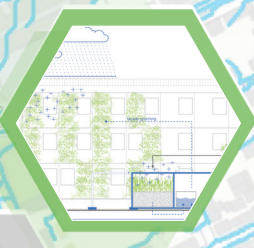
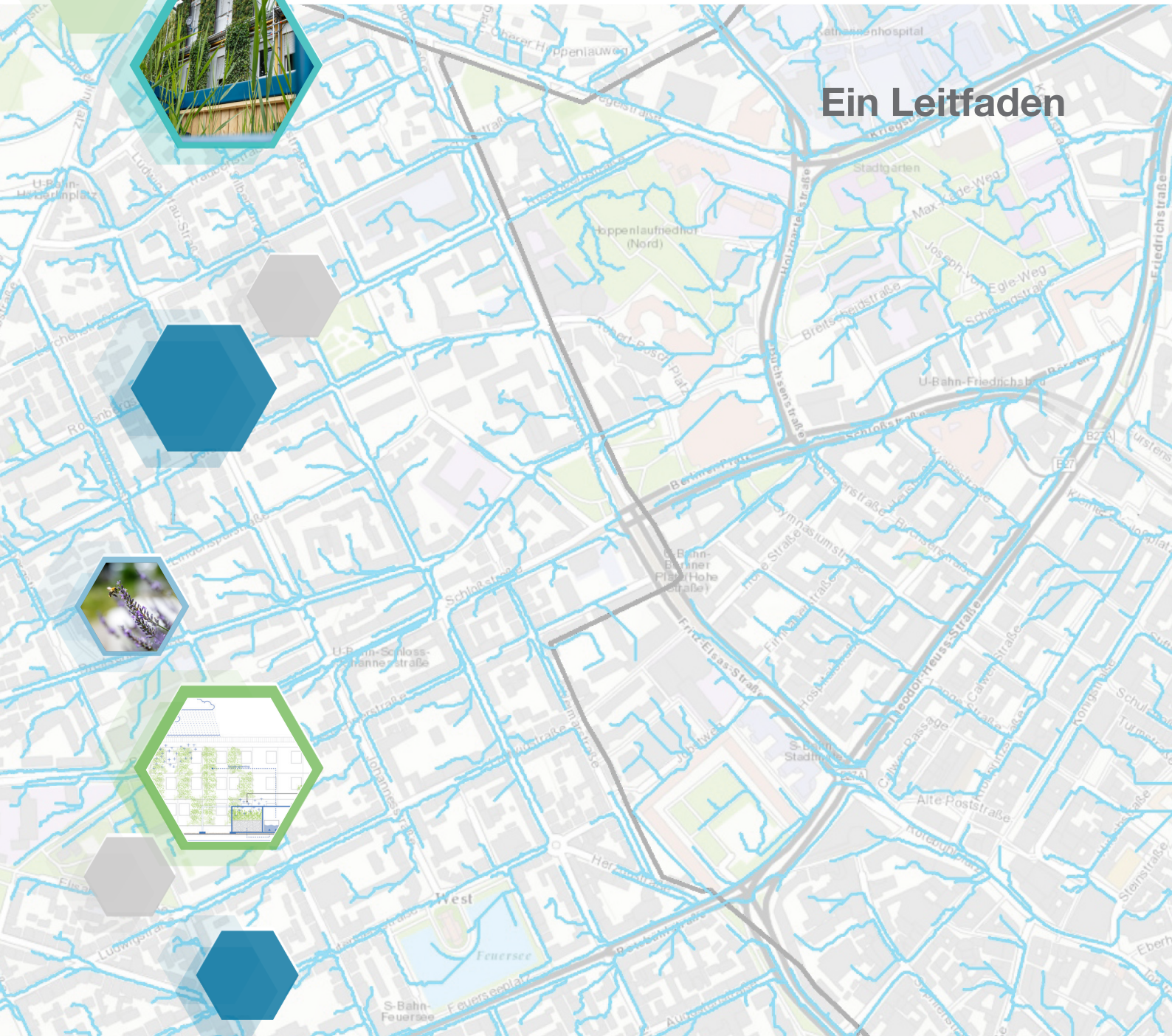


INTEGRIERTE PLANUNG BLAU-GRÜNER INFRASTRUKTUREN

Ein Leitfaden



INTERESS-I

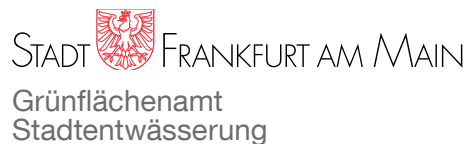
Mehr Stadtgrün erfordert auch mehr Stadtblau. Doch woher kommt das Wasser für kühle Parks und schattenspendende Bäume? Wie wird es aufbereitet, wo gespeichert? Wo sollte das urbane Grün entstehen und welche Erwartungen der Stadtbewohner:innen gibt es? Brauchen wir neue Formen des städtischen Grüns? Die Forschungseinrichtungen im Projekt Integrierte Strategien zur Stärkung urbaner Blau-Grüner Infrastrukturen (INTERESS-I) haben zusammen mit Fachleuten aus Verwaltung und Wirtschaft sowie der Stadtgesellschaft in Frankfurt und Stuttgart die erforderlichen integrierten Strategien entwickelt und getestet.

Projektpartner:

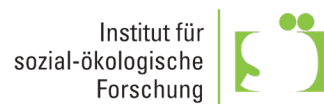


Technische Universität München

Professur für Green Technologies in Landscape Architecture



Institut für Landschaftsplanung und Ökologie
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft



Institut für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt am Main



Fachgebiete Ressourceneffiziente Abwasserbehandlung und
Siedlungswasserwirtschaft



Helix-Pflanzen GmbH, Kornwestheim

INTEGRIERTE PLANUNG BLAU-GRÜNER INFRASTRUKTUREN

Ein Leitfaden

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	5
Vorgehensweise & Grundlagen	15
Integrierte blau-grüne Planungsmethodik	15
Zuständigkeiten und Akteur:innen	18
Handlungsebenen: formell - informell - fördernd	20
Wasserressourcen und Grünssysteme im urbanen Raum	26
Verknüpfung blauer und grüner Systeme	32
Blaue, grüne Informationen und gesellschaftliche Sichtweisen erfassen und auswerten	35
Wasser-Informationen sammeln und aufbereiten	36
Grün-Informationen sammeln und aufbereiten	43
Sichtweisen und Wissensstand der Bevölkerung erfassen und aufbereiten	49
Blau-grüne Vorhaben initiieren, umsetzen & kommunizieren	55
Neue Grünanlagen bewässern	56
Neue Wasserressourcen für Bestandsgrün	62
Neuplanung eines klimawandelangepassten Stadtquartiers	68
Beispielgebende blau-grüne Architekturen planen und umsetzen	72
Klimawirksame „Nachvergrünung“ im Bestand I	76
Klimawirksame „Nachvergrünung“ im Bestand II	80
Fazit	83
Quellen, Anmerkungen und weiterführende Literatur	85
Impressum	91
Ansprechpartner:innen	92



©Lucy Kaef, pixabay



©Sven Lachmann, pixabay

Einleitung

Schon längst ist der Klimawandel kein bloßes Zukunftsszenario mehr, sondern alltäglich erlebbare Realität in unseren Städten. Denn in den urbanen Zentren schlägt sich die weltweit verzeichnete Zunahme der Temperatur besonders deutlich nieder. Mit drastischen Auswirkungen auf die Gesundheit der Stadtbewohner:innen: Allein der Hitzesommer 2003 führte in Europa zu 50.000 bis 70.000 Todesopfern und zählt damit zu den folgenreichsten Naturkatastrophen des Kontinents.¹ Die Konsequenzen des Trockenjahrs 2018 werden insbesondere in einer gravierenden und vor allem langfristigen Abnahme der Vitalität von Wäldern und Bäumen sichtbar. So weist der Waldzustandsbericht 2020 des Grünflächenamtes für den Stadtwald Frankfurt am Main² aus, dass 98,9 Prozent der Bäume krank oder zumindest vorgeschädigt sind. Primäre Ursache ist fast immer Wassermangel und eine daraus resultierende Abnahme der Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten. Doch nicht nur Hitze- und Trockenperioden werden intensiver und länger, auch die Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen nimmt zu. Die Abwassersysteme sind nicht für extreme Starkregenereignisse ausgelegt und es kommt zu massiven Überflutungen. Welche dramatischen Folgen Sturzfluten haben können, hat nicht zuletzt die Flutkatastrophe 2021 eindrücklich vor Augen geführt. Neben dem Abwasser- kommt auch zusehends unser Trinkwassersystem an seine Kapazitätsgrenze.³ Noch vor wenigen Jahren fanden Studien, die vor einer Trinkwasserknappheit warnten, kaum Gehör. Mit der 2021 vom Bundesministerium für Umwelt präsentierten nationalen Wasserstrategie hat sich dies grundlegend geändert. Denn nun wird klar benannt, dass Deutschlands Wasserreichtum keine Selbstverständlichkeit mehr und ein sorgfältiger Umgang mit dieser Ressource daher überlebenswichtig ist. Die Sicherung der Trinkwasserversorgung stellt daher eine enorme Zukunftsaufgabe dar.⁴

Damit ist offensichtlich: Wollen wir die Gesundheit und Lebensqualität der Bevölkerung in Deutschland erhalten, muss dringend gehandelt werden. Dies setzt Kommunen und deren Verwaltungen unter Druck. In den Fokus rückt dabei mehr und mehr die grüne bzw. blau-grüne Infrastruktur, da diese einerseits von den Klimawandelfolgen unmittelbar betroffen ist, andererseits aber auch vielversprechende Lösungsansätze zur kommunalen Klimaanpassung bietet. Der vorliegende Leitfaden möchte allen Akteur:innen der kommunalen Verwaltungen, der Kommunalpolitik, sowie im Auftrag der öffentlichen Hand tätigen Planer:innen in dieser Situation als Anregung, Orientierung und erste Handlungsanleitung dienen.



Abb. 01 Blau-grüne Infrastruktur (Arkadien, Winnenden) mit vielfältig erlebbaren, klimatisch und hydrologisch wirksamen Wasser- und Grünflächen. Zu berücksichtigen sind darüber hinaus die technischen Wasserinfrastrukturen.

Erweitertes Verständnis blau-grüner Infrastrukturen

Unter grüner Infrastruktur werden im städtischen Kontext natürliche oder naturnah gestaltete Flächen und Elemente verstanden, die in ihrer Gesamtheit den urbanen Raum als ein Netzwerk durchziehen.⁵ Damit umfasst die grüne Infrastruktur sämtliche städtische Grünflächen bzw. durch Vegetation geprägte Freiflächen wie Parks, Stadtwälder und Alleen, genauso aber auch private Gärten und begrünte Höfe sowie alle Formen der Gebäudebegrünung. Die grüne Infrastruktur erbringt vielfältige Ökosystemdienstleistungen, indem sie beispielsweise zu einer Steigerung der Artenvielfalt und einer Verbesserung des Mikroklimas beiträgt. Dabei ist sie Teil der Daseinsvorsorge, denn sie fördert nicht nur die Lebensqualität der Bevölkerung, sondern erhöht auch die Attraktivität von Städten.⁶ Eine wichtige Rolle spielen hierbei insbesondere öffentliche Parks und Grünflächen, da sie als Orte der Erholung, der

sportlichen Betätigung und als soziale Treffpunkte wesentlich zur Stressreduktion und zur Förderung der Gesundheit beitragen.⁷ Monetär spiegelt sich dies nicht nur darin wider, dass mehr Natur in Städten die Gesundheitskosten senkt⁸, es ist auch belegt, dass die Nähe einer Immobilie zu Grünflächen deren Wert steigert⁹.

Von blau-grüner Infrastruktur wird meist dann gesprochen, wenn in die Betrachtung noch natürliche, semi-natürliche und künstliche Wasserflächen, also Flüsse, Bäche, Seen, Teiche, Wasserspiele etc. mit einbezogen werden (siehe Abb. 01). Dann rücken hydrologische Wirkungen und damit Aspekte wie z.B. die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers stärker in den Fokus. Die so definierte blau-grüne Infrastruktur kann durch die Aktivierung natürlicher Prozesse wichtige Beiträge zur Verbesserung der Qualität von Oberflächengewässern liefern, zur Verringerung des Oberflächenabflusses, zur Stärkung der Verdunstungsleistung und damit insgesamt zum Hochwasserschutz beitragen. Insgesamt wird so die hydrologische Funktionsfähigkeit städtischer bzw. stadtnaher Landschaften verbessert und der natürliche Wasserkreislauf gestärkt, wodurch auch ein essentieller Beitrag zur Starkregenvorsorge geleistet wird.¹⁰

Diese Auffassung von blau-grüner Infrastruktur (BGI) basiert auf dem Ansatz, durch naturbasierte Lösungen eine Alternative zu rein technischer, „grauer“ Infrastruktur zu bieten. Naturbasierte Lösungen können robuste, wartungsarme und vor allem multifunktionale Lösungen darstellen.¹¹ Klar ist jedoch, dass sie insbesondere in dicht bebauten urbanen Kontexten immer nur Lösungen für Teilbereiche bieten und auch in Zukunft unter anderem in der Speicherung, Verteilung und Aufbereitung von Wasser im Zusammenspiel mit technischen Lösungen gesehen werden müssen. Nur wenn die naturbasierten blau-grünen Lösungen und die kommunalen, technischen Wasserinfrastrukturen integriert betrachtet werden, können durch neue Synergien Ansätze zur Lösung der oben genannten Probleme gefunden werden. Um dies zu ermöglichen, wird im vorliegenden Leitfaden die Definition von BGI insofern erweitert, als dass auf der blauen Seite nicht nur Oberflächengewässer bzw. natürliche Wasserkörper, sondern auch technische Wasserinfrastrukturen in die Betrachtung einbezogen werden.¹² Damit rückt neben der Landschafts-, Stadt- und Freiraumplanung auch die Siedlungswasserwirtschaft in den Fokus und ein weitaus größerer Raum für synergetische Lösungen wird erschlossen. Durch den Klimawandel, das Stadtwachstum und gestiegene gesetzliche Auflagen befindet sich die Siedlungswasserwirtschaft ohnehin in einem dynamischen Wandel. Nur durch eine Abkopplung des Regenwassers vom Kanalsystem und den Kläranlagen kann die Stadtentwässerung dauerhaft gesichert und Stadtentwicklung in der Zukunft überhaupt ermöglicht werden. Damit wird die Siedlungswasserwirtschaft in vielen Fällen zum Treiber für blau-grüne Infrastrukturen.

Problemlage und Lösungsansatz

Die Folgen des Klimawandels, die weiter fortschreitende Urbanisierung und die Nachverdichtung unserer Städte rufen sich gegenseitig verstärkende Probleme und teils widersprüchliche Anforderungen hervor: Steigende Temperatur und eine Zunahme an Hitzetagen und tropischen Nächten¹³ führen zu einem Mehrbedarf an kühlendem Grün (siehe Abb. 02). Denn wenn die Aufenthaltsqualität in städtischen Hitzeinseln durch thermischen Stress sinkt, steigt der Nutzungs- und Erwartungsdruck auf öffentliche und private Grünräume, die als kühle Rückzugsorte Ausgleich und Erholung versprechen. Gleichzeitig gilt es, insbesondere nicht entsiegelbare Flächen und Gebäude möglichst effektiv vor Überhitzung zu schützen, beispielsweise durch Beschattung mit Hilfe zusätzlicher Bäume oder Bauwerksbegrünungen. Diesem Mehrbedarf an Grün steht jedoch eine Abnahme an pflanzenverfügbarem Wasser gegenüber. Nicht nur das Ausbleiben von Niederschlägen in den Sommermonaten, sondern auch die Tatsache, dass der geballt auftretende Niederschlag vor allem bei hoher Versiegelung unmittelbar abfließt, führt dazu, dass sich die pflanzenverfügbaren Wasserreserven im Boden erschöpfen und der Grundwasserspiegel in den betroffenen Gebieten sinkt. In der Konsequenz können Pflanzen vor allem an Hitzetagen – also dann, wenn Kühlung am dringendsten benötigt wird – oft nicht mehr effektiv zur Kühlung beitragen. Denn bei Wasserstress schließen sich die Spaltöffnungen der Blätter, sodass keine Verdunstung mehr stattfindet und die erwünschte Verdunstungskühlung ausbleibt.¹⁴ Langfristig noch weitaus relevanter ist, dass anhaltender Wassermangel zu einer dauerhaften Schädigung des urbanen Grüns führt und, wie oben bereits dargestellt, immer häufiger eine Hauptursache für den schlechten Zustand unserer Stadtbäume ist. Wird hier nicht umgehend und konsequent gegengesteuert, indem der Wassermangel z.B. durch Bewässerung behoben wird, ist in den kommenden Jahren mit einem deutlichen Verlust an urbanem Grün und daher mit einer weiteren Zunahme an Hitzestress zu rechnen.¹⁵

Eine Anpassung der Vegetation an diesen Wassermangel z.B. durch das Pflanzen klimawandelangepasster, d.h. trockenstresstoleranter Baumarten¹⁶ oder die Verwendung von Sukkulenten in der Dachbegrünung ist dazu geeignet, robustere Grünstrukturen zu schaffen und Trockenschäden zu minimieren. Allerdings zeichnen sich trockenstresstolerante Pflanzen dadurch aus, dass sie bei Wassermangel ihren Wasserbedarf auf ein Minimum reduzieren – was wiederum dazu führt, dass der gewünschte Effekt der Verdunstungskühlung ausbleibt. Daher ist dieser Ansatz nur bedingt geeignet, dem Bedarf an zusätzlichem, klimatisch wirksamen Grün gerecht zu werden.

Substanziell mehr Grünvolumen und mehr Kühlwirkung lässt sich nur durch ein Mehr an pflanzenverfügbarem Wasser erreichen. Neben einer ortsnahen Versickerung von Niederschlagswasser sind geeignete Wachstumsbedingungen eine weitere wichtige Grundlage. Insbesondere ist sicherzustellen, dass ein ausreichend bemessener Wurzelraum vorhanden ist, der über ein adäquates Erd- bzw. Substratvolumen möglichst viel Niederschlag aufnehmen und speichern kann. Es zeigt sich jedoch bereits heute, dass in vielen Fällen – sei es nun bei Straßenbäumen, Grünflächen oder Bauwerksbegrünungen – eine (zusätzliche) Bewässerung notwendig ist. In Zukunft

wird dies immer häufiger der Fall sein. Hier auf die knapper werdende Ressource Trinkwasser zurückzugreifen, ist jedoch nicht nur ökologisch höchst fraglich und verursacht dauerhaft hohe Kosten, sondern kann auch zu gesellschaftlichen Verwerfungen beitragen. So gerät beispielsweise die Bewässerung städtischer Grünanlagen mit Trinkwasser in Misskredit, wenn durch die Gewinnung von Trinkwasser im städtischen Umland der Grundwasserspiegel sinkt und verstärkt Trockenschäden auftreten.¹⁷

Dass die Nutzung von Regenwasser hier eine mögliche Alternative darstellt, liegt auf der Hand, zumal sich durch das Auffangen und Speichern des Niederschlags Synergien mit der Starkregenvorsorge und dem Hochwasserschutz ergeben können und Kanäle und Kläranlagen entlastet werden. Um die zukünftig länger werdenden Trockenperioden vollständig mit Regenwasser zu überbrücken, sind jedoch sehr große Speicher nötig. Der bauliche und finanzielle Aufwand dafür kann beträchtlich sein und der – in der Regel unterirdische – Raumbedarf steht oft im Konflikt mit anderen technischen Infrastrukturen oder dem Ziel, ausreichend große Wurzelräume zu schaffen. Im städtischen Kontext lassen sich jedoch noch weitere alternative Wasserquellen finden, die für die Bewässerung prinzipiell in Frage kommen. Zu nennen sind hier beispielsweise geringer belastete Abwasserteilströme wie das Grauwasser (häusliches Abwasser ohne Toilettenabwasser), der Überlauf von Wasserspielen, Kläranlagenabläufe, lokale Brunnen oder auch Grundwasserhaltungen. Diese werden bislang primär als ein „Entwässerungsproblem“ angesehen – sie zeichnen sich jedoch oft als relativ konstant verfügbare und ergiebige Quellen aus. Allerdings ist die Wasserqualität vieler dieser alternativen Wasserquellen nicht ausreichend, um sie uneingeschränkt und ohne Aufbereitung für Bewässerungszwecke zu nutzen.

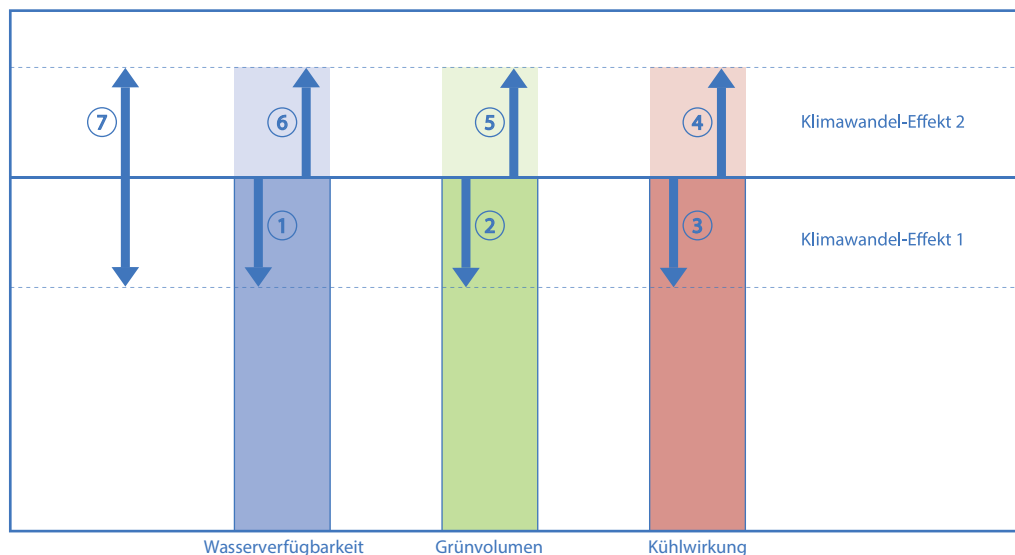


Abb. 02 „Doppelte Wasserlücke“: Der Klimawandel führt dazu, dass der Stadtvegetation in Trockenphasen immer weniger Wasser zur Verfügung steht (1). In der Folge gerät das Grün unter Druck, es kommt zu Trockenschäden, teilweise zum dauerhaften Verlust (2). Dadurch nimmt die Kühlwirkung deutlich ab (3), während gleichzeitig - ebenfalls durch den Klimawandel hervorgerufen - aufgrund steigender Temperatur das Bedürfnis nach Nachtabkühlung und Verschattung (4) und damit auch klimawirksames Grün zunimmt (5). Dieser Mehrbedarf an Grün verursacht einen Mehrbedarf an Wasser (6), der im eklatanten Widerspruch zur sinkenden Wasserverfügbarkeit steht. Diese „doppelte Wasserlücke“ kann nachhaltig nur durch alternative Wasserressourcen geschlossen werden.

Für diese gegebenenfalls notwendige Aufbereitung sind robuste, ortsangepasste und nachhaltige Lösungen zu finden, die idealerweise bereits selbst als Teil der blau-grünen Infrastruktur zur Verbesserung des Stadtklimas, der Biodiversität und des menschlichen Wohlbefindens beitragen. Gleichzeitig gilt es, neue Grünstrukturen so zu konzipieren und bestehende gezielt so weiterzuentwickeln, dass die Anforderungen an das Bewässerungswasser mit der räumlichen und zeitlichen Verfügbarkeit und Qualität der zur Verfügung stehenden Quellen auf möglichst einfache Art und Weise zur Deckung gebracht werden können.

Integrierte Planung

Um diesen Lösungsansatz umzusetzen und die positiven Wechselwirkungen zwischen blauen und grünen Infrastrukturen optimal auszuschöpfen, ist eine integrierte Vorgehensweise erforderlich (siehe Abb. 03). Das Problem ist gleichzeitig von zwei Seiten her anzugehen, und zwar von der grünen Seite, die den Wasserbedarf definiert, und von der blauen Seite, die das lokale Wasseraufkommen bzw. die Wasserverfügbarkeit umfasst. Gleichzeitig sind die Erwartungen, aber auch mögliche Vorbehalte und Bedenken der Bevölkerung zu berücksichtigen. Nur die Abstimmung dieser Anforderungen sorgt für eine ausgewogene Ressourcennutzung, trägt zur mikroklimatischen Verbesserung bei und leistet – gerade auch im Sinne des von den Kommunen sicherzustellenden Hochwasserschutzes – einen wesentlichen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel.

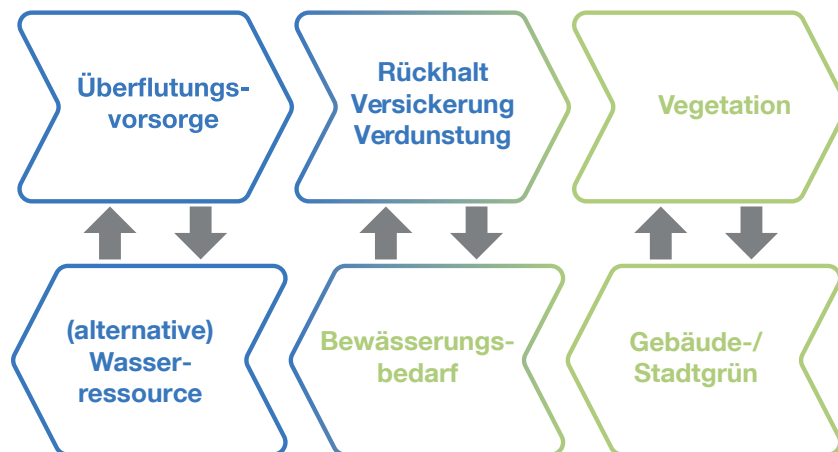


Abb. 03 Bei der integrierten blau-grünen Planung werden Projekte gleichzeitig von der blauen wie der grünen Seite her angegangen. So können von Beginn an Lösungen herbeigeführt werden, die größtmögliche Synergien z.B. zwischen Hochwasserschutz auf der einen und Wasserversorgung des urbanen Grüns auf der anderen Seite ermöglichen.

Auf diese Art können die Ziele der grünen Infrastruktur und der wassersensitiven Stadtgestaltung zu einem integrierten System kombiniert werden, das blaue und grüne Elemente entsprechend den lokalen Gegebenheiten beinhaltet. Das bedeutet, dass die verschiedenen in der Stadt anfallenden (Ab-)Wassertypen direkt vor Ort bewirtschaftet und mit gestalterisch hochwertigen und mikroklimatisch wirksamen Vegetationselementen verknüpft werden. Nur diese synergetische Betrachtung grüner und blauer Planungsansätze garantiert eine effektive, flexible und

anpassungsfähige Lösung. Integrierte blau-grüne Planungen können allerdings nur dann entwickelt werden, wenn die Frage der Wasserversorgung in enger Verbindung mit dem Wassermanagement sowie der Gestaltung und Pflege des urbanen Grüns betrachtet wird.¹⁸

Eine wesentliche Herausforderung besteht darin, dass Planung, Bau und Betrieb bzw. Unterhalt grüner und blauer Infrastrukturen im kommunalen Kontext sehr unterschiedlichen Akteur:innen zugeordnet sind. So sind beispielsweise auf der blauen Seite für die Versorgung mit Trinkwasser meist andere Organisationseinheiten zuständig als für die Entsorgung des Abwassers. Und für Wasserflächen in der Stadt ergeben sich nochmals andere, nicht selten wiederum vielfach untergliederte Zuständigkeiten. Eine integrierende und optimierende Gesamtschau urbaner blauer und grüner Infrastrukturen ist deshalb schwierig und in der kommunalen Praxis nicht üblich. In der Folge werden viele Synergien bislang nicht erkannt und bzw. nicht umgesetzt. Festzuhalten ist daher, dass die Anpassung an die Folgen des Klimawandels nicht nur aufgrund der physischen Realität der urbanen grünen, blauen und grauen Infrastrukturen eine Herausforderung darstellt. Wesentliche Hemmnisse bestehen auch in den vorhandenen kommunalen Satzungen und Zielvorgaben sowie den Verwaltungsstrukturen und Planungskulturen. Es geht also nicht um eine rein bauliche bzw. technische Transformation, sondern vielmehr auch darum, neue Formen der Zusammenarbeit, des Organisierens und Managens zwischen verschiedenen Akteur:innen zu etablieren. Dazu sind neben den unmittelbar mit blauen und grünen Fragestellungen befassten Ämtern auch weitere kommunale Akteur:innen gefordert, wie beispielsweise die Stadt- und Verkehrsplanung oder der Hochbau. Hier gilt es beispielsweise, gemeinsam und fachübergreifend neue Zielsetzungen zu formulieren. Gefragt sind auch Verbände und Unternehmen und nicht zuletzt braucht es das Engagement und die Kreativität der Menschen, die in der Stadt leben und arbeiten. So spielen nicht nur die öffentlichen Grünflächen und Wasserinfrastrukturen eine wichtige Rolle, vielmehr sind ganzheitlich und stadtweit gedachte blau-grüne Konzepte nur dann erfolgversprechend, wenn private Grünflächen und insbesondere auch nicht-öffentliche Immobilien und Wasserinfrastrukturen mitgedacht werden, um alternative Wasserquellen zu erschließen.

Erwartungen der Stadtgesellschaft und Wertschätzung blau-grüner Ansätze

Welche Erwartungen die Stadtgesellschaft an neue blau-grüne Ansätze stellt und inwiefern diese von der Breite der Gesellschaft dann auch akzeptiert und mitgetragen werden, ist ein entscheidender Erfolgsfaktor. Stadtgrün für sich genommen genießt grundsätzlich einen hohen Stellenwert, wobei die meisten Studien bzw. Bürgerbefragungen darin übereinstimmen, dass die Wirkung auf das menschliche Wohlbefinden für die Stadtbevölkerung der wichtigste Aspekt ist¹⁹.

Dabei sind sich die Bürger:innen der Bedeutung des Stadtgrüns insbesondere auch mit Blick auf die zu erwartenden Folgen des Klimawandels bewusst²⁰. Bezüglich der blauen Seite ist das Bild etwas heterogener, wobei hierzu insgesamt weniger aussagekräftige Studien vorliegen. So ist grundsätzlich die Wertschätzung für sichtbare Wasserflächen und andere Wasserelemente eindeutig gegeben.²¹ Auch hier wird der Erholungswert an erster Stelle genannt, eng verknüpft mit den Aspekten Biodiversität und Naturerleben. Ebenso ist der Bevölkerung der mikroklimatische Mehrwert durch Verdunstung sowie die Rolle von Wasserflächen im Kontext des Hochwasserschutzes bewusst. Gleichzeitig treten in den Befragungen aber auch Vorbehalte zutage, wie beispielsweise Befürchtungen vor der Verschmutzung von Gewässern oder dem verstärkten Vorkommen von Mücken oder Ratten.²²

Grundsätzlich wird auch die Idee der Wiedernutzung von Niederschlags- und Abwasser für unterschiedlichste innerstädtische Nutzungen begrüßt²³, beispielsweise in Form der Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung von Dachbegrünungen²⁴ oder von Betriebswasser für die Bewässerung eines Quartiershofs²⁵. In Zukunftswerkstätten in Stuttgart und Frankfurt (Seite 49ff), die durchgeführt wurden, um mehr über die Einstellung der Bürger:innen zu diesen Aspekten zu erfahren, war den Beteiligten beispielsweise klar, dass Erhalt und Erweiterung von Stadtgrün – was einhellig gefordert wurde – nur mit einer entsprechenden Bewässerung zu realisieren ist. Der sich daraus ergebende erhöhte Wasserbedarf wird gesehen und gefordert. Dabei wird aber auch der Zielkonflikt erkannt, der sich aus dem Mehrbedarf an Wasser für das Mehr an Grün insbesondere in Zeiten von Hitze und Trockenheit ergibt. Dementsprechend wurde von den Teilnehmer:innen klar formuliert, dass hier nicht Trinkwasser, sondern Betriebswasser z.B. auf Niederschlags- oder Grauwasserbasis zum Einsatz kommen muss.²⁶ Ein weiterer interessanter Aspekt zeigte sich darin, dass die Bürger:innen durchaus bereit sind, sich selbst für dieses Ziel einzubringen oder aber private Wasserressourcen (wie etwa gesammeltes Regenwasser) für die Bewässerung von anliegenden öffentlichen Flächen verfügbar zu machen. Dabei sind den Teilnehmenden die Verantwortlichkeiten der unterschiedlichen Akteure und Institutionen und ihre Handlungsspielräume klar und werden realistisch eingeschätzt. In einem Workshop, in dem unter anderem Städte und Wohnungsbaugesellschaften vertreten waren, wurden jedoch insbesondere bezüglich der Nutzung von Grauwasser Akzeptanzprobleme bei Nutzern geäußert, da Abwasser grundsätzlich stigmatisiert ist und beispielsweise auch eine Geruchsbelästigung befürchtet wird.²⁷ Derartige Vorbehalte gilt es frühzeitig zu erkennen und genauso wie die ebenfalls vorhandene Aufgeschlossenheit der Bevölkerung in den integrierten blau-grünen Planungsprozess einzubinden.

Adressat und Aufbau dieses Leitfadens

Der vorliegende Leitfaden ist ein Ergebnis des Forschungsprojekts „Integrierte Strategien zur Stärkung urbaner blau-grüner Infrastrukturen (INTERESS-I)“, in dem Forscher:innen gemeinsam mit Fachleuten aus Verwaltung und Wirtschaft sowie der Stadtgesellschaften in Frankfurt am Main und Stuttgart die erforderlichen integrierten Strategien entwickelt und getestet haben. Er richtet sich in erster Linie an Vertreter:innen der kommunalen Verwaltung, die mit blauen und grünen Themen direkt oder indirekt befasst sind. Um blau-grüne Projekte zu initiieren und voranzutreiben, ist jedoch auch die Politik gefragt. Politischen Vertreter:innen auf Stadt- und Gemeindeebene soll der Leitfaden daher ebenfalls wichtige Impulse geben. Nicht zuletzt sind in die Konzeption, Planung und Umsetzung blau-grüner Infrastrukturen, in die wie oben dargestellt die technischen Wasserinfrastrukturen einzuschließen sind, unterschiedlichste Disziplinen und dementsprechende Planungsbüros einzubinden. Landschaftsarchitektur und Stadtplanung sind hier genauso angesprochen wie die Verkehrsplanung, die Siedlungswasserwirtschaft oder die Stadtklimatologie.

In dem Kapitel „Vorgehensweisen und Grundlagen“ wird zunächst eine methodische Basis für die integrierte blau-grüne Planung eingeführt, um anschließend die Rolle unterschiedlicher Akteure im Projektverlauf aufzuzeigen. Daran anschließend werden die wichtigsten Wasserquellen und Grünsysteme vorgestellt und auf einfach erfassbare Art charakterisiert. Diese bilden die Grundelemente, die dann zu synergetischen blau-grünen Konzepten verbunden werden können.

Im Kapitel „Blaue und grüne Informationen sowie gesellschaftliche Sichtweisen erfassen“ wird dann aufgezeigt, welche Informationen zu Grün und Blau stadtweit sinnvoll sind und wie diese erfasst und aufbereitet werden können. Darüber hinaus wird vorgestellt, wie der Wissensstand und die Wünsche der Stadtgesellschaft zu blau-grünen Themen erfasst werden können. Unter der Überschrift „Blau-grüne Vorhaben initiieren, umsetzen und kommunizieren“ werden dann steckbriefartig fünf Fallbeispiele vorgestellt, die exemplarisch Antworten auf Schlüsselfragen zur Konzeption, Planung, Optimierung und Umsetzung blau-grüner Ansätze liefern. Das Fazit fasst die wesentlichen Erkenntnisse in einer Handlungsaufforderung zusammen.



Vorgehensweise & Grundlagen

Für die erfolgreiche Umsetzung blau-grüner Projekte ist eine integrierte Vorgehensweise erforderlich, die sowohl wasserbezogene als auch vegetationsbezogene Rahmenbedingungen und Belange von der ersten Planungsphase an berücksichtigt. Der Planungsprozess beinhaltet dabei iterative Schleifen, die ein synergetisches Verknüpfen der Zielsetzungen und Wirkungen gewährleisten.

Integrierte blau-grüne Planungsmethodik

Die Notwendigkeit einer integrierten Vorgehensweise, die Aspekte der blauen und grünen Infrastrukturen beidseitig betrachtet und zusammenführt, ist in der Einleitung beschrieben (vgl. Abb. 03). Aus den Erfahrungen der durchgeführten Planungsprozesse in INTERESS-I wurde eine Vorgehensweise entwickelt, die in Abb. 04 dargestellt und im Folgenden näher erläutert wird.

Sobald eine städtebauliche Entwicklungsmaßnahme oder ein Bauvorhaben im Neubau oder Bestand angestoßen wird, bildet die Zusammenstellung eines interdisziplinären Projektteams die Ausgangsvoraussetzung für den Start der Planung. Die Einbindung von Fachplaner:innen aller relevanter Disziplinen (Siedlungswasserwirtschaft, Landschaftsarchitektur, Architektur u.a.) gehört zu den elementar wichtigen Punkten im Planungsprozess. Wenngleich die genaue Zusammensetzung des Teams je nach Projekt variieren kann, sollte in jedem Fall sichergestellt sein, dass die integrierende Funktion klar einer Partei zugeordnet ist. Diese ist verantwortlich für eine ausgewogene Abstimmung der disziplinären Belange, die unter Umständen zu Zielkonflikten innerhalb des Projektteams führen können. Neben den Vertreter:innen der blauen und grünen Fachplanung sind nach Bedarf Verantwortlichkeiten für die räumliche Integration und das gestalterische Gesamtkonzept festzulegen.

Im folgenden Schritt wird die Ausgangssituation für die Planungsaufgabe ermittelt und die relevanten Randbedingungen werden erfasst. Hierbei können die auf gesamtstädtischer Ebene abgebildeten Ergebnisse der blauen und grünen Karten sowie Belange der Bevölkerung (siehe Seite 35ff) Einfluss finden. Die Zusammenstellung und Auswertung dieser Informationen ermöglicht Rückschlüsse auf nicht ausgeschöpfte Begrünungspotenziale, bislang nicht erschlossene alternative Wasserressourcen und neuartige Kooperationsformen. Ebenso können erste mögliche Schnittstellen und Flächenkonkurrenzen erkennbar werden.

Auf Grundlage der Rahmenbedingungen werden projektspezifische Zielsetzungen definiert, die im Vergleich zu allgemeinen Zielsetzungen konkreter zu beschreiben sind. Zu allgemeinen Zielsetzungen zählen beispielsweise „Verbesserung des Mikroklimas“ und „wassersensible Stadtentwicklung“. Projektspezifische Zielsetzungen hingegen beinhalten messbare Aussagen wie z.B. „Begrünung aller Fassaden“, „Versickerung des gesamten Regenwassers auf dem Grundstück“ oder „Bewässerung des Straßenbegleitgrüns ausschließlich mit alternativen Wasserressourcen“. Die Festlegung der Zielsetzung erfolgt im interdisziplinären Team, um die Ansprüche und Belange aller Projektbeteiligter zu berücksichtigen und gegenseitiges Verständnis für limitierende Faktoren zu schaffen.

Nun beginnt der iterative Prozess, indem die für die Planungsaufgabe relevanten Einflussgrößen ermittelt und als variable Parameter in die Planung aufgenommen werden. Das betrifft insbesondere Wasserverfügbarkeiten und Bewässerungsbedarfe, sowie erforderliche Flächen, Begrünungstypen und natürliche/technische Systeme zur Aufbereitung und Speicherung von Wasser. Als Planungshilfe können hierfür die Tabellen von Seite 28-31 herangezogen werden. Die synergetische Verknüpfung der blauen und grünen Bausteine ist auf Seite 32f beschrieben.

Je nach Projekttyp wird im darauffolgenden Schritt ein Entwurfsvorschlag bzw. ein Planungs- oder Konzeptvorschlag erstellt. Beispiele dazu finden sich im Kapitel „Blaue und grüne Informationen sowie gesellschaftliche Sichtweisen erfassen“. Die (Speicher-)Simulation des Vorschlags mit variablen Parametern schafft vergleichbare Lösungen und unterstützt die Findung von blau-grünen Lösungen mit hohem synergetischem Potenzial. Der Abgleich mit den Zielsetzungen (Prüfen) ist entscheidend dafür, ob eine weitere iterative Schleife mit veränderten Parametern durchlaufen wird, aus der sich ggf. auch ein neuer Entwurfs- bzw. Konzeptvorschlag ergibt. Sind die Zielsetzungen erfüllt, können die für die Umsetzung erforderlichen Schritte begonnen werden.

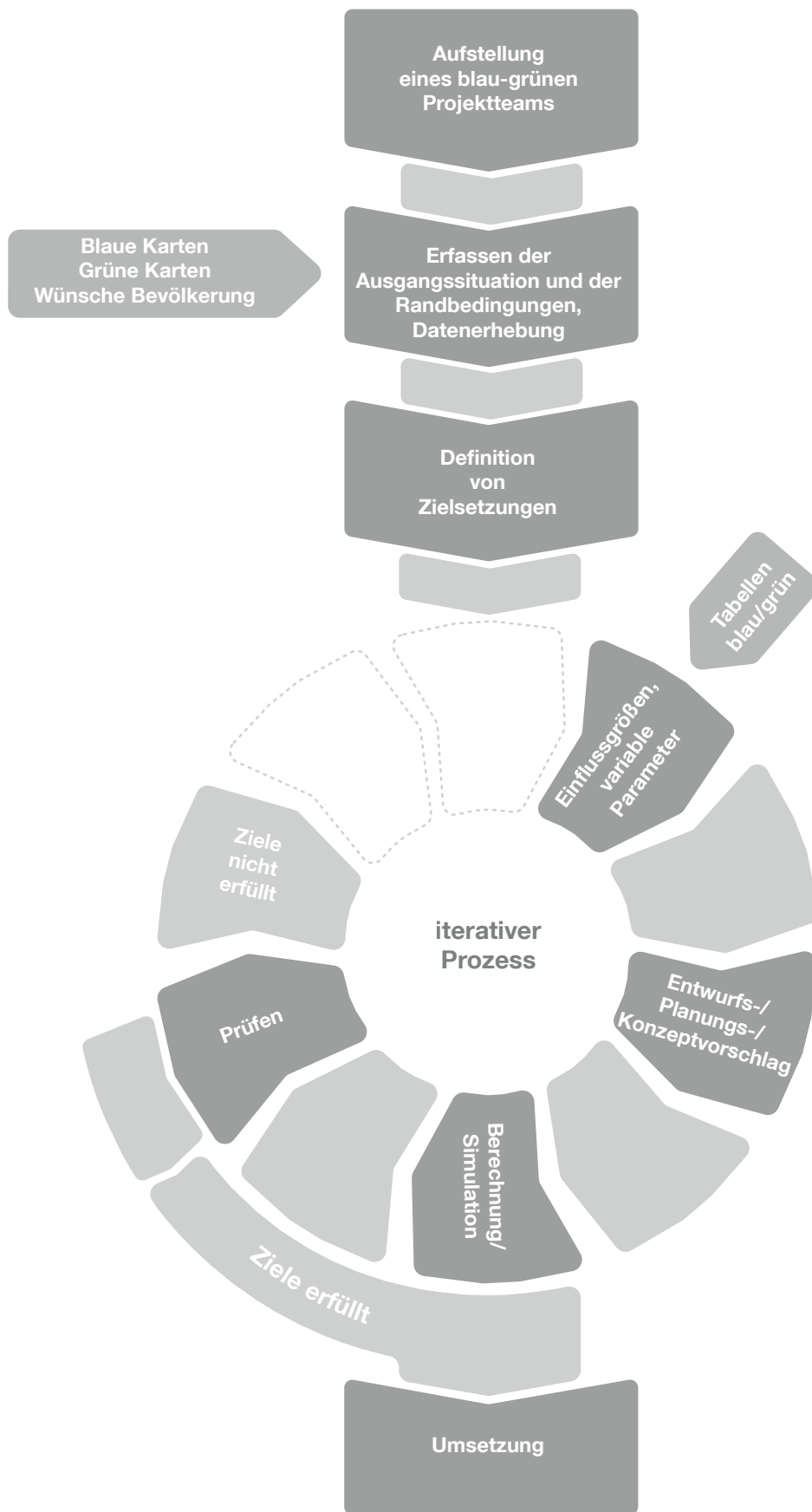


Abb. 04 Integrierte blau-grüne Planungsmethodik.

Zuständigkeiten und Akteur:innen

Aufgrund des notwendigerweise interdisziplinären Charakters ist der Erfolg blau-grüner Vorhaben von einer Vielzahl an Akteur:innen abhängig. Angesprochen sind neben der Verwaltung auch die kommunale Politik sowie die involvierten externen Fachplaner:innen. Es gilt zunächst, ein Projekt anzustoßen – idealerweise bereits im Team, um anschließend alle weiteren notwendigen Projektpartner:innen zu akquirieren und zusammenzubringen. Mit der baulichen Umsetzung wird das Projekt zwar in gewissem Sinne abgeschlossen, nicht zu vergessen sind jedoch Entwicklungsphasen und damit einhergehend ein langfristiges Engagement, denn nur durch klare Verantwortlichkeiten auch in der Wartung und Pflege werden blau-grüne Projekte zu einem dauerhaften Erfolg. Dabei ist es wichtig, die Bevölkerung durch Öffentlichkeitsarbeit in allen Phasen aktiv einzubinden.

Prinzipiell können alle in der Grafik rechts (Abb. 05) genannten Akteur:innen ein blau-grünes Vorhaben anstoßen. Als wichtige Impulsgeber:innen sind hier Bürgermeister:innen und Gemeinderät:innen genauso wie Vertreter:innen unterschiedlicher städtischer Ämter gefordert. Aber auch Planungsbüros können durch eigene konkrete Vorschläge, beispielsweise im Rahmen von Projektstudien bzw. Gutachten, oder durch das Einbringen von Ideen in laufende Vorhaben wichtige neue Impulse geben. Wenn es anschließend um das Aufstellen durchsetzungsstarker und kreativer Planungsteams geht, schlägt die Stunde von Schlüsselakteur:innen in der kommunalen Verwaltung: Es gilt nun, über Fachdisziplinen hinweg eine „Koalition der Willigen“ zu schmieden, die mit Mut, Konsequenz und guten Argumenten auftretenden Widerständen begegnet. Dabei sind nicht nur starke Allianzen zwischen den „blauen und grünen Ämtern“, sondern beispielsweise auch mit der Wasserwirtschaft, dem Hoch- und Tiefbau und insbesondere dem Bereich Liegenschaften essenziell.

Nur auf dieser Basis kann eine effiziente Planung und Umsetzung erfolgen. Die Wünsche der Bevölkerung sind dabei ebenso frühzeitig einzubeziehen wie deren Sorgen, Bedenken und auch Kooperationsbereitschaft (vgl. Seite 49ff). Dabei ist weiterhin die Unterstützung der Politik wichtig; der Schwerpunkt verlagert sich jedoch mehr und mehr auf die Ebene der Fachplanungsbüros, die die Umsetzung vorbereiten und im Auftrag sowie in enger Abstimmung mit der Verwaltung begleiten. In der Umsetzung kommt den beteiligten Fachfirmen eine wichtige Aufgabe zu, denn in vielen Fällen sind besondere Kenntnisse und ein Interesse an neuen Lösungen nötig. Diesbezüglich ist bei nichtöffentlichen Projekten auch die wichtige Rolle von Investor:innen, Bauherr:innen bzw. Bauträgern etc. nicht zu unterschätzen.

Das Credo „Tue Gutes und rede darüber“ gilt von Beginn an, insbesondere aber während und nach der baulichen Umsetzung blau-grüner Vorhaben. Denn oft bringen gerade die blauen Komponenten tiefbauliche Maßnahmen mit sich, die zu Beeinträchtigungen des Alltags führen können. Die grünen Komponenten treten häufig nicht unmittelbar in ihrer vollen Wirkung und Dimension in Erscheinung, weil z.B. Bäume Jahre oder gar Jahrzehnte brauchen, bis sie die angestrebte Größe erreicht haben. Diese zeitliche Lücke ist in der Kommunikation stets zu berücksichtigen.

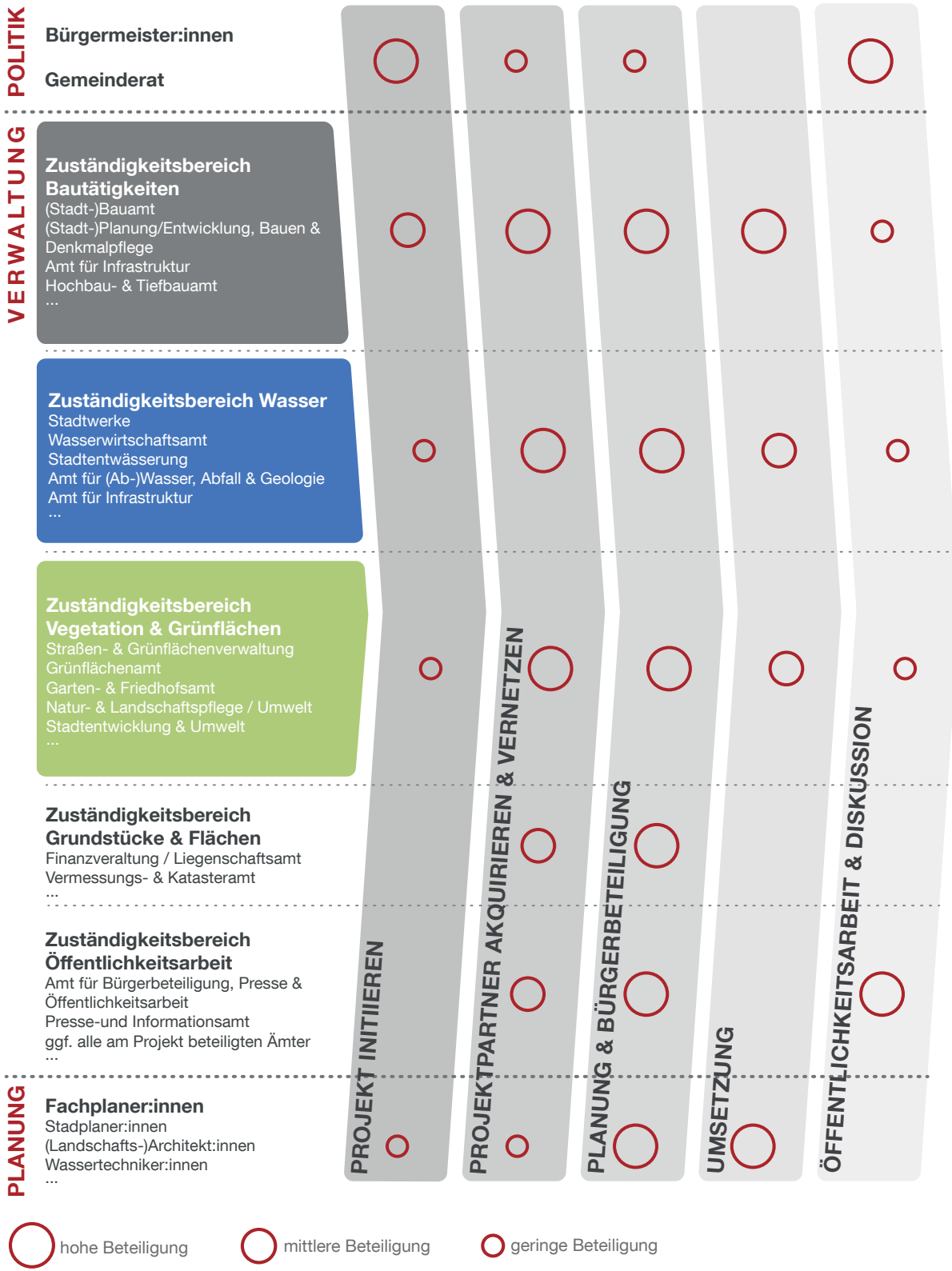


Abb. 05 Mögliche Akteure und deren Beteiligung bei der Durchführung blau-grüner Vorhaben.

Handlungsebenen: formell - informell - fördernd

Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung bzw. breite Anwendung blaugrüner Ansätze ist, dass auf unterschiedlichen Planungsebenen durch die Formulierung verbindlicher Ziele, rechtlicher Regelungen und Fördermaßnahmen Rahmenbedingungen geschaffen werden, die den eingangs beschriebenen Herausforderungen gerecht werden. In der kommunalen Planungs- bzw. Verwaltungspraxis ist hierzu eine Vielzahl unterschiedlicher Instrumente etabliert, die sich stetig wandeln und aktuellen Bedürfnissen angepasst werden. Die nachfolgenden Grafiken veranschaulichen am Beispiel von neu zu entwickelnden Stadtquartieren (Abb. 06) und Bestandsquartieren (Abb. 07) das mögliche Zusammenspiel unterschiedlicher formeller, informeller und fördernder Ansätze. Die Darstellungen und Ausführungen sollen exemplarisch aufzuzeigen, welche Möglichkeiten in unterschiedlichen Projektphasen bestehen. Sie erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

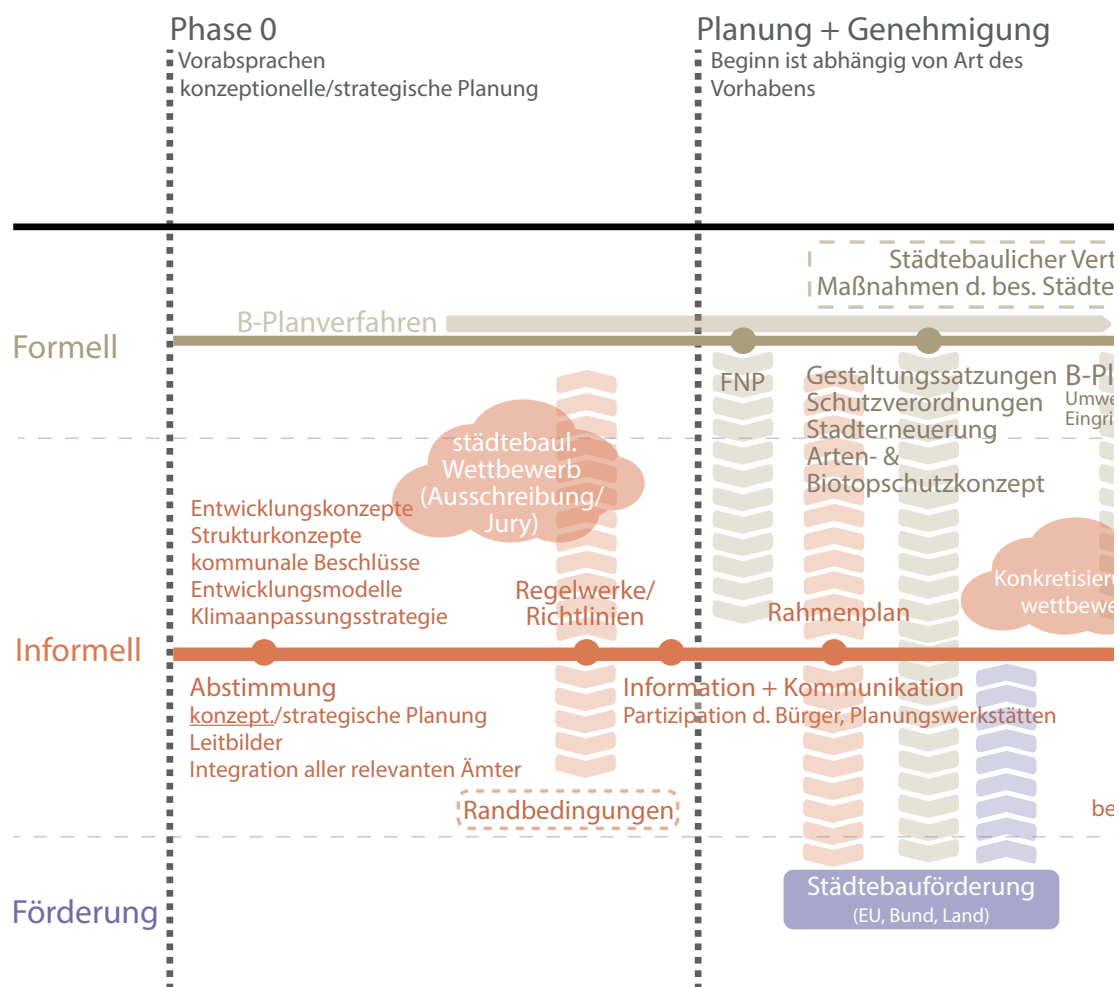
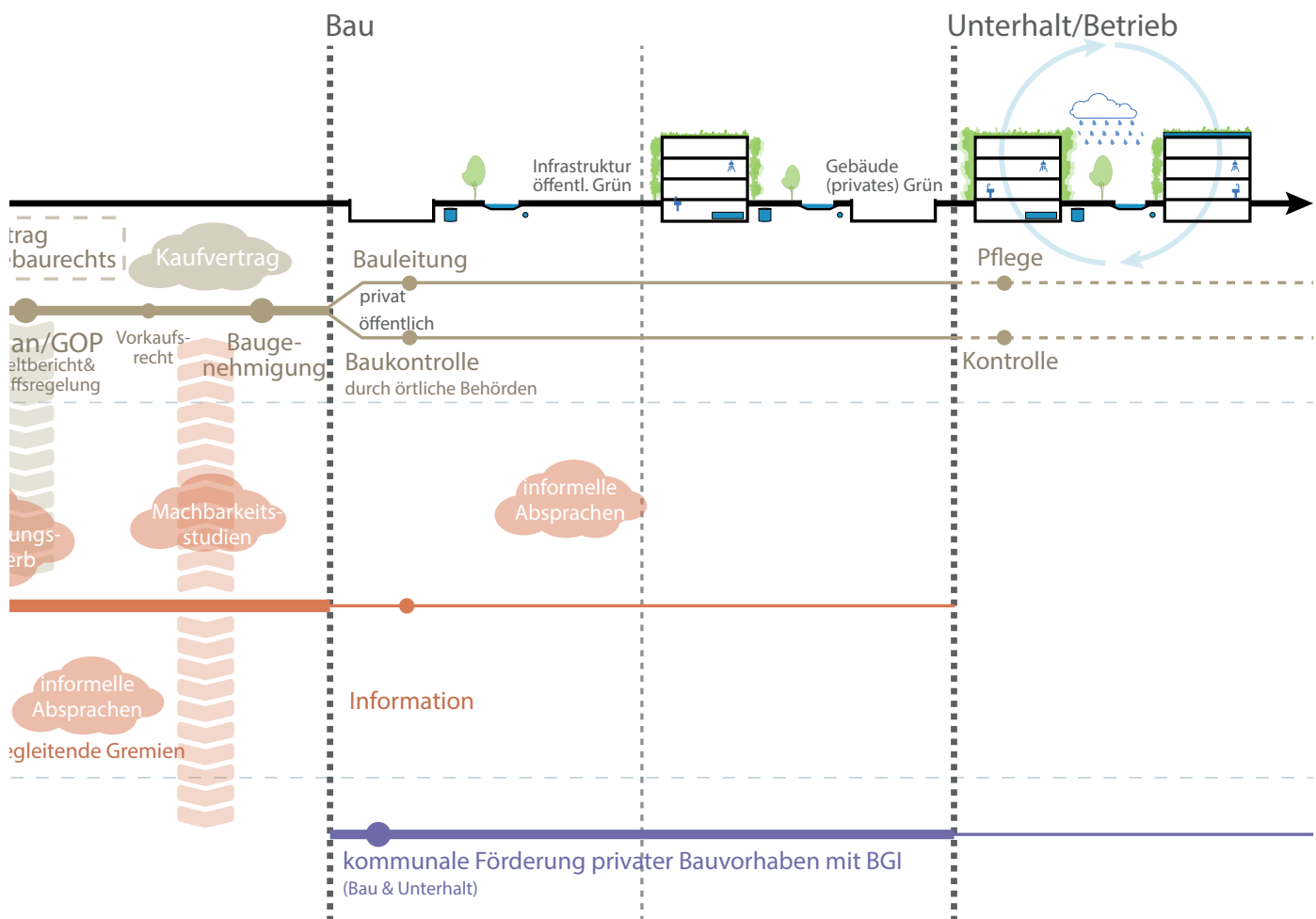


Abb. 06 Handlungsebenen und Vorgehensweisen bei einem Neubauquartier.

In die „Phase 0“ fällt das oben beschriebene Anstoßen von Projekten und das Zusammenstellen eines Projektteams bzw. das Schmieden durchsetzungsstarker Partnerschaften und Allianzen. Diese Phase ist durch eher informelles Handeln geprägt. Im Vordergrund stehen Vorabsprachen zu konzeptionellen und strategischen Planungen. Sinnvoll sind beispielsweise Koordinierungskreise der verschiedenen Ämter bzw. Behörden, wobei ein Amt bzw. Referat die Federführung übernehmen und als zentraler Ansprechpartner fungieren sollte. Zentrale Mittel und Werkzeuge sind Entwicklungs- und Strukturkonzepte wie z.B. Klimaanpassungsstrategien. Auch wenn nicht rechtlich bindend, ist entscheidend, dass derartige Konzepte vom Stadt- bzw. Gemeinderat diskutiert und beschlossen werden. Dies bildet eine wichtige Grundlage, um beispielsweise in der Ausschreibung städtebaulicher Wettbewerbe entsprechende Ziele zu verankern und später auch durchsetzen zu können. Gleichzeitig wird der Boden für eine Formalisierung der Ziele z.B. in Bebauungsplänen, Richtlinien und Satzungen bereitet. Gerade weil diese Phase vor



dem eigentlichen Start eines Vorhabens liegt, wird sie als besonders wichtig erachtet. Oft werden bereits hier die entscheidenden Weichen gestellt, die eine integrierte blau-grüne Planung möglich machen oder eben auch erschweren können.

In der Phase der Bauleitplanung rückt zunächst das Instrumentarium der Flächennutzungs- bzw. Landschaftspläne in den Fokus, da durch diese auf gesamtstädtischer Ebene perspektivisch die vorgesehene Landnutzung beschrieben und damit z.B. über den Durchgrünungs- bzw. Versiegelungsgrad entscheidende Parameter determiniert werden. Um für ein Planungsgebiet spezifische blau-grüne Ziele zu formulieren und diese auch zu qualifizieren, ist der städtebauliche Rahmenplan ein geeignetes, wenn auch informelles und damit in der Regel nicht rechtlich bindendes Instrumentarium. In solchen Rahmenplänen sollten aufgrund der Besonderheiten blau-grüner Projekte die entsprechenden Rahmenbedingungen, Ziele und Aspekte wie z.B. die zeitliche Entwicklung formuliert werden, um eine belastbare Grundlage für die weiteren Planungs- und Umsetzungsschritte zu haben.

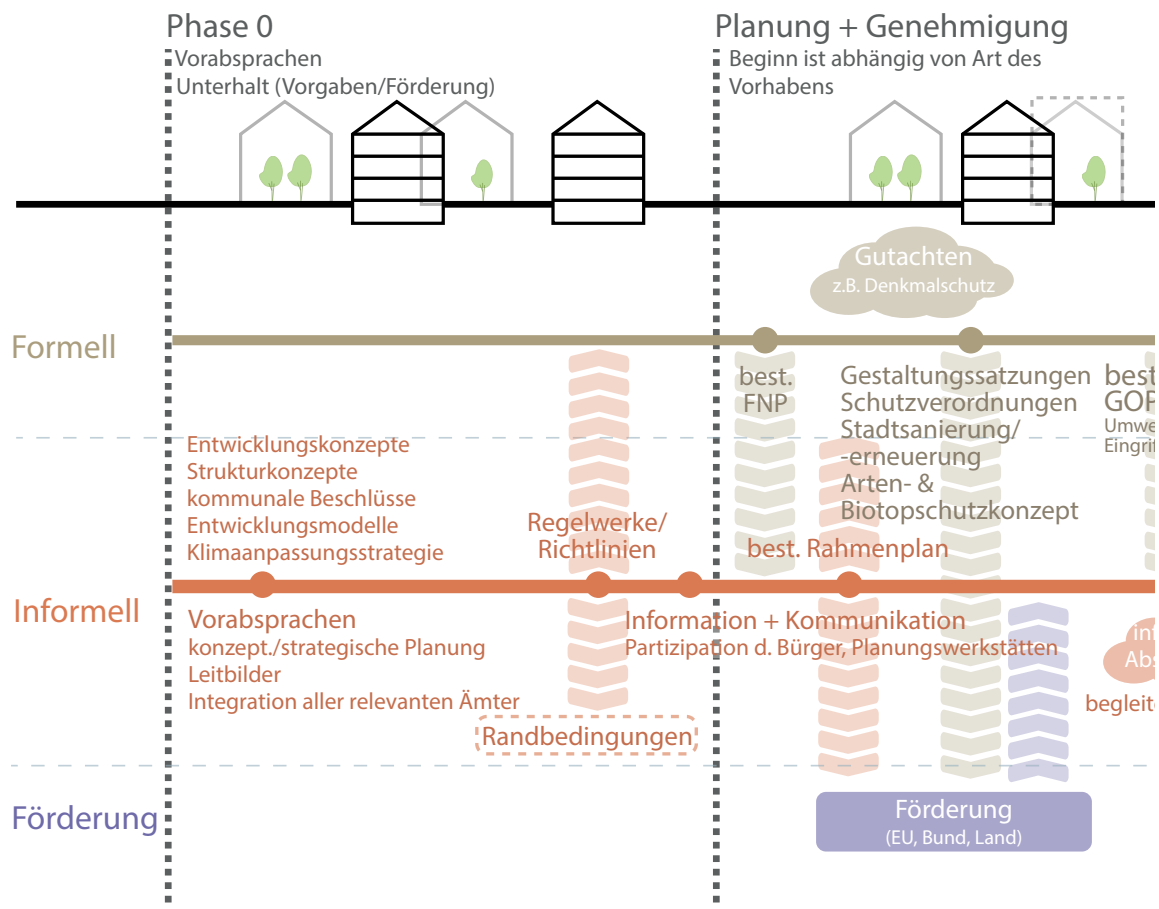
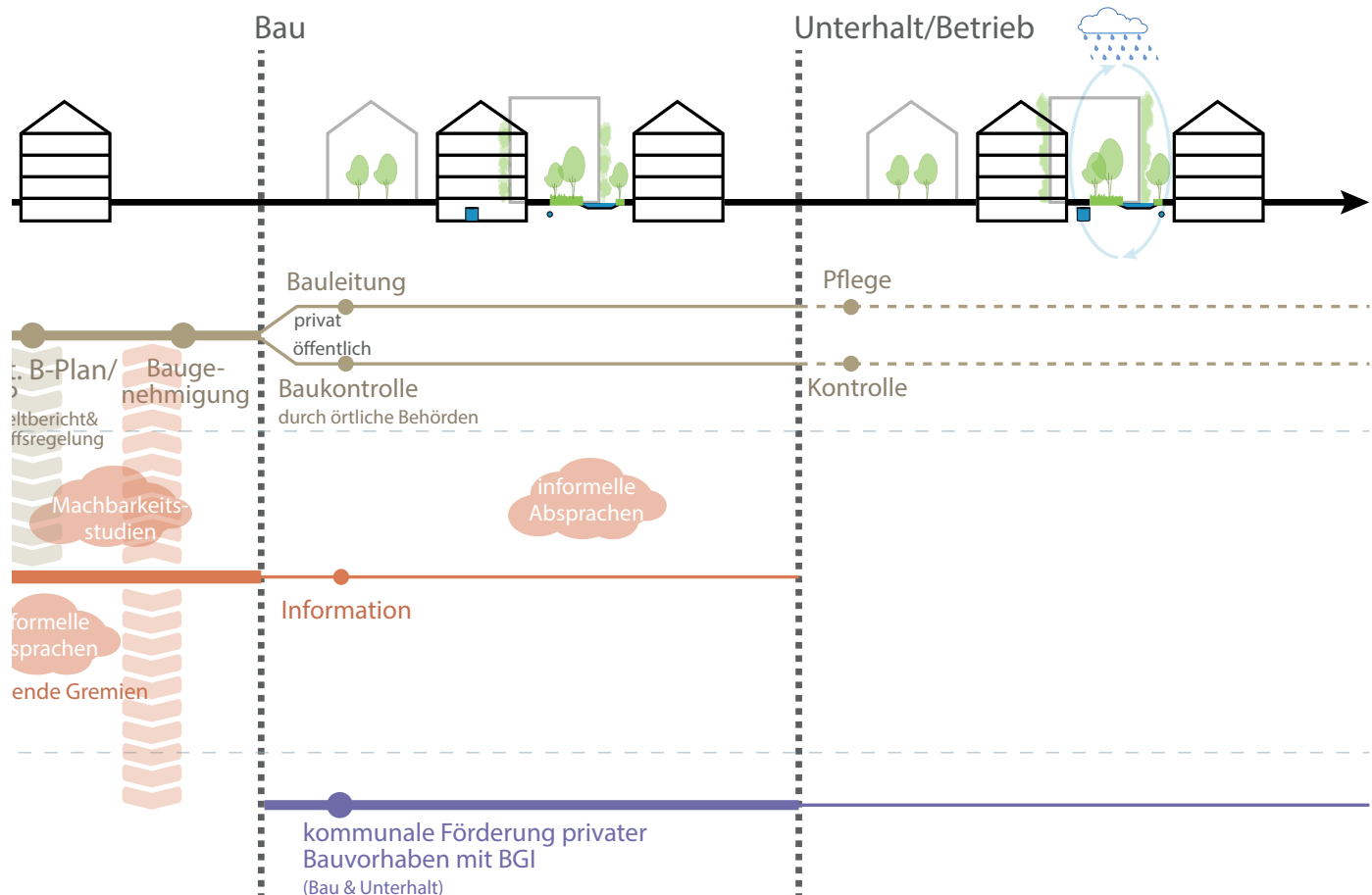


Abb. 07 Handlungsebenen und Vorgehensweisen bei einem Bestandsquartier.

Sie bilden sowohl die Vorlage für die formellen Bebauungspläne als auch für Vermarktungsstrategien und Organisationsformen der Akteure. Die den Rahmenplänen zugrunde liegenden Sachverhalte sind in der Regel geeignet, um unmittelbar als Abwägungsmaterial in Bauleitplanverfahren eingestellt zu werden. Damit sind Rahmenpläne bei der Aufstellung von Bebauungsplänen als sonstige städtebauliche Planung nach § 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB in den Umweltbericht und die Begründung einzuarbeiten und als Teil einer gerechten Abwägung zwischen privaten und öffentlichen Belangen zu berücksichtigen. Daneben beeinflussen Rahmenpläne die baurechtliche Genehmigungspraxis. Für den einzelnen Bürger rechtsverbindlich werden die Vorgaben der Bauleitplanung jedoch erst durch das Aufstellen konkreter, ortsspezifischer Bebauungspläne. Im Rahmen der verbindlichen Bauleitplanung können nach den Festsetzungsmöglichkeiten des § 9 Absatz 1 BauGB aus städtebaulichen Gründen u.a. Begründungsmaßnahmen vorgeschrieben werden. Für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen können danach das Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern



und sonstigen Bepflanzungen sowie Bindungen für Bepflanzungen und die Erhaltung bestehender Grünstrukturen festgesetzt werden. Das Anpflanzungs-, Bindungs- und Erhaltungsgebot des § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB ermöglicht auch die Festsetzung bestimmter Arten von Pflanzen und eines bestimmten Mischungsverhältnisses. Die Festsetzung kann sich auch auf Teile baulicher Anlagen beziehen. Damit sind im Bebauungsplan prinzipiell auch Vorgaben zur Begrünung von Hauswänden, Mauern und Dächern möglich. Weitere Möglichkeiten zur Festsetzung bzw. Regelung grüner bzw. blau-grüner Ziele bietet der städtebauliche Vertrag und – sofern die Kommune Grundstückseigentümerin ist – der Kaufvertrag.

Zur Festsetzung von Gebäudebegrünung besteht die Möglichkeit, örtliche Bauvorschriften zur Begrünung von Grundstücken und Gebäuden zu erlassen (§ 86 Abs. 1 Nr. 7 Musterbauordnung)²⁸. Kommunen haben mit dem Instrument der kommunalen Gestaltungssatzung die Möglichkeit, dort, wo kein Bebauungsplan vorhanden ist bzw. nicht aufgestellt werden muss (Innenbereich, § 34 BauGB) z.B. Dachbegrünungen bei Neubauvorhaben verbindlich zu regeln²⁹. Viele Landesbauordnungen ermöglichen Gründach-Satzungen durch örtliche Bauvorschriften bereits. Die Stadt München setzt z.B. über ihre Freiflächengestaltungssatzung im gesamten Stadtgebiet Dachbegrünungen im Rahmen von Baugenehmigungen nach § 34 BauGB durch³⁰. In Stuttgart wurden unabhängig von den Festsetzungen im Bebauungsplan eine umfassende Bauwerksbegrünung vom Gemeinderat im Zusammenhang mit KLIMAKS sowie dem Programm „Weltklima in Not – Stuttgart handelt“ beschlossen. So sind beispielsweise neben einer flächigen Dachbegrünung auch mind. 30 % der Fassadenflächen zu begrünen. Auch im Stuttgarter Innenentwicklungsmodell (SIM, 2019) sind Maßnahmen zur Bauwerksbegrünung verankert.³¹ Bezüglich der blauen Aspekte können entsprechende Regelungen in der Entwässerungssatzung bzw. der Niederschlagswassersatzung vorgesehen werden.

In der Phase der Bauleitplanung können die Initiativen von Kommunen durch eine Reihe von Fördermaßnahmen unterstützt werden. Insbesondere die Städtebauförderung durch Bund und Länder ermöglicht auch die Teilfinanzierung der Erstellung von ökologischen Gutachten, städtebaulichen Rahmenplänen und Bebauungsplanentwürfen sowie von Wettbewerben. Dadurch kann der zusätzliche Aufwand, den integrierte blau-grüne Planungen mit sich bringen, zumindest teilweise aufgefangen werden.

Mit der Umsetzung eines konkreten Bauvorhabens zeigt sich, inwiefern die eingesetzten Instrumentarien in der Realität tatsächlich greifen. Dabei ist darauf zu achten, dass die oben genannten Möglichkeiten im Rahmen der Baugenehmigung auch tatsächlich zur Anwendung kommen. Bezüglich der Errichtung und Pflege blau-grüner Vorhaben ist jedoch darauf hinzuweisen, dass der Vollzug der bauplanungsrechtlichen Festsetzung beispielsweise von Bauwerksbegrünungen gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB den unteren Baurechtsbehörden obliegt. Maßnahmen zur Errichtung und Pflege können zwar wie oben dargestellt in der Regel durch eine Nebenbestimmung zur Baugenehmigung sichergestellt und durchgesetzt werden. Allerdings ist der Erhalt der Vegetation häufig mit einem hohen Pflegeaufwand

verbunden und eine dauerhafte Kontrolle der erlassenen Maßnahmen durch die Baurechtsbehörden wäre nur mit einem sehr hohen Personalaufwand möglich. Insoweit ist eine hinreichende rechtliche Durchsetzung des allgemein im Bereich der Gebäudebegrünung bestehenden Pflegeerfordernisses durch die Baurechtsbehörden nur bedingt realistisch³². Umso wichtiger ist daher eine kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit, die auch über die bauliche Umsetzung hinaus die Sinnhaftigkeit von Pflegemaßnahmen etc. verdeutlicht. Unterstützend wirken hier natürlich auch Förderprogramme beispielsweise zur Bauwerksbegrünung sowie die Förderung von Best-Practice-Projekten. Dabei sollten vor allem die Kommunen selbst bei ihren eigenen Baumaßnahmen beispielgebend wirken.

Wasserressourcen und Grünsysteme im urbanen Raum

Blau-grüne Infrastrukturen im urbanen Raum sind durch die Funktionen „Verdunstung und Versickerung“, „Aufbereitung“ und „Speicherung und Pufferung“ geprägt (Abb. 08). Diese Funktionen stehen durch die Fragestellung der räumlichen Verortung und Integration miteinander in Bezug. Sie können jeweils eher technisch oder eher naturbasiert gelöst werden. Rein technische Lösungen sind meist platzsparender als naturbasierte Lösungen. Der multifunktionale Mehrwert naturbasierter Lösungen ist jedoch nicht zu unterschätzen. Integrierte Ansätze zeichnen sich meist durch die Kombination unterschiedlicher naturbasierter Lösungen mit technischen Lösungen bzw. Systemen aus. Es gilt, mögliche Wasserressourcen und urbane Grünsysteme gemeinsam zu denken und deren Nutzung bzw. Gestaltung aufeinander abzustimmen. Dabei ist die Wasserversorgung sowohl von Bestandsgrün als auch von neu geplanten Grünprojekten zu berücksichtigen.

Alternative Wasserressourcen finden sich in allen Teilen der Stadt, sowohl oberirdisch als auch unterirdisch. Viele alternative Wasserressourcen in Siedlungsräumen sind derzeit jedoch wenig bekannt und Informationen zu Qualität und Quantität fehlen oft vollständig (vgl. Seite 36ff.). Ergebnisse des Forschungsprojekts INTERESS-I zeigen jedoch, dass die potenziell zur Verfügung stehenden Mengen oft überraschend hoch sind. Grundsätzlich ist nahezu sämtliches in Siedlungen anfallendes Wasser für Bewässerungszwecke nutzbar. Es gilt jedoch stets, die Qualität und damit den Aufbereitungsaufwand abzuwägen und auch die Kombination verschiedener Wasserressourcen zu überprüfen. Dies ist insbesondere bei kritischer Wasserqualität sowie bei Ressourcen mit diskontinuierlicher Verfügbarkeit wie beispielsweise Niederschlagswasser von Bedeutung (vgl. Seite 62ff.). Zudem ermöglicht die Nutzung mehrerer Ressourcen eine flexiblere Planung und bietet bei Ausfällen eine gewisse Redundanz und damit eine erhöhte Versorgungssicherheit.

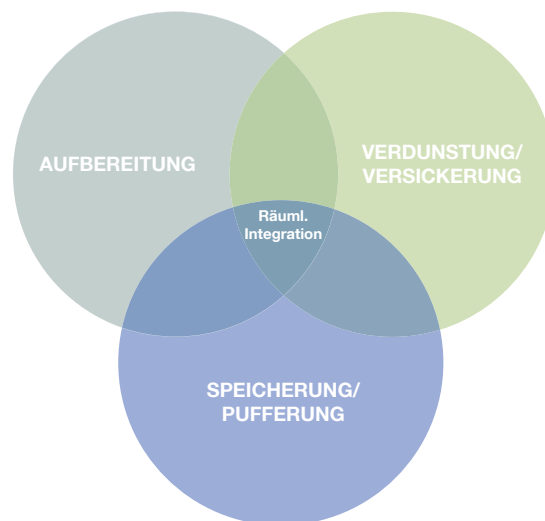


Abb. 08 Die drei Kernbestandteile der blau-grünen Planung.

Während Oberflächenabflüsse und Grauwasserströme teilweise bereits genutzt werden, sind auch eher unbekanntere Ressourcen wie z.B. das Kondenswasser von Klimaanlage zu nennen, das derzeit noch keine große Rolle spielt, jedoch angesichts der steigenden Zahl großer Klimaanlage zu einer kontinuierlichen Quelle werden könnte.

Um mögliche urbane Wasserressourcen identifizieren und ihre Eignung sowie die ggf. notwendigen Maßnahmen zur Speicherung und Aufbereitung abschätzen zu können, sind auf der nachfolgenden Doppelseite typische urbane Wasserressourcen tabellarisch zusammengestellt (Tab. 01). Relevante Faktoren sind dabei u.a. die örtliche Verfügbarkeit, die Zugänglichkeit, die Quantität im Jahresverlauf sowie die Wasserqualität. In Tab. 02 sind in vergleichbarer Systematik urbane Grünsysteme aufgearbeitet. Wichtige Aspekte sind hier u.a. der Bewässerungsbedarf, die Anforderungen an die Wasserqualität und die Trockenheitsverträglichkeit der Systeme. Den Zusammenstellungen in beiden Tabellen liegen Literaturrecherchen und Forschungsarbeiten der an diesem Leitfaden beteiligten Institutionen zugrunde. Die tabellarisch-piktogramatische Gegenüberstellung der Charakteristika von Wasserquellen und den Bewässerungsanforderungen unterschiedlicher Grünsysteme bildet die Grundlage für eine blau-grüne Verknüpfung, die anschließend exemplarisch dargestellt ist.

In Tab. 02 sind einige Beispiele gelistet, die bereits als blau-grüne Systeme anzusehen sind. So kann z.B. die Aufbereitung und Speicherung von Grauwasser und Regenwasser über bepflanzte Bodenfilter, Sumpfpflanzendächer, Rain Gardens oder Wasserflächen mit Reinigungsbiotopen erfolgen, welche durch eine hohe Verdunstungsrate gleichzeitig das Mikroklima verbessern. Die Verdunstung und Versickerung werden hingegen durch Retentionsbecken oder intensive Begrünung mit hoher Verdunstungsrate forciert. Bei allen Planungen ist zu berücksichtigen, dass eine pauschal richtige Lösung für jede Situation nicht existiert. Stattdessen ist es sinnvoll, eine Kombination mehrerer blau-grüner Maßnahmen anzustreben, die ein funktionierendes Gesamtsystem ergeben und spezifisch auf die Gegebenheiten vor Ort angepasst werden.

Wasserressource	örtl. Verfügbarkeit	Zugänglichkeit	Quantität Wasserfluss	Qualität/Aufbereitungsaufwand
Grauwasser (Küche, Dusche, Handwaschbecken, Waschmaschine)	überall in bebauten Gebieten, hoher punktueller Anfall in Schulen, Sportstätten, Wohncontainern	im Bestand schwierig, bei Neubau in die Planung integrierbar, gute Zugänglichkeit		sehr gering sehr hoch
Schwach belastetes Grauwasser (Dusche, Handwaschbecken)	überall in bebauten Gebieten, hoher punktueller Anfall in Schulen, Sportstätten, Wohncontainern	im Bestand schwierig, bei Neubau in die Planung integrierbar, gute Zugänglichkeit		
Abläufe industriellen Ursprungs	Industriegebiete, Gewerbegebiete, Fabriken, Kraftwerke	abhängig von der Lage, bei Einzellege gut		
Kondenswasser Klimaanlage	Büros, Verwaltung, Gewerbe	gut		
Ablauf Wasserspiele/Brunnen	punktuell im Stadtgebiet, Plätze, Wasserspielplätze	gut		
Oberflächenabfluss Dachflächen	überall in bebauten Gebieten	gut		
Oberflächenabfluss Verkehrsflächen	überall in erschlossenen Gebieten (Straßen, Fahrradwege, Fußgängerbereiche)	gut		
Hochwasserrückhaltebecken	vermehrt am Stadtrand/Vorstadt	gut		
Drainagewasser, Grundwasserhaltungen	punktuell im Stadtgebiet	abhängig von der Wasserführung, bei Sammelbecken gut		
Oberflächengewässer	entlang Wasserläufen, Gewässern	gut		
Anlagen der historischen Wasserversorgung, Notwasserversorgung, ggf. Betriebswasserversorgungssysteme	unklar	abhängig von der Lage und Überbauung		

Qualität
 Aufbereitungsaufwand
 Ausreißer

Tab. 01 Eine Auswahl alternativer Wasserressourcen im besiedelten Raum.

geeignete Arten der Aufbereitung	benötigtes Speichervolumen	Synergieeffekt zur Starkregenüberflutungsvorsorge	Bemerkungen
Feststofftrennung, bewachsener Bodenfilter, ggf. Membranbioreaktor, Wirbelbettreaktor, Hygienisierung	gering, da nahezu kontinuierlich	nein, ggf. wirksam aufgrund freier Kanalkapazität in Mischwasserkanal	konstant, sehr gut planbar, geeignet für Sumpfpflanzendach
Grobsiebung, bewachsener Bodenfilter, ggf. Membranbioreaktor	gering, da nahezu kontinuierlich	nein, ggf. wirksam aufgrund freier Kanalkapazität in Mischwasserkanal	konstant, sehr gut planbar, geeignet für Sumpfpflanzendach
Ultrafiltration, Aktivkohlefilter, bewachsener Bodenfilter	gering, da nahezu kontinuierlich	nein, ggf. wirksam aufgrund freier Kanalkapazität in Mischwasserkanal	Verschmutzung stark von der Art der Industrie abhängig
ggf. UV-Desinfektion	mittel	nein, ggf. wirksam aufgrund freier Kanalkapazität in Mischwasserkanal	zunehmend relevant, je nach Standort der Klimaanlage für Fassadenbegrünung nutzbar, ggf. auf Belastung durch Metallverbindungen prüfen
Grobsiebung, ggf. UV-Desinfektion	gering, da in der Vegetationsperiode nahezu kontinuierlich	nein, ggf. wirksam aufgrund freier Kanalkapazität in Mischwasserkanal	ggf. temporäre Verunreinigungen durch Fehlnutzung möglich
Grobsiebung, ggf. Schwermetallfilter	groß, da nicht kontinuierlich	ja, kann bei großem Dachflächenanteil, hohem Erfassungsgrad und passender Speicherauslegung sehr wirksam sein	hohe Belastung bei Metalldächern (z.B. Kupfer), Verunreinigung durch Stoffe von Materialien von Gründachaufbauten, Nutzung für Gründach, Retentionsdach
Grobsiebung, ggf. bewachsene Bodenfilter, Filtersubstratrinne, Lamellenabscheider	groß, da nicht kontinuierlich	ja, kann bei großem Anteil versiegelter Fläche, hohem Erfassungsgrad und passender Speicherauslegung sehr wirksam sein	Verschmutzung stark von Grad der Nutzung abhängig (Auto, Rad, Fußgänger), für Rain Gardens
Grobsiebung, ggf. bewachsene Bodenfilter, Lamellenabscheider	keins	ja, hohe Wirkung bei passender Speicherauslegung und intelligenter Bewirtschaftung	stark diskontinuierlich, sehr große Mengen
je nach Belastung	gering, da nahezu kontinuierlich	nein, ggf. wirksam aufgrund freier Kanalkapazität in Mischwasserkanal	Salzgehalt beachten, da Salzwasser kaum aufbereitbar
im Allgemeinen keine Aufbereitung, ggf. Grobsiebung (Freihaltung der Pumpe)	keins	nein	stark schwankende Verschmutzung, für alle Begrünungsarten, Voraussetzung ist wasserrechtliche Erlaubnis zur Entnahme
unklar	keins	unklar	Lokalisierung durch Kartierung (vgl. S. 40)

Grüntyp/-system	Bewässerungsbedarf	Notwendige Wasserqualität	Trockenheitsverträglichkeit
Straßenbaum			sehr gering sehr hoch
Parkbaum			
Sträucher			
Rabatten/Zierbeet			
Rain Gardens			
Rasen/Wiese			
bepflanzter Bodenfilter			
bodengebundene Fassadenbegrünung			
wandgebundene Fassadenbegrünung			
Dachbegrünung intensiv			
Dachbegrünung extensiv			
Retentionsdach			
Sumpfpflanzendach			

Tab. 02 Eine Auswahl potenzieller Vegetationsformen im besiedelten Raum.

Klimawirksamkeit	Synergieeffekt zur Starkregenüberflutungsvorsorge	Bemerkungen
sehr hoch in allen Bereichen (Verdunstungskühlung, Schattenwurf, Feinstaubfilter)	ja, über die Krone, jedoch aufgrund des meist hohen Versiegelungsgrades des Standorts gering	geringe Wasserverfügbarkeit durch hohen Versiegelungsgrad; verringerte Lebenserwartung v.a. durch Bodenverdichtung und Salzeintrag
hoch durch Verdunstungskühlung, Schattenwurf, Feinstaubfilter	ja, Wasserrückhalt über Wurzeln, Blattmasse	aufgrund länger werdender Trockenperioden zunehmend Bewässerung notwendig
hoch durch Verdunstungskühlung, Schatten, Steigerung Bodenfeuchte, Taubildung	bedingt, da stark abhängig von Oberflächenbeschaffenheit der Umgebung	
mäßig, vorteilhaft ist die geringe Erhitzung der Oberfläche	ja, Einleitung von Oberflächenabfluss, Speicherfähigkeit des Substrats und der Vegetation ausschlaggebend	Trockenheitsverträglichkeit kann über die Pflanzenauswahl beeinflusst werden
hoch, da Überflutung über mehrere Tage nach Regenereignissen; hohe Verdunstungsrate	ja, sehr hohe Speicherkapazität, Wasserrückhaltung, speziell auf Regenereignisse ausgerichtet	Ausgestaltung abhängig von Gestaltungs- und Nutzungsanspruch
Länge und Bewässerung ist ausschlaggebend, je länger desto klimawirksamer; geringere Erhitzung im Vergleich zu versiegelten Flächen	ja, hohe Speicherkapazität, verringerter Oberflächenabfluss, Stärke des Regenereignisses & Trockenheit des Bodens ausschlaggebend	
hohe Verdunstungskühlung möglich (abhängig vom Beschickungsregime, Standort etc.)	ja, Einleitung von Niederschlag möglich, abhängig von Auslastung	eigentlich naturbasiertes System zur Wasseraufbereitung; wird hier als Grünsystem verstanden
Beschattung der Fassade, verringerte Strahlenreflektion	nein, Rückhalt von Niederschlag durch Blattmasse begrenzt möglich	
Beschattung der Fassade, verringerte Strahlenreflektion, deutliche Verdunstungskühlung bei entsprechender Bewässerung	nein, Rückhalt von Niederschlag durch Substrat und Blattmasse begrenzt möglich	
Kühlung und Beschattung der Dachfläche, verringerte Strahlenreflektion, Verdunstungskühlung bei regelmäßiger Bewässerung	ja, hoher Rückhalt von Niederschlagswasser, Speicherkapazität abhängig von Substrataufbau und Vegetation	Kühlungseffekt auf Straßenniveau nicht erlebbar, gesamtstädtisch wichtig
Kühlung und Beschattung der Dachfläche, verringerte Strahlenreflektion	ja, mäßiger Rückhalt von Niederschlagswasser, Speicherkapazität abhängig von Substrataufbau	Kühlungseffekt auf Straßenniveau nicht erlebbar, gesamtstädtisch wichtig, Bewässerung nur in der Anwachsphase
Kühlung und Beschattung der Dachfläche, verringerte Strahlenreflektion, Verdunstung je nach Vegetation	ja, hoher Rückhalt von Niederschlagswasser, längerfristige Speicherung möglich	
sehr hohe Verdunstung, Kühlung und Beschattung der Dachfläche	ja, Rückhalt von Niederschlagswasser, Filterung	im Winter keine Filterwirkung

Verknüpfung blauer und grüner Systeme

Im Folgenden wird beispielhaft dargestellt, wie die auf den vorangegangenen Seiten tabellarisch zusammengestellten urbanen Wasserressourcen und Grünssysteme zu blau-grünen Systemen verknüpft werden können. Dadurch entsteht ein Wasser- und Vegetationskreislauf, der mit unterschiedlichsten Ressourcen arbeitet und das anfallende Wasser optimal nutzt, wodurch eine bessere Durchgrünung der Städte mit einem geringeren Trinkwasserverbrauch bei gleichzeitiger Starkregenvorsorge ermöglicht wird. Um diese Verknüpfung herzustellen, werden teils technische Speicher- oder Aufbereitungsschritte eingefügt. Für die beispielhaften Abbildungen wurden einzelne Komponenten aus den Tabellen der vorhergehenden Seiten „entnommen“ und nach dem Baukasten-Prinzip neu zusammengesetzt. Teilweise entsteht durch die Fügung der Bausteine eine blau-grüne Schnittstelle, die als Überlappung dargestellt ist. Für den Fall, dass das System ein technisches Verbindungs-Element zur Aufbereitung und/oder Speicherung braucht, ist dieses als schwarzer Rahmen hinzugefügt.

Abbildung 09 zeigt das blau-grüne System des Impulsprojekts Stuttgart. Als Wasserressourcen werden sowohl schwach belastetes Grauwasser als auch der Regenwasserabfluss einer Dachfläche herangezogen. Das täglich anfallende Grauwasser wird mit Hilfe eines bepflanzten Bodenfilters aufbereitet, während das diskontinuierlich anfallende Dachabflusswasser in einer Zisterne gespeichert wird. Anschließend werden die beiden Wasserquellen miteinander verschnitten und zur Bewässerung einer wandgebundenen Begrünung verwendet. Durch die Kombination der Wasserquellen, die technische Speicherung in der Zisterne und die pflanzlich-technische Aufbereitung im Bodenfilter können die quantitativen und qualitativen Anforderungen an das Bewässerungswasser erfüllt werden. In der Kombination kann nicht nur durch die Vertikalbegrünung, sondern bereits durch den Bodenfilter eine klimatische Wirkung erreicht werden (vgl. hierzu das blau-grüne Konzept des Impulsprojektes Stuttgart, siehe Seite 72ff.).

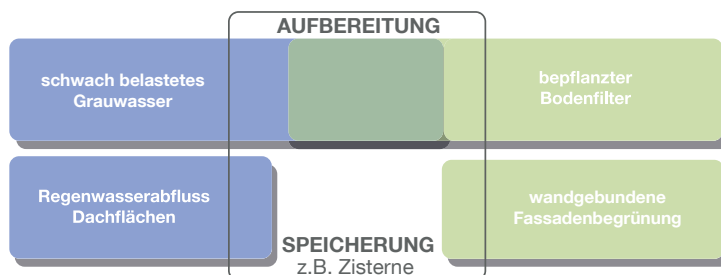


Abb. 09 Ineinandergreifen der verschiedenen Wasser- und Vegetationskomponenten, Impulsprojekt.

Im Beispiel aus Abbildung 10 sind Wasser und Vegetation mit Hilfe einer kaskadischen Verknüpfung unterschiedlicher Systeme verbunden. Leicht verschmutzte Industrieabwässer werden direkt vor Ort durch ein Sumpfpflanzendach gereinigt. Im Anschluss werden verschiedene Vegetationstypen mit dem aufbereiteten Wasser bewässert. So können z.B. eine intensive Dachbegrünung oder bodengebundene Grünssysteme wie Bäume und Sträucher versorgt werden.

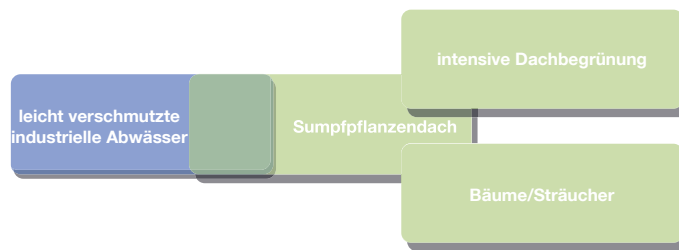


Abb. 10 Aufbereitung leicht verschmutzten industriellen Abwassers durch ein Sumpfpflanzendach und anschließende Verwendung zu Bewässerungszwecken.

Abbildung 11 zeigt schwefelhaltiges Wasser aus einer Grundwasserhaltung, welches als mögliche Wasserressource für die Bewässerung urbanen Grüns identifiziert wurde. Die Wasserqualität ist für eine unmittelbare Verwendung jedoch nicht ausreichend und eine technische Aufbereitung ist erforderlich. Der Aufwand kann hier dadurch gerechtfertigt werden, dass einerseits Trinkwasser in großen Mengen eingespart wird und andererseits das Wasser der Grundwasserhaltung nicht mehr im Kanal entsorgt werden muss. Das führt zu einer dauerhaften Kostenersparnis durch entfallende Abwassergebühren und zu einer Entlastung der Kanalisation.

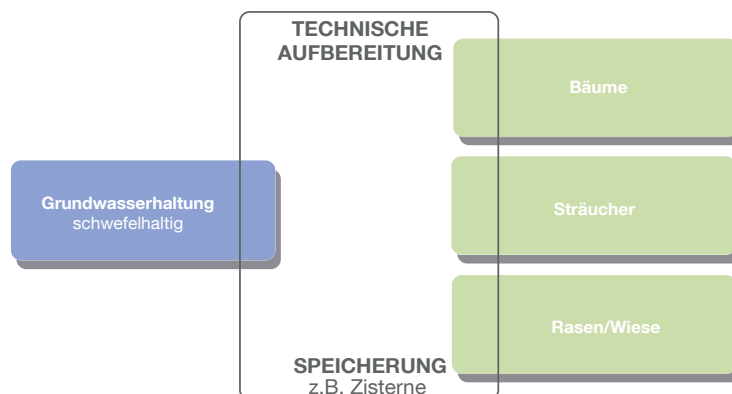


Abb. 11 Aufbereitung und Verwendung von Wasser aus Grundwasserhaltungen für die Bewässerung, Beispiel Taunusanlage (Wallanlagen, Frankfurt).

In Abbildung 12 ist eine Verkettung mehrerer Wasserressourcen dargestellt. Der Regenwasserabfluss von Dachflächen wird zunächst in ein Oberflächengewässer eingeleitet. Diesem wird anschließend an anderer Stelle Wasser entnommen, das zu Bewässerungszwecken, beispielsweise für eine wandgebundene Fassadenbegrünung verwendet wird. Durch die Aktivierung von Oberflächengewässern als natürliche Speicher kann z.B. durch eine entsprechende Randbepflanzung auch eine Filterwirkung erreicht werden und die Verdunstung von der Wasseroberfläche trägt zur Kühlung bei. Allerdings führt die Entnahme von Gießwasser in Trockenperiode auch zu einem Absinken des Wasserspiegels, was die Nutzung bzw. die ökologische Funktion einschränken kann.



Abb. 12 Ineinandergreifen verschiedener Wasserressourcen und Entnahme zu Bewässerungszwecken.



Blaue, grüne Informationen und gesellschaftliche Sichtweisen erfassen und auswerten

Eine gute Datengrundlage ist die Basis jeder erfolgversprechenden Planung. Die für blau-grüne Vorhaben notwendigen Informationen sind in vielen Fällen bereits vorhanden, müssen aber in der Regel noch aufgabenspezifisch aufgearbeitet werden. In anderen Fällen fehlen grundlegende Daten und müssen erst erfasst werden. Dazu zählen nicht zuletzt auch die Wünsche und Bedürfnisse der Bevölkerung

Die im Folgenden dargestellten Vorgehensweisen wurden im Rahmen von INTERESS-I entwickelt bzw. zusammengetragen und werden anhand der Partnerstädte Frankfurt am Main und Stuttgart veranschaulicht. Dabei ist zu beachten, dass für jede Kommune und Fragestellung spezifische Werkzeuge zum Einsatz kommen sollten, die die unterschiedlichen Rahmenbedingungen, Organisationsformen, Datengrundlagen und Zielsetzungen berücksichtigen. Die Vorgehensweisen sind daher nicht als eine Blaupause zu verstehen, die immer und überall Anwendung finden sollten. Vielmehr stellen sie eine unter vielen Möglichkeiten dar. Gleichwohl haben sich die vorgestellten Vorgehensweisen als zielführend und praktikabel erwiesen und können daher für viele Kommunen als eine Basis für vergleichbare Vorgehensweisen dienen.

Wasser-Informationen sammeln und aufbereiten

Die notwendigen „blauen Daten“ für die Entwicklung blau-grüner Konzepte und Strategien sind sehr vielfältig. Entsprechend heterogen sind auch die Ansätze, Wasserinformationen zu erfassen und aufzubereiten, um sie als blaue Rauminformationen zu nutzen. Tab. 03 zeigt beispielhaft verschiedene Wasserressourcen, die im urbanen Raum verfügbar sein können (vgl. hierzu auch Seite 28). Die blauen Daten sollten möglichst früh, am besten in der Phase 0 (konzeptionelle und strategische Planung), zusammengetragen und im Hinblick auf ihre Relevanz als alternative Wasserressource bewertet werden (vgl. Seite 20ff). Werden Planung und Ausführung eines Projekts im Rahmen der HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) durchgeführt, so sind die blauen Daten in der Phase 1 (Grundlagenermittlung) zu ermitteln.

Potenzielle alternative Wasserressource	Quantität	Qualität
Oberflächenabfluss (Dachflächen)	Abschätzung unter Zuhilfenahme von Regendaten des Deutschen Wetterdienstes und ALKIS-Datensätzen (liegen i.d.R. flächendeckend vor)	Beurteilung der Abflussqualität aufgrund der Bewertungsverfahren von DWA-A 102/BWK-A 3 (alter Stand: DWA-M 153/BWK-M 3)
Oberflächenabfluss (Straßen, Wege, Plätze, Hof- und Parkplatzflächen)	Abschätzung unter Zuhilfenahme von Regendaten des Deutschen Wetterdienstes und ALKIS-Datensätzen	Beurteilung der Abflussqualität aufgrund der Bewertungsverfahren von DWA-A 102/BWK-A 3 (alter Stand: DWA-M 153/BWK-M 3)
Grauwasser (Gebäude anhand der Nutzungsstruktur)	Siehe nachfolgende Abschätzung	allgemeine Aussagen zur Qualität von Grauwasser (teilstromen) können von Literaturquellen getroffen werden
Punktuelle Sonderquellen (z.B. Überlaufwasser aus Trinkwasserbrunnen, abgeleitetes Wasser aus Grundwasserhaltungen)	Messung der Quantität bzw. Ergiebigkeit, sofern keine Daten vorhanden sind	Wenn keine Daten zur Qualität der Wasserressourcen vorliegen, sollte eine Messkampagne zur Erfassung der Qualitätsdaten durchgeführt werden

Tab. 03 Informationen zu potenziellen alternativen urbanen Wasserressourcen (in Phase 0 bzw. 1).

Abschätzung des potenziellen Grauwasseranfalls (Quantität)

- Oftmals sind keine konkreten Daten zum Grauwasseraufkommen vorhanden, deshalb sind für alle Gebäudenutzungstypen nur grobe Abschätzungen möglich.
- Wenn im zu betrachtenden Gebiet Daten zu Einwohnerzahlen verfügbar sind, kann mit Literaturwerten eine Abschätzung des Aufkommens durchgeführt und gebäudescharf als Wasserinformation im GIS hinterlegt werden. Bei Wohngebäuden können als Schätzwert 45 Liter schwach belastetes Grauwasser pro Tag und Einwohner herangezogen werden.³³

- Gebäudebezogene Einwohnerzahlen können bei unklarer Datenlage auch über statistische Daten zu Stadtteilen abgeschätzt werden.³⁴
- Abschätzungsformel für Grauwasseranfall in Wohngebäuden:
 $((\text{Geschossfläche aufsummiert} / (\text{m}^2/\text{EW})) * ((\text{L}/\text{EW Tag}) * 365 \text{ Tage})) / 1000$
(Umrechnung Liter in m³) \approx m³ Grauwasser (pro Jahr pro Wohngebäude)
- Daten zu Büro-, Gewerbe-, und Bankgebäuden können analog abgeschätzt werden (sinnvolle Annahmen: 9 Liter pro Beschäftigten pro Tag³⁵; Nutzfläche je Beschäftigten: 31 m² (Büro und Banken), 34,9 m² (Gewerbe und Mischnutzung)³⁶
- Bei Mischnutzungen (Gewerbe und Wohnen) ist eine Abschätzung schwieriger, da die Flächenanteile nicht trennscharf zugeordnet werden können.

Die vorhandenen, spezifisch erhobenen oder abgeschätzten Wasserinformationen lassen sich mit Hilfe von GIS-Software aufbereiten, ergänzen und zu blauen Karten weiterverarbeiten (Abb. 13).

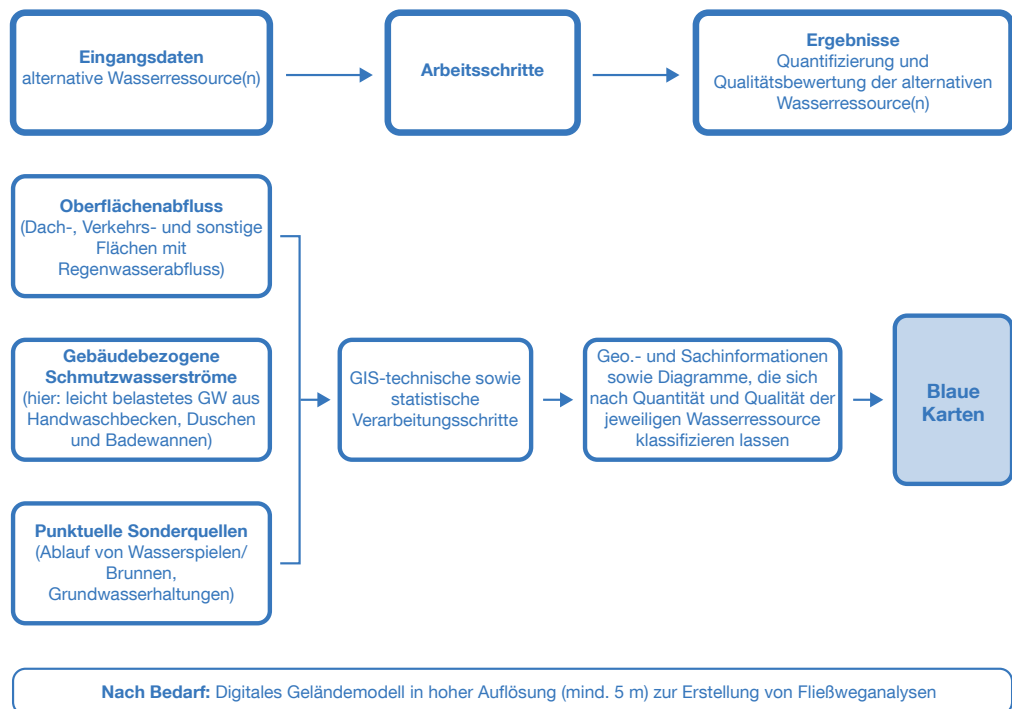


Abb. 13 Übersicht über die Arbeitsschritte zur Erstellung blauer Karten auf der Basis unterschiedlicher Wasserinformationen.

Auf der linken Seite von Abb. 13 sind die potenziell verfügbaren Wasserinformationen untereinander aufgelistet. Es folgen mehrere Arbeitsschritte, welche letztendlich zu Ergebnissen führen, die mit Hilfe von GIS in blauen Karten zur Potenzialabschätzung und -darstellung aufbereitet werden. Diese blauen Karten geben das Vorhandensein und das Potenzial für eine Nutzung von alternativen Wasserressourcen leicht verständlich grafisch wieder. Sie sind äußerst hilfreich für die Konzeption blau-grüner Strategien, für Vorstudien (Phase 0/1) und die Bauleitplanung (vgl. Seite 20ff), in die sie zwingend Eingang finden sollten, um die mögliche Nutzung von alternativen Wasserressourcen abzuwägen. Bei den Potenzialen, die daraus ableitbar sind, handelt es sich um die mengenmäßige Wasserverfügbarkeit der verschiedenen alternativen







Ressourcen (z. B. Regenwasser von Dachflächen, Grauwasser aus Wohngebäuden, Überlaufwasser von Trinkwasserbrunnen). Anhand der Art der betrachteten Ressource lassen sich Aussagen zur Qualität und zur zeitlichen Verfügbarkeit des jeweiligen Wassers treffen. Die aus den Potenzialkarten abgeleiteten Informationen bilden die Grundlage für die nachfolgende Planung. So kann ein Fachplaner bereits bei der Betrachtung eines Wohnquartiers auf der blauen Karte erkennen, ob es dort zum Beispiel viele größere Dachflächen sowie mehrere Trinkbrunnen gibt, woraus sich ein großes Potenzial für die Nutzung dieser Ressourcen für die Bewässerung von urbanem Grün ergeben kann.

Blaue Beispielkarten zu Wasserinformationen

Beispiel 1: Regenwasserablauf von Dachflächen in Frankfurt a. M.

Anhand der im GIS hinterlegten Datenbank für die Dachflächen können Potenzialabschätzungen für einzelne Gebäude oder ganze Stadtviertel durchgeführt werden. In Abb. 14 ist beispielhaft der jährliche Regenwasseranfall (Jahr: 2014) auf Dachflächen in Frankfurt am Main gezeigt. Das Jahr 2014 wurde hierbei gewählt, weil es im Zeitraum 2010 bis 2019 den langjährigen jährlichen Niederschlagsmengen von 648 Millimetern am nächsten kommt.³⁷ Die unterschiedlichen Blautöne ergeben sich aus der Klassifizierung der Dachflächen nach jährlichen Regenwasserablaufmengen. So verfügen einige Stadtgebiete über viele kleinere Dachflächen (Abb. 14b) mit z. T. hohem Bestand an Altbauten, die einen helleren Blauton aufweisen und in denen die einzelnen Gebäude geringe Mengen Regenwasser ableiten. Demgegenüber sind Bereiche mit Industrie- und Gewerbe zu finden, in denen unter anderem größere Gebäude und Hallen mit höheren spezifischen Mengen pro Dachfläche zu finden sind. Aufgrund der hohen gebäudespezifischen Mengen haben diese einen dunkleren Blauton (Abb. 14, links).

Legende

	Stadtteile
Dachflächen Frankfurt (Jahr 2014; 649,8 mm; Cm=0,8 Regenwasseranfall für Dachflächen (m ³ /a))	
	< 50
	50 - 100
	100 - 1.000
	1.000 - 10.000
	> 10.000

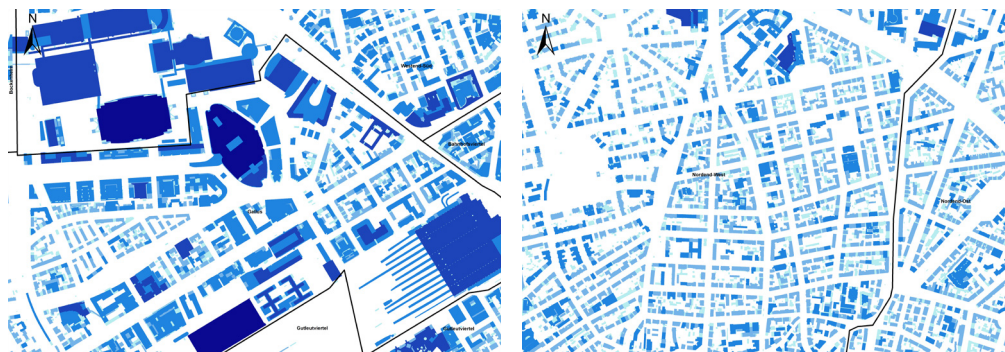


Abb. 14 Gebäudebezogener potenzieller Regenwasserabfluss von Dachflächen in Frankfurt a. Main (m³/Jahr), links: größere Einzeldachflächen, rechts: Altbauviertel.

In Abb. 15 sind verschiedene Stadtteile in Hinblick auf die pro Quadratmeter Stadtfläche potenziell verfügbare Mengen von Dachablaufwasser (im Jahr 2014) dargestellt. Diese Darstellung eignet sich für planerische Betrachtungen auf Stadtquartiersebene und ermöglicht einen Überblick über die heterogen verteilten Dachabflussmengen. In der gesamtstädtischen Betrachtung lässt sich ein deutlicher Anstieg der Mengen von den äußeren beziehungsweise weniger dicht bebauten Stadtteilen (z. B. Zeilsheim mit 32 L/(m²*a)) hin zu den zentraleren und dichter besiedelten Stadtteilen (z. B.

das Bahnhofsviertel mit 268 L/(m²*a)) feststellen. Der Mittelwert aller Frankfurter Stadtteile beläuft sich auf 88 L/(m²*a). Die Nutzung dieses Regenwasser-Potenzials im dicht besiedelten urbanen Raum ist aufgrund von Platzbeschränkungen z.B. für den Bau von Zisternen oft stark eingeschränkt. Daher ist es u.a. sinnvoll, auch auf die nachfolgend dargestellten kontinuierlich anfallenden Wasserquellen wie Grauwasser zurückzugreifen.

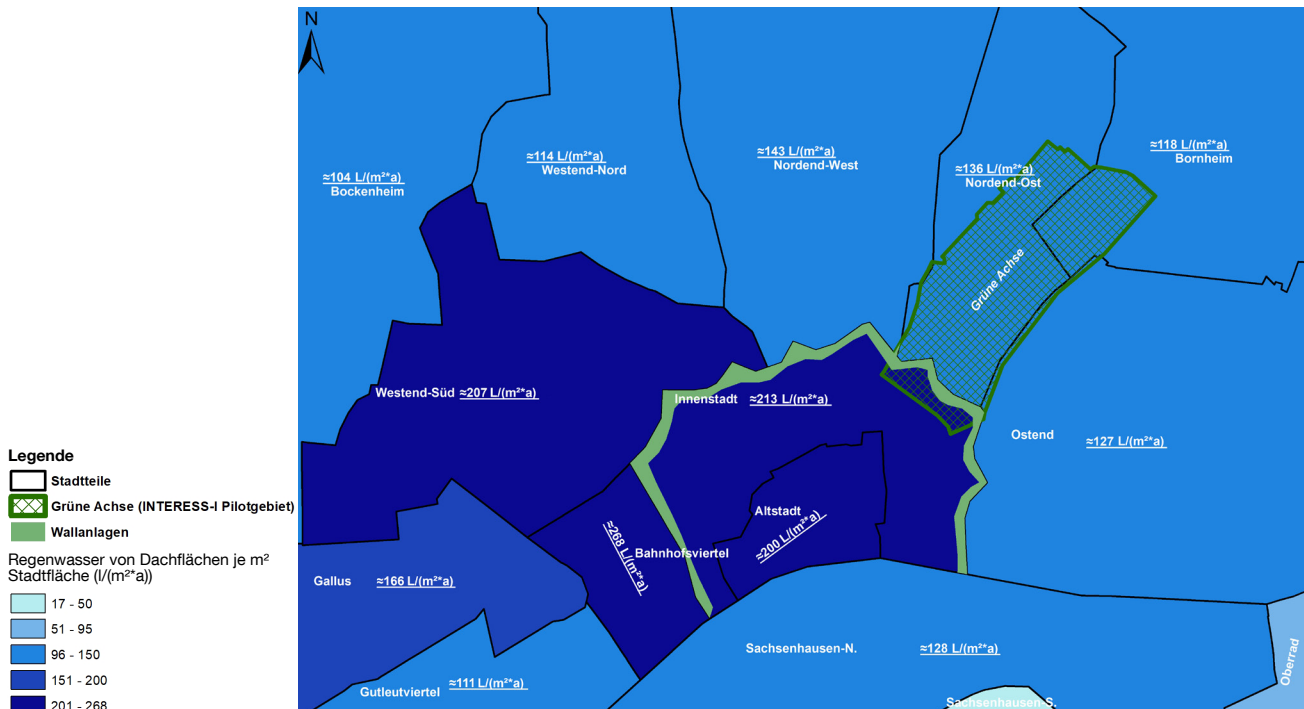


Abb. 15 Potenzieller Regenwasserabfluss von Dachflächen je m² Stadtfläche der zentrumsnahen Stadtteile in Frankfurt a. Main (L/m²*a).

Beispiel 2: Grauwasseraufkommen in Frankfurt a.M.

In Abb. 16 ist der jährliche Grauwasseranfall für Wohn-, Büro-, Gewerbe-, Bank- und Mischnutzungsgebäude der Stadt Frankfurt am Main dargestellt. Die Karten verdeutlichen, wie groß das Potenzial in den entsprechenden Gebäuden für eine mögliche Grauwasseraufbereitung- und -nutzung in innerstädtischen Gebieten sein kann.



Abb. 16 Gebäudebezogener potenzieller Grauwasseranfall in Frankfurt a. Main (m³/Jahr), links: Büro- und Geschäftsviertel, rechts: Altbauviertel.

Aufgrund der nicht verfügbaren Daten für Grauwassermengen aus Industrie, Schwimmbädern, Schulen und anders genutzten Gebäuden sind diese in die Grauwasserpotenzialkarte nicht eingeflossen. Für eine Planung sind alle Grauwasserquellen von Relevanz, bedürfen aber einer Einzelfallprüfung mit einer Machbarkeitsanalyse in Hinblick auf die mengenmäßige Verfügbarkeit, die zeitliche Kontinuität, die Qualität sowie die Möglichkeiten der Installation eines separaten Leitungsnetzes und der Grauwasseraufbereitungsanlage. Um einen Überblick über die Verteilung des potenziell verfügbaren Grauwassers zu bekommen ist die Karte in Abb. 17 von Bedeutung. Daran kann der durchschnittliche potenzielle Grauwasseranfall je Quadratmeter Stadtfläche in Litern pro Jahr für innenstadtnahe Frankfurter Stadtteile abgelesen werden.



Abb. 17 Gebäudebezogener potenzieller Grauwasseranfall je m² Stadtfläche der zentrumsnahen Stadtteile (L/(m²*a)).

Dichter bebaute Stadtteile mit höheren Gebäuden (allg. mehr Einwohner/Beschäftigte je m² Stadtfläche) weisen deutlich höhere Werte je Quadratmeter Stadtfläche auf als weniger stark verdichtete Stadtbereiche. So fallen in einem Stadtrandviertel wie Nieder-Erlenbach gerade einmal 11 L/(m²*a) an. Im innenstädtischen Bahnhofsviertel sind es hingegen 283 L/(m²*a). Dies entspricht mehr als 40 % des Jahresniederschlags. Als nahezu kontinuierlich anfallende Quelle stellt Grauwasser in derart dicht besiedelten Gebieten daher eine hoch relevante alternative Wasserquelle dar. Der Durchschnittswert hinweg über alle Frankfurter Stadtteile beträgt 107 L/(m²*a). Es ist jedoch anzunehmen, dass aufgrund von Home-Office-Regelungen während der Pandemie besonders in den Banken- und Bürostandorten weniger Grauwasser angefallen ist. Insgesamt steht diesen sehr hohen Potenzialen jedoch ein erheblicher Erschließungsaufwand gegenüber. In den untersuchten Bestandsquartieren kann daher und aufgrund der Eigentumsverhältnisse praktisch nur ein Bruchteil der

Potenziale z.B. im Rahmen von Renovierungen oder Ersatzneubauten aktiviert werden.

Beispiel 3: Punktquellen in Stuttgart

Die nachfolgende Abb. 18 zeigt die für die Stadt Stuttgart häufigsten drei Arten alternativer Punktquellen. Dabei handelt es sich um Überlaufwasser aus Trinkwasserbrunnen, abgeleitetes Grundwasser aus dauerhaften Grundwasserhaltungen und um Überlaufwasser aus den Handpumpen von Wasserspielplätzen. Sowohl die Trinkwasserbrunnen als auch die Wasserspielplätze sind im gesamten Stuttgarter Stadtgebiet häufig anzutreffen. In der frostfreien Zeit von ca. Mitte April bis ca. Mitte Oktober sind diese in Betrieb.³⁸ Diese Angaben sind

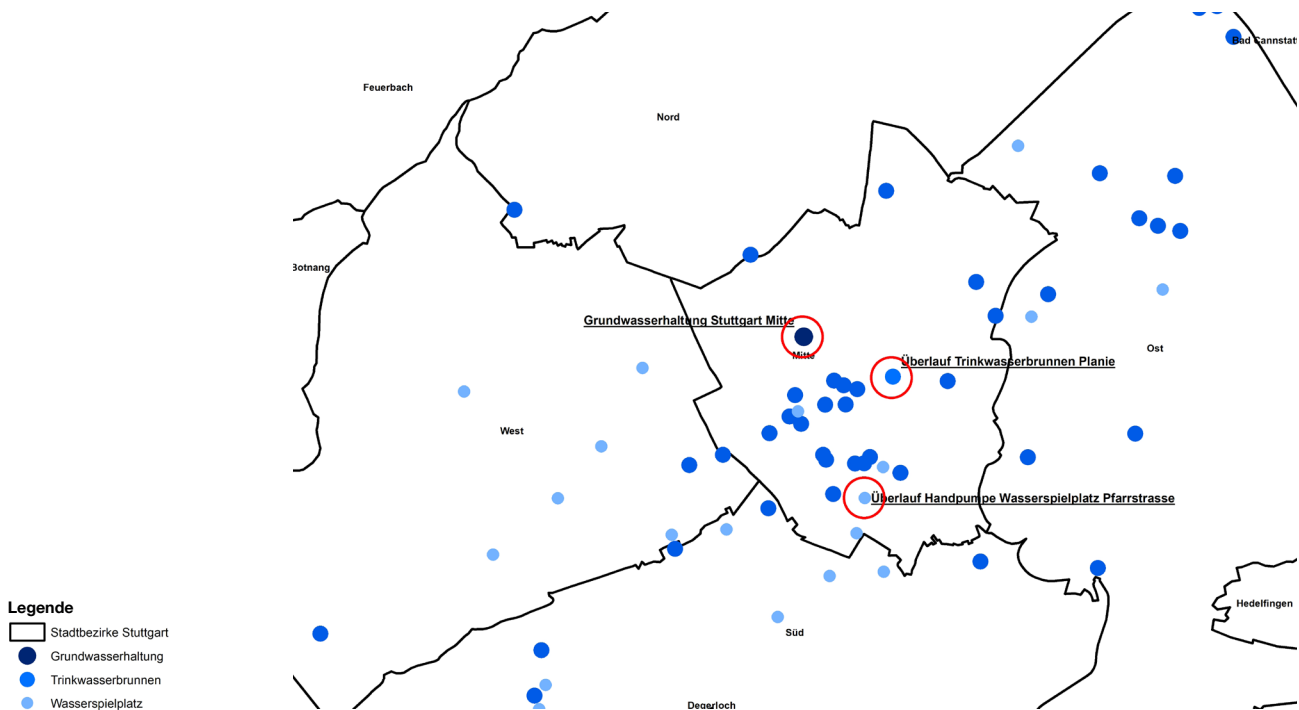


Abb. 18 Verschiedene Punktquellen in Stuttgart.

in die mengenmäßigen Kalkulationen mit eingeflossen. Das Überlaufwasser dieser zwei Quellen steht damit in der trockeneren Jahreshälfte zur Verfügung, die in den kommenden Jahren auch länger andauern könnten.³⁹ Die Überlaufwerte für die Trinkwasserbrunnen und die Wasserspielplätze wurden im Rahmen von INTERSS-I durch Handmessungen im Juni 2021 ermittelt. Zusätzlich wurden sieben dauerhafte Grundwasserhaltungen (eine ist in Abb. 18 zu sehen) im Stadtgebiet berücksichtigt. Derzeit wird das Überlaufwasser der Punktquellen überwiegend der Kanalisation zugeführt. Zukünftig sollte eine alternative Nutzung, z. B. durch Abkopplung des Überlaufs von der Kanalisation und dessen Überführung in eine Zisterne, vorgesehen werden, wodurch ein hohes Nutzungspotenzial erschlossen werden kann. Um das Nutzungspotenzial des Überlaufwassers für trinkwassersubstituierende Grünflächenbewässerung zu verdeutlichen, sind die nachfolgenden Beispiele hilfreich (vgl. Tab. 04). Die in der Tabelle quantifizierten Quellen sind in Abb. 18 verortet

und mit roten Kreisen gekennzeichnet. Die absolute jährliche Menge ist in Bezug auf den Bewässerungsbedarf eines ganzen Stadtquartiers gering. Im kleinräumigen Umfeld einer Punktquelle ließen sich damit jedoch eine Vielzahl von Grünelementen bewässern, die Möglichkeit vorausgesetzt überschüssiges Punktquellenwasser zu speichern. So könnten beispielsweise mit dem Überlaufwasser des Wasserspielplatzes an der Pfarrstraße auf der Basis einer ersten Näherungsschätzung mehr als 200 Bäume oder ca. 1.000 m² Rasenfläche intensiv bewässert werden – weitaus mehr an Grün, als in der unmittelbaren Umgebung vorhanden ist. Bei Wasserspielplätzen und Trinkwasserbrunnen ergibt sich der positive Effekt, dass das Wasser in der Vegetationsperiode anfällt, also dann, wenn es auch tatsächlich gebraucht wird. Das notwendige Speichervolumen dürfte daher in diesen Fällen vergleichsweise gering

Wasserbedarf Grünelemente (m³/a)	Grundwasserhaltungen Stuttgart-Mitte (Ablauf ca. 1160 m³/a)	Wasserspielplatz Pfarrstraße (Überlauf ca. 389 m³/a)	Trinkwasserbrunnen Planie (Überlauf ca. 294 m³/a)
Literaturwerte für Bäume, Sträucher und Rabatten	Menge der damit jährlich zu bewässernden Grünelemente	Menge der damit jährlich zu bewässernden Grünelemente	Menge der damit jährlich zu bewässernden Grünelemente
Bäume (pro Stück) 1,8	644	216	163
Sträucher (pro Stück) 0,25	4.640	1.556	1.176
Rasen/Wiese (pro m ²) 0,36	3.222	1.081	817
Rabatten (pro m ²) 0,5	2.320	778	588

Tab. 04 Nutzungspotenzial des Überlaufwassers aus Punktquellen. Wasserbedarf nach Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin (2017)⁴⁰ und Eppal et al. (2012)⁴¹; die realen Bedarfswerte können erhebliche Abweichungen aufweisen.

Grün-Informationen sammeln und aufbereiten

In stadtplanerischen Fragestellungen spielt die Stadtvegetation als elementarer Baustein urbaner blau-grüner Infrastruktur auf vielen Ebenen eine zentrale Rolle. Vier Voraussetzungen können als besonders wichtig für die städtische Vegetation angesehen werden.

1. Vegetationsstrukturen: Möglichst komplett & differenziert erfassen

Eine umfassende Bestandsaufnahme städtischer Vegetationsstrukturen erfordert das komplexe Zusammenführen von Datenbeständen, die mit sehr unterschiedlicher Intention aufgebaut und geführt werden. Drei in der Regel auch an unterschiedlichen Stellen der Stadtverwaltung geführte Datenquellen spielen hierbei eine grundlegende Rolle: (1) Grünflächen-, Baum- und Waldkataster, (2) Biotopkartierungen, (3) Erhebungen zu Dach- und Fassadenbegrünung, hinzu kommen Resultate der Analyse von Fernerkundungsdaten.

Die querschnittsorientierte Thematisierung der Vegetation im blau-grünen Kontext adressiert den Vitalitätserhalt unter Klimawandelbedingungen und hier spielen sowohl die Detailierung der Vegetationszusammensetzung als auch die Maßgabe einer flächendeckenden Bestandsaufnahme gleichermaßen eine wichtige Rolle. Oft ist hier aber der Verzicht auf das Eine für den Gewinn des Anderen in Kauf zu nehmen. Als Richtzahlen für stadtklimatische Qualitätsziele haben sich die Grünvolumenzahl sowie der Blattflächenindex etabliert. Beides liefert zunächst eine Grundlage für die grobe Einschätzung der temperaturregulierenden Evapotranspirationsleistung der Vegetation. Als pragmatische Lösung im Zuge einer großflächigen Erhebung kann die Kombination aus Wuchsform- bzw. Morphologietypen (beispielsweise Baum-, Strauch-, Stauden-, Rasenvegetation) und Wuchshöhe ausreichen. Je lokaler die klimatische oder vegetationsbezogene Fragestellung sich darstellt, umso detaillierter und artspezifischer sollte die Charakterisierung der vorzufindenden Pflanzengesellschaften sein.

Öffentliche Vegetationskataster dienen zunächst der Inventarisierung und der Bewirtschaftung urbaner grüner Infrastruktur. Zwar können wir auf dieser Basis Versorgungsbeziehungen und -qualitäten im Sinne der Grunddaseinsvorsorge darstellen, eine stadtoökologische und -klimatische Betrachtung kann allerdings auf die Inventarisierung der Vegetation auf Privatgrundstücken nicht verzichten. Hier kann ein Rückzug auf die leichter zu erhebende Versiegelung die tatsächlichen Verhältnisse kaum wiedergeben. Der Anspruch, die städtische Vegetation in ihrer Gesamtheit zu erfassen, führt deshalb sehr schnell dazu, komplexe Fernerkundungsmethoden einzusetzen, beispielsweise mit hochauflösenden (< 1m) Satellitenbildern (z.B. Pléiades-, Geo-Eye- oder WorldView-Serie) oder mit Nah-Infrarot ergänzten Luftbildern (Auflösung < 30cm).

Mit diesem Ziel wurden im Forschungsprojekt INTERESS-I anhand von Methoden der objektbasierten Satellitenbildklassifikation aus Daten der Pléiades Erdbeobachtungssatelliten (0,5 m Auflösung) Vegetationsobjekte und mit Lidar-

Technologie (Light detection and ranging oder Light imaging, detection and ranging) hochgenaue Oberflächenhöhen für die Stadtgebiete von Stuttgart und Frankfurt detektiert. Beide Informationsschichten zusammen ergeben eine stadtgebietsweite räumliche Verteilung der drei Vegetationstypen „Gras/krautig“, „Strauch“ und „Baum“ (Abb. 19).



Abb. 19 Ergebnis der Erfassung der differenzierten Vegetationsstrukturen und vereinfachten Landnutzung (hier ein Ausschnitt aus Frankfurt).

2. Oberflächentemperatur: Hitzespots und Kühlungsinseln identifizieren
 Stadtklima und Wohlbefinden sind über die beiden nicht ganz unabhängigen Faktoren „Oberflächentemperatur städtischer Strukturen“ und „Durchlüftung“ maßgeblich beeinflusst. Sie stellen Indikatoren dafür dar, wo Hitzestress vermehrt auftreten kann. Seit das Stadtklima zum Planungsthema geworden ist, gehören zu den stadtmeteorologischen Planungsgrundlagen Thermalkarten der Oberflächentemperatur, die durch Befliegungen mit Spezialkameras oder aus Satellitenbildern gewonnen werden. Für gewöhnlich werden eine Morgen- und Abendsituation an einem strahlungsreichen Sommertag generiert. Die Karten spiegeln dann das unterschiedliche Verhalten verschiedener Oberflächenmaterialien wider. Gebaute Strukturen, Straßen und andere versiegelte Oberflächen speichern Wärme und unterstützen die Wirkung von Wärmeinseln. Vegetationsstrukturen und Wasserflächen hingegen weisen eine relativ geringe Oberflächentemperatur auf und fördern die Stadtkühlung.

Die Landoberflächentemperatur (land surface temperature, LST) wird aus gemessenen thermischen Infrarotsignalen im Rahmen von Befliegungen oder satellitengestützt abgeleitet. Die räumliche Auflösung leicht verfügbarer Satellitendaten liegt z.B. bei 100 m für Produkte aus Landsat- und 90m aus ASTER-Missionen; eine zeitliche Auflösung von bis zu 16 Tagen oder gar weniger ist möglich. Thermalkarten indizieren,

wo die Kühlungsleistung von Vegetationsstrukturen sinnvoll einen thermischen Ausgleich schaffen könnte und sollte. Dabei ist zu beachten, dass nur vitale und gut wasserversorgte Vegetation eine optimale Kühlungsleistung erbringen kann. Ein Rückschluss von der LST auf die Lufttemperatur und die gefühlte Temperatur ist jedoch nur bedingt möglich. Beide stadt- und humanmeteorologischen Parameter sind von einer Vielzahl den Wärmefluss bestimmenden Größen abhängig, allen voran die Durchlüftungs- und Verschattungssituation aber auch die spezifische Verdunstungskühlung der grünen Infrastruktur.

Mit dem zur Verfügung stehenden LST Produkt des Landsat-8 Satelliten (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) wurde im Rahmen von INTERESS-I die thermische Situation in Frankfurt am Main und Stuttgart visualisiert und bewertet. Auf diese Weise war es möglich, sowohl die Beziehung zwischen der Stadtstruktur und den potenziellen Kühlzonen als auch die Dynamik der Temperatur im Jahresverlauf in diesen Zonen zu ermitteln (Abb. 20).

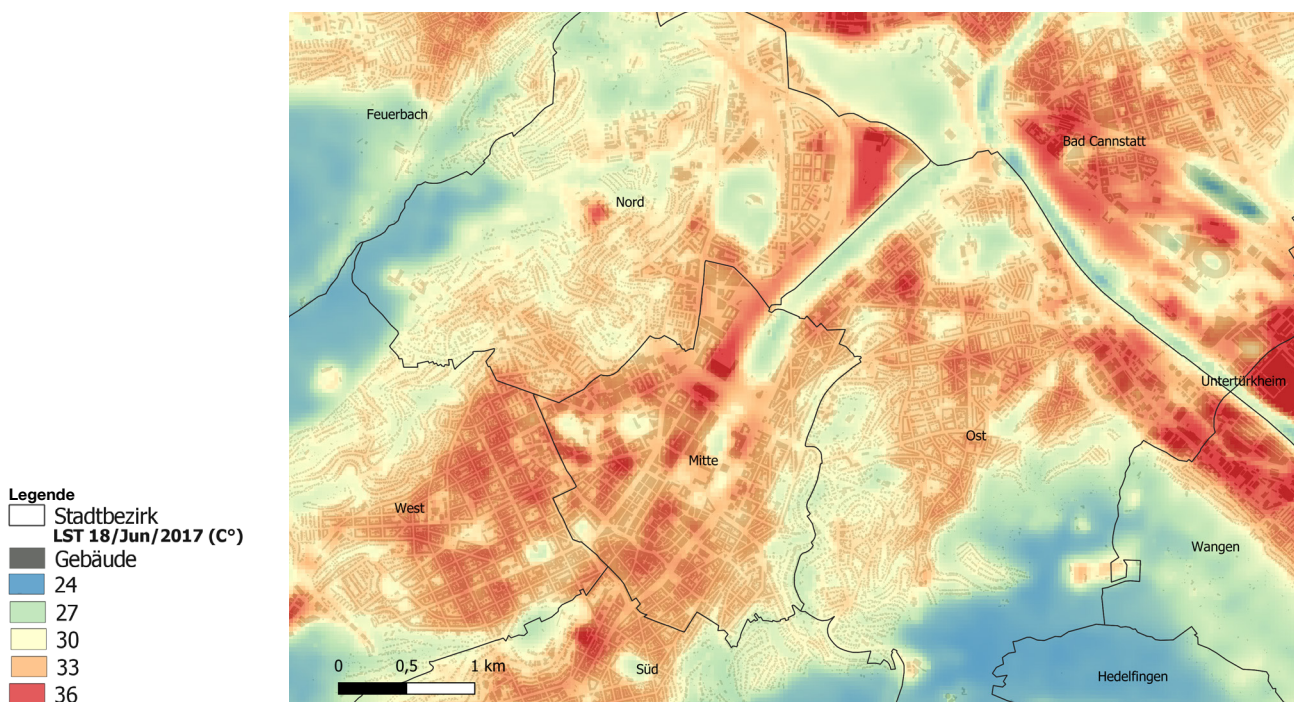


Abb. 20 Thermalkarte Stuttgart Juni 2017.

3. Gebietstypisierung: Morphologie macht Klima

Die Bewertung der thermischen Wirkungen der Vegetation in einer komplexen und heterogenen Stadtumgebung erfordert eine ganzheitliche Analyse, die das Zusammenwirken und die räumliche Verteilung unterschiedlicher Strukturen aus Vegetation, Gebautem, Wasser und unversiegelten vegetationslosen Flächen und deren humanmeteorologischen Wirkungen berücksichtigt⁴². Strukturtypologien der städtischen Landoberfläche helfen, die stadt- und humanmeteorologische Komplexität in planerische Aussagen umzusetzen. Für die im Rahmen von INTERESS-I durchgeführten Analysen wurde nach einem Vergleich unterschiedlicher Verfahren

	GIT	Description	Flächenanteil					Anordnung Bäume		Kühlung Rang
			Ohne Veg.	Gras	Sträucher	Bäume	Wasser	Circle_A M	nLSI	
Versiegt	IM1	Hochgradig VLF	> 75	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25			30
	IM2	Weitgehend VLF mit Gräsern	>50 ≤ 75	< 50	≤ 25	≤ 5	≤ 25			26
	IM3	Weitgehend VLF mit Sträuchern	>25 ≤ 75	< 40	>25 ≤ 50	≤ 25	≤ 25			28
	IM4c	Weitgehend VLF mit aneinandergereihten Bäumen+	>50 ≤ 75	< 40	≤ 25	>5 ≤ 50	≤ 25	≥ 0,61	< 0,25	22
	IM5c	Weitgehend VLF mit verstreuten Bäumen+	>50 ≤ 75	< 40	≤ 25	>5 ≤ 35	≤ 25	< 0,61	> 0,07	21
	IM6c	Weitgehend VLF mit gebündelten Bäumen+	>50 ≤ 75	< 40	≤ 25	>5 ≤ 50	≤ 25	< 0,61	≤ 0,07	25
Gemischt	MX2c	Weitgehend Gräser mit VLF	>25 ≤ 50	> 50	≤ 25	≤ 20	≤ 25			23
	MX3	Gemischte Flächen ohne Bäume	>25 ≤ 50	≤ 50	≤ 25	≤ 5	≤ 25			29
	MX4	Gemischte Gräser mit aneinandergereihten Bäumen	≤ 25	≤ 75	≤ 25	≤ 5	≤ 25			24
	MX5c	Gemischte Flächen mit aneinandergereihten Bäumen	>25 ≤ 50	≤ 50	≤ 25	>5 ≤ 75	≤ 25	≥ 0,61	< 0,25	16
	MX6	Gemischte Gräser mit aneinandergereihten Bäumen	≤ 25	≤ 50	≤ 25	>5 ≤ 75	≤ 25	≥ 0,61	< 0,25	14
	MX7	Gemischte Flächen mit verstreuten Bäumen	>25 ≤ 50	≤ 50	≤ 25	>5 ≤ 50	≤ 25	< 0,61	> 0,07	19
	MX8	Gemischte Gräser mit verstreuten Bäumen	≤ 25	≤ 50	≤ 25	>5 ≤ 75	≤ 25	< 0,61	> 0,07	12
	MX9	Gemischte Flächen mit gebündelten Bäumen	>25 ≤ 50	≤ 50	≤ 25	>5 ≤ 75	≤ 25	< 0,61	≤ 0,07	18
	MX10	Gemischte Gräser mit gebündelten Bäumen	≤ 25	≤ 50	≤ 25	>5 ≤ 75	≤ 25	< 0,61	≤ 0,07	10
	Grün	PV2	Weitgehend Gräser	≤ 25	> 75	≤ 25	≤ 5	≤ 5		
PV3		Gemischte Gräser mit Sträuchern und Bäumen	≤ 25	< 60	>25 ≤ 50	≤ 0	≤ 5			17
PV4		Weitgehend Sträucher	≤ 25							
PV6		Weitgehend Gräser mit aneinandergereihten Bäumen								

Abb. 21 Definition der Green Infrastructure Typology (GIT).

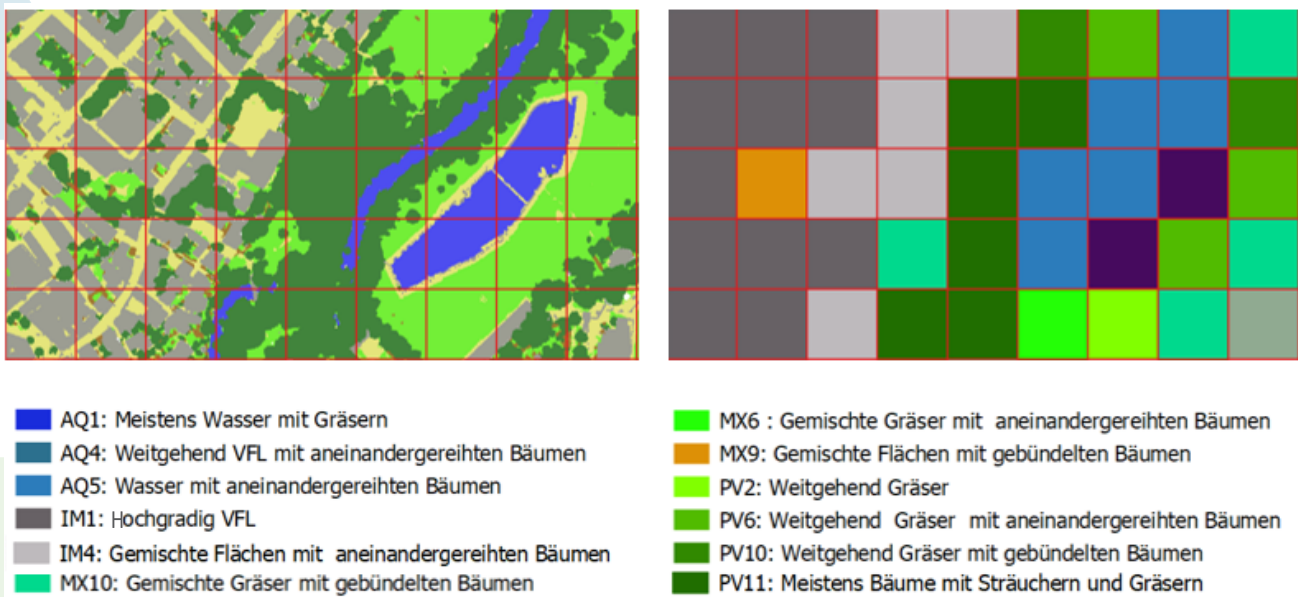


Abb. 22 Klimawirksamkeit der GIT am Beispiel eines Ausschnittes in Frankfurt.

die „Green Infrastructure Typology“ (GIT)⁴³ nach Bartesaghi-Koc et al. (2019) herangezogen. Die Methode basiert auf der Rasterung des Untersuchungsgebietes und hat zum Ziel, eine schnelle Abschätzung der thermischen Wirkung von Grüner Infrastruktur (GI) zu ermöglichen. Sie umfasst 34 Typen, die jeweils durch eine spezifische Kombination aus Anteilen von Oberflächentypen charakterisiert sind. Jeder der GIT-Typen ist einer der folgenden großen Gruppen zugeordnet: a) Undurchlässige Gebiete mit einem hohen Anteil an versiegelten Flächen und/oder Gebäuden, b) Gemischte Flächen, die eine Vielzahl von biotischen und abiotischen Infrastrukturen umfassen, c) Durchlässige, natürliche Gebiete mit minimalen anthropogenen Strukturen und d) Aquatische Gebiete mit einem erheblichen Anteil an Gewässern (Abb. 21).

Die Umsetzung der Typologie in einem Untersuchungsgebiet erfordert zunächst die Überprüfung und Anpassung der Typen sowie die Festlegung eines räumlichen Bezugssystems. Beispielsweise wurden mit der Software FRAGSTATS 4.2 Strukturindizes berechnet, die verstreute, geclusterte und aneinandergereihte Baumkronen unterscheiden. Liegt die Typisierung als räumliche Zuordnung vor, können humanmeteorologische Parameter wie beispielsweise der Kühlungseffekt räumlich zugeordnet werden (Abb. 22). Vor allem aber kann die GIT für die klimaangepasste Neu- oder Umstrukturierung der urbanen Morphologie anleitende Hinweise geben.

4. Bewässerungsbedarf: Vitalitätsrisiken begegnen

Zentral für das Thema blau-grüne Infrastruktur ist die Verknüpfung von Wasserdargebot und Pflanzenwasserbedarf, um das ggf. vorhandene Defizit durch künstliche Bewässerungsmaßnahmen zu decken. Dabei stehen die beiden Fragen „Wo bewässern?“ und „Wann wieviel bewässern?“ im Vordergrund.

Bezüglich der vielschichtigen Frage „Wo bewässern?“ sollte eine Priorisierung von Vegetationsbeständen zunächst räumlich die Gesamtstadt ins Visier nehmen und Gebiete mit potenziellem Wasserstress der Vegetation bei hoher Bedeutung als klimatische Ausgleichsfläche identifizieren. Eine hohe Bedeutung ergibt sich dann aus dem Überlagern der Klimawirksamkeit der Vegetation (sowohl Kühlung als auch Verschattung) und deren potenzieller Nachfrage, beispielsweise in belebten Innenstadtbereichen. Hilfreich können hier auch Produkte wie ECOSTRESS⁴⁴ oder iTREE⁴⁵ sein, wenn es um die Lokalisierung von Vegetation unter Wasserstress geht. Die Frage „Wann wieviel bewässern?“ weist auf den dynamischen Charakter von Bodenwasserspeicher, Evapotranspiration und notwendiger Bewässerungsgabe hin. Die Pragmatik der Bewässerung von städtischem Grün kennt zunächst als Einfachstlösung die Festlegung von Bewässerungsgaben entsprechend erfahrungsbasiert formulierter Regeln in Abstimmung mit Handreichungen für die einschlägigen Ämter⁴⁶. Am anderen Ende der Präzisionsskala stehen Versuche, mit Sensoren die Feuchtesituation im Boden zu erfassen, um ein digital gestütztes standortspezifisches Bewässerungsmanagement zu ermöglichen. Berücksichtigt man die Bodenverhältnisse, dann spielt die nutzbare Feldkapazität (nFK) die entscheidende Rolle⁴⁷. Grob kann davon ausgegangen werden, dass

mit Bewässerungsgaben eine Wassersättigung der nFK zwischen 30% und 80% erreicht werden soll. Um den Bewässerungsbedarf räumlich und im Jahresverlauf differenziert abbilden zu können, ist neben der Bodenbeschaffenheit und dem Grundwasserabstand der Witterungsverlauf für ein den Vegetationsstrukturen angepasstes Bewässerungsmanagement maßgebend. Die taggenauen Jahresgänge von Niederschlag und Evapotranspiration bestimmen die Verfügbarkeit von Bodenwasser und die Notwendigkeit und Höhe einer Bewässerungsgabe. Für die Bewässerung von Bäumen müssen darüber hinaus einerseits die artspezifische Interaktion mit dem Grundwasser und andererseits spezielle Bewässerungstechniken berücksichtigt werden.

Das Zusammenwirken von Vegetationsstruktur, Bodenbeschaffenheit und Witterungsverlauf kann in einem dynamischen Modell abgebildet werden (SWIM⁴⁸) und über die Zuordnung eines Gebiets zu einer Klimastation und zu einer hinsichtlich der Bodeneigenschaften homogen angenommenen Bodeneinheit räumlich umgesetzt werden. Durch Anwendung des von der FLL⁴⁹ (2015) bzw. von ALB (2020) zusammengestellten Verfahrens zur Ermittlung des Bewässerungsbedarfs ist es möglich, auf den Tag genau den Bewässerungsbedarf zu ermitteln. Zumindest zur Überprüfung der Sinnhaftigkeit gewählter Bewässerungsstrategien ist die in Abb. 23 illustrierte Methode eine zielführende Entscheidungshilfe.



Abb. 23 Modellgestützte und raumbezogene Bewässerungsstrategie.

Sichtweisen und Wissensstand der Bevölkerung erfassen und aufbereiten

Um blau-grüne Infrastrukturen zu entwickeln und auszubauen, ist es erforderlich kommunale integrierte blau-grüne Planungsprozessen zu etablieren.⁵⁰ Ein wichtiger Teil davon ist es - wie in vielen anderen sektoralen oder sektorübergreifenden Planungsprozessen auch - die Perspektive der Bewohner:innen und Nutzenden von Stadtquartieren auf blau-grüne Infrastrukturen und die zukünftigen stadtklimatischen Herausforderungen zu verstehen und sie in die Planung einzubeziehen.

Diese Partizipation ist nicht nur im Fall von konkreten Planungsverfahren über die formelle oder informelle Bürgerbeteiligung zu gewährleisten, sondern setzt schon früher an, um diese neuen Erfordernisse in der Stadt- und Quartiersentwicklung oder in Leitbildprozessen zu diskutieren. Ziel ist es, zum Teil auch losgelöst von konkreten Planungen Wahrnehmungen und Einschätzungen aber auch Lösungsideen zu diskutieren und ein Bewusstsein der Bevölkerung gegenüber dem Thema aufzubauen. Hierfür bieten sich, je nach Ziel und Zweck, unterschiedliche Erhebungs- und Partizipationsmethoden an, die bereits vielfach in der Stadt-, Verkehrs- und auch der Grünflächenplanung bewährt haben.⁵¹

Qualitative Befragungen

Leitfadengestützte Einzelinterviews oder Fokusgruppengespräche zählen zu den qualitativ-sozialwissenschaftlichen Erhebungen. Sie können dann eingesetzt werden, wenn es darum geht, Sichtweisen, auf vor allem komplexere Themen zu erkunden. Ziel ist es hierbei, Aufschluss über die Motive, Hintergründe, Handlungsweisen oder Hemmnisse in der Bevölkerung zu erlangen. In leitfadengestützten Interviews werden ähnlich wie in einem natürlichen, offenen Gespräch Fragen zu verschiedenen Themen gestellt, aber nicht mit vorgegebenen Antworten, sodass sich die Befragten offen äußern können. Fokusgruppen sind Diskussionsformate, die es ermöglichen, in einer kleinen Gruppe von Personen nicht nur Meinungen zu explorieren, sondern auch Meinungsbildungsprozesse zu simulieren. Dadurch ist es möglich, auch Sichtweisen und Einschätzungen zu neuen Frage- oder Problemstellungen oder Lösungsansätzen einzuholen. In Bezug auf Fragestellungen zu blau-grünen Infrastrukturen kann dies sehr nützlich sein, um z.B. überhaupt Bekanntheit und Wissen über Klimaregulation, Begrünung und Wasserressourcen in der Stadt zu erfragen und zu verstehen, wie Bewohner:innen darüber (nach-)denken.

Fragestellungen für solche qualitativen Befragungen können z.B. sein: Wie können blau-grüne Infrastrukturen besser gestaltet werden, was ist dabei zu beachten, welche Annahmen und Bedenken bestehen (bspw. zu Fassadenbegrünung), wie werden bei unterschiedlichen Grünstrukturen Aufenthaltsqualität und Klimaregulation wahrgenommen? Lassen sich lebensstilspezifische Einflussfaktoren erkennen? Welche Zielkonflikte werden wahrgenommen?

Qualitative Interviews und Fokusgruppen können in Präsenz, aber auch als Video-/Onlineformate durchgeführt werden. Die Erfahrungen in verschiedenen Studien des ISOE zu Stadtgrün, Biodiversität und Stadtnatur zeigen, dass auch Interviewspaziergänge als eine für die Interviewten reizvolle Methode eingesetzt werden können. Die Zusammenstellung von Interviewpartner:innen erfolgt bei qualitativen Studien nicht nach dem Prinzip der Zufallsauswahl, sondern nach dem Prinzip der Heterogenität, um eine breite Abdeckung der Vielfalt von Sichtweisen und Meinungen zu erhalten und die soziale Wirklichkeit möglichst weit abzubilden.⁵² Beispiele können eine Mischung von Jüngeren/Älteren/Berufstätigen sein, beim Bildungsgrad und Erwerbsmodellen, nach Wohnlage, Haustyp etc.

Eine Sonderform qualitativer Interviews sind Experteninterviews. Ziel ist es, die Expertensicht zu einem Thema einzuholen – also etwa wie Liegenschaftsverwaltungen, die Wohnungswirtschaft, Planende etc. auf Chancen und Herausforderungen für blau-grüne Infrastrukturen schauen. Experteninterviews dienen dazu, die Sichtweisen bestimmter Akteursgruppen zu identifizieren und aus deren Expertise über die besonderen Gegebenheiten zu lernen, um z.B. gezielte Förderstrategien oder neue Planungskonstellationen zu entwickeln (vgl. Seite 20ff).

Die Gewinnung (Rekrutierung) der zu Befragenden kann über verschiedene Wege erfolgen: Direkte Ansprache im öffentlichen Raum und Spontanbefragung oder Terminvereinbarung, über soziale Medien, über ein Marktforschungsinstitut oder die Ansprache über eine Postwurfsendung oder sonstige öffentlichkeitswirksame Maßnahmen. Bei Einzelinterviews sollten mindestens zwischen 10-15 Interviews gemacht werden, damit Einzelfälle in ein ausreichend großes Gesamtbild einfließen können. Aus demselben Grund empfiehlt es sich, mindestens drei Gruppendiskussionen durchzuführen. Eine passende Gruppengröße liegt bei sechs bis acht Teilnehmer:innen.

Die Auswertung solcher Erhebungen erfolgt inhaltsanalytisch.⁵³ Die Analyse kann computergestützt (qualitative data analysis) erfolgen, oder „händisch“. Die Aussagen werden entlang der Leitfragen gesammelt (kategorisiert), gleichzeitig werden auch neue Kategorien gebildet. Die Gespräche werden meist auf digitalem Tonträger aufgenommen, transkribiert und über eine Software kodiert und vorausgewertet. Durch die Kodierung ist eine themenbezogene Auswertung möglich, mit der die Antwortvarianten auf einzelne Fragestellungen im Gesamtmaterial analysiert werden können (themenbezogen über alle Fälle hinweg = quer). Ebenfalls ist eine ganzheitlich-interpretative Auswertung möglich. Da die Gespräche als Gesamttext erhalten bleiben, ist eine Interpretation im sozialen, haushalts- und einstellungsbezogenen Kontext möglich (also fallbezogen = längs).

Bürgerbefragungen als standardisierte Befragungen

In einigen Kommunen und durch Verbände wurden in den letzten Jahren Bürgerbefragungen zum Thema Stadtgrün und grüne Infrastrukturen als standardisierte Befragungen durchgeführt, um Aufschluss über die Sichtweisen und Wahrnehmungen zu städtischem Grün, Klimaanpassung und Bedeutung (blau-

grüner Infrastrukturen zu erlangen.⁵⁴ Bisher wenig umgesetzt wurden allerdings sozialemprirische Erhebungen, die sich genau mit Fragestellungen zu blau-grünen Infrastrukturen, Klimaanpassung und -regulierung in Städten und den Sichtweisen der Bevölkerung befassen. Dies muss bei der Operationalisierung beachtet werden, indem genau geschaut wird, auf welches Wissen in der Bevölkerung aufgebaut werden kann und inwiefern z.B. bestimmte Konzepte wie blau-grüne Infrastrukturen sorgfältig erläutert und in alltagsnahen Fragen operationalisiert werden.

Standardisierte Befragungen sind eine sinnvolle Methode, um einen Überblick über Meinungen, Einstellungen und Verhalten, z.B. der Grünflächennutzung, Anforderungen an oder Hemmnisse für urbane blau-grüne Infrastrukturen in der Bevölkerung zu erhalten. Die daraus gewonnenen quantitativen Aussagen – sofern sie valide und repräsentativ erhoben wurden – liefern hilfreiche Hinweise für die Grünflächenentwicklung und städtische Strategien. Zudem ermöglichen die quantitativen Aussagen oft eine hilfreiche Begründungsargumentation gegenüber politischen Vertreter:innen und im städtischen Diskurs.

In standardisierten Befragungen können über Antwortskalen und Zustimmungen bzw. Ablehnungen zu Sachverhalten, Einstellungen, Meinungen und Verhalten abgefragt werden. Standardisierte Bevölkerungsbefragungen können als Onlinebefragungen, Telefonbefragungen oder in sehr aufwändiger Art und Weise postalisch oder persönlich umgesetzt werden. Jede dieser Methoden birgt Vor- und Nachteile, wie z.B. welche Alters- und Zielgruppen gut erreicht werden. Dies ist auch abhängig davon, welche Ressourcen zur Umsetzung zur Verfügung stehen.

Vor allem in Bezug auf die Aussagekraft und damit die Frage, inwiefern eine Repräsentativität für die Gesamtstadt oder einzelne Stadtteile erreicht werden soll, ist es ratsam, für die Konzeption und Durchführung einer solchen Befragung ein sozialwissenschaftliches oder Marktforschungsinstitut zu beauftragen, das die inhaltliche und methodische Vorbereitung, Umsetzung und Auswertung übernimmt.

Partizipative Methoden: Zukunftswerkstätten und andere Formate

Die Methode kommt aus dem Bereich der politischen Bildung und wurde daraus weiterentwickelt z.B. für lokale Agendagruppen⁵⁵ in Bürgerbeteiligungsprozessen. Sie wird vorwiegend im deutschsprachigen Raum angewendet.⁵⁶ Alle Akteure sollen als Expert:innen wahrgenommen werden und deren kreative Fähigkeiten sowie Problemlösungspotenziale sollen aktiviert werden.⁵⁷ Zukunftswerkstätten sollen dazu beitragen, dass Einzelakteure der Bevölkerung gleichermaßen wie staatliche oder Unternehmensakteure die Möglichkeit haben, ihre Vorstellungen zu Zukunftsthemen zu entwerfen und dabei organisatorisch unterstützt werden. Generelles Ziel ist es, „Phantasie für nachhaltige, sozial- und umweltverträgliche Lösungen gesellschaftlicher Probleme zu entwickeln“.⁵⁸ Mithilfe der Methode kann ein ganzheitliches Bild erarbeitet werden, wie unterschiedliche Grüntypen von den Bewohner:innen wahrgenommen und aus deren Sicht in ausgewählten Stadtquartieren erhalten, gestärkt, erweitert und langfristig gepflegt werden können. Die Thematik blau-grüner Infrastrukturen kann dabei sehr gut über fachliche und

visuelle Inputs erläutert werden. Das lokale Wissen der Bewohner:innen kann genutzt werden, um herauszufinden welche Möglichkeiten sie sehen, alternative Wasserressourcen für die Bewässerung zu nutzen und wo aus ihrer Sicht Chancen und Hemmnisse bestehen. Es kann vertieft über den Nutzen blau-grüner Infrastrukturen in Städten und die Verzahnung von verschiedenen Projektfeldern diskutiert werden. Die Themen Hitze/Trockenheit und Starkregen können ebenfalls vertieft werden. Neben der stadtklimatischen Bedeutung sollten auch soziale Aspekte, wie die alltagsrelevante Dimension städtischen Grüns als Erholungs- und Interaktionsraum, eine wichtige Rolle spielen. Zu dem ganzheitlichen Bild, das mit der Methode der Zukunftswerkstatt erreicht werden kann, gehört insbesondere die Erarbeitung von Lösungsideen für blau-grüne Infrastrukturen, unabhängig davon, wie großräumig oder kleinteilig diese fokussiert werden (Abb. 24).



Abb. 24 Zukunftswerkstatt Stuttgart im Rahmen von INTERESS-I.

Die Auswahl der Teilnehmenden einer Zukunftswerkstatt zielt darauf ab, nicht die „üblichen Verdächtigen“ zur Teilnahme zu bewegen - über allgemeine Veranstaltungshinweise oder gezielte Einladung über Postwurf oder soziale Medien. Die Zufallsauswahl über eine Einwohnermeldeamtsstichprobe ist zwar sehr aufwändig, ermöglicht aber, dass sich Personen zur Teilnahme entscheiden, die sonst nicht die Veranstaltung besucht hätten, insbesondere dann, wenn die offizielle Ansprache über z.B. den/die Dezernent:in oder Bürgermeister:in erfolgt. Durch die Zufallsauswahl und die Ansprache ist besser gewährleistet, dass die Bürger:innen die Einladung wertschätzen und ihr folgen und ihnen aufgrund der Zufallsauswahl bewusst wird, dass sie zufällig ausgewählt wurden um die Sichtweisen in ihrem Quartier in die städtische Diskussion einzubringen. Je nach Thema und Möglichkeiten sind Zukunftswerkstätten mit 25 bis 50 Personen (oder auch mehr) sinnvoll.

Die Dauer von Zukunftswerkstätten kann unterschiedlich gestaltet sein. Als Mindestdauer, um genügend Zeit für die verschiedenen Phasen (s. u.) zu haben, ist eine dreiviertel- oder ganztägige Werkstatt anzusehen. Sie erfordert ein hohes Maß an Motivation und Aktivität von den Teilnehmenden. Die Erfahrungen im Projekt INTERESS-I zeigen, dass vor allem die Einführung und Einstimmung ins Thema wichtig ist, damit neue Ideen entwickelt und bewertet werden können. Da es für Kommunen oft schwierig ist, eine Aufwandsentschädigung zu zahlen, empfiehlt sich vor allem bei zeitaufwändigeren Beteiligungsformaten und Befragungen ein Anreiz in Form von Gutscheinen (z.B. Botanischer Garten, Museum o. ä.) oder auch durch die

Auswahl eines ansprechenden, Kreativität fördernden Veranstaltungsortes für die Durchführung mit einem angemessenen Catering.

Je nachdem wie die Zielrichtung gewählt ist, bietet es sich an, die Werkstatt/ Werkstätten für Teilnehmende aus unterschiedlichen stadträumlichen Gebieten auszurichten – damit fokussierter über die lokal spezifischen Herausforderungen und Lösungsmöglichkeiten diskutiert werden kann.

Wichtig bei der Gestaltung des Ablaufs ist es, das Untersuchungsgebiet im Hinblick auf Handlungsbedarfe zu analysieren (z.B. in Kleingruppen als Diagnose- und Kritikphase). Die sogenannte Utopie- und Umsetzungsphase kann mit einem themensetzenden Impulsvortrag gestartet werden. Wichtig ist bei der Auswertung auf Grundlage von Fotodokumentationen und Memos, Widersprüche nicht zu glätten und die mögliche Heterogenität unterschiedlicher Meinungen bzw. Bewertungen deutlich zu machen. Mehr zu Anwendung und Ergebnissen von Zukunftswerkstätten zu blau-grünen Infrastrukturen bei Deffner et al (2020).⁵⁹

Mitmachaktionen, Stadtspaziergänge

Weitere interaktive Möglichkeiten, mit den Bürger:innen zu diskutieren und dabei nicht die klassischen Inhouse- bzw. Vortrags-Formate zu wählen, die bestimmte Zielgruppen nicht besuchen (wollen), erfordern meist einen niedrighschwelligem Zugang. Ziel ist es, lokales Wissen einzubeziehen, Bürger:innen Zukunftskonzepte zur Entwicklung blau-grüner Infrastrukturen vorzustellen und ihre Sichtweisen einzuholen. Dies ist auch über Mitmachaktionen, mit Spielen, Quizzen und Infos möglich, was oft bereits auf Stadtteilstesten, im Rahmen von Quartiersmanagementaktionen oder auch häufig in Begleitung von Veranstaltungen in Innenstädten umgesetzt wird. Hierbei ist es viel schwieriger, mehr über die Teilnehmer:innen zu erfahren, weswegen der Ertrag nur bedingt einem bestimmten Quartier zuzuordnen ist. Auch die Dokumentation und Auswertung gestalten sich schwierig. Dennoch bieten solche Möglichkeiten gute Gelegenheiten, um das Thema blau-grüne Infrastrukturen verständlich zu machen, dafür Interesse zu wecken, konkrete Beispiele vor Ort zu zeigen und Passant:innen einzubeziehen (Abb. 25).



Abb. 25 Stadtspaziergang in Frankfurt am Main.

Eine andere Möglichkeit, für ein bis zwei Stunden am Abend oder Wochenende zu einem bestimmten Thema mehr über Entwicklungen, Herausforderungen und Möglichkeiten zu erfahren und den Stadtraum anders wahrzunehmen, sind geführte Stadtpaziergänge, die möglichst von einem oder mehreren externen Experten (die neutral sind und nicht nur die kommunale Sicht darstellen) unterstützt werden. Solche Spaziergänge bieten z.B. die Möglichkeit, die Teilnehmer*innen aktiv einzubeziehen, um kleine Beobachtungen („Forschungen“) selbst vorzunehmen. Darüber kann der Austausch mit den „Offiziellen“ aktiviert und auf die Problemstellung fokussiert werden. Beispiele für solche Stadtpaziergänge gibt es in der Spaziergangsforschung⁶⁰, in der Stadtforschung⁶¹ und in Beteiligungsprozessen in Planungsverfahren⁶².

Öffentliche Diskussionsveranstaltungen – die Unterhausdebatte als Format zum offenen Meinungs austausch und zur Meinungsbildung

Klassische Podiumsdiskussionen sind ein weitverbreitetes Format, in dem sich die Bürger:innen zu stadtrelevanten Themen informieren und mitdiskutieren können. Meist ist aber der Redeanteil der Expert:innen bzw. Podiumsgäste zu lang. Eine neuere und sehr gleichberechtigte Art und Weise ist die sogenannte Unterhausdebatte.⁶³

Im Mittelpunkt der Diskussion stehen die Beiträge der Teilnehmer:innen. Zum Auftakt führen Moderator:innen kurz in das Thema ein (max. 10 Minuten). Die Einführung und auch die nachfolgenden kurzen Inputs sollten von Experten (mit-)erarbeitet worden sein. Diese sollten dann auch bei der Diskussion anwesend sein und sich einmischen, aber nicht zu viel Redeanteil erhalten. Das Publikum wird anschließend mit Fragen zur Teilnahme ermuntert. Nach jeder Frage müssen sich die Teilnehmer:innen zunächst mit „Ja“ oder „Nein“ positionieren, indem sie im Präsenzformat auf die Ja- bzw. Nein-Seite im Saal gehen. Bei Online-Veranstaltungen schalten sie entweder den Bildschirmhintergrund auf Rot oder Grün, oder sie halten einen roten oder grünen Gegenstand vor die Kamera. Die Moderator:innen fragen die Teilnehmenden nach den Gründen für die Entscheidung. Hier gibt es kein Richtig oder Falsch. Persönliche Erfahrungen sind willkommen. Die Diskussion soll dazu anregen, eigene Einstellungen und eigenes Verhalten zu hinterfragen. Es werden dann fünf bis sieben Fragen gestellt. Auf jeden Diskussionsblock folgt ein neuer kurzer Input, in dem das Thema erweitert oder ein anderer Aspekt in den Fokus gerückt wird. Die Gesamtlänge der Veranstaltung sollte 90-120 Minuten nicht überschreiten. Bei Präsenzveranstaltungen sind Teilnehmer:innenzahlen von 40-80 keine Seltenheit, bei Online-Veranstaltungen empfiehlt es sich, eine Begrenzung einzuführen – z. B. 50 Teilnehmer:innen.

Die Rekrutierung der Teilnehmenden sollte neben der Ansprache über bekannte Kanäle (Newsletter, Verteiler) gezielt Menschen in Quartieren ansprechen, die z.B. gute Beispiele für blau-grüne Infrastrukturen aufweisen oder einen besonderen Handlungsbedarf haben. Auch kann über Initiativen, die sich mit Fragen zu Stadtgrün beschäftigen (z.B. Urban-Gardening-Initiativen), aber auch bei Personengruppen mit besonderen Bedürfnissen (z.B. Eltern jüngerer Kinder, Senioren) geworben werden.



Blau-grüne Vorhaben initiieren, umsetzen & kommunizieren

Jedes blau-grüne Vorhaben ist ein individuelles Projekt, das sich durch spezifische Zielsetzungen, Rahmenbedingungen, Akteure und Maßstabsebenen auszeichnet. Die nachfolgenden Fallbeispiele veranschaulichen entlang von Schlüsselfragen eine Vielfalt an Lösungsansätzen und sollen als Anregung für vergleichbare Vorhaben dienen.

Anhand von Eckdaten, einer knappen Vorhabenbeschreibung und einem kurzen Fazit geben die Steckbriefe einen Überblick über Studien, Planungen, Strategien und konkrete Umsetzungen, die im Rahmen von INTERESS-I entstanden sind. Sie reichen vom 1:1-Maßstab bis zur Quartiersebene und decken sowohl Bestandssituationen als auch Neuplanungen ab. Dadurch wird aufgezeigt, wie die eingangs beschriebene integrierte Vorgehensweise konkretisiert und mit unterschiedlichen Akteuren zur Anwendung gebracht werden kann. Vor dem Hintergrund spezifischer gesellschaftlicher Rahmenbedingungen und Zielvorstellungen und dem jeweiligen urbanen Kontext werden blaue und grüne Informationen neu verknüpft und in ein Gesamtkonzept integriert. Sowohl konkrete Ergebnisse als auch Erfahrungen aus der jeweiligen Vorgehensweise lassen sich auf ähnliche Anwendungsfälle in anderen Städten und Kommunen übertragen. Darüber hinaus sollen die Beispiele auch einen Fundus von Ideen bieten, der Mut zu neuen Lösungen außerhalb ausgetretener Pfade machen will.



Neue Grünanlagen bewässern

Wie können die Potenziale alternativer Wasserressourcen erfasst und aktiviert werden? Fallbeispiel Diakonissenplatz, Stuttgart

Die Bewässerung städtischer Grünanlagen mittels Trinkwasser stößt mehr und mehr an ihre Grenzen, da bereits in den letzten Jahren z.B. zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung der Bevölkerung und der Industrie vielerorts städtisches Grün im Sommer nicht mehr bewässert werden konnte.⁷⁶

In der Konsequenz kann es zu gravierenden Schäden bis hin zum Absterben der Vegetation kommen. Wie in Tab. 01 auf Seite 28f dargestellt konnten im Rahmen des Forschungsprojekts INTERESS-I mehr als zwanzig alternative Wasserressourcen im innerstädtischen Bereich identifiziert werden, die anstatt von Trinkwasser potenziell zur Bewässerung genutzt werden können. Im Rahmen des Projektes wurde hierfür ein Erfassungs-, Speicherungs-, und Bereitstellungsmodell (ESB-Modell) entwickelt, mit dem unterschiedliche Zielgrößen wie Speichervolumen oder zu bewässernde Grünflächen unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen wie Wasserdargebot oder flächenbezogenem Bewässerungsbedarf optimiert werden können.

Eckdaten

Ort Stuttgart-West, Diakonissenplatz

Ansatz Ermittlung des Potenzials alternativer Wasserressourcen zur Bewässerung

Akteure Blau-grüne Fachplanung (ISWA, Mann Landschaftsarchitektur), Eigentümer, Verwaltung, sonstige von der Planung betroffene Personen/Institutionen

In Abb. 26 ist das Funktionsprinzip des ESB-Modells mit der Eingabe der Inputdaten, der Berechnung und der Ausgabe der Ergebnisse dargestellt. Die Eingabe umfasst u.a. den täglichen Wasseranfall der alternativen Wasserressourcen. Diese Daten können direkt aus vorliegenden Messwerten in das Modell einfließen oder über vordefinierte Eingabewerte bzw. Schätzwerte eingegeben werden. Der Bewässerungsbedarf der Grünflächen kann ebenfalls in Absolutwerten oder über einen flächenabhängigen, auf die Vegetationsperiode angepassten Bedarfswert in das Modell eingespeist werden. Sind Inputdaten aufgrund von Planungsgrundlagen oder Vorgaben fixiert, wie bspw. ein bauseits vorhandenes Speichervolumen, können andere Variablen, wie bspw. die zu bewässernde Fläche, die notwendigen Einzugsflächen für Niederschlagswasser oder die benötigte Grauwassermenge ermittelt und bewertet werden

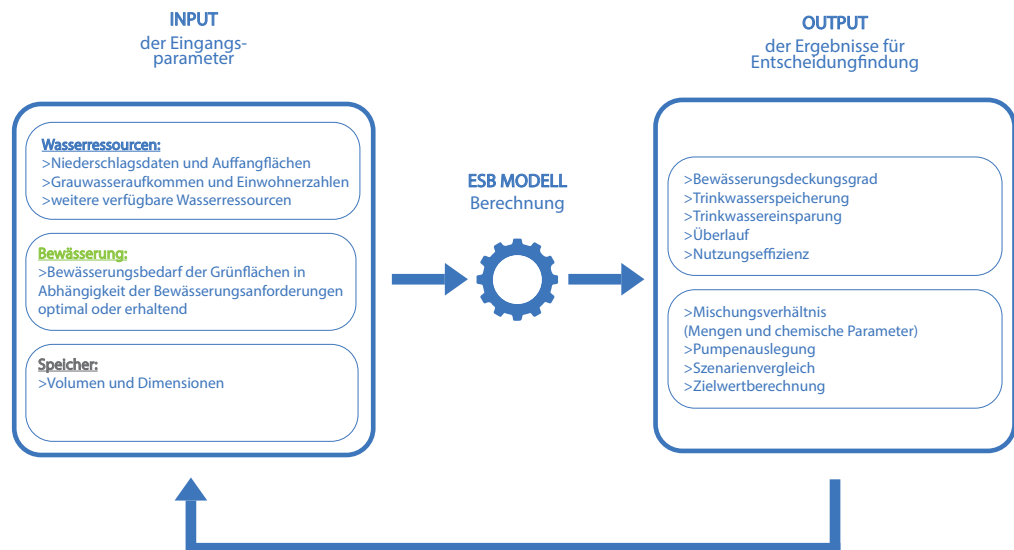


Abb. 26 Schematische Darstellung des ESB-Modells.

Das Modell kam erstmalig beim Pilotgebiet Diakonissenplatz in Stuttgart zur Anwendung, an dem es erprobt und weiterentwickelt wurde. Der Diakonissenplatz liegt im dicht besiedelten Stuttgarter Westen und wurde bis 2020 als Jugendverkehrsschule genutzt. Mit dem Ziel, eine für die Bürger:innen vielfältig nutzbare Grünanlage zu schaffen, soll der Platz im Rahmen der Ziele, die die Stadt Stuttgart im Rahmenplan „Talgrund West“ definiert hat, neugestaltet werden. Die planerischen Rahmenbedingungen (z.B. Dimensionen der Grünflächen) und daraus resultierende Bewässerungsbedarfe sind durch den Siegerentwurf des Landschaftsarchitekturbüros Mann definiert. Die Speichergröße orientiert sich am

Volumen des auf dem Gelände befindlichen Löschwassertanks, der jedoch, wie sich erst nach Ende der Bearbeitung herausstellte, nicht ertüchtigt werden kann. Ziel der Untersuchungen war es, das Potenzial alternativer Wasserressourcen im direkten Umfeld des Diakonissenplatzes zur Bewässerung der geplanten Grünflächen zu ermitteln, sichtbar zu machen und zu bewerten. Die Umstrukturierungsmaßnahmen im stark verdichteten innerstädtischen Raum bieten gute Voraussetzungen zur Aktivierung alternativer Wasserressourcen. Konkret wurden die Potenziale von Regen- und Grauwasser untersucht. Im direkten Umfeld sind weitere potenzielle Wasserressourcen vorhanden (z.B. gering verschmutztes Abwasser eines Hallenbads oder der Überlauf eines Trinkwasserbrunnens), es konnten jedoch keine aussagekräftigen Daten erfasst werden.

Durch die Modellierung sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Können die geplanten Grünflächen durch ausschließliche Regen- oder Grauwassernutzung bzw. durch eine kombinierte Regen- und Grauwassernutzung vollständig bewässert werden?
- Wenn ja, wie viel zusätzliche Grünfläche könnte durch das Wasseraufkommen mitversorgt werden?
- Wenn nein, wie viel Trinkwasser müsste nachgespeist werden?

Ermittlung des Wasserdargebots der alternativen Wasserressourcen

Durch Auswertungen von Luftbildaufnahmen konnten die im direkten Umfeld des Diakonissenplatzes verfügbaren Dachflächen der Gebäude ermittelt werden. Hierbei ergaben sich 8500 m² abflusswirksame Fläche. Zur Berechnung wurden die täglichen Regendaten der Messstelle Stuttgart-Mitte von 2010 bis 2019 herangezogen.

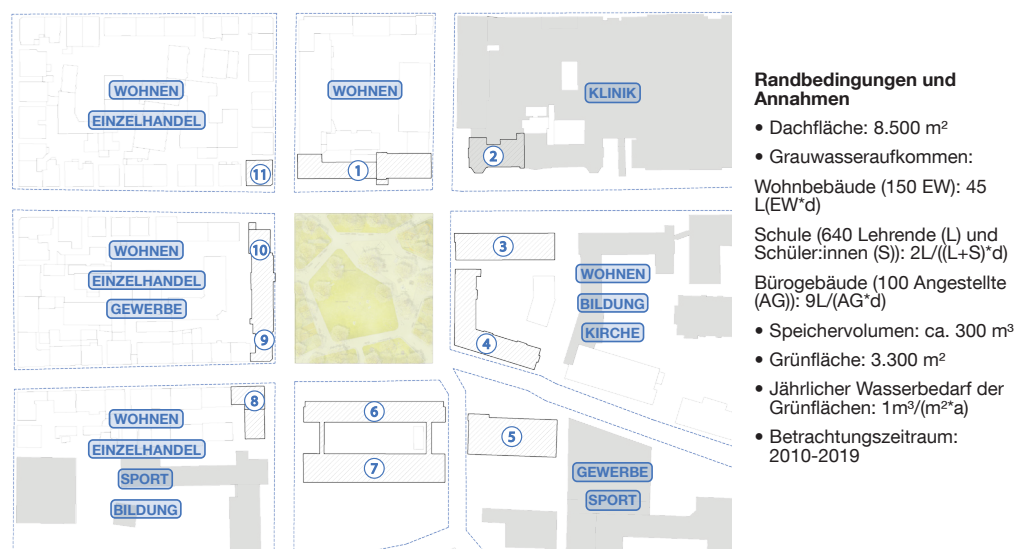


Abb. 27 Darstellung des Diakonissenplatzes mit angrenzenden Wohn- (4,8,9,11), Büro- (10) und Schulgebäuden (6,7), medizinischen Einrichtungen (1-3) und Schul- und Vereinsbad (5, schraffiert). Für alle Gebäude (1-11) wurde das Regenwasseraufkommen in den Berechnungen berücksichtigt. Für das Grauwasseraufkommen wurden nur die Gebäude 4-11 betrachtet, der Grauwasseranfall in Gebäude 5 konnte nicht ermittelt werden. Die medizinischen Einrichtungen wurden aufgrund möglicher erhöhter mikrobiologischer Verunreinigungen sowie erhöhter Konzentrationen an Desinfektionsmittel nicht in die Berechnung des Grauwasseraufkommens aufgenommen (Datengrundlage: Stadtmessungsamt Stuttgart).

Für das Grauwasserdargebot wurden in Ermangelung belastbarer Daten nachfolgende Annahmen getroffen:

- Wohngebäude: Die Anzahl der Einwohner:innen (EW) im Umfeld des Diakonissenplatzes wurde anhand statistischer Daten bestimmt (Vorgehensweise siehe Seite 36f). Im Ergebnis wird mit ca. 150 EW gerechnet, wobei von einem Grauwasseraufkommen von $45 \text{ L}/(\text{EW} \cdot \text{d})$ ausgegangen wird.⁷⁷
- Bürogebäude: Im angrenzenden Bürogebäude arbeiten ca. 100 Angestellte (AG).⁷⁸ Der Grauwasseranfall wurde mit $9 \text{ L}/(\text{AG} \cdot \text{d})$ angenommen.⁷⁹
- Schule: In der süd-östlich des Diakonissenplatzes liegenden Schule wurden 2019/2020 580 Schüler:innen (S) unterrichtet und es arbeiteten dort ca. 60 Lehrende (L)⁸⁰; der Grauwasseranfall wurde mit $2 \text{ L}/((\text{L}+\text{S}) \cdot \text{d})$ angesetzt.⁸¹

Alle Gebäude, die in die Berechnung des Regen- und Grauwasseraufkommens miteinbezogen wurden, sind in Abb. 27 dargestellt.

Ermittlung des Wasserbedarfs der Grünflächen

Der jährliche Wasserbedarf eines Quadratmeters Grünfläche wurde unabhängig von der Vegetationsart mit einem Kubikmeter abgeschätzt. Hierbei ist zu bedenken, dass es sich um einen Maximalwert für Vertikalbegrünungen handelt.⁸² Der tatsächliche Bedarf ist bei bedarfsgerechter Bewässerungssteuerung deutlich geringer. Um in der Praxis auftretende Versickerungsverluste sowie einen durch Klimawandelfolgen voraussichtlich zukünftig steigenden Bedarf (vgl. Abb. 02 auf Seite 9) abzubilden, wurde dennoch der Maximalwert verwendet. Unterschiedliche Bewässerungsgaben im Verlauf der Vegetationsperiode wurden in Monatsintervallen berücksichtigt. Alle Daten zum Wasseraufkommen (Grau- und Regenwasser), Wasserbedarf (Grünflächen) und die Speichergröße wurden in das ESB-Modell eingegeben. Als Bewertungsparameter wurden die Trinkwassereinsparung bzw. die Leerstandsdauer des Speichers und damit die benötigte Trinkwassereinspeisung sowie die Überlaufhäufigkeit herangezogen. Diese Parameter werden im ESB-Modell nach jedem Rechenschritt als Zahlenwerte und grafisch ausgegeben (bspw. anhand von Speichergängen).

Ergebnisse

Im Folgenden wird ein exemplarischer Überblick über wesentliche Ergebnisse der Berechnungen gegeben. In Abb. 28 sind die unterschiedlichen Verläufe des Tankwasservolumens der kombinierten Regen- und Grauwassernutzung und der separaten Nutzung von Regen- und Grauwasser über den Zeitraum von 2010 bis 2020 dargestellt.

Die Regenwassernutzung und die Grauwassernutzung weisen bezüglich des Tankwasservolumens einen deutlichen Unterschied im Verlauf auf. Die Schwankungen sind bei der Regenwassernutzung im Vergleich zur Grauwassernutzung deutlich ausgeprägter. Grund hierfür ist der diskontinuierliche Regenwasseranfall, wohingegen Grauwasser meist täglich und nahezu kontinuierlich anfällt. Hierdurch ist der Speichergang regelmäßiger und ähnelt sich in den einzelnen Jahren sehr. Wie zu erkennen ist, könnte durch die kombinierte Nutzung von Regen- und Grauwasser der gesamte Bewässerungsbedarf über den Betrachtungszeitraum gedeckt werden,

ohne dass der vorhandene Speicher vollständig entleert würde. Hierdurch könnten innerhalb von zehn Jahren bis zu 33.000 m³ Trinkwasser eingespart werden. Über die geplante Grünfläche hinaus könnten weitere 365 m² bewässert werden, ohne Trinkwasser nutzen zu müssen. Zudem konnte festgestellt werden, dass durch eine Trinkwassereinspeisung von 10 % die zusätzlich zu bewässernde Fläche um ca. 65 % vergrößert werden könnte. D. h. es wäre beispielsweise möglich, zusätzliche Elemente der Gebäudebegrünung im Umfeld des Diakonissenplatzes zu bewässern, die einen weiteren positiven Effekt auf das städtische Mikroklima haben könnten. Durch die damit verbundene zusätzliche Entnahme könnte die Überlaufhäufigkeit verringert und somit das Kanalsystem entlastet werden. Aber auch die ausschließliche Nutzung von Regen- oder Grauwasser könnte einen deutlichen Beitrag zur Trinkwassereinsparung leisten. Durch eine ausschließliche Regenwassernutzung könnten ca. 93 % des Bewässerungsbedarfs gedeckt werden. Die Trinkwassereinspeisung würde in diesem Fall in einem Zeitraum von 10 Jahren demnach ca. 1.900 m³ betragen. Ähnliche Werte ergeben sich bei ausschließlicher Grauwassernutzung.

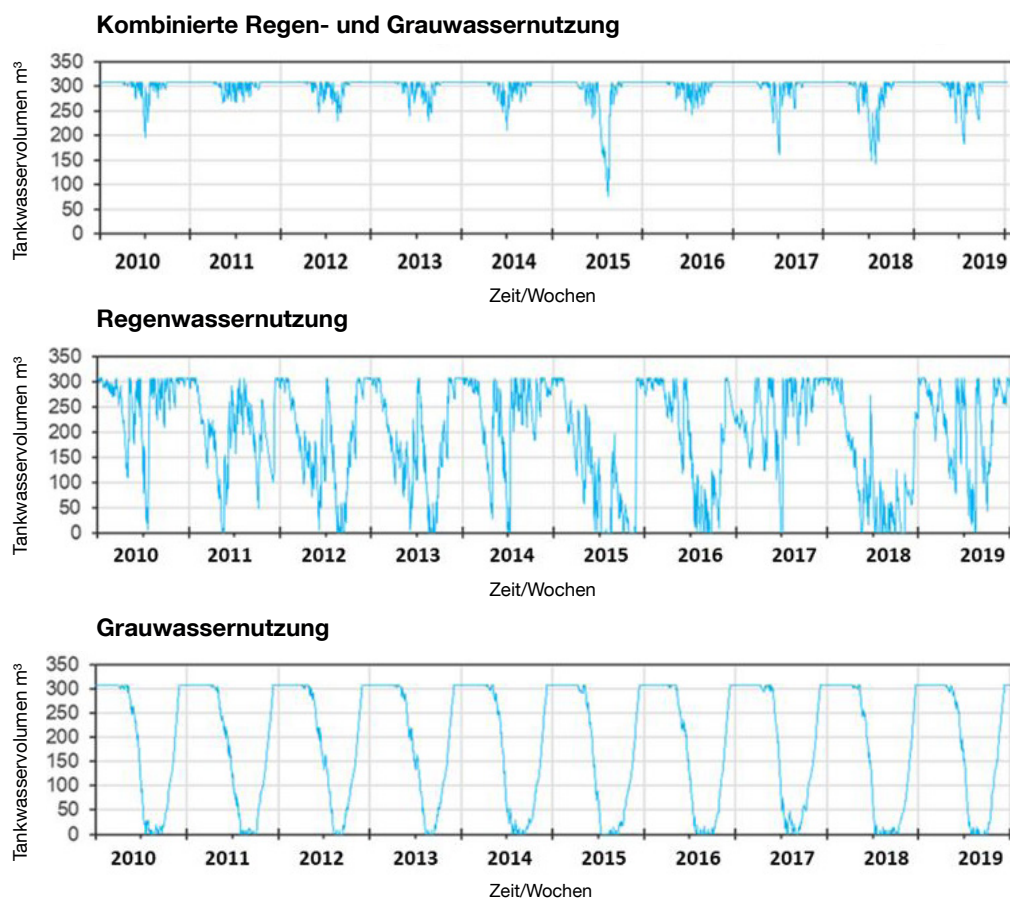


Abb. 28 Verfügbares Tankwasservolumen über den Betrachtungszeitraum (10 Jahre) einer kombinierten Grau- und Regenwassernutzung sowie der separaten Regen- als auch Grauwassernutzung.

Fazit und Empfehlung

Die Planungen der Landeshauptstadt Stuttgart zur Umgestaltung des Diakonissenplatzes wurden unter den Einflüssen des Projekts INTERESS-I weiterentwickelt. Ursprünglich nicht vorgesehen, ist nun eine Bewässerungsanlage in den Planungen enthalten, die auch von einer der untersuchten, alternativen Wasserressource gespeist werden könnte.

Mit Hilfe des ESB-Modells konnte am Fallbeispiel Diakonissenplatz ein sehr großes Substitutionspotenzial von Trinkwasser durch Grau- oder Regenwasser ermittelt und dargestellt werden. Durch die kombinierte Grau- und Regenwassernutzung könnten nicht nur die auf dem Diakonissenplatz geplanten Grünflächen, sondern weitere Grünflächen- bzw. elemente im Umfeld des Platzes zusätzlich bewässert werden. Bereits durch die Nutzung von Regenwasser kann der Bewässerungsbedarf zu mehr als 90 % gedeckt werden. Anzumerken ist jedoch, dass die Erschließung der Regen- und Grauwasserpotenziale im Bestand nur zu einem kleinen Teil des tatsächlichen Potenzials realistisch ist. Daher sollten alle praktisch verfügbaren Regen- und Grauwasserquellen genutzt werden.

Bei der Durchführung der Berechnungen und deren Präsentation konnte festgestellt werden, dass durch die greifbare Darstellung der Ergebnisse auch fachfremde, von der Planung betroffene Personen einen verständlichen Überblick darüber bekommen können, welche Vorteile oder Auswirkungen die unterschiedlichen Lösungsvarianten haben. Je nach Datengrundlage und Umfang des Untersuchungsgebiets können innerhalb weniger Arbeitstage verschiedene Szenarien berechnet und miteinander verglichen werden. Diese Ergebnisse können von den Beteiligten des Planungsprozesses aufgegriffen werden, um so das blau-grüne Konzept zielgerichtet weiterzuentwickeln. Dazu ist es jedoch notwendig, dass von Beginn an blaue und grüne Fachplaner:innen mit einem aufeinander abgestimmten Vorgehen eingebunden sind (vgl. Seite 15f).

Insbesondere zu Beginn eines Planungsprozesses bietet der hier vorgestellte Ansatz den Vorteil, dass Planer:innen und die von der Planung betroffenen Personen einen Überblick darüber bekommen können, welches Potenzial die Nutzung alternativer Wasserressourcen im Vorhaben bieten könnten. In weiteren Berechnungsschritten können daraufhin die variablen Eingangsdaten (bspw. die Vegetationsfläche, die Speichergröße, die angeschlossenen Einwohner:innen für die Grauwassernutzung und die angeschlossenen Dachflächen) angepasst werden, sodass in einem iterativen Planungsprozess die auf die Zielsetzung bezogen bestmögliche Lösung gefunden werden kann.



Neue Wasserressourcen für Bestandsgrün

Wie können diese identifiziert und nutzbar gemacht werden? Fallbeispiel Wallanlagen Frankfurt

Die Stadt Frankfurt am Main benötigt für vielfältige Nutzungen ca. 400 % mehr Trinkwasser als sie in der erforderlichen Qualität auf der eigenen Gemarkung gewinnen kann und ist deshalb auf Wasser aus benachbarten Gebieten wie dem Hessischen Ried, dem Kinzigtal und dem Vogelsberg angewiesen.⁶⁴ Aber auch dort vermindert sich die Grundwasserverfügbarkeit zunehmend, sodass dringend einerseits der Wasserverbrauch reduziert und andererseits alternative Wasserquellen insbesondere zur Bewässerung des zur Klimaanpassung erforderlichen Stadtgrüns erschlossen werden müssen. Die bisher überwiegende Verwendung von Trinkwasser zur Bewässerung ist nicht nachhaltig und wird gerade in Zeiten des Klimawandels an ihre Grenzen stoßen.⁶⁵ Es bedarf daher einer Substitution des Trinkwassers, das als Bewässerungswasser genutzt wird. Einen wichtigen Beitrag dazu liefert die Erschließung, ggf. Aufbereitung und Bereitstellung neuer örtlicher urbaner Wasserressourcen.

Anhand des Fallbeispiels der Wallanlagen in Frankfurt wird dargestellt, welche alternativen urbanen Wasserressourcen zur Bewässerung der Rasen-, Stauden- und Gehölzflächen der Taunusanlage bei gleichzeitiger Trinkwassereinsparung erschlossen werden können.

Die Taunusanlage ist Teil der Wallanlagen in Frankfurt am Main, die einen 5 km langen grünen Ring um das Stadtzentrum bilden. Sie wird bislang mittels einer mit Trinkwasser gespeisten, etwa 25 Jahre alten Beregnungsanlage bewässert, die einer Erneuerung bedarf.

Eckdaten

Ort Frankfurt, Taunusanlage (Gesamtfläche= 4,3 ha; Grünfläche = 2,8 ha)

Ansatz Erschließung alternativer urbaner Wasserressourcen zur Bewässerung von Stadtgrün

Wasserbedarf ca. 18.000 m³/a

Verfügbarkeit Wasserressourcen I. Drainagewasser aus Grundwasserhaltung ca. 10.000-35.000 m³/a; II. belastetes Grundwasser in großen Mengen; III. Dach-/ Fassadenwasser Geschäftsbank an den Wallanlagen ca. 5.000 m³/a;

Problemstoffe Drainagewasser Salzgehalt, Chlorid- und Natriumkonzentration leicht erhöht

Problemstoffe belastetes Grundwasser Salzgehalt, Chlorid-, Natrium-, Sulfat- und Sulfidkonzentration z.T. stark erhöht

Akteure Blaue Fachplanung (TUK), Grünflächenamt Frankfurt, Mainova AG, Stadtentwässerung Frankfurt

Für die blau-grüne Konzeption der Taunusanlage wurde, exemplarisch auch für andere Planungsaufgaben, wie folgt vorgegangen:

1. Beschreibung der Ausgangslage und Ermittlung des Wasserbedarfs zur Bewässerung
2. Identifizierung geeigneter örtlicher Wasserressourcen (Wassermengen und Qualität), ggf. mittels Messkampagnen
3. Beurteilung der Eignung unterschiedlicher Ressourcen und Ermittlung des Bereitstellungsaufwands auf Grundlage der Nutzungsanforderungen an die Bewässerung
4. Ermittlung der erforderlichen Speichervolumina und Entwicklung eines praxistauglichen Bewässerungskonzepts

1. Beschreibung der Ausgangslage und Ermittlung des Wasserbedarfs zur Bewässerung

Der Bewässerungszeitraum der Taunusanlage erstreckt sich typischerweise von März bis Oktober, wobei der Wasserbedarf im Sommer am höchsten ist. Künftig ist von einem höheren Bewässerungsbedarf auszugehen, da klimabedingt neben den Rasenflächen auch eine Bewässerung von Stauden- und Gehölzflächen sichergestellt werden muss. Dabei müssen langanhaltende Hitzeperioden überbrückt werden. Der künftige Wasserverbrauch zur Bewässerung der gesamten Taunusanlage wurde vom Grünflächenamt Frankfurt auf Basis von aktuellen Bewässerungsdaten auf ca. 17.750 m³ pro Jahr geschätzt.

2. Örtliche Wasserressourcen und 3. Beurteilung der Eignung zur Bewässerung

Zur alternativen Bewässerung der Taunusanlage können potenziell drei örtlich vorhandene Wasserressourcen erschlossen werden:

I. Drainagewasser aus einer ständigen Grundwasserhaltung

Unter einem Bürgersteig in der Marienstraße ist eine dauerhafte Grundwasserabsenkung (Tiefe: 6,5 m unter GOK) als Horizontaldrainage verbaut, um die Kellergeschosse der Bestandsbebauung trocken zu halten. Bislang wird dieses kontinuierlich anfallende Wasser ungenutzt in die städtische Mischwasserkanalisation eingeleitet (siehe Abb. 29). Die Fördermenge kann je nach Wetter und Jahr zwischen ca. 10.000 m³ pro Jahr und 35.000 m³ pro Jahr schwanken. Zur Erfassung der Qualität des Drainagewassers wurde eine mehrwöchige Messkampagne vom 13.01.2021 bis zum 16.03.2021 durchgeführt, um einen möglichen Aufbereitungsaufwand für die Nutzung als Bewässerungswasser abzuschätzen. Aus Tab. 05 geht hervor, dass das Drainagewasser erhöhte Salzkonzentrationen aufweist, die eine Nutzung zur Bewässerung gemäß DIN 19684 10 (2009)⁶⁶ einschränken, gemäß ISO 16075 1 (2020)⁶⁷ jedoch stets erfüllen. Insbesondere die elektrische Leitfähigkeit (LF), die Cl⁻- und Na⁺-Konzentrationen sind leicht erhöht. Alle weiteren Parameter liegen bezüglich beider Normen in einem für die Bewässerung geeigneten Bereich. Zur Senkung der Salzkonzentration wären Verfahren wie die Umkehrosmose oder Ionenaustauscher notwendig, die aber einen hohen technischen und finanziellen Aufwand erfordern. Eine Alternative hierfür stellt die Verschneidung mit weniger salzbelasteten Wasserressourcen (z. B. Trinkwasser oder Regenwasser) dar, sodass der Salzgehalt an die Erfordernisse der Pflanzen angepasst werden kann.

II. Mit Schwefel belastetes Grundwasser

In Frankfurt ist mengenmäßig genügend Grundwasser verfügbar, welches jedoch stellenweise keine ausreichende Qualität zur Bewässerung aufweist. An verschiedenen Grundwassermessstellen wurden im Zeitraum von 2019 bis 2020 hohe Salz- und Schadstoffkonzentrationen gemessen. Die elektrische Leitfähigkeit ($1.578 \pm 470 \mu\text{S/cm}$), Chlorid- ($200 \pm 134 \text{ mg/l}$) und Natriumkonzentrationen ($130 \pm 96 \text{ mg/l}$) liegen deutlich über denen des Drainagewassers (siehe Tab. 05) und über den Anforderungen an Bewässerungswasser auch gemäß der weniger strengen ISO 16075 1 (2020). Zusätzlich weist das Grundwasser hohe Sulfatkonzentrationen von $268 \pm 154 \text{ mg/l}$ sowie Sulfidgehalte von $3,1 \pm 4,9 \text{ mg/l}$ auf. Der Vergleich mit den Messergebnissen „Drainagewasser“ zeigt, dass die Grundwasserqualität je nach Messstelle stark variieren kann, was die Notwendigkeit von lokalen Messungen verdeutlicht. Der erhöhte Salzgehalt erfordert, wie schon beim Drainagewasser, eine Verschneidung mit salzarmen Wasserressourcen, während zur Entfernung von Sulfat und Sulfid aufwändige Entschwefelungsverfahren notwendig wären.

III. Niederschlagswasser von Dach- und Fassadenflächen eines Hochhauses

Für die Niederschlagsentwässerung eines Hochhausprojekts in der Taunusanlage ist eine Abflussdrosselung zur Regenrückhaltung vorgesehen. Das Dach- und Fassadenwasser soll in einem 480 m³ großen Rückhaltebecken im Untergeschoss des Gebäudes aufgefangen und ohne Speicherung gedrosselt in den Mischwasserkanal abgeleitet werden (siehe Abb. 29). Dadurch wird Rückhaltevolumen für nachfolgende Niederschlagsereignisse bereitgestellt. Zur Nutzbarmachung des Dach- und Fassadenwasserpotenzials bedarf es eines zusätzlichen Speichers. Qualitätsdaten liegen nicht vor, da das Gebäude noch in Planung ist. Nach DWA-A 138 (2005)⁶⁸

ist Regenwasser von Dachflächen ohne Verwendung von unbeschichteten Metallen (Kupfer, Zink und Blei) prinzipiell als unbedenklich einzustufen. Eine Siebung im Speichereinlauf zur Grobstoffentfernung wird empfohlen. Der Anfall des Dach- und Fassadenwassers wurde zu 4.800 m³/a bestimmt.

Parameter	Einheit	Mittelwert ± Std.-Abw. (Min bis Max)	Anforderungen an die Bewässerung	Referenz
pH-Wert	-	7,5 ± 0,1	6 – 8	DIN 19684-10 (2009)
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	1041 ± 159	300 – 800 < 1.400	DIN 19684-10 (2009) ISO 16075 1 (2020)
CSB _{gelöst}	mg/l	(> 15 bis 18)	< 60 (CSB _{gesamt})	DIN 19650 (1999)
Chlorid	mg/l	121 ± 14	< 70 < 250	DIN 19684-10 (2009) ISO 16075 1 (2020)
Sulfat	mg/l	211 ± 24	< 250	TrinkwV (2016) ⁶⁹
Sulfid _{gelöst}	mg/l	(< 0,04)	< 0,5	WHO (2003) ⁷⁰
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	(< 0,04 bis 0,15)	< 1 (NH ₄ ⁺)	DIN 19650 (1999) ⁷¹
Borat	mg/l	0,08 ± 0,03	< 1 (Bor)	ÖWAV-Regelblatt 407 (2016)
Natrium	mg/l	63 ± 6,8	< 30 < 150	DIN 19684-10 (2009) ISO 16075 1 (2020)
SAR	(mmol/l) ^{1/2}	2 ± 0,2	0 – 6	DIN 19684-10 (2009)

Tab. 05 Wesentliche Ergebnisse der Messkampagne zur Ermittlung der Qualität des Drainagewassers (n=16).

4. Abgleich von Angebot & Bedarf und Entwicklung von Bewässerungskonzepten

Zur Entwicklung geeigneter Bewässerungskonzepte werden verschiedene Fälle betrachtet.

Fall 1 sieht die Einsparung von Trinkwasser durch Substitution mit Drainagewasser aus der Grundwasserhaltung vor. Um auch die strengen Anforderungen nach DIN 19684-10 (2009) ohne Aufbereitung sicher einzuhalten, ist ein Mischungsverhältnis von Drainagewasser zu Trinkwasser von 40 : 60 (vol.-%) erforderlich. Ausgehend von einer ausreichenden permanenten Drainagewasserverfügbarkeit können ca. 40 % des zur Bewässerung sonst erforderlichen Trinkwassers eingespart werden. Bei täglicher Beregnung der Vegetationsflächen ist die Errichtung eines Drainagewasserspeichers mit einer Größe von 40 m³ (40 % des Tagesbedarfes im Sommer) empfehlenswert, um Drainagewasser vorzuhalten und Abhängigkeiten zwischen Angebot und Bedarf aufzulösen. Die Trinkwasserzumischung kann in einem Pumpensumpf erfolgen.

Im Fall 2 (siehe Abb. 30) steht die kombinierte Nutzung von Drainagewasser mit Niederschlagswasser von Dach- und Fassadenflächen zur weitgehenden Trinkwassersubstitution im Vordergrund. Steht kein Regenwasser zur Verfügung, bedarf es einer anteiligen Trinkwasserzumischung wie im Fall 1. Um die qualitativen Anforderungen an Bewässerungswasser zu erfüllen, ist ein Mischungsverhältnis von Drainagewasser zu Regenwasser von 60 : 40 (vol.-%) erforderlich. Dynamische Modellberechnungen (siehe ESB-Modell, Seite 56ff) verdeutlichen, dass eine

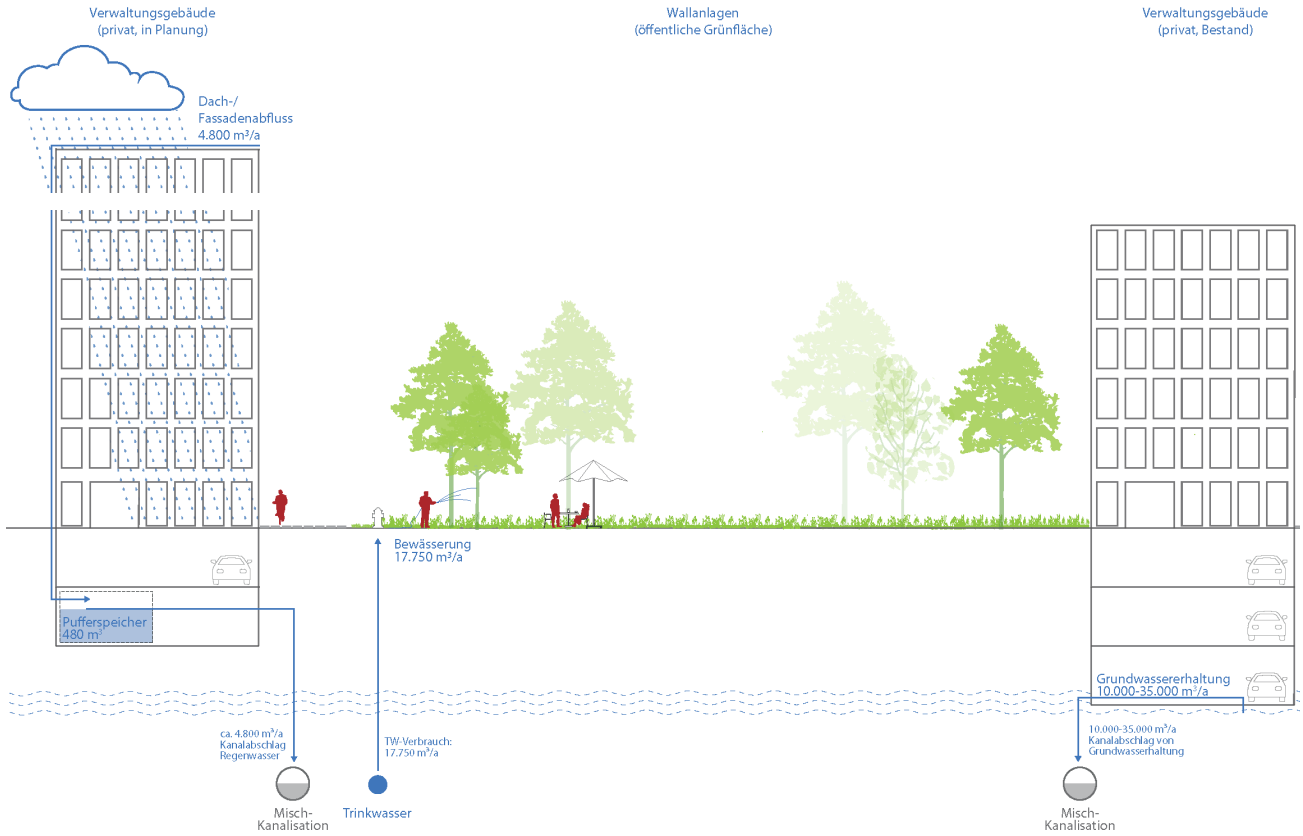


Abb. 29 Ausgangssituation - Einleitung von ungenutzten Wasserressourcen (Regen- und Dachwasserabfluss eines Hochhauses sowie Drainagewasser aus einer Grundwassererhaltung) in die öffentliche Mischwasserkanalisation.

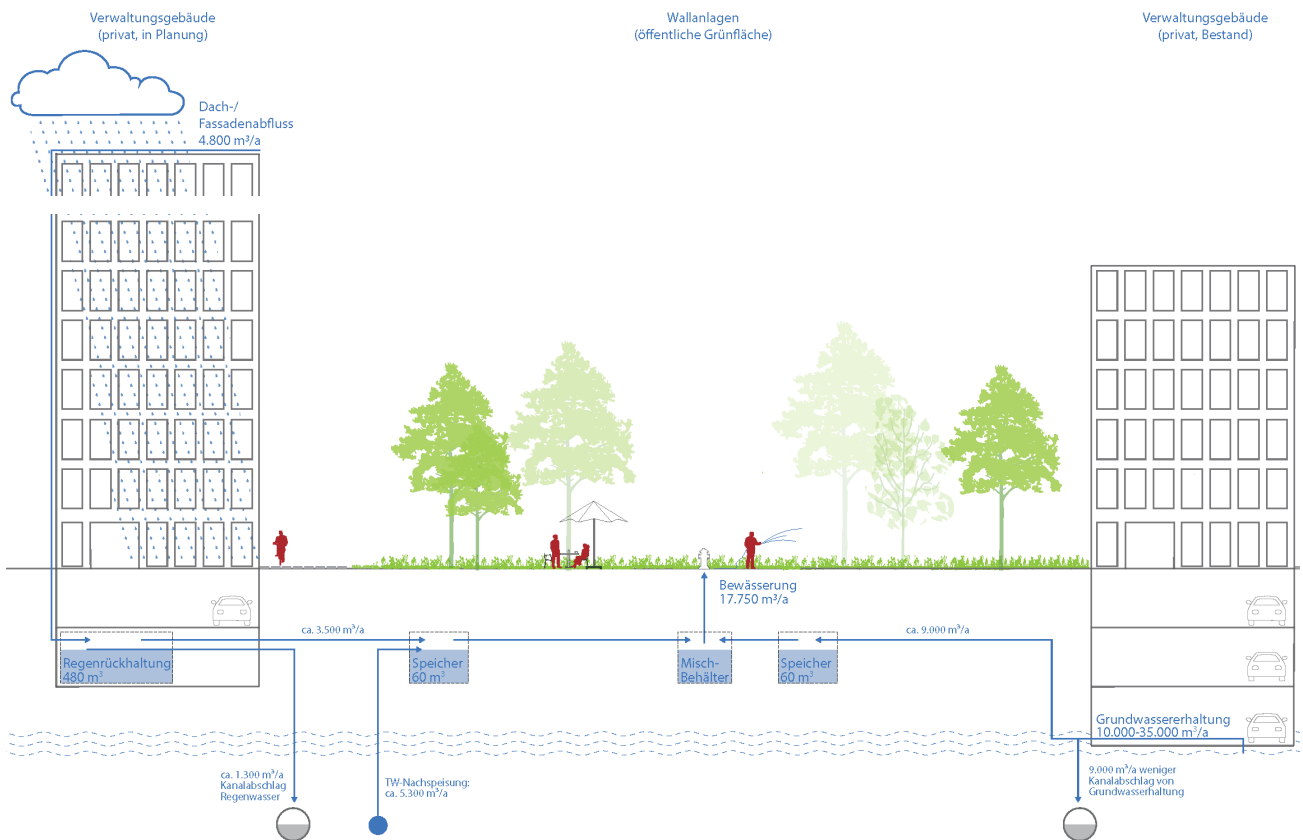


Abb. 30 Soll-Zustand: Kombinierte Nutzung von Drainagewasser aus einer ständigen Grundwassererhaltung mit Niederschlagswasser von Dach- und Fassadenflächen mit dem Ziel der Bereitstellung von Bewässerungswasser (Berechnungsbeispiel für 25.000 m³/a Drainagewasseranfall).

Vergrößerung des Speichervolumens für das Regenwasser ab 60 m³ keinen weiteren nennenswerten Effekt auf die Trinkwassereinsparung hat. Insgesamt lassen sich 70 % Trinkwasser durch die kombinierte Nutzung von Drainagewasser mit dem Fassaden-/Dachwasserablauf oder, bei fehlendem Regen, durch die Mischung Drainage-/Trinkwasser einsparen. Wie Abb. 30 entnommen werden kann, können die verschiedenen Wasserressourcen in einem Pumpensumpf zu Bewässerungswasser vermischt werden. Im Fall 2 wird die Aufstellung eines Drainagewasserspeichers mit einer Größe von 60 m³ (60 % des Tagesbedarfs im Sommer) empfohlen. Die einzuhaltenden Mischungsverhältnisse (zur Verringerung der Salzkonzentrationen) und die diskontinuierliche Verfügbarkeit von Niederschlagswasser limitieren eine vollständige Trinkwassersubstitution.

Fazit und Ausblick

Für die Taunusanlage steht mit Drainagewasser eine stete lokale Wasserressource zur Verfügung, die nach Verschneidung mit Trinkwasser oder Regenwasser zur Senkung der Salzkonzentration ohne Aufbereitungsaufwand zur Bewässerung genutzt, wodurch ein erheblicher Teil an Trinkwasser eingespart werden kann. Dies stellt einen deutlichen Mehrwert auf dem Weg zu einer sicheren Versorgung grüner Infrastrukturen mit Wasser in ausreichender Menge und Qualität dar.

Zur Beurteilung der Eignung alternativer Wasserressourcen zur Bewässerung sind in vielen Fällen Daten zur Wasserqualität erforderlich, die ggf. durch Messkampagnen erhoben werden müssen.

Durch den Einsatz alternativer Wasserressourcen könnten laufende Kosten für verschiedene Akteure reduziert werden. Bei Nutzung von ca. 3.500 m³ pro Jahr Niederschlagswasser zur Bewässerung (vgl. Abb. 29) könnten gegenüber der Ausgangssituation (Abb. 30) schätzungsweise ca. 1.750 € pro Jahr⁷² an Gebühren für die Regenwassereinleitung in den Mischwasserkanal eingespart werden. Ausgehend von einer Abnahme von jährlich ca. 9.000 m³ Drainagewasser aus der Grundwasserhaltung wäre eine Ersparnis gegenüber dem Ist-Zustand von ca. 13.000 € pro Jahr⁷³ an Schmutzwassereinleitgebühren möglich. Alternativ könnte aber das überschüssige Drainagewasser auch über den Main-Auslass direkt dem Vorfluter zugeführt werden, wodurch sich eine mögliche Einsparung auf ca. 22.000 € pro Jahr⁷⁴ erhöhen würde. Unter Annahme einer Trinkwassersubstitution von 70 % könnten ca. 24.500 € pro Jahr⁷⁵ an Trinkwassergebühren gespart werden. Die genannten Einsparungen könnten somit für Investitionen in das alternative Bewässerungssystem zur Verfügung stehen. Hinzu kommt, dass durch dieses Projekt die dauerhafte Einleitung sauberen Grundwassers in die Mischwasserkanalisation entfällt und damit auch die Kläranlage entlastet wird. Insgesamt liefert die Nutzung alternativer urbaner Wasserressourcen einen bedeutsamen Beitrag zum nachhaltigen Umgang mit Wasser und zur Versorgungssicherheit.



©Mederic Küchel, Charlotte Höhnel

Neuplanung eines klimawandelangepassten Stadtquartiers

Wie lassen sich Grundlagen für die blau-grüne Bauleitplanung generieren? Fallbeispiel Stuttgart Rosenstein

Blau-grüne Infrastrukturen wirken als Netzwerk besonders effektiv und sollten sich daher über Grundstücksgrenzen hinweg erstrecken. Je früher blau-grüne Belange in den Planungsprozess integriert werden, desto umfassender kann das Netzwerk umgesetzt werden. Insbesondere die Kopplung von Wasserverfügbarkeiten und -bedarfen sind Schlüsselaspekte, die bei fortgeschrittener Planung nur noch eingeschränkt berücksichtigt werden können, wenn die rechtlichen Rahmenbedingungen nicht entsprechend geschaffen wurden.

Aus diesem Grund ist eine Verankerung blau-grüner Belange in der Bauleitplanung besonders zielführend. Mit der Klima-Novelle vom 30.07.2011 im Baugesetzbuch (BauGB) wurde der Klimafolgenanpassung auf Bundesebene ein höherer Stellenwert im Planungsrecht eingeräumt. Des Weiteren bietet das BauGB verschiedene Möglichkeiten, Maßnahmen der urbanen Überflutungsvorsorge festzuschreiben. Auch auf Länderebene bestehen diverse Optionen zur Verankerung blau-grüner Planungsvorgaben in der Bauleitplanung, wie z.B. die Städtebauförderung in Bayern. Diese unterstützt unter anderem Schaffung, Erhalt, Erweiterung und Vernetzung von Grünflächen und Freiräumen sowie Maßnahmen zur Bodenentsiegelung, zur Begrünung von Bauwerksflächen und zur Erhöhung der Biodiversität. Um die Potenziale der rechtlichen Festschreibung bestmöglich auszuschöpfen, müssen die Zielsetzungen für die blau-grüne Planung klar umrissen sein. Das beinhaltet eine Erfassung bzw. Analyse der vorhandenen Wasserressourcen sowie (landschafts-)architektonische Planungsgrundlagen für städtisches und gebäudegebundenes Grün. Diese Vorgehensweise erfordert eine interdisziplinäre Zusammenarbeit von Stadtplanung, Freiraumplanung und Siedlungswasserwirtschaft. Im hier dargestellten Fallbeispiel, einem Baublock im neu entstehenden Quartier Stuttgart Rosenstein, wurde dieser Ansatz beispielhaft angewendet.⁸³

Eckdaten

Ort Stuttgart, Rosenstein, Maker City

Ansatz Integration blau-grüner Infrastrukturen in den stadtplanerischen Prozess

Akteure Fachplanung Vegetation (TUM), Fachplanung Wasser (ISWA),
Landeshauptstadt Stuttgart

Stuttgart Rosenstein ist ein in Planung befindliches Viertel nördlich des Stuttgarter Hauptbahnhofs, das auf Flächen, die durch das Bahnprojekt Stuttgart 21 frei werden, entsteht⁸⁴. Anhand des Gebäudeblocks wird beispielhaft ein interdisziplinärer, iterativer stadtplanerischer Prozess abgebildet, der die parallele Entwicklung einer Planung aus „grüner“ und „blauer“ Perspektive aufzeigt (Abb. 31). Als Grundlage diente die Gebäudekubatur eines Baublocks in der Maker City aus dem überarbeiteten Siegerentwurf des städtebaulichen Wettbewerbs (ASP Architekten/Koerber Landschaftsarchitektur). Diese städtebauliche Setzung wurde mit den Zielen eines blau-grünen Quartiers, d.h. optimiertes Wassermanagement, Grauwassernutzung und intensive Durchgrünung, zusammengeführt.

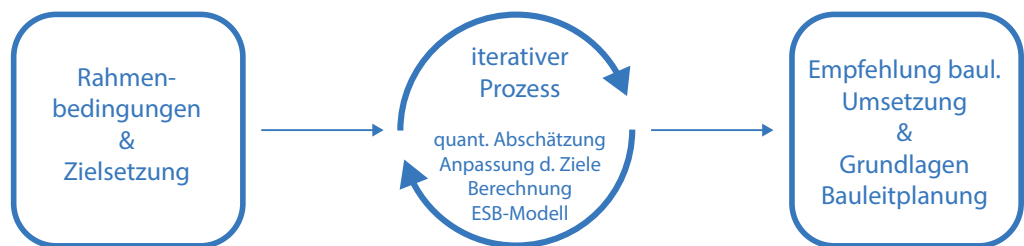


Abb. 31 Der iterative Planungsprozess, welcher bei dem Fallbeispiel Stuttgart Rosenstein exemplarisch für einen Baublock angewendet wurde.

Der hier angewendete iterative Planungsprozess beinhaltet, dass Parameter wie anfallende Wassermengen, Speichergrößen, Bewässerungsszenarien und Begrünungsmöglichkeiten variiert und bestmöglich aufeinander abgestimmt werden, um zu synergetischen Kopplungen zu kommen. Das Ziel des Fallbeispiels ist die Ermittlung von Kenngrößen für blau-grüne Infrastruktur, welche in die städtebauliche Planung einfließen und damit relevante Randbedingungen festlegen. Im Rahmen der iterativen Vorgehensweise entstand außerdem ein Entwurfsvorschlag hinsichtlich Gebäudebegrünung und Freiraumgestaltung, der sich an der Kubatur der städtebaulichen Planung orientiert (Abb. 32, Abb. 33).

Zentrale Parameter, die in die Berechnung der Wasserverfügbarkeit einfließen, sind die Größen von Dachflächen, Abflussbeiwerte und Abschätzungen des Grauwasseranfalls anhand der Bewohnerzahlen (vgl. Seite 36f). Die Wasserbedarfe wurden aufgeschlüsselt nach Grünflächen und Grüntypen und deren spezifische Bewässerungsmengen ermittelt. Die ersten Schätzungen bildeten die Basis für eine detaillierte Berechnung und Überprüfung der täglichen Wasserverfügbarkeits- und Wasserbedarfswerte durch das im Rahmen von INTERESS-I entwickelte ESB-Modell (siehe Abb. 26 auf Seite 57). Unterschiedliche Szenarien, die die Verwendung von Regenwasser, Grauwasser oder einer Kombination der beiden

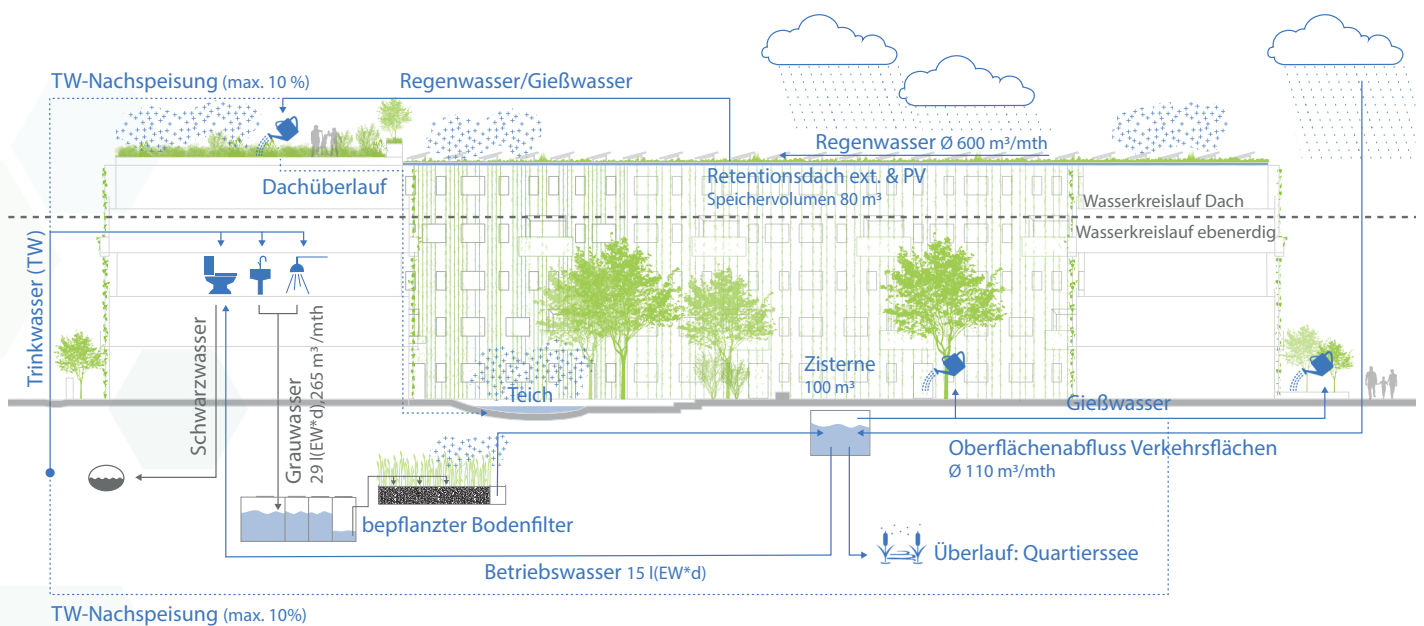


Abb. 32 Blau-grünes Konzept und schematischer Entwurfsvorschlag für einen Baublock.

Potenzielle Flächengrößen

Dachbegrünung int. (Urban Farming):
 300-500 (10% TW) m²
 Grünfläche ebenerdig:
 1.400-1.600 (10% TW) m²
 bepflanzter Bodenfilter 300 EW:
 600 m²

berücksichtigen, wurden gegenübergestellt. Innerhalb der Szenarien erfolgte außerdem eine Unterscheidung nach geringer (Grünerhaltung) und optimaler Bewässerung (hohe Verdunstung und gutes Wachstum). Es folgte eine Überprüfung der ermittelten Werte durch die blauen und grünen Planer:innen und ggf. eine Anpassung der Komponenten (Wasserverfügbarkeit, Speichergröße, Grünflächen/-typen). Nach mehreren Wiederholungen dieser Schritte konnten wichtige Erkenntnisse für die bauliche Umsetzung und konkrete Angaben zu Bewässerungsgrößen und potenziellen Grünflächen gewonnen werden. Neben verschiedenen gesetzten Eingangsdaten wurden zahlreiche Faktoren variiert, um eine bestmögliche Grundlage zu erarbeiten. Zu diesen zählten die Größe des Wasserspeichervolumens (0-200 m³), die Anzahl der angeschlossenen Einwohner:innen (0-300), die Art der Bewässerung (optimal/erhaltend), das Grauwasseraufkommen (29-55 L/(E*d)) sowie die Berücksichtigung eines häuslichen Betriebswasserbedarfs (0-15 L/(E*d)).

Aus den Ergebnissen der Modellierung ließen sich für den Baublock folgende Empfehlungen und Eckdaten ableiten:

- Aufbereitung des gesamten Grauwassers
- Flächenbedarf Pflanzenkläranlage/Grauwasseraufbereitungsanlage
- maximal bewässerbare Grünfläche mit/ohne Betriebswassernutzung
- Größen der Speichervolumina für Innenhof und Dach

Anhand der untersuchten Szenarien wurde eine Vielzahl von Möglichkeiten für die Umsetzung von blau-grünen Infrastrukturen ausgelotet, die sowohl technische Lösungen wie beispielsweise Optionen der Regenwasserrückhaltung und Grauwasseraufbereitung als auch gestalterische Ansätze aufzeigen.

Die anhand des Gebäudeblocks entwickelte Methodik kann in der weiteren Planung auf das gesamte Planungsgebiet angewendet werden. Relevante Kenngrößen wie z.B. Flächenbedarfe für naturbasierte Lösungen und Schnittstellen von Wasser

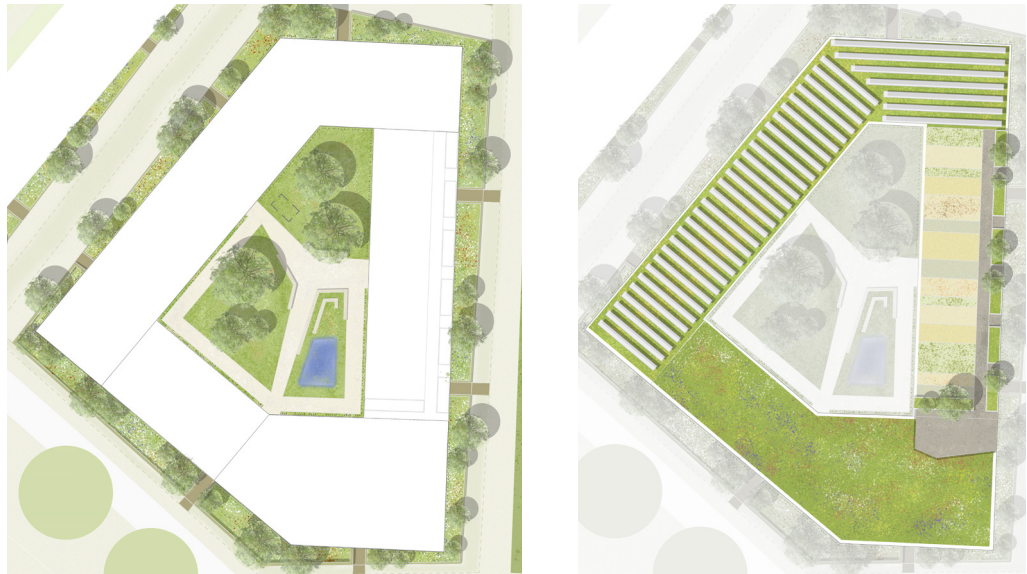


Abb. 33 Mögliche Gestaltung der Grünflächen im Freiraum (links) und auf dem Dach (rechts).

und Vegetation können auf dieser Grundlage festgesetzt werden. Konkret wurden die bisherigen Ergebnisse der Fallbeispiel-Studie als Grundlage für die Erstellung von Gutachten und zur Vorplanung der Quartiersentwässerung aufgegriffen. Darüber hinaus wurde im Rahmen der Arbeit am Bebauungsplan angeregt, weitere blau-grüne Maßnahmen auf unterschiedlichen Maßstabsebenen zu prüfen bzw. in den Bebauungsplan zu integrieren. Zur Übertragung der Projektergebnisse auf das gesamte Plangebiet wurde eine konkretisierende Untersuchung „Stuttgart Rosenstein C1, Bedarfsanalyse Entwässerungskonzept, Abwasser – Grauwasser-Regenwasser“ erstellt. Als Ergebnis wurden für die Weiterentwicklung des Quartiers „Projektziele Wassermanagement“ definiert und beschlossen.⁸⁵ Die konkreten Umsetzungsvorschläge für blau-grüne Infrastruktur und die Definition der baurechtlichen Belange ermöglichen eine Festsetzung im Bebauungsplan, welche über den regulären Detaillierungsgrad hinausgeht. Hervorzuheben ist auch, dass sich die frühzeitige interdisziplinäre Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten und die Diskussion über zentrale Zielsetzungen nicht auf den Kreis der Fachplaner:innen beschränkt. Dies führt zu einem intensiven Austausch, fördert das Verständnis aller Beteiligten hinsichtlich blau-grüner Infrastrukturen und trägt dazu bei, den Ansatz in zukünftige Projekte zu integrieren.

Fazit

Ein iterativer Prozess zwischen (Landschafts-)Architekt:innen und Wasserfachplaner:innen ermöglicht klare Aussagen zum Umfang begrünbarer Flächen, der Verfügbarkeit alternativer Wasserressourcen, notwendiger Aufbereitungsmaßnahmen und Speichergrößen. Durch die frühzeitige Integration blau-grüner Belange in die Stadt- und Umweltplanung entsteht ein effektives Netzwerk aus technischen und naturbasierten Maßnahmen, das in die Bauleitplanung einfließen und festgeschrieben werden kann. Insbesondere bei Neubauprojekten besteht so das Potenzial, neue Standards hinsichtlich Klimaresilienz zu setzen.



Beispielgebende blau-grüne Architekturen planen und umsetzen

Wie können blau-grüne Ansätze am konkreten Beispiel veranschaulicht werden? - Fallbeispiel Impulsprojekt Stuttgart

Blau-grüne Infrastrukturen sind ein wichtiger Bestandteil der zukünftigen Siedlungsentwicklung. Häufig fehlt jedoch seitens der Bevölkerung, außerhalb von Fachkreisen, Wissen zu diesem Thema. Ein tieferes Verständnis wird besonders durch beispielgebende Projekte erzielt, die es ermöglichen, vor Ort die Umsetzung blau-grüner Infrastrukturen in der Praxis zu erleben und deren positive Wirkung selbst zu erfahren. Zu diesem Zweck können Umsetzungsprojekte als Demonstrator oder offenes Forschungslabor realisiert werden.

Im Rahmen von INTERESS-I entstand daher das Impulsprojekt Stuttgart, das einerseits der Entwicklung einer blau-grünen Entwurfsmethodik dient, das die Bewusstseinsbildung vor Ort fördert und zudem Forschung auf hohem wissenschaftlichen Niveau ermöglicht. Es veranschaulicht das Zusammenwirken von alternativen Wasserressourcen sowie deren Aufbereitung, Speicherung und Bereitstellung als Bewässerungswasser für Stadtgrün in einer gestalterisch ansprechenden Weise (Abb. 34). Dabei kommt der Kopplung unterschiedlich anfallender alternativer Wasserressourcen (Grau- und Regenwasser) eine besondere Bedeutung zu. Die Realisierung des temporären Impulsprojektes erfolgte auf dem Gelände der Containercity in der zukünftigen Maker City des Stadtquartiers Stuttgart Rosenstein. Es wurde zwischen dem Urban Gardening Projekt Stadtacker und Wohnunterkünften, die im Rahmen des Baus von Stuttgart 21 von Arbeitskräften bewohnt werden, errichtet.

Eckdaten

Ort Stuttgart, Rosenstein, Wagenhallen

Zeitraum 2019-2022

Fläche 150 m²

Ansatz Demonstrator für integrierte blau-grüne Infrastruktur, Kopplung von alternativen Wasserressourcen zur Bewässerung von Gebäudegrün

Akteure Fachplanung Architektur (TUM, externer Architekt), Fachplanung Vegetation (TUM, Helix Pflanzen GmbH), Fachplanung Wasser (ISWA, TUK, externe Fachplanung), Landeshauptstadt Stuttgart

Das Impulsprojekt besteht aus drei Komponenten: einer Retentionszisterne, Vertikalbegrünung in einem Gerüst und einer multifunktionalen Pflanzenkläranlage in Containerrahmen mit Holzdeck, die auch als Freiraum dient. Alle Bestandteile sind unmittelbar erlebbar bzw. sichtbar und werden an der als Litfaßsäule genutzten Zisterne vor Ort erläutert.

Bewachsener Bodenfilter als Freiraum

Das Kernelement bilden in zwei Containerrahmen angebrachte Anlagen, in denen leicht verschmutztes Grauwasser aus Duschen und Handwaschbecken, das in den Wohnunterkünften anfällt, gespeichert und in einem bewachsenen vertikal durchströmten Bodenfilter aufbereitet wird. In sechs Intervallen werden circa 400 Liter am Tag eingespeist. Der erste Containerrahmen beherbergt den Bodenfilter und einen Technikraum mit der zentralen Steuerung für Pumpen, Ventile und Sensoren. Der zweite enthält Speicher für Rohgrauwasser und gereinigtes Grauwasser, die mit Holz verkleidet sind, so dass Sitzstufen und eine Plattform entstehen, die den Besuchern als Begegnungszone zur Verfügung stehen (Abb. 35, Abb. 36). Die begleitenden Analysen zeigen, dass die Reinigungsleistung sehr hoch ist und alle Grenzwerte für Brauchwasser eingehalten werden. UV-Tauchstrahler in den Tanks sorgen zudem für eine Desinfektion des gereinigten Grauwassers (Klarwasser).

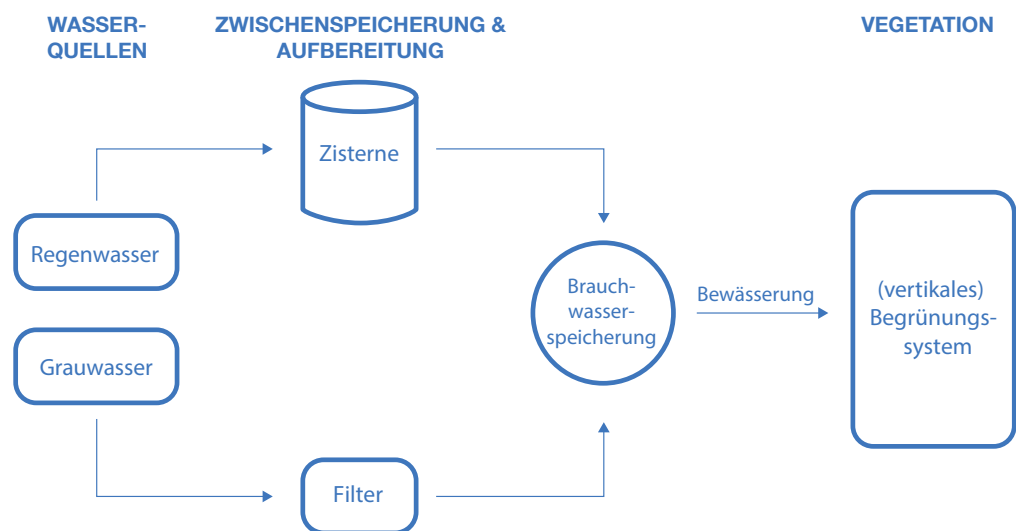


Abb. 34 Erstes blau-grünes Konzept für den Umgang mit den verfügbaren Wasserressourcen.

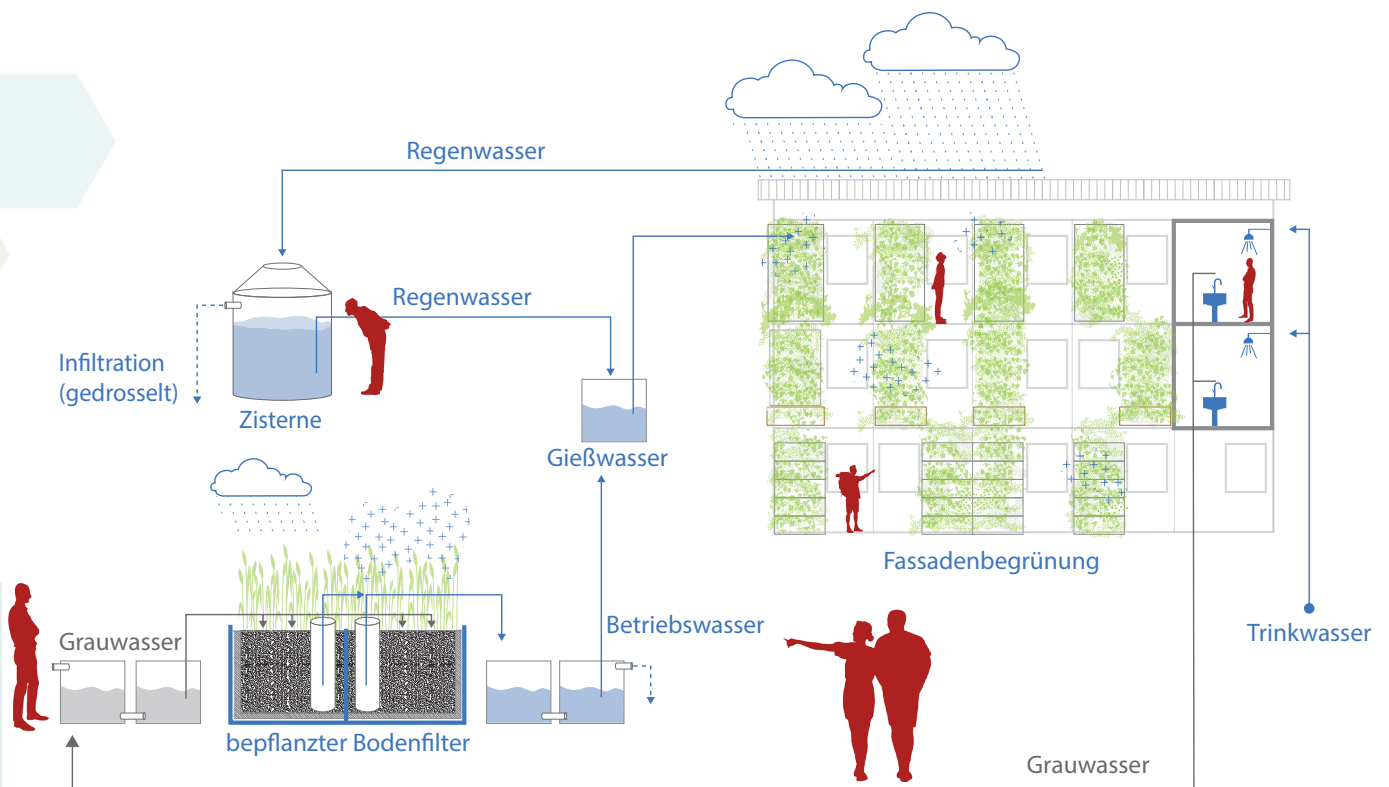


Abb. 35 Detaildarstellung blau-grünes Konzept

Das Regenwasser (Dachabfluss) wird zunächst in einer oberirdisch aufgestellten Betonzisterne gespeichert, die auch dem Rückhalt bei Starkregenereignissen dient. Sie hat ein Speichervolumen von 7 m³ und ein Retentionsvolumen von 4 m³, das bei Starkregenereignissen innerhalb kurzer Zeit gefüllt wird und danach das zwischengespeicherte Wasser über einen deutlich längeren Zeitraum gedrosselt zur Versickerung abgibt. Ein Teil des Regenwassers kann vom Urban Gardening Projekt genutzt werden, der größere Anteil steht für die Bewässerung der Vertikalbegrünung zur Verfügung.

Die Vertikalbegrünung ist eine gestalterisch ansprechende und funktionale Lösung mit mikroklimatischen Wirkungen, von denen die Bewohner der Wohncontainer unmittelbar durch Verdunstung und Verschattung profitieren. Drei unterschiedliche Begrünungssysteme, die sich in ihren Anforderungen und Eigenschaften unterscheiden, werden mit dem Regen- und Klarwasser bewässert. Im Erdgeschoss wurden freistehende Elemente (Helix® Elementa) vor den Containern installiert. Diese Module bestehen aus 40cm dicken, substratgefüllten Drahtkörben und sind mit Efeu, Lavendel, Storchschnabel und Bartblume bepflanzt. Für die beiden oberen Stockwerke wurde direkt vor der Fassade ein Gerüst errichtet, das als Tragwerk für die Begrünung dient. In der mittleren Ebene wurden vorkultivierte Spaliere installiert, die mit Efeu und Clematis berankt sind (Helix® Elata). Die obere Ebene wurde mit einem Living-Wall-System für vertikale Gärten (Helix® Biomura) realisiert. Die relativ dünne Substratschicht ist mit acht verschiedenen Gräsern und Stauden bepflanzt, darunter Frühlingsfingerkraut, Strand-Grasnelke, Immergrüne Schleifenblume sowie Amethyst-Schwingel, und muss an heißen Sommertagen zweimal bewässert werden.

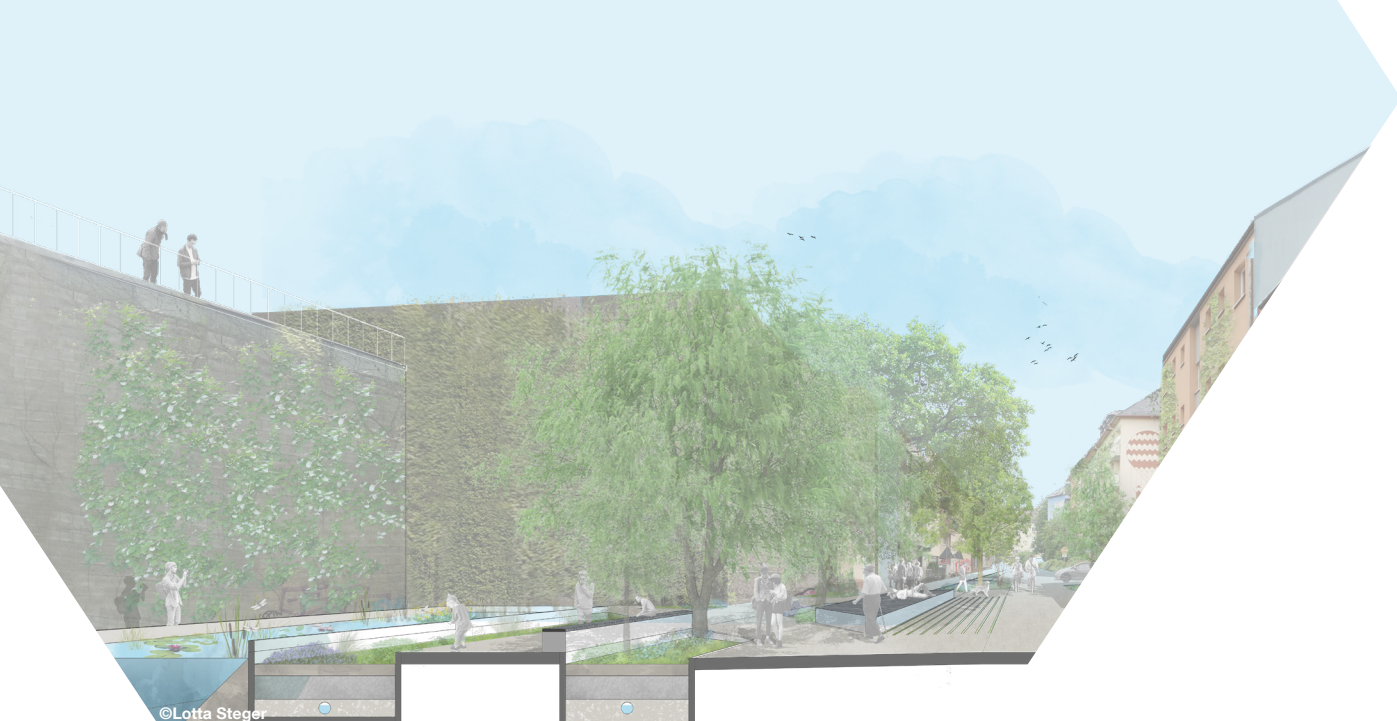
Bei einer Vielzahl von Vor-Ort-Führungen wurde das Impulsprojekt Interessenten aus Verwaltung, den Fachdisziplinen, Forschungsprojekten, der Bürgerschaft und lokalen Akteuren erläutert. Zudem gab es Online-Führungen und ein spezifisches Angebot für Kinder und Jugendliche. Das Projekt stieß auf großes Interesse und viele Nachfragen auch zum Transfer der Entwurfsidee in andere Zusammenhänge. Auch die Alltagstauglichkeit hat sich bewährt, wie eine Umfrage bei den Bewohnern der Wohnunterkünfte zeigt. Das Projekt wird überwiegend positiv gesehen, wegen seiner Naturnähe, der kühlenden Wirkung für die Innenräume und dem inspirierenden Umgang mit alternativen Wasserressourcen.

Fazit

Das Impulsprojekt kann die Erwartungen sowohl hinsichtlich Vorbildfunktion für integrierte blau-grüne Infrastrukturen als auch in Bezug auf die Forschung erfüllen⁸⁶. Seit der Inbetriebnahme im Juli 2020 hat das Impulsprojekt intensive Diskussionen in der Stadt- und Umweltplanung zur Niederschlagswasserbewirtschaftung und Bewässerung von Stadtgrün im neuen Stadtteil Stuttgart Rosenstein angestoßen.



Abb. 36 Impressionen des realisierten Impulsprojektes mit bepflanztem Bodenfilter und Wasserspeicher (Fotos: Julian Rettig)



Klimawirksame „Nachvergrünung“ im Bestand I

Wie können Straßenzüge in nachhaltige blau-grüne Systeme transformiert werden? - Fallbeispiel Grüne Achse Frankfurt

Im Fokus des hier vorgestellten Fallbeispiels steht die Erarbeitung einer urbanen Freiraumtransformation im Rahmen eines Stadtentwicklungsprojekts in Frankfurt am Main.⁸⁷ Die Analyse, Synthese und der darauf aufbauende Entwurf für den Straßenzug Heidestraße stehen exemplarisch für mögliche Strategieentwicklungen in anderen Städten. Im Zuge des Klimawandels wird Frankfurt aufgrund der Siedlungsstruktur und seiner geografischen Lage hinsichtlich des Temperaturanstiegs besonders hart betroffen sein. Um wichtige Flächen für die Grünversorgung zu sichern bzw. zu entwickeln wurden in einer Studie des Grünflächenamtes „Grüne Achsen“ für den innerstädtischen Kernbereich erarbeitet. Diese führen von der stark überhitzten und versiegelten Innenstadt zu Grünflächen in der Umgebung Frankfurts. Die vom Stadtzentrum nordöstlich verlaufende „Grüne Achse XI“ enthält neben Bestandsgrünflächen auch Potenzialflächen und bietet sehr unterschiedliche Voraussetzungen für integrierte Konzepte, die den Bestandsumbau mit der Stärkung blau-grüner Infrastrukturen koppeln.

Anhand der Analyse der lokalen Probleme Frankfurts und der Grünen Achse XI wurden lokale klimatische Kernprobleme erfasst und drei Zielsetzungen definiert: Verbesserung des Mikroklimas, Überflutungsvorsorge und urbaner Trinkwasserschutz.

Eckdaten

Ort Heidestraße, Frankfurt

Ansatz „Nachvergrünung“ eines bestehenden Straßenzugs durch BGI

Wasserressourcen Regenwasser, Grauwasser

Fläche ca. 5.000 m²

Akteure Blau-grüne Fachplanung (TUM), Stadt Frankfurt, Grünflächenamt, Stadtentwässerung Frankfurt am Main

Verbesserung des Mikroklimas

In der Innenstadt Frankfurts verursachen die Versiegelung und die Baustruktur einen Urban Heat Island Effekt und es kann bis zu zehn Grad wärmer werden als im Umland. Die Studie schlägt vor, durch Begrünung von Dach- und Fassadenflächen in dem stark verdichteten Raum die Vegetationsfläche zu maximieren und durch eine Kombination von Regenwasser- und Grauwassernutzung auch in Hitzephasen eine hohe Kühlleistung durch Evapotranspiration sicherzustellen. Mit der Schaffung von schattigen Bereichen und Wasserspielen sollen Passanten die Möglichkeit erhalten, sich direkt zu erfrischen.

Überflutungsvorsorge

Die großen Regenmengen von Starkregenereignissen sollen in Retentionsdächern zunächst gepuffert und vorgefiltert werden, um sie dann Wasserretentionsplätzen zuzuführen, die vielfältig genutzt werden können. Angepasste Straßenquerschnitte und gestaffelte Flutungsstufen leiten die Wassermassen und schaffen gleichzeitig sichere Aufenthaltszonen. Das Regenwasser kann durch eine Speicherung danach zur Bewässerung verwendet werden.

Urbaner Trinkwasserschutz

Der hohe häusliche und kleingewerbliche Trinkwasserverbrauch fußt auf drei Problemen: der fehlenden Integration unterschiedlicher Wasserquellen, dem hohen Verbrauch an sich und der mangelnden Aufbereitung von Abwasser zur lokalen Wiederverwendung. Blau-grüne Infrastrukturen können u.a. durch lokale biologische Aufbereitung von Grauwasser einen beachtlichen Teil des täglichen Wasserbedarfs decken. Hierzu werden bepflanzte Bodenfilter und Sumpfpflanzendächer vorgeschlagen, die zugleich ein Habitat für die städtische Flora und Fauna bieten. Eine Integration von Regenwasser in die Versorgung durch eine lokale Speicherung kann zusätzlich für die Bewässerung von Grünflächen genutzt werden. Dadurch sinkt der Primärwasserverbrauch und natürliche Trinkwasservorkommen werden geschont.

Integrierter Entwurf Heidestraße

Vor dem Hintergrund der Kombination der drei Zielsetzungen wurden bekannte Bausteine blau-grüner Infrastrukturen auf ihre Anpassungsfähigkeit und räumliche Wirksamkeit hin geprüft und Visionen für die lokalen Akteure erarbeitet. Das Ergebnis zeigt mögliche (Ziel-)Konflikte, notwendige Kompromisse und Verhältnismäßigkeiten auf, aber auch ungeahnte Synergien. Der integrierte Freiraum-Entwurf für die

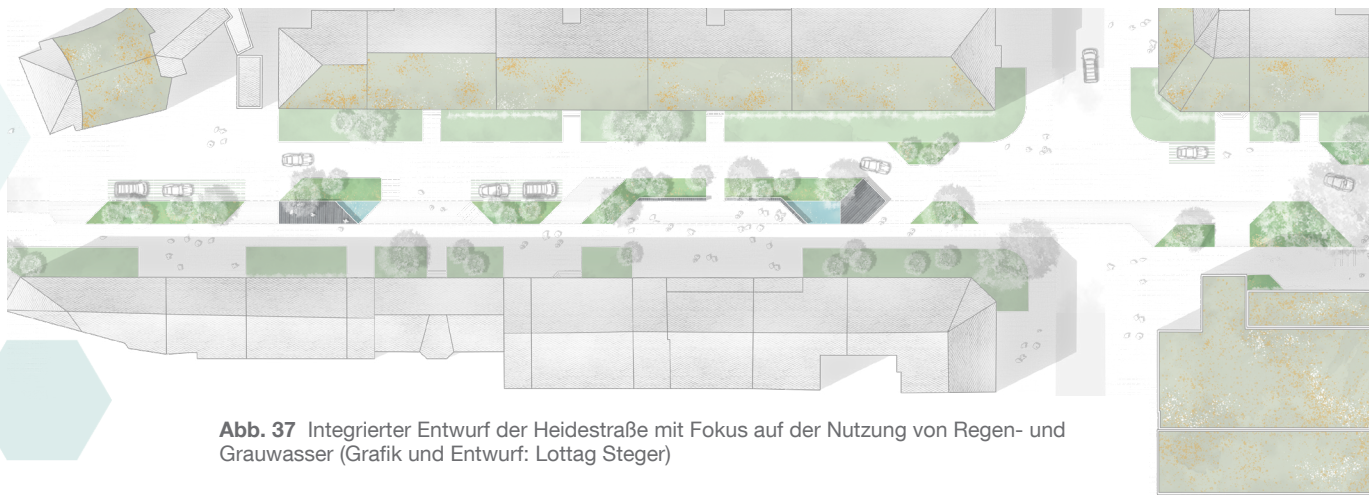


Abb. 37 Integrierter Entwurf der Heidestraße mit Fokus auf der Nutzung von Regen- und Grauwasser (Grafik und Entwurf: Lottag Steger)

Heidestraße steht dabei exemplarisch für eine Transformation der Grünen Achse XI. Kernaspekte des Entwurfs sind klimaadaptierte Verkehrskonzepte, lokale Grauwassernutzung, eine gezielte Verbesserung des Mikroklimas und die Integration des Regenwassermanagements.

Durch die vergleichsweise geringe Frequentierung und die bestehende Einbahnstraßenregelung bietet die Heidestraße die Möglichkeit, mit den Verkehrsflächen innovativ umzugehen und festgefahrene und als selbstverständlich wahrgenommene Strukturen wie die beidseitigen Parkstreifen kritisch zu betrachten und großflächig umzustrukturieren. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass innovative Verkehrskonzepte unter Einbeziehung von Carsharing den Bedarf an PKW und damit die für den ruhenden Verkehr benötigten Flächen deutlich reduzieren können. Für die 669 Einwohner der Heidestraße werden hier daher nur 14 Parkplätze vorgeschlagen; im Gegenzug wurden Fahrradstellplätze entlang der Gehwege geplant. Die blau-grünen Infrastrukturen begleiten die Passanten, schaffen Aufenthaltsqualitäten und trennen die Bereiche für Fahrstreifen und Gehweg. Die zuvor zugestellte Straße weicht damit einer grünen Stadtlandschaft. Eine clusterartige Bepflanzung mit Bäumen schafft Schatten und gewährleistet eine gute Luftzirkulation. Urbane Bioswales, die die Heidestraße durchziehen und die durch eine um 0,2 m tiefergelegte Zone verbunden sind, schieben sich in den Straßenraum hinein und forcieren so eine langsame Fahrweise der Autofahrer, zugunsten der Fahrradfahrer und Fußgänger. Sumpfpflanzendächer kombinieren Evapotranspiration und Grauwasserrecycling (Abb. 37).



Fazit

Die hier vorliegende Konzeptstudie ist als hypothetischer Entwurf zu verstehen, der in der dargestellten Form nicht 1:1 umgesetzt werden kann. Vielmehr wird eine Perspektive geschaffen, wie auch in Bestandsquartieren eine klimaresiliente Transformation möglich wird, indem der öffentliche Raum großflächig nach blau-grünen Prinzipien umgestaltet wird. Die Umsetzung der beschriebenen Planung für die Heidestraße wäre von einer Vielzahl öffentlicher und privater Akteure abhängig. Das aus kommunaler Sicht am einfachsten umzusetzende Ziel ist das der Überflutungsvorsorge, da sich die relevanten Retentionsflächen hauptsächlich im unbebauten öffentlichen Freiraum befinden. Für eine Verbesserung des Mikroklimas müssten Stadt und private Akteure (Grundstücks- bzw. Immobilieneigentümer) an einem Strang ziehen, um flächendeckend zu agieren. Anreize für Privateigentümer sind beispielsweise Förderprogramme wie „Frankfurt frischt auf“, mit dem die Stadt Frankfurt am Main bereits die Neuanlage von Dach-, Fassaden- und Hinterhofbegrünungen mit 50% unterstützt.



Klimawirksame „Nachvergrünung“ im Bestand II

Wie kann Dachabfluss von Privathäusern für neue Formen öffentlichen Grüns genutzt werden? - Fallbeispiel „Grüne Säulen“ Frankfurt

Angesichts der zunehmenden Trinkwasserverknappung und des steigenden Bewässerungsbedarfs städtischen Grüns ist eine Nutzung alternativer Wasserressourcen ein Gebot der Stunde. Gleichzeitig ist eine Begrünung auch auf begrenztem Platzangebot, beispielsweise entlang von Straßen, dringend notwendig, um die Klimaresilienz von Städten zu verbessern.

Insbesondere die derzeit kaum genutzten Dachabläufe können einen wichtigen Beitrag zur Bewässerung leisten, da sie einen geringeren Verschmutzungsgrad als Verkehrsflächen aufweisen und in der Regel vergleichsweise leicht zugänglich sind. Die erste Herausforderung stellen hierbei die Besitzverhältnisse dar, da die Zustimmung der Besitzer notwendig ist, um das Dachablaufwasser nutzen zu können. Die zweite Herausforderung ist eine platzoptimierte Speicherlösung, um das verfügbare Wasser aufzufangen und während niederschlagsarmer Perioden für die Bewässerung einzusetzen. Oberirdische Speichersysteme sind hier eine gute Alternative, um ohne größere bauliche Eingriffe kurzfristig und ohne lange Planungs- und Bauphase Wasser aufzunehmen zu können.

Ziel des Fallbeispiels „Grüne Säulen“ in Frankfurt ist es, eine zusätzliche Begrünung des öffentlichen Freiraums ausschließlich mit dem Dachabfluss der angrenzenden Gebäude zu realisieren, ohne dass tiefbauliche Maßnahmen und Infrastrukturen wie eine Stromversorgung für Pumpen etc. notwendig werden. Dazu wurde eine begrünte Säule mit integriertem Wasserspeicher entwickelt, die an gut zugängliche Regenfallrohre jedes beliebigen Gebäudes angeschlossen werden kann. Der Aufbau der Säule besteht aus Schachtringen sowie einer pergolaartigen Dachstruktur. Das Speichervolumen beträgt 2m^3 , die begrünte Mantelfläche ist 10m^2 groß. Angenommen wurde eine angeschlossene Dachfläche von ca. 70m^2 . Auf Grundlage dieser Werte erfolgte eine erste Einordnung möglicher Begrünungstypen. Aufgrund des vergleichsweise geringen Wasserverbrauchs und der Robustheit wurden

Eckdaten

Ort Frankfurt, Freiligrathstraße

Ansatz Schaffung eines autarken und mobilen begrünten Moduls

Akteure Fachplanung Vegetation (TUM), Fachplanung Wasser (ISWA),
Landschaftsarchitekt Hr. Koch, Stadt Frankfurt, Grünflächenamt,
Stadtentwässerung Frankfurt am Main

Kletterpflanzen zur Begrünung der gesamten Säule und der Pergolakonstruktion ausgewählt. Im Anschluss wurde basierend auf dem Wasserverbrauch der Grünelemente des Impulsprojekts Stuttgart (Seite 72) eine Simulation von drei Szenarien mit Hilfe des ESB-Modells (Seite 57) durchgeführt. Die Simulationen ergaben, dass bei einem Wasserverbrauch von $450 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ in einem Trockenjahr genügend Wasser vorgehalten werden kann, um neben der Mantelfläche der Säule eine kreisförmige Pergola mit einem Radius von $2,20\text{m}$ zu begrünen. Aufgrund der unregelmäßigen Niederschläge kann bei dem angesetzten Speichervolumen von 2m^3 keine zusätzliche Grünfläche wie z.B. ein benachbarter Bestandsbaum bewässert werden. Zusagen von Anwohnern, das Dachablaufwasser zur Verfügung zu stellen, liegen bereits vor.

Fazit

Das Fallbeispiel zeigt auf, wie in stark versiegelten Innenstädten mit begrenztem Platzangebot neue Grünelemente ohne aufwändige bauliche Eingriffe geschaffen werden können, die ausschließlich mit dem Dachablaufwasser der angrenzenden Gebäude eines Straßenzugs bewässert werden. Herausfordernd ist jedoch die Zugänglichkeit des Dachwassers, da die Gebäude in der Regel in Privatbesitz sind.

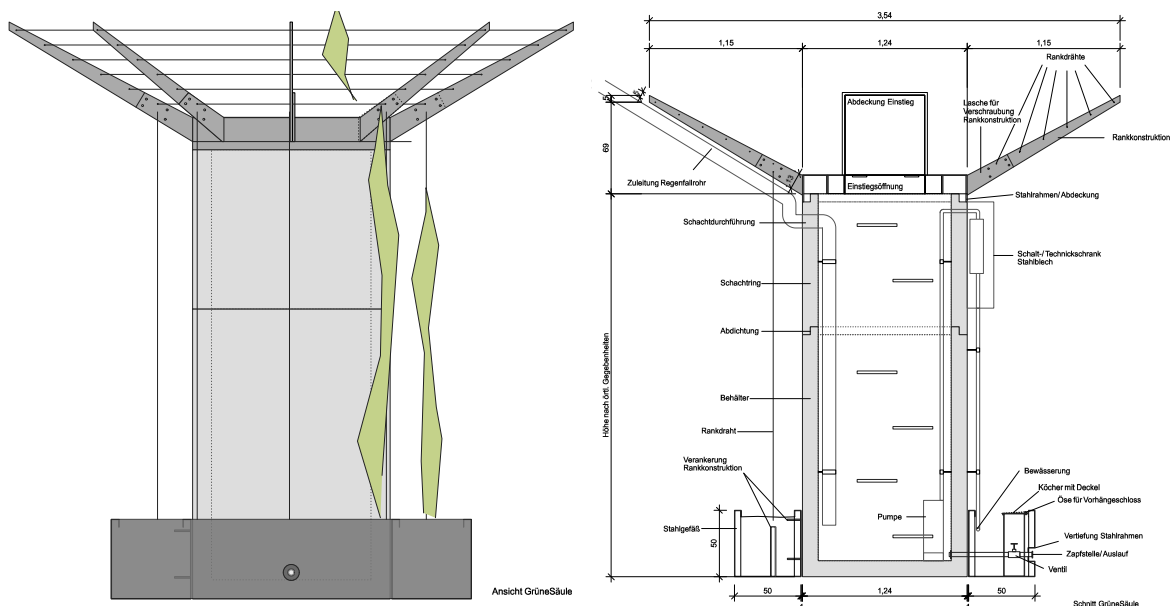


Abb. 38 Grüne Säule, Vertikalbegrünung und Pergola, bewässert mit Regenwasser der umliegenden Dächer
©Sebastian Koch



Fazit

Aus den im vorliegenden Leitfaden zusammengetragenen Grundlagen, Vorgehensweisen und Fallbeispielen lassen sich für die Übertragung in konkretes Verwaltungshandeln die folgenden sieben Kernaussagen ableiten:

1. Blau-grüne Themen, wie das Regenwassermanagement, die Nutzung alternativer Wasserrssourcen oder die Stärkung urbanen Grüns sind komplexe Planungsaufgaben, die nur dann sinnvoll gelöst werden können, wenn ihnen von Beginn an eine hohe Priorität eingeräumt wird. Sie sind nicht nachgeordnet, sondern bilden vielmehr elementare Eckpfeiler der gesamten Stadtentwicklung. Auf der Ebene der kommunalen Verwaltung gilt es daher, blau-grüne Themen in Planungsprozessen so früh wie irgendmöglich zu verankern. Dazu ist eine integrierte Vorgehensweise nötig, die blaue und grüne Ziele definiert und mit vorhandenen Ansätzen der nachhaltigen Stadtentwicklung zu einer Gesamtstrategie verbindet.
2. Die integrierte Planung blau-grüner Infrastrukturen verlangt nach interdisziplinären Teams und Netzwerken. Impulse können und müssen von mehreren Seiten kommen. Denn nur, wenn Probleme und Ziele sowohl auf der blauen wie auf der grünen Seite klar erkannt und kommuniziert werden, kann gemeinsam nach integrierten Lösungen gesucht werden. Die notwendigen Veränderungen bei Planung, Bau und Betrieb lassen sich am effektivsten umsetzen, wenn sie ämterübergreifend, fortlaufend und zielführend diskutiert, erprobt und etabliert werden.
3. Formelle und informelle Verfahren zur Stärkung blau-grüner Infrastrukturen können wirksam verknüpft werden. Freiraumsatzungen, die explizit die Klimawirkung des städtischen Grüns zum Erhaltungsziel erklären, machen die Thematik zu einer stadtweiten Aufgabe mit unmittelbaren Auswirkungen für alle Bewohner:innen. Rahmenpläne mit dem Fokus auf klimaangepasste Stadtentwicklung ermöglichen fundiertes stadtteilbezogenes Planen und Handeln und durch Förderprogramme können konkrete und ortsspezifische Einzelmaßnahmen unterstützt werden. Dabei gilt es, die Kommunikation zwischen Behörden und der Stadtgesellschaft kontinuierlich zu überprüfen, um festzustellen, ob mit den gewählten Kommunikationsformen und -kanälen die adressierten Gruppen auch effektiv erreicht werden.

4. Die städtische Abwasserentsorgung befindet sich durch den Klimawandel, den Siedlungsdruck und gestiegene gesetzliche Auflagen in einem dynamischen Wandel. Nur durch einen neuen Umgang mit Niederschlagswasser kann zukünftig die Stadtentwässerung sichergestellt und eine nachhaltige Stadtentwicklung überhaupt erst ermöglicht werden. Damit können die Belange der Abwasserentsorgung zu einer treibenden Kraft bei der Stärkung und Weiterentwicklung integrierter blau-grüner Infrastrukturen werden.
5. Bei der Anlage und Pflege urbanen Grüns rechtfertigen Einzelmaßnahmen aufgrund ihrer Größe in der Regel keine umfangreiche Recherche nach alternativen Wasserquellen und neuen Lösungen. Wenn in der Umsetzung jedoch auf vorhandene Daten und Infrastrukturen wie Netze und Speicher zur Nutzung alternativer Wasserressourcen zurückgegriffen werden kann, erleichtert das die flächendeckende Umsetzung und nachhaltige Wasserversorgung neuer Grünanlagen und Bauwerksbegrünungen.
6. Im Gebäude- und Grünbestand können durch eine Vielzahl größerer und kleinerer Interventionen blau-grüne Lösungen mit stadtweiter Wirkung etabliert werden. Hierbei ist von besonderer Bedeutung, dass es in der Stadtgesellschaft ein großes Interesse gibt, selbst stärker tätig zu werden. Viele Bürgerinnen und Bürger haben eine hohe Bereitschaft, sich in die Gestaltung und das Management blau-grüner Infrastrukturen einzubringen. Auf dieser Basis ist es beispielsweise möglich, grundstücksübergreifende Kooperationen als eine dezentrale Lösung zur Bewässerung des Stadtgrüns zu etablieren.
7. Eine wichtige Voraussetzung für integrierte blau-grüne Planungsansätze ist, dass die notwendigen Informationen vorliegen bzw. bestehende Informationen zusammengetragen werden. Gleichzeitig gilt es, bestehende Methoden und Verfahren zur Aufbereitung der Informationen weiterzuentwickeln. Um gesamtstädtische Bewertungen zu ermöglichen und die Informationen auch bei Infrastrukturentscheidungen für die kommenden Jahrzehnte einzubeziehen, sollte eine systematische flächendeckende Bestandserhebung des urbanen Blaus und Grüns vorgenommen werden. Derartige Informationen helfen nicht zuletzt, eine Priorisierung vorzunehmen und gebietsspezifische Lösungen vorzuschlagen.

Quellen, Anmerkungen und weiterführende Literatur

1 Brasseur, G. P., et al., Hrsg. (2017). Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven, Springer Nature.

2 Grünflächenamt der Stadt Frankfurt a. M. (2020). Waldzustandsbericht 2020.

3 Umweltbundesamt (2021). Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021. Teilbericht 3: Klimarisiken im Cluster Wasser.

4 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2021). Nationale Wasserstrategie.

Schulze, S. (08.06.2021). Rede zur Vorstellung des Entwurfs der Nationalen Wasserstrategie. Berlin.

5 Europäische Kommission (2014). Eine Grüne Infrastruktur für Europa.

6 Kowarik, I., et al., Hrsg. (2016). Ökosystemleistungen in der Stadt. Leipzig, Naturkapital Deutschland-TEEB DE.

Bundesamt für Naturschutz (2017). Urbane grüne Infrastruktur: Grundlage für attraktive und zukunftsfähige Städte.

7 Pötz, H. "Urban green-blue grids for resilient cities", online unter <https://www.urbangreenbluegrids.com/>.

8 Siehe z.B.: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2019). Urbane Freiräume - Qualifizierung, Rückgewinnung und Sicherung urbaner Frei- und Grünräume.

Bundesamt für Naturschutz (2017). Urbane grüne Infrastruktur: Grundlage für attraktive und zukunftsfähige Städte.

Stiftung DIE GRÜNE STADT (2010). Stadtklimatologie und Grün.

9 Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MBWSV NRW) (2012). Urbanes Grün in der integrierten Stadtentwicklung.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2017). Weißbuch Stadtgrün.

10 Siehe z.B.: Brears, R. C. (2018). Blue and Green Cities. London, Palgrave Macmillan.

11 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2019). Masterplan Stadtnatur.

12 Teilweise auch als „hybride blau-grün-blaue Infrastruktur“ bezeichnet, siehe z.B.: Depietri, Y. und T. McPhearson (2017). Integrating the Grey, Green, and Blue in Cities: Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Risk Reduction. In: Kabisch, N. et al. Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas, Springer International Publishing: 91–109.

Fletcher, T. D., et al. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. Urban Water Journal 12(7): 525–542. DOI: 10.1080/1573062x.2014.916314.

13 Definitionen Sommertag/Hitzetag etc. nach: Brasseur, G. P., Jacob, D. und Schuck-Zöller, S., Hrsg. (2017). Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven, Springer Nature.

14 Karlsruher Institut für Technologie. Ökosystemdienstleistungen für Bäume und Wälder im urbanen Raum, online unter <https://www.projekt-gruenelunge.de/ap1/>.

Rötzer, T., et al. (2019). Process based simulation of tree growth and ecosystem services of urban trees under present and future climate conditions. *The Science of the total environment* 676: 651–664. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.235.

15 Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Veitshöchheim (2021). Projekt Stadtgrün 2021: Abschlussbericht zur Projektphase 2015 – 2017.

16 Duthweiler, S., et al. (2017). Untersuchungen zur Trockenheitsverträglichkeit von Stadtbäumen. In: Dujesiefken, D. *Jahrbuch der Baumpflege 2017*. Braunschweig, Haymarket Media.

17 DPA / Süddeutsche Zeitung (12.08.2019). Naturschützer: Stadtbäume nicht mit Trinkwasser gießen, online unter <https://www.sueddeutsche.de/wissen/umwelt-frankfurt-am-main-naturschuetzer-stadtbaeume-nicht-mit-trinkwasser-giessen-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-190812-99-429957>.

18 Vgl. Well, F. und F. Ludwig (2020). Blue–green architecture: A case study analysis considering the synergetic effects of water and vegetation. *Frontiers of Architectural Research* 9(1): 191–202. DOI: 10.1016/j.foar.2019.11.001.

19 Kowarik, I., Bartz, R. und Brenck, M., Hrsg. (2016). *Ökosystemleistungen in der Stadt*. Leipzig, Naturkapital Deutschland-TEEB DE.

Bundesamt für Naturschutz (2017). *Naturbewusstsein 2015*.

20 Bundesamt für Naturschutz (2017). *Naturbewusstsein 2015*.

Landeshauptstadt Hannover (21.11.2017, 21.11.2017). Auswertung der Online-Befragung Stadtgrün 2030, online unter https://www.hannover.de/content/download/702867/file/001_Auswertung%20Frageb%C3%B6gen.pdf.

Stadt Karlsruhe (2015). *Bürgerumfrage 2015 Grün in der Stadt*.

Deffner, J., et al. (2020). Ich geh´ jetzt mit anderen Augen durch die Stadt: Ergebnisse von Zukunftswerkstätten zur Wahrnehmung und Bedeutung blau-grüner Infrastrukturen in Frankfurt am Main und Stuttgart.

Stadt Norderstedt. *Vorsprung durch Nachhaltigkeit: Bericht zur Befragung*, online unter https://www.norderstedt.de/media/custom/1917_8049_1.PPTX?1536824262.

Freie und Hansestadt Hamburg (2013). *Mehr Stadt in der Stadt: Gemeinsam für mehr Freiraumqualität in Hamburg*.

GALK e.V. *Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz (2014). Wie zufrieden sind Bürger mit städtischen Grünflächen? Ergebnisse der vierten bundesweiten Internetbefragung*.

21 Bundesamt für Naturschutz (2015). *Urbanes Grün in der doppelten Innenentwicklung*.

Gascon, M., et al. (2017). Outdoor blue spaces, human health and well-being: A systematic review of quantitative studies. *International journal of hygiene and environmental health* 220(8): 1207–1221. DOI: 10.1016/j.ijheh.2017.08.004.

Haeffner, M., et al. (2017). Accessing blue spaces: Social and geographic factors structuring familiarity with, use of, and appreciation of urban waterways. *Landscape and Urban Planning* 167: 136–146. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2017.06.008.

Kowarik, I., et al., Hrsg. (2016). *Ökosystemleistungen in der Stadt*. Leipzig, Naturkapital Deutschland-TEEB DE.

Stadt Norderstedt. *Vorsprung durch Nachhaltigkeit: Bericht zur Befragung*, online unter https://www.norderstedt.de/media/custom/1917_8049_1.PPTX?1536824262.

Williams, J. B., et al. (2019). Residents’ perceptions of sustainable drainage systems as highly functional blue green infrastructure. *Landscape and Urban Planning* 190: 103610. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2019.103610.

- 22** Williams, J. B., et al. (2019). Residents' perceptions of sustainable drainage systems as highly functional blue green infrastructure. *Landscape and Urban Planning* 190: 103610. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2019.103610.
- 23** Winker, M., et al. (2019). Die Akzeptanz ist da – Repräsentative Studie zur Grauwassernutzung in Norderstedt.
- Freytag, T., et al. (2017). Akzeptanzanalyse von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen bei Anwohner:innen: Ergebnisbericht.
- 24** Freytag, T., et al. (2017). Akzeptanzanalyse von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen bei Anwohner:innen: Ergebnisbericht.
- 25** Hefter, T. und B. Birzle-Harder (2015). Akzeptanz von Grauwasserbehandlung und Wärmerückgewinnung im Wohnungsbau. Berlin, Deutsches Institut für Urbanistik.
- 26** Deffner, J., et al. (2020). Ich geh´ jetzt mit anderen Augen durch die Stadt: Ergebnisse von Zukunftswerkstätten zur Wahrnehmung und Bedeutung blau-grüner Infrastrukturen in Frankfurt am Main und Stuttgart.
- 27** Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung (ZSK) (22.09.2021). Ergebnisse aus dem Workshop 1: ZSK-Symposium „Grüne Klimaarchitektur“ Bayerische Städte klimaresilient gestalten, online unter https://www.zsk.tum.de/fileadmin/w00bqp/www/bilder/Veranstaltungen/Dokumentation_ZSK-Symposium_Gruene_Klimaarchitektur_22.09.2021.zip.
- 28** Bauministerkonferenz (2020): Musterbauordnung. <https://www.bauministerkonferenz.de/suchen.aspx?id=1623&o=1623&s=MBO>
- 29** Schmauck, S. (2019). Dach- und Fassadenbegrünung – neue Lebensräume im Siedlungsbereich. Fakten, Argumente und Empfehlungen. In: BfN Skripten 538.
- 30** Landeshauptstadt München (2011). Freiflächengestaltungssatzung (Internetversion). https://stadt.muenchen.de/dam/jcr:b4f79ad9-8e04-4710-ae27-ce56b00c7bbe/Freiflaechengestaltungssatzung_210313.pdf
- 31** Vgl. Beschluss des Gemeinderats mit der GRDRs 299/2012 Klimaanpassungskonzept Stuttgart (KLIMAKS) sowie GRDRs 975/2019 „Weltklima in Not – Stuttgart handelt“ und GRDRs 1060/2019 Stuttgarter Innenentwicklungs Modell (SIM).
- 32** Chilla, T. (2004). „Natur“-Elemente in der Stadtgestaltung: Diskurs, Institutionalisierung und Umsetzungspraxis am Beispiel von Fassadenbegrünung.
- 33** Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. BDEW, Hrsg. (2019). Trinkwasserverwendung im Haushalt 2018 Durchschnittswerte bezogen auf die Wasserabgabe an Haushalte und Kleingewerbe - Anteile.
- 34** Stadt Frankfurt am Main (2012). Bauen Wohnen 2012 PDF.
- 35** DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (2008). Arbeitsblatt W 410: Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen.
- 36** Deutsche Energie-Agentur GmbH, Hrsg. (2017): Büroimmobilien. Energetischer Zustand und Anreize zur Steigerung der Energieeffizienz.
- 37** Deutscher Wetterdienst (DWD) (2020) Klimadaten Deutschland. Monats- und Tageswerte.
- 38** Tiefbauamt der Landeshauptstadt Stuttgart (2019). Stuttgarter Brunnen.
- 39** García, L., et al. (2015). Modeling and real-time control of urban drainage systems: A review. In: *Advances in Water Resources* 85: 120–132. DOI: 10.1016/j.advwatres.2015.08.007.
- 40** Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin (2017). Handbuch Gute Pflege. Pflegestandards für die Berliner Grün- und Freiflächen.
- 41** Eppel, J. et al. (2012). Standortangepasste Bewässerung öffentlicher Grünflächen als Beitrag zur Klimamäßigung im urbanen Lebensraum.

- 42** Stewart ID and Oke TR (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society* 93(12): 1879–1900.
- 43** Bartesaghi-Koc C, Osmond P and Peters A (2019). Mapping and classifying green infrastructure typologies for climate-related studies based on remote sensing data. *Urban Forestry & Urban Greening* 37: 154–167.
- 44** <https://ecostress.jpl.nasa.gov/>
- 45** <https://www.itreetools.org/>
- 46** ALB Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (Hrsg.) (2020). Bewässern nach Regeln - Wasserbedarf urbaner Grünflächen. ALB Beratungsblatt bef7- Ausgabe 1 - 5/2020
- 47** ALB Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (Hrsg.) (2020). Bewässern nach Regeln - Wasserbedarf urbaner Grünflächen. ALB Beratungsblatt bef7- Ausgabe 1 - 5/2020
- 48** <https://www.pik-potsdam.de/en/institute/departments/climate-resilience/models/swim>
- 49** FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (2015). Bewässerungsrichtlinien für die Planung, Installation und Instandhaltung von Bewässerungsanlagen in Vegetationsflächen. Bonn
- 50** Steger, L., et al. (2020). Blau-grüne Infrastrukturen: Transformationsstudien urbaner Freiräume am Beispiel Frankfurts. *Transforming Cities* 1/2020: 56-61.
- Well, F. und F. Ludwig (2020). Blue-green architecture: A case study analysis considering the synergetic effects of water and vegetation. *Frontiers of Architectural Research* 9(1): 191–202. DOI: 10.1016/j.foar.2019.11.001.
- 51** Bischoff, A., et al. (2005). Informieren, Beteiligen, Kooperieren: Kommunikation in Planungsprozessen. & Healey, P. (2006). Collaborative planning. Basingstoke, Palgrave Macmillan.
- Knieling, J. (2018). Kooperative Planung. Hannover, ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung.
- 52** Lamneck, S. (2005). Qualitative Sozialforschung.
- 53** Mayring, P. (1991). Qualitative Inhaltsanalyse. In: Flick, U., et al., Hrsg.: Handbuch qualitative Forschung Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen. München, 209–213.
- Jungk, R. und N. R. Müllert (1989): Zukunftswerkstätten. Einführung ins Konzept, konkrete Hilfestellungen zur Umsetzung und Beispiele/ Erfahrungsberichte.
- 54** Freie und Hansestadt Hamburg (2013). Mehr Stadt in der Stadt: Gemeinsam für mehr Freiraumqualität in Hamburg.
- GALK e.V. Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz (2014). Wie zufrieden sind Bürger mit städtischen Grünflächen? Ergebnisse der vierten bundesweiten Internetbefragung.
- Landeshauptstadt Hannover (2017). Auswertung der Online-Befragung Stadtgrün 2030.
- Stadt Karlsruhe (2015). Bürgerumfrage 2015 Grün in der Stadt.
- 55** Jungk, R. und N. R. Müllert (1989): Zukunftswerkstätten. Einführung ins Konzept, konkrete Hilfestellungen zur Umsetzung und Beispiele/ Erfahrungsberichte. & Apel, H. und B. Günther (1999). Mediation und Zukunftswerkstatt. Prozesswerkzeuge für die Lokale Agenda 21. Frankfurt a.M.
- 56** Nanz, P. und M. Fritsche (2012). Handbuch Bürgerbeteiligung: Verfahren und Akteure, Chancen und Grenzen. Bonn.
- 57** Böttger, I. (2001). Zukunftswerkstatt. IN: sowi-online, online unter https://www.sowi-online.de/praxis/methode/zukunftswerkstatt.html_1#kap51.

- 58** Siebert, H. (2010). Methoden für die Bildungsarbeit: Leitfaden für aktivierendes Lehren.
- 59** Deffner, J., et al. (2020). Ich geh´ jetzt mit anderen Augen durch die Stadt: Ergebnisse von Zukunftswerkstätten zur Wahrnehmung und Bedeutung blau-grüner Infrastrukturen in Frankfurt am Main und Stuttgart.
- 60** Weisshaar, B. (2021). Talk Walks, online unter <http://www.atelier-latent.de/inspiration-spaziergangswissenschaft/talk-walks>.
- 61** OUI (Open Urban Institute) (o.J.). Stadtpaziergänge, online unter <https://www.openurbaninstitute.org/staspa-themen-kompetenzen>.
- 62** Stein, U. (2011). Deichwehr und Baumgeister. Bürgerbeteiligung auf umkämpftem Terrain. In: Planerin 3/2011: 32-34.
- 63** Beispiel lassen sich finden unter: <https://www.uni-stuttgart.de/universitaet/aktuelles/veranstaltung/Buergerdialog-mit-den-RiffReportern-als-Unterhausdebatte-Fuer-alles-ist-gesorgt-Die-Zukunft-der-Kuenstlichen-Intelligenz/> oder <https://www.wissenschaftskommunikation.de/format/unterhausdebatte/>.
- 64** Harting, M. (2016, 22. März) Streit ums Trinkwasser. Frankfurt Allgemeine. Online verfügbar unter <https://www.faz.net/aktuell/rhein-main/wasserbedarf-frankfurts-streit-ums-trinkwasser-14138708.html>. Michels, C. (2014, 31. Oktober)
- Eine kritische Grenze ist erreicht. Frankfurter Rundschau. Online verfügbar unter <https://www.fr.de/frankfurt/eine-kritische-grenze-erreicht-11164265.html>
- 65** Steinmetz, H.; Wieprecht, S.; Bárdossy, A.; Dittmer, U. et al. (2013): Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels für Baden-Württemberg. Fachgutachten zum Handlungsfeld Wasserhaushalt. Gutachten des Wasserforschungszentrums Stuttgart im Auftrag des Landes Baden-Württemberg.
- Minke, Ralf (2014): Prognostizierte Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung in Baden-Württemberg. In: Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft (Band 219, DIV Deutscher Industrieverlag, München).
- 66** DIN 19684-10 (2009): Bodenbeschaffenheit - Chemische Laboruntersuchungen - Teil 10: Untersuchung und Beurteilung des Wassers bei Bewässerungsmaßnahmen.
- 67** ISO 16075-1 (2020) Leitlinien für die Nutzung behandelten Abwassers für Bewässerungsprojekte - Teil 1: Grundlage eines Projekts zur Wiederverwendung für die Bewässerung.
- 68** DWA-A 138 (2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser.
- 69** TrinkwV (2016): Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 22. September 2021 (BGBl. I S. 4343) geändert worden ist.
- 70** WHO (Ed.) (2003). Hydrogen Sulfide in Drinking water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking water Quality (2nd edition).
- 71** OEWA 407 (2016): Empfehlungen für die Bewässerung. Überarbeitete Neuauflage des ÖWAV-Arbeitsbehelfs Nr. 11 (2003). Wien 2016.
- 72** Einleitgebühren Regenwasser in Mischwasserkanal: 0,50 €/m²; Annahme: 3.500 m² angeschlossene befestigte Fläche.
- 73** Schmutzwassereinleitgebühren: 1,45 €/m³
- 74** Einleitgebühren für Grundwasser in Regenwasserkanal: 0,88 €/m³
- 75** Trinkwasserentgelt: 1,97 €/m³
- 76** Nutzinger, S. (10.08.2018). Pflege der Grünanlagen - Städte brauchen Unmengen an Wasser. Merkur.

Stadtwerke Taunusstein (07.08.2020). Wasserknappheit: Garten nicht wässern, Pools nicht füllen.

77 Umweltbundesamt (20.04.2020). Wassernutzung privater Haushalte, online unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wassernutzung-privater-haushalte#direkte-und-indirekte-wassernutzung>.

78 Richter, P. (2020). Durchschnittliche Mitarbeiterzahl. Telefon-Interview mit Hausmeister der Halleschen Krankenversicherung.

79 DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (2008). Arbeitsblatt W 410: Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen.

80 Dillmann-Gymnasium Stuttgart (2021). Herzlich willkommen, online unter <https://dillmann-gymnasium.de/gymnasium/start>.

81 Ackermann, K. (2010). Brauchwasser (Grauwasser) - Recycling mit ingenieurökologischen und technischen Verfahren in Europa und Entwicklungsländern.

DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (2008). Arbeitsblatt W 410: Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen.

Umweltamt Wiesbaden (2016). Jeder Tropfen zählt! Tipps & Tricks zum Wasser sparen, online unter <https://proklima-wiesbaden.de/wp-content/uploads/Wassersparen2.pdf>.

82 Helix Pflanzen. (o. J.) Grüne Sofortlösungen für den urbanen Raum, online unter https://www.helix-pflanzen.de/sites/default/files/products/downloads/broschuere_gruene_sofortloesungen.pdf.

83 Die beschriebene Studie beruht auf Moseler, E.-M. (2021). Die Integration Blau-Grüner Infrastrukturen im Planungsprozess urbaner Räume: Dargestellt am Beispiel des Rosensteinquartiers in Stuttgart. Masterarbeit, Technische Universität München, Green Technologies in Landscape Architecture.

84 Weitere Informationen zum Gebiet Stuttgart Rosenstein, dem städtebaulichen Wettbewerb und dessen Weiterentwicklung finden sich auf <https://rosenstein-stuttgart.de/>

85 Dr. Bruch & Partner (2021). Rosenstein C 1 – Bedarfsanalyse Entwässerungskonzept, Abwasser - Grauwasser – Regenwasser. Gutachten von Dr. Bruch & Partner – Geowissenschaftler & Ingenieure in Partnerschaft mit IWR GmbH

86 Well, F., et al. (2020). Regen- und Grauwasser als alternative Wasserquelle für Vertikalbegrünung. GebäudeGrün(3): 20–23.

Well, F. und F. Ludwig (2020). Blau-grüne Infrastruktur. 7. Forschungsforum Landschaft.

Eisenberg, B., et al. (2021). The Impulse Project Stuttgart—Stimulating Resilient Urban Development Through Blue-Green Infrastructure. In: Hutter, G., Neubert, M. und Ortlepp, R., Hrsg. Building Resilience to Natural Hazards in the Context of Climate Change. Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden: 157–171.

Well, F. und F. Ludwig (2021). Development of an Integrated Design Strategy for Blue-Green Architecture. Sustainability 13(14): 7944. DOI: 10.3390/su13147944.

Morandi, C., et al. (2021). Elevated Vertical-Flow Constructed Wetlands for Light Greywater Treatment. Water 13(18): 2510. DOI: 10.3390/w13182510.

87 Die beschriebene Studie beruht auf Steger, L. (2019). Blau-grüne Infrastrukturen: Transformationsstudien urbaner Freiräume am Beispiel von Frankfurt. Bachelorarbeit, Technische Universität München, Green Technologies in Landscape Architecture.

Siehe auch: Steger, L., et al. (2020). Blau-grüne Infrastrukturen: Transformationsstudien urbaner Freiräume am Beispiel von Frankfurt. Transforming Cities 01/2021: 58–63.

Impressum

Herausgeber:innen:

Ludwig, Ferdinand; Well, Friederike; Moseler, Eva-Maria; Eisenberg, Bernd

Autor:innen:

Ludwig, Ferdinand; Well, Friederike; Moseler, Eva-Maria; Eisenberg, Bernd; Deffner, Jutta; Drautz, Silke; Elnagdy, Mohamed Tarek; Friedrich, Renate; Jaworski, Till; Meyer, Sebastian; Minke, Ralf; Morandi, Carlo; Müller, Hans; Narvaéz Vallejo, Alejandra ; Richter, Philipp; Schwarz-von Raumer, Hans-Georg; Steger, Lotta; Steinmetz, Heidrun; Wasielewski, Stephan; Winker, Martina

Zitiervorschlag:

Ludwig, Ferdinand; Well, Friederike; Moseler, Eva-Maria; Eisenberg, Bernd; Deffner, Jutta; Drautz, Silke; Elnagdy, Mohamed Tarek; Friedrich, Renate; Jaworski, Till; Meyer, Sebastian; Minke, Ralf; Morandi, Carlo; Müller, Hans; Narvaéz Vallejo, Alejandra ; Richter, Philipp; Schwarz-von Raumer, Hans-Georg; Steger, Lotta; Steinmetz, Heidrun; Wasielewski, Stephan; Winker, Martina (2021): Integrierte Planung blau-grüner Infrastrukturen. Ein Leitfaden. Hg. v. Ferdinand Ludwig, Friederike Well, Eva-Maria Moseler und Bernd Eisenberg. München.

Layout:

Eva-Maria Moseler

Lektorat:

zWeitblick.com, Susanne Dowe

Finanzierung:

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen FKZ 01LR1705 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.

Dank:

Dieser Leitfaden ist eine Gemeinschaftsarbeit des INTERESS-I Projektteams. Allen Kolleg:innen und Kooperationspartnern, die daran mitgewirkt haben, ein herzlicher Dank für die konstruktive Zusammenarbeit. Besonderer Dank für die Umsetzung und Überarbeitung wichtiger Grafiken gilt Kristina Pujkilovic.

Alle Rechte vorbehalten

Nachdruck und Verbreitung digitaler Kopien mit Quellenangabe gestattet.

München, Dezember 2021

Ansprechpartner:innen

Gesamtprojekt, integrierte Planung und Grüne Architektur

Technische Universität München TUM, Professur für Green Technologies in Landscape Architecture

Prof. Dr. Ferdinand Ludwig

ferdinand.ludwig@tum.de

Erfassung urbanen Grüns und grüne Karten

Universität Stuttgart, Institut für Landschaftsplanung und Ökologie

Dr. Hans-Georg Schwarz-von Raumer

svr@ilpoe.uni-stuttgart.de

Grünsysteme

Helix Pflanzen GmbH, Konrwestheim

Hans Müller

h.mueller@helix-pflanzen.de

Wasserressourcen und Speicherung

Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft

Dipl.-Ing. Ralf Minke

ralf.minke@iswa.uni-stuttgart.de

Wasseraufbereitung

Technische Universität Kaiserslautern, Institut Wasser Infrastruktur Ressourcen

Prof. Dr.-Ing. Heidrun Steinmetz

heidrun.steinmetz@bauing.uni-kl.de

Partizipation und Stadtgesellschaft

ISOE - Institut für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt am Main

Dr. Martina Winker

winker@isoe.de

Landeshauptstadt Stuttgart

Amt für Umweltschutz

Dipl.-Ing. Rainer Kapp

rainer.kapp@stuttgart.de

Stadt Frankfurt am Main

Grünflächenamt

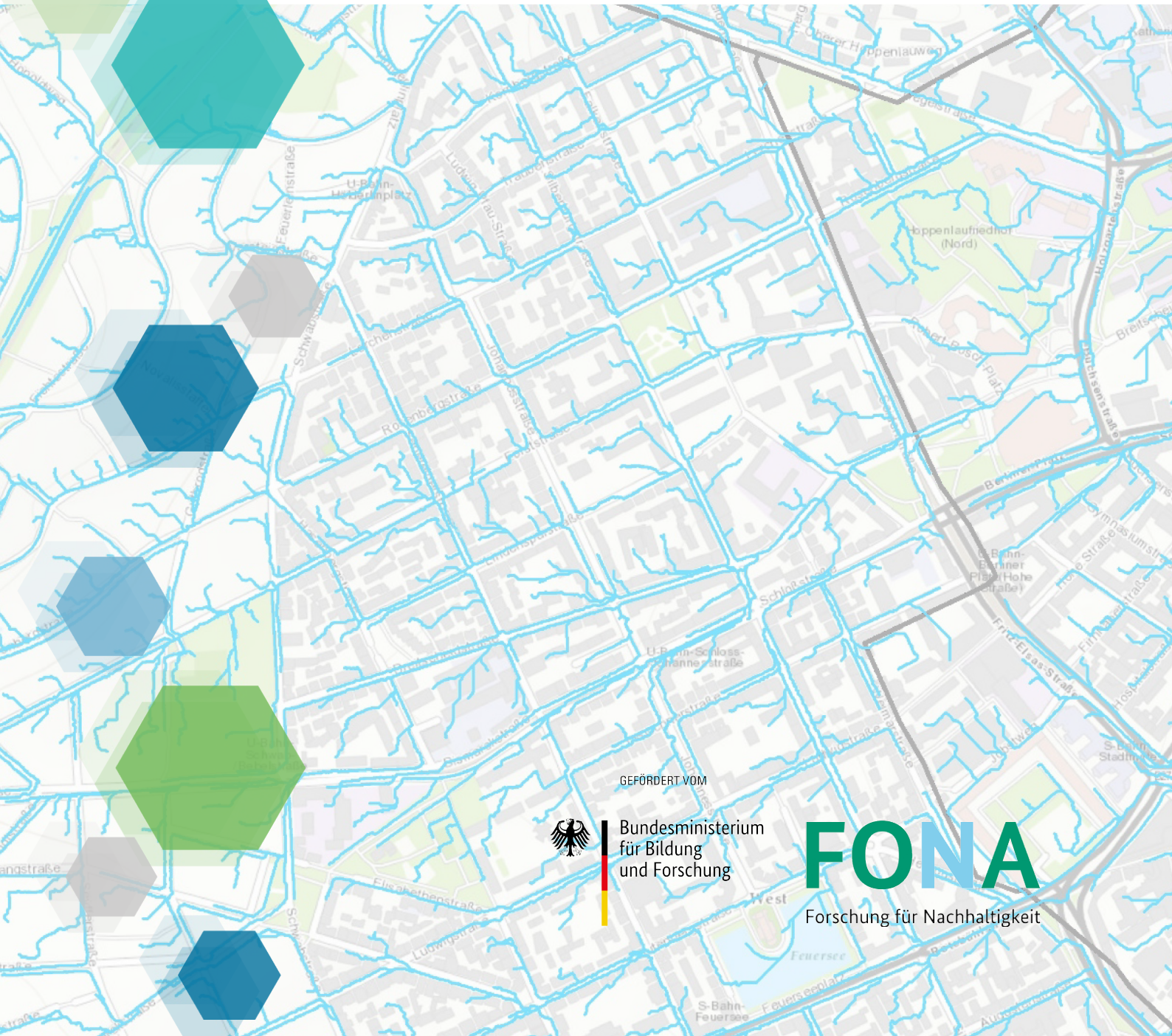
Dipl.-Ing. Renate Friedrich

renate.friedrich@stadt-frankfurt.de

Stadtentwässerung

Dipl.-Ing. Sebastian Meyer

sebastian.meyer@stadt-frankfurt.de



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit