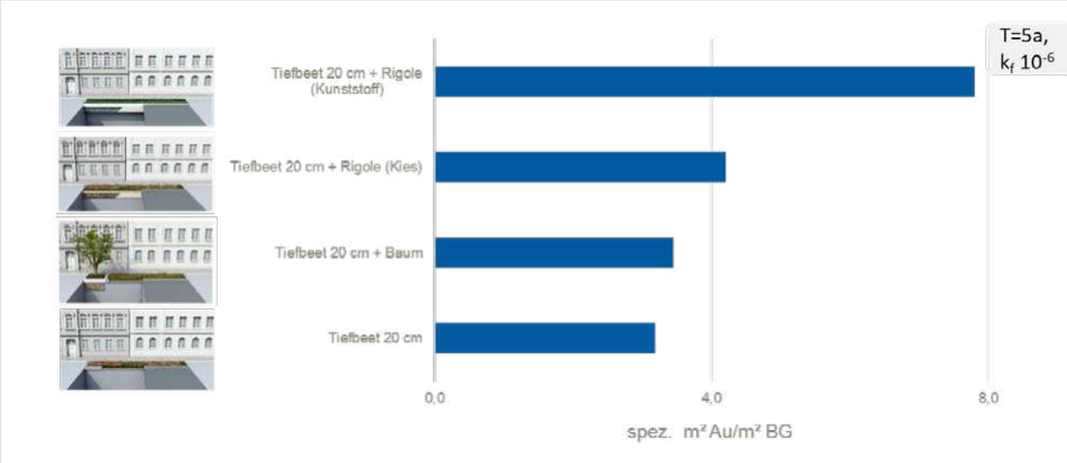
Für den Auswahlprozess bei der späteren Anwendung der Bausteine wird von folgender Vorgehensweise ausgegangen:

1. Ermittlung der Querschnittsbelastung durch Kfz- und Schwerverkehr
2. Ermittlung des Verschmutzungsgrades des Oberflächenwassers nach DWA (2020d)
3. pauschaler Ansatz eines Versickerungspotenzials des Baugrundes mit einem maximalen kf-Wert von 10-6 m/s inkl. standardisierter Bemessung (wird vom AG bereitgestellt)
4. Auswahl des geeigneten Bausteins nach weiteren Kriterien (u.a. Städtebau)

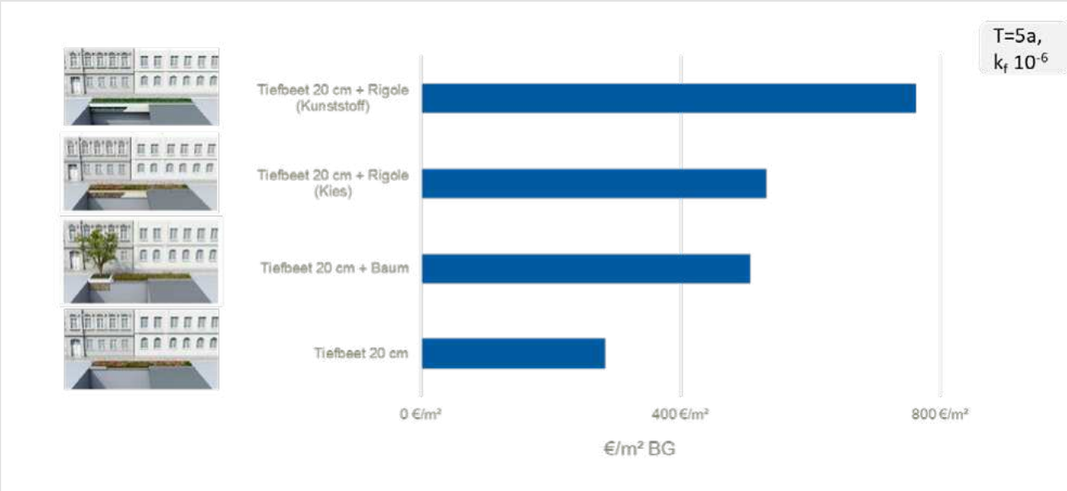
Von besonderer Bedeutung ist die hydraulische Bemessung der Bauteile. Diese berücksichtigt auch geeignete konstruktive Maßnahmen zur Begrenzung der Feuchteeinwirkung auf ggf. angrenzende Bauwerke. Darüber hinaus wird besonderes Augenmerk auf die Vermeidung von Staunässe im Bereich von Bäumen gelegt. Hierbei wird von einer maximalen Einstauzeit von max. 24 h ausgegangen.

Die dargestellten Kostenansätze wurden auf der Basis grober Schätzungen erstellt. Die Ansätze sind zu überprüfen und zu aktualisieren. Gegebenenfalls sind Skalierungen zu ergänzen (z.B. bei den Betriebskosten für kleine oder große Flächen oder bei den Investitionskosten für vorgefertigte Lösungen).

Der Modulbaukasten umfasst derzeit die



Hydraulische Leistung eines Tiefbeets (m² Au/m²)

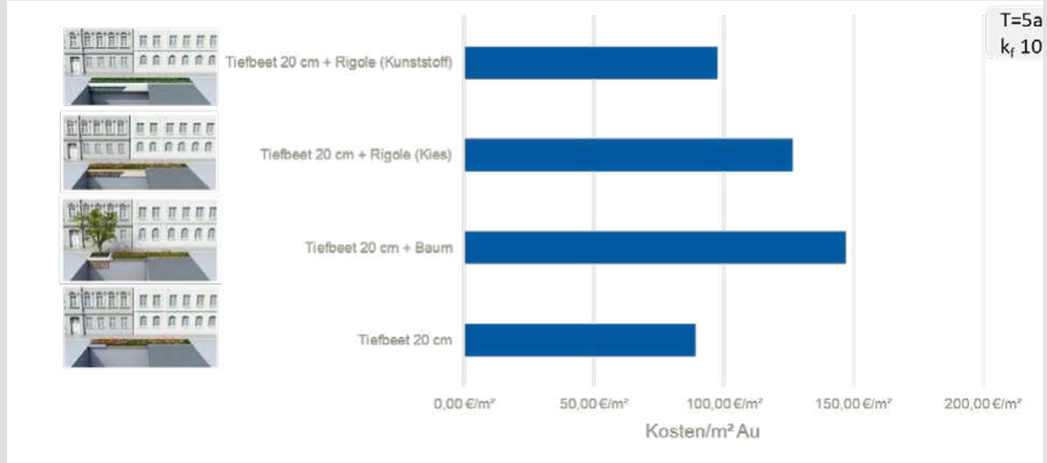


Spezifische Kosten eines Tiefbeets (€/m²)

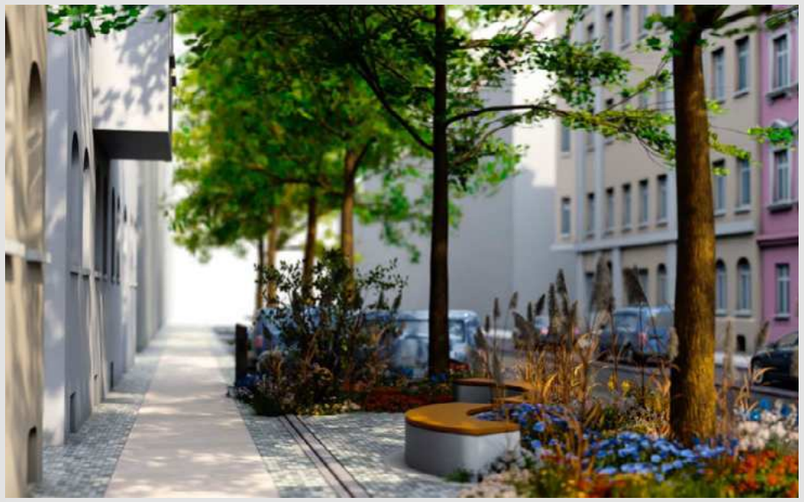
in Abbildung „Berücksichtigte Elemente der Oberflächengestaltung" dargestellten Elemente, die zu verschiedenen Modulbausteinen kombiniert werden. Es erfolgte eine Normierung der Elemente auf die jeweils anschließbare Fläche.

Die Leistungsfähigkeit und Wirkung der Module hinsichtlich Retentionsleistung/anschließbare Fläche, Wasserhaushalt, Wärmeschutz, THG-Emissionen, Bewässerungswasserbedarf und Wirtschaftlichkeit wurde ermittelt und für jedes Modul Kennzahlen für die Vorplanungsphase bzw. sehr frühe Planungsphase erarbeitet.

Bezüglich der Retentionsleistung bzw. der anschließbaren Fläche ergeben sich beispielhaft für ein 20 cm tiefes Beet die in den Abbildungen „Hydraulische Leistungsfähigkeit eines Tiefbeets" dargestellten Bewertungsergebnisse.



Hydraulische spezifische Kosten eines Tiefbeets (€/m2 Au)



Multifunktionsstreifen wassersensibler Straßenraum

Damit können zukünftig verschiedene, auch gemischte Flächen hinsichtlich 1) hydraulischer Leistungsfähigkeit bzw. anschließbarer Fläche (inkl. Dachflächen), 2) Empfehlungen für die Oberflächengestaltung oder 3) Platzbedarf einer wassersensiblen Straßenraumgestaltung abgeleitet werden.

Die Erarbeitung des Modulbaukastens erfolgte unter Beteiligung der relevanten Fachämter mit Expertise in den Bereichen Verkehr und Umwelt. Er soll systematisch weiterentwickelt und in die Datenportale des Lenkungsnetzwerks wassersensible Stadtentwicklung integriert werden.

ANWENDUNG VON PLANUNGS-INSTRUMENTEN & FALLBEISPIELE

Im folgenden Kapitel werden konkrete Beispiele für die Anwendung ausgewählter Planungsinstrumente vorgestellt. Am Beispiel des Kolonnadenviertels in Leipzig werden die Wasserbilanzen sowie der Einfluss von BGI in verschiedenen Bestandsszenarien näher erläutert. Ein weiteres Beispiel ist das neue Stadtquartier L416, das auf dem Gelände des ehemaligen Eutritzscher Freiladebahnhofs in Leipzig entsteht.

Das Löwitz Quartier stellt ein drittes Fallbeispiel dar. Obwohl hier keine spezifischen Planungsinstrumente behandelt werden, dient es als weiteres gelungenes Beispiel für eine wassersensible Stadtentwicklung in Leipzig, da hier ein integriertes Regenwassermanagement umgesetzt wird.

Jan Friesen, Ganbaatar Khurelbaatar, Daneish Despot , Manfred van Afferden, Roland Müller und Marc Breulmann
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Bernd Plaul
Leipziger Wohnungs- und Baugesellschaft mbH

BLAU-GRÜNE INFRASTRUKTUR IM BESTAND: DAS KOLONNADENVIERTEL

(aus Friesen et al., 2025)

Städtisches Wassermanagement und die Planung von BGI sind entscheidend für das Regenwassermanagement in urbanen Gebieten und der Entwicklung wassersensibler Städte. Während Neubauprojekte auf unbebauten Grundstücken Planern und Kommunen die Möglichkeit bieten, wassersensible Gebäudekomplexe von Grund auf neu zu entwerfen, bleiben bestehende Quartiere und Gebäude eine Herausforderung. Im Gegensatz zu Neubauprojekten sind die Herausforderungen im Bestand vielfältig und umfassen unter anderem die feste Raumaufteilung zwischen Gebäuden und Freiflächen, bauliche Einschränkungen, Eigentumsstrukturen und begrenzte Sanierungskosten. Die Umsetzung wassereffizienter Klimaanpassungsmaßnahmen im Gebäudebestand erfordert die Integration bestehender Strukturen und Managementsysteme.

Derzeit erfolgt die Umsetzung meist durch die Integration einzelner oder „entkoppelter" blau-grüner Maßnahmen wie Gründächer oder Versickerungsmulden, im Rahmen der Modernisierung bestehender Gebäude. Die multifunktionale Nutzung des Gesamtsystems hinsichtlich Entwässerung, Kühlung und Vitalität der Vegetation wird dabei häufig vernachlässigt.

Im Folgenden werden mit Hilfe der im vorigen Kapitel beschriebenen Planungsinstrumente angepasste blau-grüne Szenarien entwickelt, die eine vollständige Entkopplung der Regenwassereinleitung in die Mischkanalisation und der Bewässerung von städtischen Grünflächen ermöglichen. Um sowohl den Regenwasserabfluss zu reduzieren als auch eine effiziente Bewässerung zu gewährleisten, werden verschiedene BGI-Szenarien berechnet.

Ziel ist es, bei Starkregenereignissen, die statistisch alle 5, 30 oder 100 Jahre auftreten, eine vollständige Abkopplung der Gebäudekomplexe am Beispiel des Kolonnadenviertels in Leipzig zu erreichen. Für die kommenden Jahre ist die Sanierung des Kolonnadenviertels durch die Leipziger Wohnungsbaugesellschaft geplant. Dies soll durch eine entsprechende Gestaltung der BGI sowie eine effiziente Bewirtschaftung erreicht werden, um einen ausgeglichenen Wasserhaushalt zu gewährleisten.

Modellierungsszenarien sollen auch zeigen, wie viel Wasser auf den privaten Flächen versickert oder gespeichert werden kann und wie viel Regenwasser von der BGI zurückgehalten oder verdunstet werden kann. Eine besondere Herausforderung besteht darin, den Innenhof auch in den trockenen Sommermonaten grün zu halten.

Die Ergebnisse liefern den Detailplanern konkrete und plausible Vorplanungsszenarien und der Kommune und dem Wasserversorger bieten diese Szenarien zudem eine klare Abschätzung der Auswirkungen der BGI-Infrastruktur auf die Regenwasserbewirtschaftung und die Wasserwirtschaft.

BLAU-GRÜNE SZENARIEN

Rückhalt von Starkregenereignissen: Als BGI werden eine Versickerungsmulde in Kombination mit zwei verschiedenen Gründachtypen berücksichtigt. Um die Muldenfläche auch anderweitig nutzen zu können, wurden neben der in DWA-A 138 (DWA, 2024) vorgeschlagenen Tiefe von 30 cm auch Tiefen von 20 cm und 10 cm in den Szenarien untersucht. Der Fokus lag zunächst auf der Versickerungsmulde, so dass eine Dachbegrünung erst dann in Betracht gezogen wurde, wenn die Kapazität der Versickerungsmulde für das angenommene Niederschlagsereignis nicht mehr ausreichte. Um eine vollständige Rückhaltung eines 100-jährigen Regenereignisses zu erreichen, wurde in Bereichen mit nicht ausreichender Muldenfläche im Innenhof sowohl die Fläche als auch die Einstauhöhe des Gründaches vergrößert.

- SZ_{SR_0}: Berechnung der Ausgangssituation. Der Oberflächenabfluss wird als Zielvorgabe für die Bemessung der BGI ermittelt.
- SZ_{SR_1}: Regenwasserbewirtschaftung mit Mulde.
- $SZ_{SR\text{-}2}$: Regenwasserbewirtschaftung durch eine Kombination aus extensivem Gründach und Mulde.
- $SZ_{SR\text{-}3}$: Regenwasserbewirtschaftung mit einer Kombination aus Gründach und Mulde. Anstelle einer extensiven Dachbegrünung wird ein Retentionsgründach mit Rasen betrachtet.

Zur Bewertung dieser Szenarien wurde der blockbasierte Ansatz MUST-B verwendet (nähere Beschreibung im Kapitel Planungsinstrumente).

Wiederherstellung eines naturnahen Wasserhaushaltes: Der Schutz, die Wiederherstellung und die nachhaltige Sicherung eines naturnahen Wasserhaushaltes ist als eine von 10 strategischen Themen in der Nationalen Wasserstrategie verankert (BMUV, 2021). Eine Annäherung an einen natürlichen Wasserhaushalt ist durch die Umsetzung von BGI und Bewässerungsmanagement möglich. Das Bewässerungsmodell B-GRIIN (siehe Kapitel Planungsinstrumente) geht nun gezielt auf diesen Zusammenhang ein, indem es verschiedene BGI koppelt und gesammeltes Regenwasser für Bewässerungszwecke nutzt. Der Wasserhaushalt kann für Jahre mit unterschiedlichen Niederschlagsmengen simuliert werden, so dass Szenarien für eine optimale Bewässerung zur Erhaltung der Grünflächen erstellt werden können.

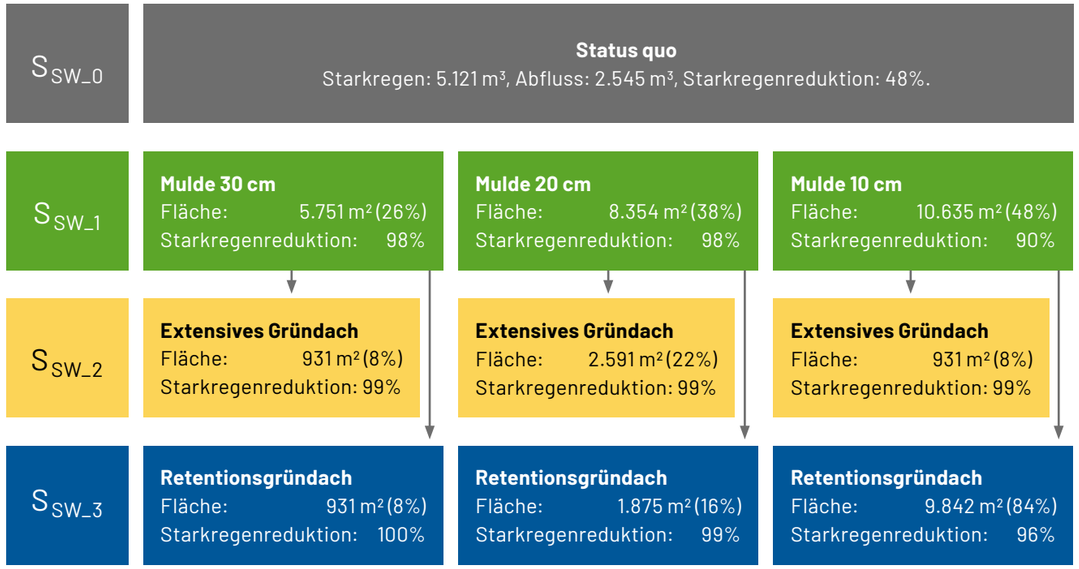
- SZ_{BW_0}: Ausgangssituation. Keine Berücksichtigung von BGI.
- SZ_{BW_1}: Berücksichtigung von Gründächern, aber ohne Bewässerung.
- SZ_{BW_2}: Keine BGI, jedoch Bewässerung des Innenhofs.
- SZ_{BW_3}: Berücksichtigung von Gründächern und Bewässerung des Innenhofes.
- SZ_{BW_4}: Berücksichtigung von Gründächern und Bewässerung der Gründächer sowie des Innenhofes.

EINGANGSPARAMETER FÜR DIE MODELLIERUNG

Die Beschreibung der Eingangsparameter erfolgt zum Teil bereits im Kapitel Planungsinstrumente und soll im Folgenden nur kurz skizziert werden.

Klimadaten: Für die Kurzzeitsimulation, „Rückhalt von Starkregenereignissen", wurden die Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verwendet. Nach dem deutschen Regelwerk DWA-A 138 (DWA, 2006) sind technische Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung auf ein 5-jähriges Regenereignis auszulegen. Aufgrund der zunehmenden Häufigkeit von Extremwetterereignissen mit hoher Niederschlagsintensität und der damit verbundenen Überflutungsgefahr wird ein 100-jähriges Starkregenereignis berücksichtigt.

Für die Simulation „Wiederherstellung eines naturnahen Wasserhaushaltes" wurden tägliche Wetterdaten der DWD-Klimastation



in Leipzig-Holzhausen verwendet. Der Niederschlag und die potenzielle Evapotranspiration nach Penman-Monteith wurden für ein trockenes Jahr (2018), ein nasses Jahr (1994) sowie für zehn zufällig ausgewählte Jahre im Zeitraum von 1990 bis 2020 (1993, 1999, 2000, 2003, 2005, 2008, 2012, 2015, 2016 und 2019) ermittelt.

Boden und Vegetation: Der Bodendurchlässigkeitsbeiwert (kf) ist entscheidend für die Planung und Auslegung der Infrastruktur zur Regenwasserbewirtschaftung in urbanen Gebieten. Darüber hinaus sind Bodenparameter wie der permanente Welkepunkt und die Feldkapazität wichtig für die Berechnung des Bewässerungsbedarfs.

Für die Vegetation wurde zur Abschätzung des Bewässerungsbedarfs ein Pflanzenkoeffizient (kc) von 0,8 gewählt (vgl. Breulmann et al., 2024). Obwohl die Hofvegetation auch Bäume enthalten kann, wurde davon ausgegangen, dass die Bewässerung der Rasenflächen es den Bäumen ermöglicht, trockene Jahre mit Defizitbewässerung zu überstehen.

Häuserblock: Eine genaue Beschreibung der Bodenversiegelung ist entscheidend für eine aussagekräftige Modellierung von Regenwasserbewirtschaftungssystemen und Wasserhaushaltskomponenten. Diese Daten werden häufig aus Luftbildern und Geodaten abgeleitet.

ERGEBNISSE

S_{RW_0} spiegelt die Ausgangssituation des Untersuchungsgebietes wider, die zu einem Oberflächenabfluss von ca. 50 % führt, der das bestehende Kanalnetz derzeit überlastet. Insgesamt zeigen die Ergebnisse von S_{RW_1}, dass mit einer 20 cm tiefen Muldenversickerung in den meisten Gebäudekomplexen eine nahezu vollständige Regenwasserrückhaltung (98 %) mit einem Restabfluss (2 %) erreicht werden kann. Nur wenige Gebäudekomplexe weisen einen größeren Restabfluss auf und benötigen daher einen zusätzlichen Rückhalt durch Gründächer. Das Retentionsgründach erreichte mit einer kleineren Dachfläche bereits einen Rückhalt von 99 %.

In einem anderen Beispiel wurde die Muldenfläche deutlich reduziert, indem die Muldentiefe von 20 cm auf 30 cm erhöht wurde. In diesem Fall wurde auch die erforderliche Dachfläche für das extensive Dach und das Retentions-Gründach halbiert. Auch hier zeigt sich, dass fast der gesamte Niederschlag (99%) zurückgehalten werden kann. Das Gegenteil wurde beobachtet, wenn die Muldentiefe auf 10 cm reduziert wurde. Der Flächenbedarf sowohl für die Mulden als auch für die Dachbegrünung nahm deutlich zu und die Retentionsleistung deutlich ab.

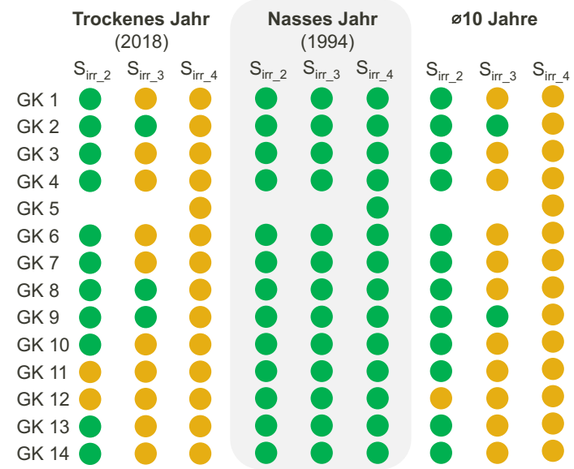
Zunächst wurde das Wasserdargebot/der Abfluss für die einzelnen Wohnblöcke im Kolonnadenviertel ohne BGI quantifiziert (Ausgangssituation SZ_{BW_0}). Unter Berücksichtigung der Niederschlagsdaten eines trockenen Jahres (2018), eines nassen Jahres (1994) und eines durchschnittlichen Jahres wurde der Wasserhaushalt modelliert und aufgezeigt, wie dieser durch die BGI bestimmt wird. Ziel ist ein abflussfreier und auch in trockenen Jahren optimal bewässerter grüner Innenhof. Die Bewässerung soll mit gesammeltem Regenwasser erfolgen. Eine wesentliche Herausforderung bei der Integration der siedlungswasserwirtschaftlichen Anforderungen ist die Flächenkonkurrenz zwischen unterirdischen (Rigole, Zisterne) und oberirdischen Bauwerken (Gehweg, Spielplatz, Fahrradstellplätze) sowie die Notwendigkeit einer naturräumlichen Flächennutzung (z.B. Baumstandorte, Grünflächen).

In den betrachteten Zeiträumen wird der überwiegende Teil des Niederschlagswassers der einzelnen Wohnblöcke in den Kanal eingeleitet (SZ_{BW_0}). Dies entspricht etwa 30-36 % im Trockenjahr 2018, 39-43 % im nassen Jahr und 36-43 % im durchschnittlichen Jahr.

Bei der Modellierung der BGI-Szenarien müssen unterschiedliche Wasserflüsse berücksichtigt werden. Unter Berücksichtigung der Niederschlagsdaten ist es möglich, mit der BGI eine ausgeglichene Wasserbilanz zu erreichen und Bewässerungswasser für den Innenhof oder für das Gründach bereitzustellen. Da keine Ableitung in den Kanal erfolgt, werden die gesamten Kosten für die Ableitung des Niederschlagswassers über die Kanalisation aus dem SZ_{BW_0} eingespart.

Durch die Installation von Gründächern gehen wir in unserer Simulation zunächst von einer 100 %igen Bedeckung aus. Ein großer Teil des Niederschlagswassers wird bereits durch Evapotranspiration verbraucht und reduziert den Abfluss gegenüber dem Ausgangsszenario

Nachhaltiges Bewässerungspotenzial pro Wohnblock (BC 1 bis 14). Grüne Felder zeigen Szenarien und Klimabedingungen an, bei denen der Bewässerungsbedarf durch den Jahresniederschlag gedeckt wird; gelbe Felder zeigen, dass der Niederschlag nicht ausreicht, um den Bewässerungsbedarf zu decken. Leere Felder zeigen Szenarien an, die auf den Gebäudekomplex nicht anwendbar sind.



SZ_{BW_0} deutlich von 30 % auf 18 % (SZ_{BW_1}). Eine Nutzung von nur 50% der Dachfläche für ein Gründach reduziert den Abfluss im Trockenjahr nur auf 23 % (SZ_{BW_1}).

Es ist durchaus möglich, dass aufgrund der gegebenen Herausforderungen im Bestand, wie z.B. der Statik des Gebäudes (Dachlast) oder dem Denkmalschutz die Installation von Gründächern nicht möglich ist. Daher wurde mit SZ_{BW_2} ein Szenario betrachtet, das nur die optimale Bewässerung des Innenhofes berücksichtigt. Lediglich im extrem trockenen Jahr 2018 reicht das Wasserdargebot für eine optimale Bewässerung des Innenhofes nicht aus.

Wird zusätzlich zu den Gründächern auch eine optimale Bewässerung des Innenhofes (SZ_{BW_3}) und des Gründaches (SZ_{BW_3}) angestrebt, reicht das Wasserangebot insbesondere in trockenen Jahren unter Berücksichtigung unser Annahmen oft nicht aus. In diesem Fall müssen individuelle Simulationen unter Berücksichtigung der jeweiligen Zielsetzungen und der vor Ort gegebenen Herausforderungen wie Gebäudestatik (Dachlast), Denkmalschutz, Flächenverfügbarkeit, Grundwasserstand und Sanierungskosten durchgeführt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Umbau der Städte zu ressourceneffizienten und klimagerechten Stadträumen ist eine ständige und dringende Herausforderung. Während dies für neue Quartiere gut durchdacht und geplant werden kann, bleibt es für den Bestand eine Herausforderung. Um dieser Herausforderung zu begegnen, wurden Konzepte und Modelle simuliert, die in die Planung der Modernisierung mehrerer bestehender Gebäudekomplexe im Leipziger Kolonnadenviertel einfließen können. Bei der Modernisierung von Bestandsgebäuden mit BGI ist die Interaktion zwischen den Akteuren von entscheidender Bedeutung, um den lokalen Besonderheiten gerecht zu werden.

Es wurden Konzepte und Modelle simuliert, in deren Mittelpunkt die Frage stand, welche Möglichkeiten der Integration einer multifunktionalen, blau-grünen Wasserinfrastruktur in das urbane System technologisch sinnvoll und mit den übergeordneten Zielen vereinbar sind:

- Erreichen einer „natürlichen" / ausgeglichenen Wasserbilanz.
- 100% Regenwasserrückhaltung auf Wohnblockebene.
- Blau-grüne Infrastruktur koppeln.
- Nachhaltiges Bewässerungskonzept.
- Regenwassernutzung.

Wir haben uns auf zwei Hauptziele konzentriert: Regenwassermanagement und eine nachhaltige Wassernutzung. Beide Ziele können, abhängig von den lokalen Gegebenheiten, durch die Umsetzung von BGI und geeigneten Wassermanagementplänen erreicht werden. Um den Nutzern eine Reihe von plausiblen Infrastrukturmaßnahmen und nicht nur eine einzige Lösung anzubieten, wurde die szenariobasierte Modellierung gewählt. Die szenariobasierte Modellierung ermöglicht es Nutzern und Interessenvertretern, Szenarien zu entwerfen oder an der Entwicklung von Szenarien mitzuwirken und deren Auswirkungen auf bestimmte Ziele zu bewerten. Szenarien können vorgegeben sein, z.B. durch klimasensible, kommunale Regelungen, oder gemeinsam mit den Stakeholdern unter Berücksichtigung ihrer Randbedingungen und Ziele entwickelt werden. Ziel ist es, vor Beginn eines detaillierten Planungsprozesses einen fundierten Vergleich verschiedener Szenarien zu ermöglichen, um Planungskosten zu reduzieren und Planungsprozesse zu optimieren.

Für das Kolonnadenviertel konnte gezeigt werden, dass multifunktionale BGI und nachhaltige Bewässerungskonzepte realisierbar sind und genutzt werden können, um (i) die Auswirkungen von extremer Regenwassereren ignisen zu mindern und (ii) einen naturnahen Wasserhaushalt zu erreichen. Auch wenn dies nicht immer für alle klimatischen Bedingungen und nicht für jeden Gebäudekomplex möglich ist, so gibt es doch einen Überblick darüber, was durch eine wassersensible Infrastrukturplanung erreicht werden kann.

Zusammenfassend konnte gezeigt werden, dass auch für extreme Wetterereignisse wie ein 100-jähriges Regenereignis eine Reduzierung des Regenwasserabflusses durch vergleichsweise kostengünstige Infrastrukturmaßnahmen wie z.B. Mulden möglich ist. Durch den alleinigen Einsatz von Mulden kann der Regenwasserabfluss in die Mischkanalisation um mindestens 90 % reduziert werden. Durch den zusätzlichen Einsatz von Gründächern sind noch größere Reduktionen möglich.

Die Wiederverwendung von verfügbarem Dachablaufwasser zur Bewässerung von Innenhöfen und Gründächern hängt stark von den jahreszeitlichen Witterungsbedingungen ab, von trockenen über feuchte bis hin zu durchschnittlichen Jahren. Abhängig von den zu bewässernden Flächen, d.h. Innenhof allein oder Innenhof und Gründach, ist es nicht immer möglich, mit dem Dachablaufwasser die Flächen optimal zu bewässern. In den meisten Fällen reicht das Wasserangebot jedoch für eine Innenhofbewässerung aus. Die Modernisierung hin zu einem naturnahen Wasserhaushalt entspricht nicht nur dem übergeordneten Ziel vieler aktueller Politiken, sondern führt auch zu einer lebenswerteren städtischen Umwelt.

Marc Breulmann und Frank Hüesker
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

LEIPZIG 416

Auf dem Gelände des ehemaligen Eutritzscher Freiladebahnhofs in Leipzig entsteht ein ca. 25 ha großer neuer Stadtteil mit dem Ziel, ein attraktives und lebendiges Stadtquartier mit hohem Grünanteil zu schaffen. Im neuen Stadtteil sollen bis zu 2.400 neue Wohnungen für ca. 3.700 Menschen entstehen, wobei eine Mischung aus Wohnen und Gewerbe vorgesehen ist. Darüber hinaus soll das Gebiet ein ökologisches Vorzeigeprojekt werden. Im Rahmen der Planung wird ein ökologisches Gesamtkonzept erarbeitet. Es werden über 800 Einzelbäume gepflanzt, Grünflächen, Landschaftselemente und Gehölze in die Freiflächen integriert und ca. 42.000 m² öffentliche Grün- und Freiflächen für das Gebiet vorgesehen. Die mehrgeschossigen Gebäude werden in Holzbauweise errichtet und bilden Blöcke mit einem Innenhof, der sich in die bestehende Bebauung der Umgebung einfügt. Die Bebauung des neuen Stadtteils ist kompakt und dicht zugunsten großzügiger öffentlicher Freiräume konzipiert. Dadurch wird sowohl der urbane Charakter des Quartiers als auch ein zentraler Park mit seinen verschiedenen Teilbereichen gefördert.

Die Regenwasserbewirtschaftung ist eine der größten Herausforderungen bei der Entwicklung des Stadtteils. Die umliegenden Mischwasserkanäle der Stadtentwässerung haben ihre maximale Kapazität bereits erreicht, so dass die Stadt Leipzig die Einleitung von Regenwasser in das bestehende Netz untersagt. Das nun verfolgte Konzept ist die Entwicklung eines abflusslosen Stadtteils, um eine klimaresiliente Siedlungswasserwirtschaft durch den Einsatz nachhaltiger und belastbarer, urbaner BGI zu erreichen. Das Regenwasser soll dezentral auf den jeweiligen Grundstücken gesammelt, zurückgehalten, verdunstet, gespeichert oder versickert werden. Nur in Ausnahmefällen und nach Rückhaltung soll Regenwasser in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden. Ziel ist es, das Regenwasser im gesamten Quartier zu sammeln und zu nutzen. Dabei werden öffentliche und private Flächen getrennt betrachtet und behandelt.

Weitere Informationen finden Sie unter **Leipzig 416**

Auf allen Flachdächern des Quartiers wird eine Dachbegrünung realisiert. Mindestens die Hälfte der Dachfläche wird begrünt, um die Regenwasserrückhaltung zu verbessern und das Lokalklima durch Verdunstung zu unterstützen. Die Begrünung erfolgt sowohl extensiv als auch intensiv.

Zur Klärung der Frage, wie Regenwasser in neuen oder bestehenden Wohngebieten bewirtschaftet werden kann, ist es notwendig, die Wasserverfügbarkeit zu analysieren und Wasserbilanzen zu berechnen. Dazu gehört die Modellierung des Regenwassersabflusses von Dächern und Innenhöfen, Tiefgaragen, Wegen, Fahrradstellplätzen, Spielplätzen, Bäumen und Blumenbeeten unter verschiedenen Regensze-

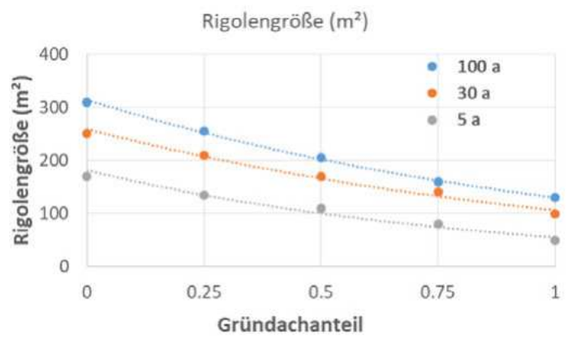
narien wie z.B. nassen oder extrem trockenen Jahren.

Darüber hinaus stellt sich die Frage, inwieweit BGI Starkregenereignisse zurückhalten können (z.B. ein vollständiger Rückhalt eines 100-jährlichen Regenereignisses).

Eine Modellierung mit z.B. dem Bewässerungsmodul B-GRIIN (Breulmann et al., 2024) zeigt, wie viel Wasser auf den privaten Flächen versickern oder gespeichert werden kann und wie viel Regenwasser durch BGI zurückgehalten oder verdunstet werden kann. Eine Herausforderung besteht nämlich darin, den Innenhof auch in trockenen Sommern grün zu halten, was Bewässerungsmöglichkeiten für Bäume, Sträucher und Wiesen erfordert.

In der Regel werden verschiedene Szenarien modelliert, die dann als Grundlage für die weitere Planung dienen können. So gibt es ein Basisszenario, in dem keine BGI berücksichtigt wird, ein Szenario mit BGI oder Szenarien, in denen Teilflächen bewässert werden.

Am Beispiel eines ca. 6.300 m² großen Häuserblocks im Quartier „Leipzig 416" wird die Wasserbilanz exemplarisch für ein extrem trockenes Jahr wie 2018 dargestellt. Zunächst wurden die Regenwasserabflüsse der einzelnen Teilflächen berechnet, um den gesamten Jahresabfluss zu ermitteln, der im Quartier verbleiben muss. Anschließend wurde noch der Bewässerungsbedarf der Grünflächen ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass selbst in extrem trockenen Jahren wie 2018, mit einem Niederschlag von ca. 2.400 m³ pro Jahr, der Niederschlagsabfluss den Bewässerungsbedarf von ca. 1.600 m³ pro Jahr fast vollständig decken kann. Dies setzt allerdings voraus, dass gesammeltes Regenwasser, z.B. in Zisternen, und/oder Grundwasser genutzt wird, wobei die Grundwasserentnahme die auf der Blockfläche versickernde Wassermenge nicht überschreiten sollte (aus UFZ, 2021).



Rückhalt von Starkregenereignissen
Durch die Kombination verschiedener Gründachanteile und die Größe der Versickerungsmulden kann die Abflussmenge von Starkregenereignissen auf 0 reduziert werden. Durch eine Vergrößerung der Dachbegrünungsfläche kann eine erhebliche Reduzierung, in manchen Fällen um den Faktor 2 oder mehr, der Versickerungsfläche erreicht werden.

Simuliert wurde ein 100-, 30- und ein 5-jähriges Starkregenereignis: 100a = 60.6 mm; 30a = 45.09 mm und 5a = 30.5 mm innerhalb von 2 h.

Wasserabfluss
Bewässerungsbedarf
in m³/Jahr

1.498 m³/ Jahr

1.575 m³/ Jahr

Gesamtfläche: 6.304 m²
Bewässerte Fläche: 3.944 m²
Niederschlag: 2.388 m³/ Jahr

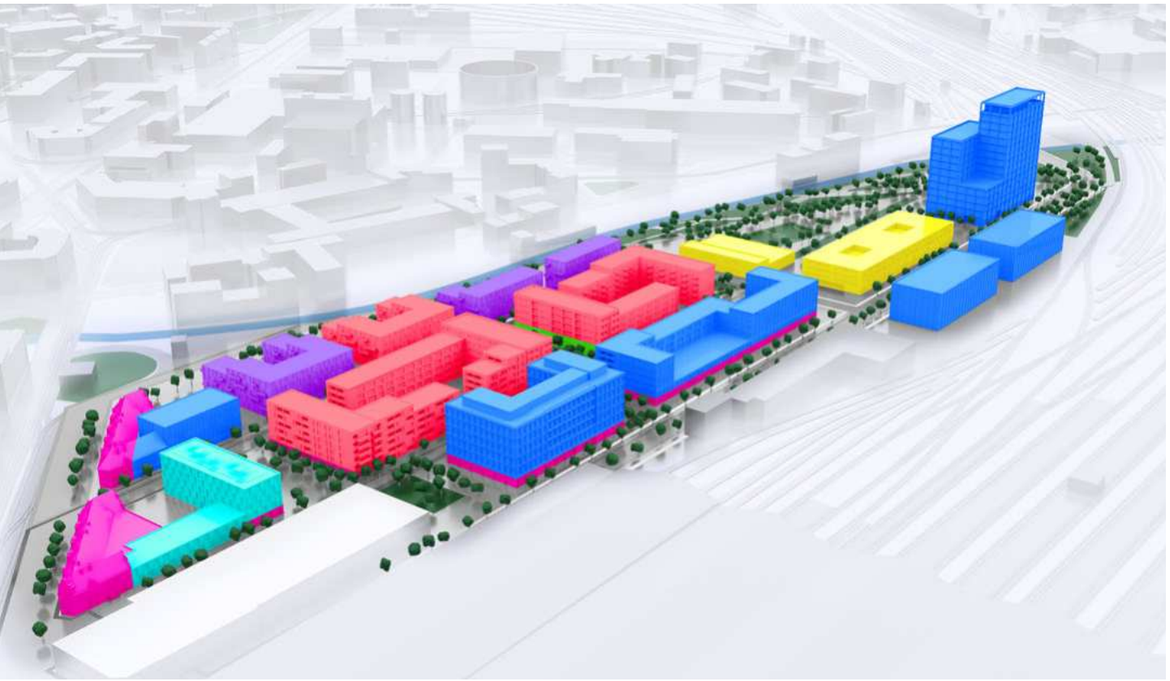
LÖWITZ QUARTIER: INTEGRIERTE REGENWASSER-BEWIRTSCHAFTUNG

Mit dem Löwitz Quartier wird das 10,6 ha große Areal des ehemaligen Thüringer Bahnhofs erschlossen. Auf 11 Baufeldern entsteht ein vielfältiges Quartier mit Miet- und Eigentumswohnungen, einem Hotel, Büros, Gastronomie und Einzelhandel. Auch eine Kindertagesstätte ist geplant und ein Gymnasium ist bereits in Betrieb.

Das Projekt ist ein Meilenstein für Leipzig, denn es ist das erste Quartier, das nach einem neuen städtebaulichen und nachhaltigen Konzept entwickelt wird. Es einsteht eine verkehrsberuhigte Umgebung, die Fußgängern und Radfahrern Vorrang einräumt und den Autoverkehr auf ein Minimum reduziert. Darüber hinaus werden Car-Sharing und andere alternative Mobilitätslösungen gefördert.

Neben dem öffentlichen Parthepark entstehen auf Privatgrund ein Quartiersplatz und vier Pocketparks. Diese dienen als wohnungsnahe Grünflächen und sind ebenfalls öffentlich zugänglich. Sie tragen zur Verbesserung des Klimas und zur nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung bei. Der Parthegrünzug ist als Überschwemmungsgebiet ausgelegt. Zusätzlich gibt es im Parthepark Retentionsflächen, die das Wasser bei Starkregenereignissen zurückhalten und ein zu schnelles Abfließen verhindern.

Die Freiraum- und Gebäudeplanung integriert die Regenwasserbewirtschaftung für ein nachhaltiges Entwässerungskonzept. Das Regenwasser verbleibt vor Ort und wird größtenteils versickert. Auf den privaten Baugrundstücken erfolgt die Regenwasserbehandlung kaskadenartig vor der Versickerung über Gründächer, Verdunstungsbeete und den Pocketparks. Dadurch wird eine dezentrale Regenwasserversickerung ermöglicht. Wo eine Versickerung vor Ort nicht möglich ist, dies betrifft in erster Linie die öffentlichen Verkehrsflächen, muss das Regenwasser über die Regenwasserkanalisation abgeleitet oder über einen Regenrückhaltekanal, in den nahegelgenen Fluss, die Parthe eingeleitet werden.



LÖWITZ QUARTIER

Grünanlagen und Überschwemmungsschutz

- Öffentlicher Parthepark
- Pocketparks
- 80 % Dachbegrünung
- Überschwemmungsmanagement

Das Regenwasser der privaten Baugrundstücke wird durch Versickerung und Verdunstung dem natürlichen Wasserkreislauf wieder zugeführt. Dazu werden Regenwasserspeicher auf den Dachflächen und den Tiefgaragendecken sowie Pufferflächen und Verdunstungsbeete in den Pocketparks angelegt. In Bereichen mit versickerungsfähigen Böden kann das Regenwasser über Mulden versickert werden.

Regenwassermanagement

- Verdunstung und Speicherung von Niederschlagswasser
- Einbringung des Niederschlagswassers in den natürlichen Wasserkreislauf
- Pufferung von Starkregenereignissen
- Keine Ableitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation

Der Umgang mit den Folgen des Klimawandels ist eine zentrale Aufgabe der Bebauungsplanung. Die ehemalige Brachfläche soll als natürliche Kühlung für die angrenzenden Quartiere dienen. Zur Verbesserung der Durchlüftung und Vermeidung von Überhitzung werden klimaökologisch optimierte, städtebauliche Maßnahmen und grüne Freiraumkonzepte, wie Pocketparks und gezielte Dachbegrünung, umgesetzt.

Für Neubauten sind Flachdächer mit einer Neigung bis zu 5 Grad vorgeschrieben. Diese Dächer müssen extensiv begrünt werden, wobei die Begrünung mindestens 80 Prozent der Dachfläche ausmachen muss. Gründächer leisten einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz, indem sie Regenwasser aufnehmen, speichern und an heißen Tagen wieder abgeben, um die Umgebung zu kühlen. Sie tragen auch zum Regenwasserrückhalt bei, indem sie durch den Retentionsraum den Abfluss reduzieren können. Die Dachfläche sichert den Retentionselementen ausreichend Platz, um ein angestrebtes Retentionsvolumen von 60 L/m² zu erreichen, was einer Mindesteinstauhöhe der Elemente von 60 mm entspricht. Die Kombination von Retentionselementen und Dachbegrünung mit Bodensubstrat ermöglicht eine effektive Rückhaltung und Speicherung von Regenwasser auf den Dächern sowie eine Verdunstung bei geringeren Niederschlagsmengen. Bei Starkregenereignissen wird der Wasserabfluss gedrosselt und die bodengebundene Nutzung in Verdunstungs- und Versickerungsflächen gefördert. Dies trägt zur Sicherung von abflusslosen Baugebieten bei, in denen das Niederschlagswasser zur Verdunstung und Versickerung genutzt wird.

Der Erhalt der Begrünung und der Retentionselemente entspricht den stadtökologischen Zielen Leipzigs. Dachbegrünungen lassen sich problemlos mit Photovoltaikanlagen kombinieren. Moderne Systeme ermöglichen dies und die Abkühlung der Luft über der Dachbegrünung erhöht den Wirkungsgrad der Solarzellen.

Weitere Informationen finden Sie unter

Löwitz Quartier

Bauherr
LEIPZIG ZWEI GMBH & CO. KG

Joint Venture
HAMBURG TEAM
HASPA PeB
OTTO WULFF

Architekten
Städtebauliches Konzepts von RKW Architektur +, Leipzig

Fertigstellung
voraussichtlich 2028

Standort
Preußenseite/Berliner Straße/Kurt-Schumacher-Straße, Leipzig-Mitte

Zusammenfassung

- ca. 10.6 ha Grundstück
- ca. 131.000 m² Bruttogeschossfläche (BGF)
- ca. 35.000 m² BGF Miet- und Eigentumswohnungen
- ca. 14.000 m² BGF öffentlich geförderte Mietwohnungen
- 11 Baufelder
- ca. 510 Wohnungen
- Hotel, Büros, Gastronomie und Einzelhandel
- Gymnasium und Kita

GESETZE | NORMEN | RICHTLINIEN | REGELWERKE (AUSWAHL)

ABwS: Abwassersatzung – Satzung für die öffentliche Abwasserbeseitigung und für die Grundstücksentwässerung. Beschluss Nr. DS-00400/14 der Ratsversammlung vom 20.05.2015, veröffentlicht im Leipziger Amtsblatt Nr. 11 vom 30.05.2015 (AbwS, 2015).
BauGB: Baugesetzbuch - In der Fassung der Bekanntmachung vom 23.09.2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Gesetz vom 20.12.2023 (BGBl. I S. 394) m.W.v. 01.01.2024, Stand: 08.07.2024 aufgrund Gesetzes vom 03.07.2023 (BGBl. I S. 176, ber. Nr. 214) (BauGB, 2024).
BlueGreenStreets Toolbox: Teil A. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere (BlueGreenStreets, 2022a).
BlueGreenStreets Toolbox: Teil B. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere (BlueGreenStreets, 2022b).
BlueGreenStreets 2.0: implementieren, evaluieren, verstetigen. Toolbox 2.0, Essentials für die Umsetzung (Berger et al., 2025).
Dachbegrünungsrichtlinien: Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Dachbegrünungen; Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) (Lösken et al., 2021).
DIN 1986-100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056.
DIN SPEC 91468: Leitfaden für ressourceneffiziente Stadtquartiere (DIN SPEC 91468, 2022).
DWA-Politikmemorandum: Wasserwirtschaft in Krisenzeiten (DWA, 2023).
DWA-Positionen: Wasserbewusste Entwicklung unserer Städte (DWA, 2021b).
DWA-A 100 (Arbeitsblatt): Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung (ISiE) (DWA, 2006c).
DWA-A 102-1/BWK-A 3-1 (Arbeitsblatt): DWA-Regelwerk/BWK-Regelwerk Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 1: Allgemeines (DWA, 2020d).
DWA-A 102-2/BWK-A 3-2 (Arbeitsblatt): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen (DWA, 2020c).
DWA-M 102-3/BWK-M 3-3 (Merkblatt): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 3: Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen (DWA, 2021a).
DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 (Merkblatt): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers (DWA, 2022).
DWA-A 117 (Arbeitsblatt): Bemessung von Regenrückhalteräumen (DWA, 2014).
DWA-A 118 (Arbeitsblatt): Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, März 2006, korrigierte Fassung vom September 2011 (DWA, 2006a).
DWA-M 119 (Merkblatt): Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen (DWA, 2016).
DWA-A 138 (Arbeitsblatt): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser (DWA, 2006b).
DWA-A 138-1 (Arbeitsblatt): Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - Teil 1: Planung, Bau, Betrieb (DWA, 2024).
DWA-M 153 (Merkblatt): Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser - August 2007; Stand: korrigierte Fassung Dezember 2020 (DWA, 2020a).
DWA-A 166 (Arbeitsblatt): Arbeitsblatt DWA-A 166: Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung - Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung (DWA, 2013b).
DWA-M 176 (Merkblatt): Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung (DWA, 2013a).
DWA-A 178 (Arbeitsblatt): Retentionsbodenfilteranlagen (DWA, 2019).
DWA-T3 (Themen): Beispiele zur Gestaltung von Regenbecken.
ErlFreihVO: Erlaubnisfreiheits-Verordnung vom 12. September 2001 (SächsGVBl. S. 675), die durch Artikel 8 des Gesetzes vom 12. Juli 2013 (SächsGVBl. S. 503) geändert worden ist. Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft über die Erlaubnisfreiheit von bestimmten Benutzungen des Grundwassers (ErlFreihVO, 2013).
Fassadenbegrünungsrichtlinien: Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Wand- und Fassadenbegrünungen; Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) (Mahabadi, 2018).
Nationale Wasserstrategie: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUV, 2021).
SächsWG: Sächsisches Wassergesetz vom 12. Juli 2013 (SächsGVBl. S. 503), das zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 20. Dezember 2022 (SächsGVBl. S. 705) geändert worden ist (SächsWG, 2022).
WHG: Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 409) geändert worden ist (WHG, 2023).
WVS: Wasserversorgungssatzung – Satzung für die öffentliche Wasserversorgung. Beschluss Nr. IV-800/07 der Ratsversammlung vom 07.02.2007, veröffentlicht im Leipziger Amtsblatt Nr. 5 vom 03.03.2007 (WVS, 2007).

Die Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

LITERATURVERZEICHNIS

Abdalazeem, M.E., Hassan, H., Asawa, T., Mahmoud, H., 2024. Enhancing energy efficiency in hot climate buildings through integrated photovoltaic panels and green roofs: An experimental study. Solar Energy 270, 112419.

AbwS, 2015. Abwassersatzung – Satzung für die öffentliche Abwasserbeseitigung und für die Grundstücksentwässerung. Beschluss Nr. DS-00400/14 der Ratsversammlung vom 20.05.2015, veröffentlicht im Leipziger Amtsblatt Nr. 11 vom 30.05.2015.

Ahlhelm, I., Frerichs, S., Hinzen, A., Noky, B., Simon, A., Riegel, C., Trum, A., Altenburg, A., Janssen, G., Rubel, C., 2020. Klimaanpassung in der räumlichen Planung (Praxishilfe). Starkregen, Hochwasser, Massenbewegungen, Hitze, Dürre. Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Smith, M., Raes, D., Wright, J.L., 2005. FAO-56-Dual Crop Coefficient Method for Estimating Evaporation from Soil and Application Extensions. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 131, 2-13.

Almeida, A.P., Liberalesso, T., Silva, C.M., Sousa, V., 2021. Dynamic modelling of rainwater harvesting with green roofs in university buildings. Journal of Cleaner Production 312.

Andersson, E., Langemeyer, J., Borgstrom, S., McPhearson, T., Haase, D., Kronenberg, J., Barton, D.N., Davis, M., Naumann, S., Roschel, L., Baro, F., 2019. Enabling Green and Blue Infrastructure to Improve Contributions to Human Well-Being and Equity in Urban Systems. Bioscience 69, 566-574.

Arenandan, V., Wong, J.K., Ahmed, A.N., Chow, M.F., 2022. Efficiency enhancement in energy production of photovoltaic modules through green roof installation under tropical climates. Ain Shams Engineering Journal 13, 101741.

Baek, S., Ligaray, M., Pachepsky, Y., Chun, J.A., Yoon, K.S., Park, Y., Cho, K.H., 2020. Assessment of a green roof practice using the coupled SWMM and HYDRUS models. J Environ Manage 261, 109920.

Bannick, C.G., Hüesker, F., Müller, R.A., Obermaier, N., Reese, M., Saravia, C., 2023. Urbane Wasserwende - Handlungsempfehlungen an die Bundespolitik. Hemlholtz Zentrum für Umwrtforschuung - UFZ und Umwelbundesamt (UBA), Leipzig, Germany, 11 pp.

BauGB, 2024. Baugesetzbuch - In der Fassung der Bekanntmachung vom 23.09.2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Gesetz vom 20.12.2023 (BGBl. I S. 394) m.W.v. 01.01.2024, Stand: 08.07.2024 aufgrund Gesetzes vom 03.07.2023 (BGBl. I S. 176, ber. Nr. 214).

Bellezoni, R.A., Meng, F.X., He, P., Seto, K.C., 2021. Understanding and conceptualizing how urban green and blue infrastructure affects the food, water, and energy nexus: A synthesis of the literature. Journal of Cleaner Production 289, 125825.

Berger, M., Dickhaut, W., Heinemann, K., Josuweit, T., Meiser, N., Richter, M., Becker, C.W., Flamm, L., Haug, A.L., Hübner, S., 2025. BlueGreenStreets 2.0: implementieren, evaluieren, verstetigen. Toolbox 2.0, Essentials für die Umsetzung. 232 pp.

Berliner Regenwasseragentur, 2021. Wassersensibel planen in Berlin: Eine Orientierungshilfe auf dem Weg zur klimaangepassten Stadt. Berliner Wasserbetriebe; Berliner Regenwasseragentur; Neue Jüdenstraße 1, 10179 Berlin, 53 pp.

BfN, 2018. Urbane Grüne Infrastruktur Grundlage für attraktive und zukunftsfähige Städte Hinweise für die kommunale Praxis. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn, 32 pp.

BlueGreenStreets, 2022a. BlueGreenStreets Toolbox – Teil A. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere. Erstellt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft" (RES:Z), Hamburg, Germany, 148 pp.

BlueGreenStreets, 2022b. BlueGreenStreets Toolbox – Teil B. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere. Erstellt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft" (RES:Z), Hamburg, Germany, 148 pp.

BMUV (2021). Nationale Wasserstrategie. Bundesministerium für Umwelt-Naturschutz, n.S.u.V.B., 53175 Bonn, Germany. pp. 76.

Breulmann, M., Müller, R.A., van Afferden, M., 2024. Modelling urban stormwater and irrigation management with coupled blue-green infrastructure in the context of climate change. Blue-Green Systems 6, 100-113.

Bunzel, A., Frölich von Bodelschwingh, F., Krusenotto, M., 2023. Die Flächennutzungsplanung fit machen für die Innenentwicklung. In: Difu Policy Papers. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu), Berlin, pp. 22.

Cao, S., Wang, Y., Ni, Z., Xia, B., 2022. Effects of Blue-Green Infrastructures on the Microclimate in an Urban Residential Area Under Hot Weather. Frontiers in Sustainable Cities 4.

Carvalho, P., Finger, D.C., Masi, F., Cipolletta, G., Oral, H.V., Toth, A., Regelsberger, M., Exposito, A., 2022. Nature-based solutions addressing the water-energy-food nexus: Review of theoretical concepts and urban case studies. Journal of Cleaner Production 338, 130652.

Chan, F.K.S., Griffiths, J.A., Higgitt, D., Xu, S., Zhu, F., Tang, Y.-T., Xu, Y., Thorne, C.R., 2018. "Sponge City" in China—A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context. Land Use Policy 76, 772-778.

Connelly, M., Hodgson, M., 2013. Experimental investigation of the sound transmission of vegetated roofs. Applied Acoustics 74, 1136-1143.

Cristiano, E., Deidda, R., Viola, F., 2021. The role of green roofs in urban Water-Energy-Food-Ecosystem nexus: A review. Sci Total Environ 756, 143876.

Dawson, D.A., Vercruysse, K., Wright, N., 2020. A spatial framework to explore needs and opportunities for interoperable urban flood management. Philos Trans A Math Phys Eng Sci 378, 20190205.

DeNardo, J.C., Jarrett, A.R., Manbeck, H.B., Beattie, D.J., Berghage, R.D., 2005. Stormwater mitigation and surface temperature reduction by green roofs. Transactions of the Asae 48, 1491-1496.

Detommaso, M., Gagliano, A., Marletta, L., Nocera, F., 2021. Sustainable Urban Greening and Cooling Strategies for Thermal Comfort at Pedestrian Level. Sustainability 13, 3138.

Dickhaut, W., 2017. Auf die Dächer - Fertig - Grün! Hamburger Gründachstrategie - Eine ökonimische Betrachtung. HafenCity Universität Hamburg, Fachgebiet Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung; Behörde für Umwelt und Energie (BUE), Neuenfelder Straße 19, 21109 Hamburg, Freie und Hansestadt Hamburg, 24 pp.

DIN 1986-100, 2016. Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen - Teil 100: Schutz des Trinkwassers, Erhaltung der Trinkwassergüte; Technische Regel des DVGW (Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.).

DIN EN 752 (2017). Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Juli 2017.

DIN SPEC 91468, 2022. Leitfaden für ressourceneffiziente Stadtquartiere - Guideline for resource-efficient urban districts.

Donati, G.F.A., Bolliger, J., Psomas, A., Maurer, M., Bach, P.M., 2022. Reconciling cities with nature: Identifying local Blue-Green Infrastructure interventions for regional biodiversity enhancement. J Environ Manage 316, 115254.

DWA (2006a). Arbeitsblatt DWA-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, März 2006, korrigierte Fassung vom September 2011. Hennef, Germany. pp. 35.

DWA (2006b). Abeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser Hennef, Germany. pp. 66.

DWA (2006c). Arbeitsblatt DWA-A 100: Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung (ISiE). Hennef, Germany. pp. 43.

DWA (2013a). Merkblatt DWA-M 176: Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung. Hennef, Germany. pp. 105.

DWA (2013b). Arbeitsblatt DWA-A 166: Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung - Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung. Hennef, Germany.

DWA (2014). Arbeitsblatt DWA-A 117: Bemessung von Regenrückhalterräumen. Hennef, Germany. pp. 37.

DWA (2016). Merkblatt DWA-M 119: Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen., Hennef, Germany. pp. 40.

DWA (2019). Arbeitsblatt DWA-A 178: Retentionsbodenfilteranlagen, Stand: korrigierte Fassung Oktober 2019. Hennef, Germany. pp. 41.

DWA (2020a). Arbeitsblatt DWA-A 102-1/ BWK-A 3-1: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 1: Allgemeines. Hennef, Germany. pp. 32.

DWA (2020b). Merkblatt DWA-M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser - August 2007; Stand: korrigierte Fassung Dezember 2020. Hennef, Germany. pp. 37.

DWA (2020c). Arbeitsblatt DWA-A 138-1: Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - Teil 1: Planung, Bau, Betrieb. Hennef, Germany. pp. 95.

DWA (2020d). Arbeitsblatt DWA-A 102-2/ BWK-A 3-2: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. Hennef, Germany. pp. 99.

DWA (2021a). Wasserbewusste Entwicklung unserer Städte. DWA-Positionen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft - Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Hennef, Germany. pp. 12.

DWA (2021b). Merkblatt DWA-M 102-3/ BWK-M 3-3: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 3: Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. Hennef, Germany. pp. 108.

DWA (2022). Merkblatt DWA-M 102-4/ BWK-M 3-4: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers. Hennef, Germany. pp. 56.

DWA (2023). Wasserwirtschaft in Krisenzeiten. (DWA), D.-P.D.V.f.W.-A.u.A.e.V., Hennef, Germany. pp. 12.

Engelmann, R.A., Friedrich, A., Moeller, L., Otto, P., Richter, A., 2023. Die Grüne Stadt: Viel Potenzial für neue Lebensräume - Informationsbroschüre zur Dachbegrünung in Leipzig und zum Modell-Gründach im Botanischen Garten der Universität Leipzig. Botanischer Garten der Universität Leipzig, Leipzig, 12 pp.

ErlFreihVO, 2013. Erlaubnisfreiheits-Verordnung vom 12. September 2001 (SächsGVBl. S. 675), die durch Artikel 8 des Gesetzes vom 12. Juli 2013 (SächsGVBl. S. 503) geändert worden ist. Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft über die Erlaubnisfreiheit von bestimmten Benutzungen des Grundwassers .

Friesen, J., Khurelbaatar, G., Plaul, B., Despot, D., van Afferden, M., Müller, R.A., Breulmann, M., (2025) Co-designing water-sensitive suburbs through blue-green infrastructure planning by research, municipal and housing association partners. In: Lens, P.N.L., Bui, X.-T. (Eds.), Nature-Based Solutions for Urban Sustainability. IWA Publishing, pp. 175-190. ISBN 9781789065008.

Furlong, C., Brotchie, R., Considine, R., Finlayson, G., Guthrie, L., 2017. Key concepts for Integrated Urban Water Management infrastructure planning: Lessons from Melbourne. Utilities Policy 45, 84-96.

Getter, K.L., Rowe, D.B., 2006. The role of extensive green roofs in sustainable development. Hortscience 41, 1276-1285.

Grard, B.J.P., Chenu, C., Manouchehri, N., Houot, S., Frascaria-Lacoste, N., Aubry, C., 2017. Rooftop farming on urban waste provides many ecosystem services. Agronomy for Sustainable Development 38, 2.

Günther, R., 2014. The role of soil water content for microclimatic effects of green roofs and urban trees - a case study from Berlin, Germany.

Henrichs, M., Leutnant, D., Kliewer, D., Hörnschemeyer, B., Schleifenbaum, R., Langner, J., Uhl, M., 2017. Die Stadt als hydrologisches System im Wandel - Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushaltes (SAMUWA). Schlussbericht. BMBF Förderkennzeichen 033W004J. Institut für Wasser·Ressourcen·Umwelt (IWARU), Münster: Fachhochschule Münster.

HMUKLV, 2022. Zukunftsplan Wasser. Wasserwirtschaftlicher Fachplan Hessen. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV), Wiesbaden, 103 pp.

Hochschule Geisenheim (2021). Geisenheim Irrigation Scheduling 2021 with kc values using the PENMAN-equation. https://www.hs-geisenheim.de/fileadmin/redaktion/FORSCHUNG/Institut_fuer_Gemuesebau/Ueberblick_Institut_fuer_Gemuesebau/Geisenheimer_Steuerung/Crop-coefficients_PENMAN_2021.pdf

Hörnschemeyer, B., Henrichs, M., Uhl, M., 2021. SWMM-UrbanEVA: A Model for the Evapotranspiration of Urban Vegetation. Water 13, 243.

Jaffal, I., Ouldboukhitine, S.E., Belarbi, R., 2012. A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. Renewable Energy 43, 157-164.

Jiang, C., Li, J., Hu, Y., Yao, Y., Li, H., 2022. Construction of water-soil-plant system for rainfall vertical connection in the concept of sponge city: A review. Journal of Hydrology 605.

John, H., Marrs, C., Neubert, M., 2019. Handbuch Grüne Infrastruktur – Konzeptioneller und theoretischer Hintergrund, Begriffe und Definitionen. Österreichische Kurzfassung. Interreg Central Europe Projekt MaGIC-Landscapes, Output O.T1.1, Dresden.

Kabisch, S., Rink, D., Banzhaf, E., 2023. Die Resiliente Stadt: Konzepte, Konflikte, Lösungen. Springer Berlin / Heidelberg, 300 pp.

Khurelbaatar, G., van Afferden, M., Ueberham, M., Stefan, M., Geyler, S., Müller, R.A., 2021. Management of Urban Stormwater at Block-Level (MUST-B): A New Approach for Potential Analysis of Decentralized Stormwater Management Systems. Water 13, 378.

Kinlock, N.L., Schindler, B.Y., Gurevitch, J., 2016. Biological invasions in the context of green roofs. Israel Journal of Ecology & Evolution 62, 32-43.

Knappe, J., van Afferden, M., Friesen, J., 2023. GR2L: A robust dual-layer green roof water balance model to assess multifunctionality aspects under climate variability. Frontiers in Climate 5, 1-13.

Köster, S., 2021. How the Sponge City becomes a supplementary water supply infrastructure. Water-Energy Nexus 4, 35-40.

Lang, W., Pauleit, S., Petzold, F., 2023. Nachverdichtung im Kontext des Klimawandels: Digitale Planungsmethoden - Handreichung für Kommunen und Planende. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, München, 61 pp.

Larsen, T.A., Hoffmann, S., Luthi, C., Truffer, B., Maurer, M., 2016. Emerging solutions to the water challenges of an urbanizing world. Science 352, 928-933.

LAWA, 2021. Auf dem Weg zur wassersensiblen Stadtentwicklung. Erfordernisse aus Sicht der Wasserwirtschaft. Positionspapier. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Berlin.

LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser), Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser, Aktualisierte und überarbeitete Fassung, 2016.

Leipziger Wasserwerke, Stadt Leipzig, ZV Wall, 2021. Wassersensibel planen uns bauen: Leitfaden zur Starkregenvorsorge. Stadt Leipzig (Amt für Umweltschutz, Verkehrs- und Tiefbauamt); Zweckverband für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung Leipzig-Land ZV WALL; Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH, Leipzig, Germany, 23 pp.

Leipziger Wasserwerke, Stadt Leipzig, ZV Wall, 2022. Bewirtschaftung von Niederschlagswasser: Leitfaden für Grundstücksbesitzerinnen und Grundstücksbesitzer. Stadt Leipzig (Amt für Umweltschutz, Verkehrs- und Tiefbauamt), Zweckverband für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung Leipzig-Land ZV WALL, Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH, Leipzig, Germany, 72 pp.

Li, H., Ding, L., Ren, M., Li, C., Wang, H., 2017. Sponge City Construction in China: A Survey of the Challenges and Opportunities. Water 9.

Lösken, G., Ansel, W., Backhaus, T., Bartel, Y.-C., Bornholdt, H., Bott, P., Henze, M., Hokema, J., Köhler, M., Krupka, B.W., Mann, G., Münster, M., Neisser, H., Roth-Kleyer, S., Ruttensperger, S., Schenk, D., Sprenger, D., Upmeier, M., Westerholt, D., 2021. Dachbegrünungsrichtlinien: Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Dachbegrünungen - Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing. Bonn, Germany, 118 pp.

Lupia, F., Baiocchi, V., Lelo, K., Pulighe, G., 2017. Exploring Rooftop Rainwater Harvesting Potential for Food Production in Urban Areas. Agriculture 7, 46.

Mahabadi, M., 2018. Fassadenbegrünungsrichtlinien: Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Wand- und Fassadenbegrünungen. FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.

McDonald, R.I., Aronson, M.F.J., Beatley, T., Beller, E., Bazo, M., Grossinger, R., Jessup, K., Mansur, A.V., Puppim de Oliveira, J.A., Panlasigui, S., Burg, J., Pevzner, N., Shanahan, D., Stoneburner, L., Rudd, A., Spotswood, E., 2023. Denser and greener cities: Green interventions to achieve both urban density and nature. People and Nature 5, 84-102.

Meilinger, V., Monstadt, J., 2022. The material politics of integrated urban stormwater management in Los Angeles, California. Local Environment 27, 847-862.

Meilinger, V., Garcia Soler, N., Vetter, A., 2024. Ziele und Politikinstrumente für klimaresiliente Schwammstädte: Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Neues Europäisches Bauhaus weiterdenken – AdNEB". Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.

Müller, R.A., van Afferden, M., Reese, M., Geyler, S., Sahlbach, T., Winkler, U., Mohr, M., 2023. Wege zum abflussfreien Stadtquartier – Potentiale, Wirkungen und Rechtsrahmen des ortsnahen Schmutz- und Regenwassermanagements. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau, 201 pp.

Nguyen, C.N., Muttil, N., Tariq, M.A.U.R., Ng, A.W.M., 2021. Quantifying the Benefits and Ecosystem Services Provided by Green Roofs—A Review. Water 14.

O'Donnell, E., Thorne, C., Ahilan, S., Arthur, S., Birkinshaw, S., Butler, D., Dawson, D., Everett, G., Fenner, R., Glenis, V., Kapetas, L., Kilsby, C., Krivtsov, V., Lamond, J., Maskrey, S., O'Donnell, G., Potter, K., Vercruysse, K., Vilcan, T., Wright, N., 2020. The blue-green path to urban flood resilience. Blue-Green Systems 2, 28-45.

Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R.R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K.K.Y., Rowe, B., 2007. Green roofs as urban ecosystems:: Ecological structures, functions, and services. Bioscience 57, 823-833.

Park, J., Kim, J.H., Dvorak, B., Lee, D.K., 2018. The Role of Green Roofs on Microclimate Mitigation Effect to Local Climates in Summer. International Journal of Environmental Research 12, 671-679.

Paschold, P.J., Beltz, H., 2010. Bewässerung im Gartenbau. Ulmer, 167 pp

Pati, A., Sahoo, B., 2022. Effect of Low-Impact Development Scenarios on Pluvial Flood Susceptibility in a Scantily Gauged Urban–Peri-Urban Catchment. Journal of Hydrologic Engineering 27.

Pawlowski, S. (2023). Kommentierung zu § 48 WHG, in: A. Schink, F. Fellenberg (Hrsg.), GK-WHG, CH-Beck, München, 2023.

Peng, L.L.H., Jim, C.Y., 2013. Green-Roof Effects on Neighborhood Microclimate and Human Thermal Sensation. Energies 6, 598-618.

Pille, L., Saeumel, I., 2021. The water-sensitive city meets biodiversity: habitat services of rain water management measures in highly urbanized landscapes. Ecology and Society 26.

Pitha, U., Zluwa, I., Scharf, B., Lapin, K., Besener, I.-M., Virgolini, J., Kapus, S., Preiss, J., Enzi, V., Jesner, L., Oberbichler, C., Fricke, J., Fritthum, R., Dyk, G., 2021. Leitfaden Dachbegrünung. Stadt Wien, Stadt Wien - MA22 Umweltschutz.

Queitsch, P., Berücksichtigung des Klimawandels in der Bauleitplanung, Umwelt- und Planungsrecht (UPR) 2023, S. 201-207.

Rauchecker, M., Schramm, E., Trapp, J.H., Stein, C., Gunkel, M., 2023. Konstellationen blau-grün-grauer Infrastruktur in der Klimaanpassung am Beispiel der Bewässerung von öffentlichem Grün. GWF-Wasser + Abwasser 1, 69-76.

Raimondi, A., Becciu, G., 2020. Performance of Green Roofs for Rainwater Control. Water Resources Management 35, 99-111.

Reese, M. (2025). Nachhaltige Niederschlagsbewirtschaftung und wassersensible Stadtenwicklung – Rechtlicher Rahmen und Novellierungsbedarf, DVBl. 2025, 335-343.

Rossman, L., 2015. Storm water management model user's manual 5.1. US EPA Office of Research and Development, EPA/600/R-14/413 (NTIS EPA/600/R-14/413b), Washington DC, 353 pp.

Rösel, L. et al. (2020). Anwendungsgrundsätze für Geringfügigkeitsschwellen zum Schutz des Grundwassers (GFS-Werte) am Beispiel der Niederschlagswasserversickerung, UBA-Texte 151/2020.

SächsWG, 2022. Sächsisches Wassergesetz vom 12. Juli 2013 (SächsGVBl. S. 503), das zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 20. Dezember 2022 (SächsGVBl. S. 705) geändert worden ist.

Schelle, R., Maderspacher, J., Hausladen, G., Brasche, J., Zölch, T., 2020. Leitfaden für klimaorientierte Kommunen in Bayern: Handlungsempfehlungen aus dem Projekt Klimaschutz und grüne Infrastruktur in der Stadt am Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung. Technische Universität München, 94 pp.

Schmit, M., Steinbrich, A., Leistert, H., Weiler, M., 2022. Webtool zur Ermittlung der naturnahen urbanen Wasserbilanz (NatUrWB). Korrespondenz Wasserwirtschaft: Fachbeiträge Gewässer und Boden 15, 530-536.

Schwarz-v.Raumer, H.-G., Jaworski, T., Schenk, R., Vennemann, K., 2023. Integration of Urban Green and Blue Infrastructure by Means of an Interactive and Geo-spatial Webmap-Tool. In: Landscapes, D.L.A.F.R. (Ed.), Journal of Digital Landscape Architecture. Digital Landscape Architecture 2023 – Future Resilient Landscapes, pp. 9.

SenMVKU, 2023. Grundstücksübergreifenden Lösungen zur Regenwasserbewirtschaftung [GÜL] 12/2023. Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt Berlin (SenMVKU), Berlin.

Shafique, M., Kim, R., Rafiq, M., 2018. Green roof benefits, opportunities and challenges - A review. Renewable & Sustainable Energy Reviews 90, 757-773.

Sieker, H., Steyer, R., Büter, B., Leßmann, D., von Tils, R., Becker, C., Hübner, S., 2019. Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.

Stadt Aachen, 2020. Flächennutzungsplan 2030 vom 11.05.2020 in der Fassung der redaktionellen Berichtung von Juli 2021, Teil A Städtebauliche Begründung. Stadt Aachen, Aachen.

Stadt Bonn, 2023. Zwichenbericht: Bonn Schwammstadt - Gesamtstädtisches Konzept zur Hitze- und Trockenheitsvorsorge unter Einsatz von regenwasser. Bundesstadt Bonn, Amt für Umwelt und Stadtgrün, Deutschland, Bonn, 64 pp.

Stadt Bonn, 2024. Endbericht: Bonn Schwammstadt - Gesamtstädtisches Konzept zur Klimaanpassung im Rahmen der Stadt- und Freiraumplanung. Bundesstadt Bonn, Amt für Umwelt und Stadtgrün, Deutschland, Bonn, 155 pp.

Stadt Leipzig, 2014. Energie- und Klimaschutzprogramm der Stadt Leipzig 2014 – 2020 - Auf dem Weg zur europäischen Energie- und Klimaschutzkommune. Leipzig.

Stadt Leipzig, 2018. Integriertes Stadtentwicklungskonzept Leipzig 2030 - Zielbild und Stadtentwicklungsstrategie. Stadt Leipzig, Dezernat Stadtentwicklung und Bau, Stadtplanungsamt, Leipzig, 30 pp.

Stadt Leipzig, 2020. Sofortmassnahmenprogramm zum Klimanotstand 2020 Leipzig. Stadt Leipzig, Der Oberbürgermeister, Dezernat Umwelt, Ordnung, Sport, Leipzig, 46 pp.

Stadt Leipzig, 2022. Befragung zum Klimawandel in Leipzig - Ergebnisbericht. Amt für Statistik und Wahlen, Amt für Umweltschutz, Leipzig.

Stadt Leipzig, 2024. Stadt Leipzig: Stadtplatzprogramm 2030+, Transformation von Stadt- und Quartiersplätzen zu nachhaltigen Aufenthaltsräumen. 26 pp.

Steinbrich, A., Henrichs, M., Leistert, H., Scherer, I., Schuetz, T., Uhl, M., Weiler, M., 2018. Ermittlung eines naturnahen Wasserhaushalts als Planungsziel für Siedlungen. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 62, 28-37.

StMUV, 2020. Wassersensible Siedlungsentwicklung in Bayern- Empfehlungen für ein zukunftsfähiges und klimaangepasstes Regenwassermanagement in Bayern. München.

Tomson, M., Kumar, P., Barwise, Y., Perez, P., Forehead, H., French, K., Morawska, L., Watts, J.F., 2021. Green infrastructure for air quality improvement in street canyons. Environ Int 146, 106288.

Trapp, J.H., Winker, M., 2020. Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen: Ein Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH, Berlin, Germany, 149 pp.

UFZ, 2021. Umweltperspektiven: Ressourceneffiziente Statdquartiere. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Leipzig, Germany, 24 pp.

Uhl, M., Henrichs, M., 2021. Planungsinstrumente für den Wasserhaushalt in Siedlungsgebieten. Fachbeiträge: Entwässerungssysteme 68, 827-834.

UNEP-DHI (2014). Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-ba-

sed management approaches for water-related infrastructure projects. Programme, U.N.E. pp. 76.

van den Berg, M., Wendel-Vos, W., van Poppel, M., Kemper, H., van Mechelen, W., Maas, J., 2015. Health benefits of green spaces in the living environment: A systematic review of epidemiological studies. Urban Forestry & Urban Greening 14, 806-816.

Van Renterghem, T., 2018. Green Roofs for Acoustic Insulation and Noise Reduction. In: Pérez, G., Perini, K. (Eds.), Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability. Butterworth-Heinemann, pp. 167-179.

Van Renterghem, T., Botteldooren, D., 2011. In-situ measurements of sound propagating over extensive green roofs. Building and Environment 46, 729-738.

Viecco, M., Jorquera, H., Sharma, A., Bustamante, W., Fernando, H.J.S., Vera, S., 2021. Green roofs and green walls layouts for improved urban air quality by mitigating particulate matter. Building and Environment 204, 108120.

Wang, H.B., Qin, J., Hu, Y.H., 2017. Are green roofs a source or sink of runoff pollutants? Ecological Engineering 107, 65-70.

Wang, J., Garg, A., Huang, S., Mei, G., Liu, J., Zhang, K., Gan, L., 2021. The rainwater retention mechanisms in extensive green roofs with ten different structural configurations. Water Sci Technol 84, 1839-1857.

Wang, L.W., Wang, H., Wang, Y.C., Che, Y., Ge, Z.W., Mao, L.F., 2022. The relationship between green roofs and urban biodiversity: a systematic review. Biodiversity and Conservation 31, 1771-1796.

WHG, 2023. Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 409) geändert worden ist.

Wickel, M. (2015). Planung als Instrument der besseren Vernetzung von Siedlungswasserwirtschaft und Stadtentwicklung, in: Gawel (Hrsg.), Die Governance der Wasserinfrastruktur, Band II, 2015, S. 399 ff.

Williams, K.J.H., Lee, K.E., Sargent, L., Johnson, K.A., Rayner, J., Farrell, C., Miller, R.E., Williams, N.S.G., 2019. Appraising the psychological benefits of green roofs for city residents and workers. Urban Forestry & Urban Greening 44, 126399.

Winker, M., Frick-Trzebitzky, F., Matzinger, A., Schramm, E., Stieß, I., 2019a. Abschwächung von Klimafolgen bei erhöhter Lebensqualität in der Stadt - Das Potenzial von gekoppelten blau-grün-grauen Infrastrukturen. KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 12, 650-655.

Winker, M., Frick-Trzebitzky, F., Matzinger, A., Schramm, E., Stieß, I., 2019b. Die Kopplungsmöglichkeiten von grünen, grauen und blauen Infrastrukturen mittels raumbezogener Bausteine. Deutsches Institut für Urbanistik -Difu-, Berlin.

WVS, 2007. Wasserversorgungssatzung – Satzung für die öffentliche Wasserversorgung. Beschluss Nr. IV-800/07 der Ratsversammlung vom 07.02.2007, veröffentlicht im Leipziger Amtsblatt Nr. 5 vom 03.03.2007.

Yildirim, Y., Dilman, M., Muftuoglu, V., Demir, S., 2022. Soundscape Assessment of Green and Blue Infrastructures. Urban Science 6, 22.

BILDVERZEICHNIS

Cover & Rückseite: © Artkolchose GmbH Seite 3-4: © Mr Twister, Adobe Stock | Seite 7-8, 11-12, 13-14, 17-18: © Philipp Kirschner, PK Fotografie Leipzig | Seite 22: © Timo Böttcher, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ | Seite 23-24: © Lucie Moeller, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ | Seite 25-26: © Northern life, Adobe Stock | Seite 28: © Ganbaatar Khurelbaatar, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ | Seite 29: © Ed Hawkins, University of Reading | Seite 33-34: © Kiwihug, Unsplash | Seite 36: © Ute Vité | Seite 41: © Tingey-Injury-Law-Firm, Unsplash | Seite 43: © Magda Ehlers, Pexelsv | Seite 45: © lexiconimages, Adobe Stock | Seite 49-50: © Maximilian Ueberham; Stadt Leipzig | Seite 51: © Artkolchose GmbH | Seite 52: © Kristine Rada, Adobe Stock | Seite 56: © hjschneider, Adobe Stock | Seite 58: © André Künzelmann, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ | Seite 59 © Maximilian Ueberham; Stadt Leipzig | Seite 61 © Katy Bernhard, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ | Seite 62: © Niels Wollschläger, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ | Seite 64: © Sarah Fischinger, Universität Leipzig | Seite 65, 66: © Leipziger Gruppe | Seite 67-68: © Artkolchose GmbH | Seite 70: © Bundesverband GebäudeGrün e.V. | Seite 71, 72, 73: © Optigrün international AG | Seite 74: © Artkolchose GmbH | Seite 76: © Marc Breulmann, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ | Seite 77, 78, 79: © Optigrün international AG | Seite 80: © Katy Bernhard, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ | Seite 81: © Garten- und Landschaftsbau Schilling GmbH | Seite 85-86: © pedrope11, Adobe Stock | Seite 88: © maykal, Adobe Stock | Seite 89: © artemstepanov,Adobe Stock | Seite 91, 92: © Rüdiger Clausen, GFSL Grün für stadt und leben | Seite 94: © Maxe Nowotka | Seite 95-96: © archipoch, Adobe Stock | Seite 97: © Stadtplanungsamt, Stadt Leipzig | Seite 100: © Institut für ökologische Wirtschaftsforschung IÖW / V. Haese 2021 | Seite 101: © Matthias Winkler, Fraunhofer- Institut für Bauphysik IBP | Seite 103-104: © monsitj, Adobe Stock | Seite 105: © Inge Maria, Unsplash | Seite 110: © Marc Breulmann, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ | Seite 112: © Stefan Böttger, Tilia GmbH | Seite 113: © Leipziger Wasserwerke | Seite 114, 115, 116 oben: © Universität Leipzig und Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig HTWK | Seite 116 unten: © Leipziger Wasserwerke | Seite 117-118: © Bundesverband Gebäude-Grün e.V. | Seite 119, 121, 122: © Jan Friesen, Marc Breulmann, Ganbaatar Khurelbaatar, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ | Seite 124: © Leipzig 416 Management | Seite 125: © Ganbaatar Khurelbaatar, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ | Seite 125-126: © Artkolchose GmbH | Seite 127-128 oben: © bloomimages/ freiland/Nightnurse | Seite 127-128 unten: © bloomimages/freiland | Seite 129: © Leipzig Zwei | Seite 131-132, 133-134: © Philipp Kirschner, PK Fotografie Leipzig

IMPRESSUM

Herausgeber
Marc Breulmann und Lucie Moeller
Helmholtz-Zentrum
für Umweltforschung – UFZ GmbH
Permoserstr. 15, 04318 Leipzig

Autoren
Marc Breulmann, Lucie Moeller,
Frank Hüesker, Moritz Reese, Phoebe Hänsel,
Sophie Wehmeier und Roland A. Müller

Mit Beiträgen von
Ralf Trabitzsch, Katy Bernhard, Dietmar Schlosser, Niels Wollschläger, Peter Otto, Gabriele Stich, Milena Mohri, Ulf-Peter Schilling, Rüdiger Clausen, Matthias Winkler, Johanna Henning, Stefan Böttger, Uwe Winkler, Tilo Sahlbach, Erik Hofmann, Sabine Lautenschläger, Jan Friesen, Ganbaatar Khurelbaatar, Daneish Despot, Manfred van Afferden und Bernd Plaul.

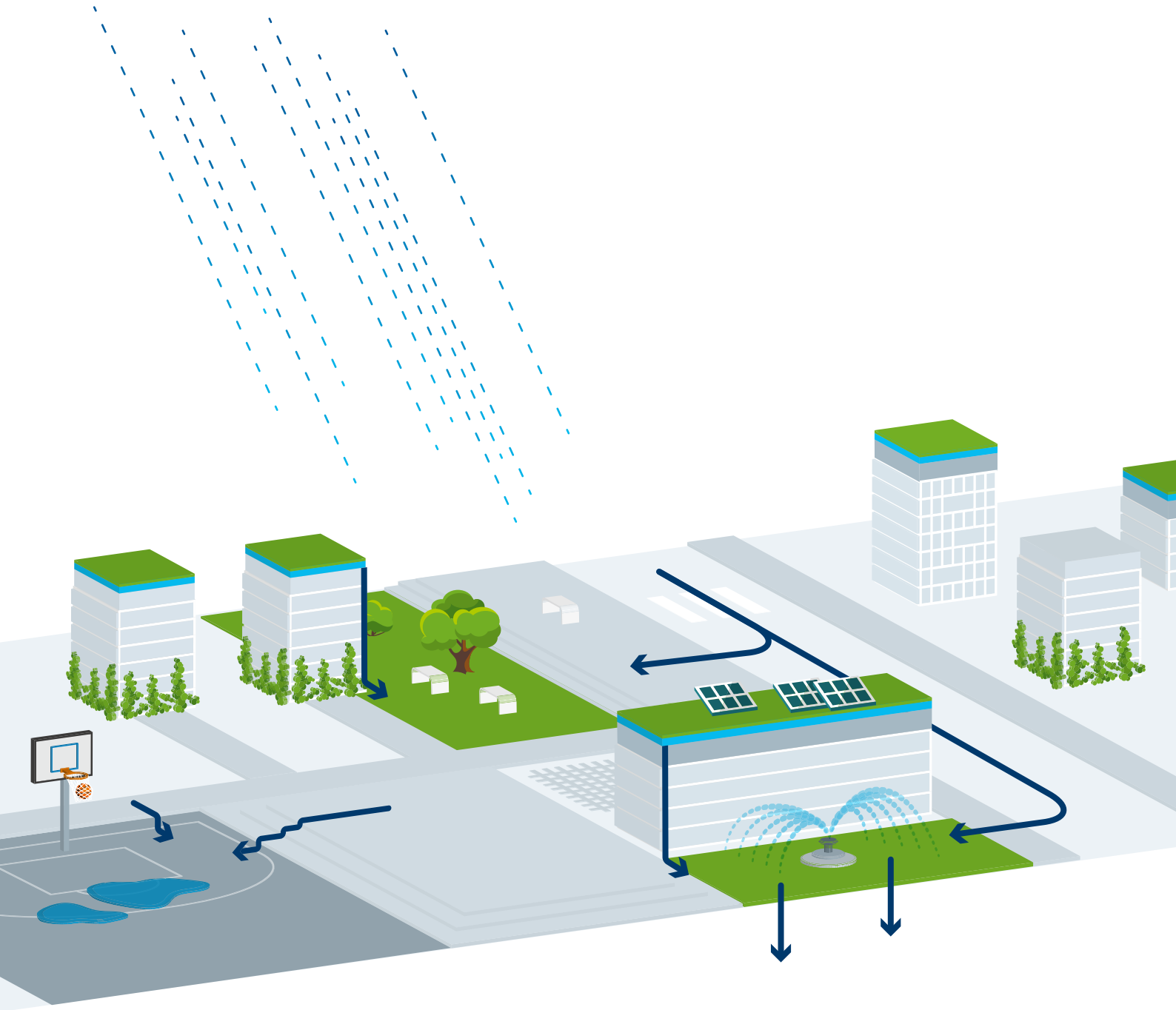
Das Handbuch wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung in der Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft (RES:Z)“ unter dem Förderkennzeichen 033W110AN gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Zitiervorschlag
Leipziger BlauGrün (2025) Planung gekoppelter blau-grüner Infrastrukturen–Ein Handbuch zur wassersensiblen Stadtentwicklung in Leipzig: Starkregenmanagement und Bewässerung. Breulmann M. & Moeller L. (Hrsg.). Erstellt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme Leipziger BlauGrün – Blau-grüne Quartiersentwicklung in Leipzig.

Gestaltung
Artkolchose GmbH – Ihre Markenagentur

ISBN 978-3-944280-77-6

Alle Rechte vorbehalten
Nachdruck und Verbreitung digitaler Kopien
mit Quellenangabe gestattet.
Leipzig, Juni 2025



Leipziger BlauGrün