



Handlungsleitfaden

Klimaresilienz-Check - Regionalverband Ruhr

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	3
2	GRÜNE INFRASTRUKTUR ALS INSTRUMENT ZUR KLIMAAANPASSUNG	4
2.1	STARKREGEN UND URBANE STURZFLUTEN.....	4
2.2	GEFAHREN UND RISIKEN URBANER STURZFLUTEN.....	5
2.3	DIFFERENZIERUNG VON GRAUER, BLAUER UND GRÜNER INFRASTRUKTUR.....	5
2.4	THEORETISCHE POTENZIALE GRÜNER INFRASTRUKTUR	6
2.5	DEFIZIT- UND POTENZIALFLÄCHEN.....	7
2.6	MAßNAHMENTYPEN DER GRÜNEN INFRASTRUKTUR	8
2.7	STAKEHOLDER-BEFragung ZUR UMSETZUNG VON GI-MAßNAHMEN.....	8
2.7.1	<i>Methodik halbstrukturierter Interviews</i>	<i>8</i>
2.7.2	<i>Zentrale Forschungsfrage:.....</i>	<i>9</i>
2.8	RELEVANTE NORMEN UND REGELWERKE	9
3	VORGEHENSWEISE.....	10
3.1	ÜBERFLUTUNGSMODELLIERUNG	10
3.2	WASSERHAUSHALTSBILANZIERUNG.....	10
3.3	DATENGRUNDLAGE	11
4	ANLEITUNG ZUR POTENZIALANALYSE UND MAßNAHMENBEWERTUNG.....	12
4.1	AUFBEREITUNG DER DATENGRUNDLAGEN.....	12
4.2	ERMITTLUNG DER DEFIZITFLÄCHEN.....	13
4.3	ERMITTLUNG DER POTENZIALFLÄCHEN	14
4.3.1	<i>Fließwege- und Senkenanalyse</i>	<i>14</i>
4.3.2	<i>Eingrenzung des maximalen Einflussbereiches</i>	<i>15</i>
4.4	ERMITTLUNG VON FLÄCHEN FÜR GI-MAßNAHMEN	15
4.4.1	<i>Dachbegrünung.....</i>	<i>15</i>
4.4.2	<i>Entsiegelung.....</i>	<i>16</i>
4.4.3	<i>Dezentrale Retentionsbauwerke</i>	<i>18</i>
4.4.4	<i>Multifunktionale Flächen</i>	<i>19</i>
4.5	WIRKUNGSANALYSE DER GI-MAßNAHMEN.....	21
5	MAßNAHMENSTECKBRIEFE – BEWERTUNG DER GI.....	22
6	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DIE UMSETZUNG VON GI-MAßNAHMEN	23
7	LITERATUR	25

1 Einleitung

Im Zuge des Klimawandels ist zukünftig eine Zunahme von Extremereignissen auch in Deutschland zu erwarten. Die Anpassung an die Folgen der klimatischen Veränderungen kann nicht von einzelnen Akteur:innen alleine bewältigt werden, sondern ist eine Gemeinschaftsaufgabe.

Dieser Leitfaden liefert eine Schritt-für-Schritt-Anleitung für Kommunen, welche Potenziale Grüne Infrastruktur (GI) bei der Abmilderung der Folgen von Starkregenereignissen besitzt und wie ihre Integration in die städtebauliche Entwicklung gelingen kann. Die vorgestellten Inhalte sind das Resultat eines Klimaresilienz-Checks am Beispiel der Stadt Bochum im Ruhrgebiet, in dem der Beitrag von GI zur Erhöhung der Überflutungssicherheit und zur Verbesserung des Wasserhaushalts in urbanen und ruralen Siedlungsgebieten untersucht wurde.

Die Schwerpunkte des Leitfadens umfassen:

- die Entwicklung einer Strategie zur Eingrenzung und Priorisierung der Flächen auf die Einflussbereiche der Überflutungsschwerpunkte,
- die Erarbeitung von Methoden zur Auswahl und modelltechnischen Implementierung von Flächenpotenzialen sowie Anpassungsmaßnahmen und
- die Bewertung von Anpassungsmaßnahmen im Kontext des Überflutungsschutzes und des lokalen Wasserhaushalts.

Der Leitfaden richtet sich an kommunale Akteur:innen und Planer:innen, die sich mit den folgenden Aufgaben beschäftigen:

- Überflutungsberechnung und Überflutungsanalyse (2D)
- Identifizierung von Überflutungsschwerpunkten
- Wasserhaushaltsmodellierung
- Identifizierung von Potenzialflächen zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen
- Informationen für die (Fach-)Öffentlichkeit

2 Grüne Infrastruktur als Instrument zur Klimaanpassung

2.1 Starkregen und urbane Sturzfluten

Es existiert keine einheitliche allgemeingültige Definition von Starkregen (DIN 4049 1992, DWA-M 119 2016, DWD 2023). Der Deutsche Wetterdienst (DWD) definiert **Starkregen** als **große Niederschlagsmengen je Zeiteinheit**, der meist aus konvektiver Bewölkung fällt. Weitere charakteristische Eigenschaften sind neben der hohen Intensität die kurze Dauer und geringe räumliche Ausdehnung.

Um eine konsistente Bewertung der Folgen von Starkregenereignissen und Anpassungsmaßnahmen vornehmen zu können, wird im Folgenden die **Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement** (MULNV NRW 2018) verwendet. Die Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement dient als maßgebliche Vorgabe des Landes NRW und bietet einheitliche Hilfestellungen und Grundlagen zur Aufstellung eines kommunalen Konzepts zum Starkregenrisikomanagement. Sie enthält Informationen und Anleitungen zur Durchführung einer Gefährdungs- und Risikoanalyse in Bezug auf Starkregen und bildet damit die Grundlage für eine effektive Schadensreduzierung. Niederschlagsereignisse mit einer Jährlichkeit von bis zu zehn Jahren werden dementsprechend als Bemessungsregen bezeichnet und dienen u.a. der Dimensionierung von Hochwasserschutzanlagen. Niederschlagsereignisse höherer Jährlichkeit werden als seltene und außergewöhnliche Starkregenereignisse definiert.

Urbane Sturzfluten bzw. Überflutungen sind häufig eine direkte Folge von Starkregenereignissen in hochversiegelten Siedlungsgebieten. Unter urbanen Sturzfluten werden Ereignisse zusammengefasst, die in Folge plötzlich auftretender lokaler konvektiver Starkregenereignisse meist regional begrenzte pluviale Überflutungen mit hohem Schadenspotenzial auslösen (UBA 2021). Eine Überflutung bezeichnet in diesem Zusammenhang den **Zustand, bei dem Wasser aus dem Entwässerungssystem entweicht oder dort nicht eindringen kann, sodass es auf der Oberfläche verbleibt oder in Gebäude eindringt** (DWA-M 119 2016).

Im Gegensatz zum Starkregenereignis, das sich auf die gemessene Intensität des Niederschlags bezieht, bezeichnen urbane Überflutungen also den in Siedlungsgebieten resultierenden Oberflächenabfluss. Nicht jedes Starkregenereignis führt automatisch zu Überflutungen. Eine angepasste Siedlungsstruktur kann die unkontrolliert auftretenden Oberflächenabflüsse reduzieren und für bestimmte Jährlichkeiten sogar ganz vermeiden.

2.2 Gefahren und Risiken urbaner Sturzfluten

Die Gefahren von Starkregenereignissen und den resultierenden Sturzfluten sind eine Folge ihrer spezifischen Charaktereigenschaften. Die **geringe Vorwarnzeit von unter sechs Stunden** anhand der bisher genutzten Datenerhebungsmethoden, im Wesentlichen Niederschlagsradar und Wetterstationen, führen zu einem häufig als plötzlich wahrgenommenem Auftreten. Darüber hinaus weisen sie eine **rasante Variation der Zugrichtung, -geschwindigkeit und Niederschlagsintensität** auf. Im Gegensatz zu fluvialen Überflutungen sind Starkregenereignisse **nicht an ein Gewässer gebunden** und treten deutschlandweit mit einer vergleichbaren Wahrscheinlichkeit auf (SCHWEDA 2019), sodass auch Kommunen und Bürger:innen ohne Erfahrung mit Überflutungen von diesen betroffen sein können.

Die Gefahren und Risiken von Starkregen sind vielfältig und können hier nicht vollumfänglich beschrieben werden. Starkregenereignisse verursachen u.a. häufig **wild abfließendes Oberflächenwasser** infolge einer Überlastung der Entwässerungssysteme. Auch das Ausuferen von kleineren Gewässern wie z.B. Bachläufen stellt eine Gefahr dar. Infolge der Überflutungen treten oft Schäden an betroffenen Infrastrukturen auf, die Nutzung von Verkehrsflächen kann nur noch eingeschränkt möglich sein. Darüber hinaus existieren auch Gefahren für die menschliche Unversehrtheit und Gesundheit. Kritische Infrastrukturen (KRITIS) und die Versorgungssituation können zeitweise beeinträchtigt werden.

Starkregen wird infolge des Klimawandels zukünftig mit erhöhter Wahrscheinlichkeit und Intensität auftreten (IPCC 2021). Die Risikovorsorge für Extremniederschläge und Sturzfluten ist daher ein integraler Bestandteil der städtebaulichen Entwicklung.

2.3 Differenzierung von grauer, blauer und grüner Infrastruktur

Für das Verständnis der folgenden Kapitel ist zunächst eine Differenzierung der in Siedlungsgebieten existierenden Infrastrukturtypen erforderlich. Hierbei wird zwischen grauer, blauer und grüner Infrastruktur unterschieden.

Die Definition der **grauen Infrastruktur** ist eindeutig: **Stoff- und Energieströme innerhalb einer Stadt werden durch technische Infrastrukturen ermöglicht** und sind die funktionale Voraussetzung für urbanes soziales Leben. Sie werden als graue Infrastrukturen bezeichnet und erfüllen neben grundlegenden Ver- und Entsorgungsfunktionen die Vermittlung zwischen der Natur und ihren natürlichen Ressourcen sowie der Gesellschaft und ihrer Bedarfe. Beispiele für graue Infrastrukturen sind Straßen, Anlagen der Wasserversorgung, die Energieversorgung und die Abfallentsorgung (ANTEROLA et al. 2020).

Die Definition von blauer und grüner Infrastruktur ist in vielen Anwendungsfällen fließend. Eine einheitliche Definition existiert nicht, aber die Definitionen der Europäischen Union (EU 2014), des Bundes (BMUB 2015, HANSEN et al. 2018) und des Landes NRW (MKULNV NRW 2016) nennen im Wesentlichen folgende Eigenschaften:

Grüne Infrastrukturen

- **sind ein strategisch geplantes, integratives, häufig multifunktionales Netzwerk aus natürlichen und naturnah gestalteten Land- und Wasserflächen,**
- **fördern die biologische Vielfalt in Städten sowie eine ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltige Stadtentwicklung und**
- **liefern ein breites Spektrum an Ökosystemdienstleistungen.**

Diese und weitere Definitionen zeigen bereits, dass eine strikte Abtrennung der grünen und blauen Infrastruktur aufgrund der starken Verflochtenheit nahezu unmöglich ist. So hat sich in der Fachliteratur für hydrologische und siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen mittlerweile der Begriff der grün-blauen Infrastruktur etabliert (ANTEROLA et al. 2020, HENNINGER et al. 2021).

2.4 Theoretische Potenziale Grüner Infrastruktur

Die Potenziale von GI variieren sehr stark in Abhängigkeit des gewählten Maßnahmentyps. Gleichzeitig ist die Wirksamkeit abhängig von den unterschiedlichen spezifischen Eigenschaften, wie bspw. dem Implementierungsgrad, der Intensität des Niederschlags und der Topografie des Einzugsgebiets. Vor dem Hintergrund des Klimawandels sind vor allem die zukünftig zu erwartenden höheren Niederschlagsintensitäten kritisch, da sie zu einer signifikanten Verringerung der Effektivität bestehender GI führen können.

Im urbanen Kontext bieten GI Synergieeffekte in verschiedenen Handlungsfeldern: Bei Starkregenereignissen bieten Retentions- und Versickerungsanlagen die Möglichkeit einer **Zwischenspeicherung** und teils auch **ortsnahen Versickerung von Niederschlagswasser**. Dies entlastet die kommunalen Entwässerungssysteme, im Wesentlichen Kanalnetze und Kläranlagen, und reduziert unkontrollierte Oberflächenabflüsse im Siedlungsgebiet, die hauptverantwortlich für die resultierenden Schäden sind. Die höheren Oberflächenrauheiten von GI **verringern zudem die Fließgeschwindigkeit des Oberflächenabflusses**. Somit haben GI das Potenzial, Starkregenereignisse einer definierten Intensität zurückzuhalten bzw. abzumildern. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass die Wirksamkeit einzelner GI begrenzt ist und ein vollständiger Rückhalt extremer Ereignisse weder technisch umsetzbar noch wirtschaftlich sinnvoll ist. (BBSR 2018)

Gleichzeitig sorgen **Temperaturreduktionen durch Verdunstungen und Schattenwurf** für ein angenehmeres urbanes Klima und im Sommer zu einer geringeren thermischen Belastung, was die gesundheitliche Belastung der Bevölkerung reduziert. GI bindet klimaschädliches CO₂ sowie diverse Schadstoffe, was zu einer Verbesserung der Luftqualität und einem Synergieeffekt zum Klimaschutz führt. Als multifunktionale Flächen bieten sie der Bevölkerung außerdem einen **Erholungswert**. Wenn ein ganzes Stadtbild an einer klimaangepassten städtebaulichen Entwicklung ausgerichtet wird, wird dies als „Schwammstadt-Prinzip“ bezeichnet.

Entscheidend für die Wirksamkeit von GI ist die Aufrechterhaltung ihrer Funktionsfähigkeit. Ausgetrocknete Pflanzen und Böden verlieren z.T. ihre Eigenschaften im Hinblick auf Retention, Verdunstung und Versickerung. Um den **Unterhaltungsaufwand**, bspw. durch Bewässerungen, gering zu halten, bietet es sich an, zukünftig auf hitzeangepasste und trockenstresstolerante Pflanzenarten zurückzugreifen.

Im Hinblick auf eine Bewertung der Wirksamkeit im Fall von Überflutungen ist eine entscheidende Differenzierung vorzunehmen: der Großteil der GI entspricht hydrologischen Anpassungsmaßnahmen, **sie reduzieren also den Anteil des Niederschlags, der abflusswirksam wird**. Somit liefern GI ein Potenzial bei der Bewältigung von pluvialen Überflutungen, also Überflutungen infolge von Starkregenereignissen. Ihr Potenzial im Hinblick auf fluviale Überflutungen, also Überflutungen infolge eines Flusshochwassers, ist dagegen stark begrenzt und wird hier nicht näher berücksichtigt.

2.5 Defizit- und Potenzialflächen

Die Effektivität von Maßnahmen zum Überflutungsschutz ist stark abhängig von den ausgewählten Flächen und den dort bestehenden Vulnerabilitäten gegenüber bestimmten Klimawirkungen. Aus diesem Grund ist im Vorfeld einer Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen die Identifikation von Defizit- und Potenzialflächen zu empfehlen. **Defizitflächen** bezeichnen in diesem Zusammenhang **Flächen, die vulnerabel gegenüber einer bestimmten Klimawirkung sind**. Die Vulnerabilität einer Fläche bezeichnet an dieser Stelle das gleichzeitige Vorliegen einer Exposition (Betroffenheit) gegenüber einer Klimawirkung und einer Sensitivität (Empfindlichkeit) der vorliegenden Rezeptoren. Eine Defizitfläche kann z.B. ein hochverdichtetes Siedlungsgebiet ohne Grünflächen sein, in dem regelmäßig eine starke thermische Belastung auftritt, oder eine lokale Senke, die bei Starkregenereignissen von Überflutungen betroffen ist.

Anschließend sind die **Potenzialflächen** zu ermitteln. Dies sind die **Flächen, auf denen Anpassungsmaßnahmen das Potenzial besitzen würden, die Vulnerabilität der**

Defizitflächen zu verringern. Bei den sehr kleinräumigen thermischen Lastgebieten handelt es sich bei den Potenzialflächen also im Regelfall um die identifizierten Defizitflächen. Im Fall von Überflutungsbereichen sind hydrologische Maßnahmen auf der Defizitfläche aber nicht ausreichend, da das Wasser im Regelfall aus einem größeren Einzugsgebiet zufließt. Hier wären also nutzbare Flächen im Einzugsgebiet einer bestimmten Senke als Potenzialflächen zu interpretieren.

2.6 Maßnahmentypen der Grünen Infrastruktur

Die Auswahl an GI-Maßnahmen ist vielfältig und umfangreich. Eine vollumfängliche Bewertung und Priorisierung sämtlicher Maßnahmen ist daher aufwendig und kaum wirtschaftlich umsetzbar. Daher ist im Vorfeld einer Untersuchung festzustellen, inwieweit vergleichbare Maßnahmen in Form von Maßnahmentypen modelliert werden können. Die folgende Auflistung bietet eine exemplarische Auswahl spezifischer Maßnahmentypen, die im Rahmen der vorliegenden Studie in Bochum modelliert und bewertet wurden.

Maßnahmentyp	Spezifikation
Dachbegrünung	Intensiv- und Extensivbegrünung
Entsiegelung	Voll- oder Teilentsiegelung
Dezentrale Retentionsbauwerke	Mulden, Gräben, Retentionstiefbeete, Baumrigolen, Kombinationen möglich
Multifunktionale Flächen	Unterschiedlichste Ausführungen möglich

2.7 Stakeholder-Befragung zur Umsetzung von GI-Maßnahmen

Klimafolgenanpassung und die Umsetzung von GI-Maßnahmen sind Querschnittsaktivitäten der kommunalen Verwaltung und können nur über fachbereichsübergreifende Arbeiten durchgeführt werden. Stakeholder-Befragungen dienen der Identifikation von Potenzialen und Hemmnissen in der Planung und Umsetzung von GI-Maßnahmen im kommunalen Kontext, speziell im Hinblick auf verwaltungstechnische Aspekte. Hierbei sind auch ämter- und organisationsstrukturell übergreifende Synergien sowie die benötigten Ressourcen zu berücksichtigen. Durch Befragungen werden wichtige Hinweise für kommunale Planungsstellen zusammengetragen.

2.7.1 Methodik halbstrukturierter Interviews

Die Befragungen können auf Grundlage von halbstrukturierten Interviews durchgeführt werden. Während strukturierte Interviews aus im Voraus definierten Fragen in einer

festgelegten Reihenfolge bestehen, sind halbstrukturierte Interviews flexibel gestaltet, orientieren sich an einem Themenleitfaden und werden zur Erhebung qualitativer Daten geführt (Magaldi et al., 2020) (Knott et al., 2022). Dazu bereiten die Forschenden Leitfragen zu etwa drei bis fünf Unterthemen zu einer Forschungsfrage vor, welche die Grundlage für das Interview bieten. Das Ziel der Befragung ist, alle Themenfelder abzudecken und gleichzeitig eine Atmosphäre zu schaffen, in der die Teilnehmenden ihre persönlichen Erfahrungen und Gedanken frei schildern, ohne die Antworten ausschließlich auf die gestellte Frage zu beschränken (Magaldi et al., 2020). Dadurch haben halbstrukturierte Interviews den Vorteil, dass ein tieferes Verständnis generiert und unvorhersehbar erlangte Informationen mit einbezogen werden können. Der Nachteil ist, dass aufgrund der sich innerhalb verschiedener Interviews unterscheidenden Interaktion eine exakte Reproduzierbarkeit nicht möglich ist (Knott et al., 2022). Durch die qualitative Befragung von Expert:innen kann auf aufwendige, quantitative Fragebögen verzichtet werden und es ist ein späteres Abstrahieren der Antworten möglich, welche ggf. für einen regionalspezifischen Kontext und Planungsraum gegeben wurden. Die Ergebnisse der Stakeholder-Interviews im Rahmen des Klimaresilienz-Checks Bochum sind in Form von Handlungsempfehlungen aufbereitet.

2.7.2 Zentrale Forschungsfrage:

Welche Strategien tragen zur erfolgreichen Umsetzung von GI-Maßnahmen bei?

2.8 Relevante Normen und Regelwerke

Bei der Umsetzung von Maßnahmen im Zusammenhang mit Überflutungsschutz sind unter anderem folgende Normen und Regelwerke zu berücksichtigen:

- DWA Arbeitsblatt 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen
- DWA Arbeitsblatt 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser
- DWA Merkblatt 102-4 / BWK Merkblatt 3-4: Regenwetterabflüsse: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers
- DWA Merkblatt 119: Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen
- Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement (MULNV NRW)
- Arbeitshilfe: Multifunktionale Retentionsflächen MURIEL

3 Vorgehensweise

Um den Effekt von GI-Maßnahmen bewerten zu können, ist eine Festlegung auf die Zielsetzung der Implementierung der Maßnahmen erforderlich. Im Wesentlichen zielt die Umsetzung von GI-Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung auf die Reduzierung von Überflutungsrisiken und die Verbesserung des Wasserhaushalts ab. Aus diesem Grund empfiehlt sich die Analyse und Bewertung des Effekts von GI-Maßnahmen anhand der Überflutungsmodellierung und der Wasserhaushaltsbilanzierung.

3.1 Überflutungsmodellierung

Die Zielsetzung der Überflutungsmodellierung ist die möglichst niedragschwellige und automatisierte Identifikation von Überflutungsflächen im urbanen Raum.

Die hydrodynamische Abflussbildung wird unter Verweis auf die „Arbeitshilfe Kommunales Starkregenrisikomanagement“ mit einer 2D-Simulation (Oberflächenmodell) ohne Berücksichtigung des Kanalnetzes durchgeführt. Die Vorteile dieses Berechnungsansatzes sind der geringe Bedarf an Daten und die deutlich kürzeren Rechenzeiten im Vergleich zu einem gekoppelten Berechnungsansatz, bei dem das Oberflächenmodell mit einem Kanalnetzmodell kombiniert wird. Der relative Anteil des Kanalnetzes am Niederschlags-Abflussgeschehen der urbanen Wasserbilanz reduziert sich systembedingt mit zunehmender Niederschlagsintensität und -dauer. Da es sich hier um eine Betrachtung extremer Niederschlagsszenarien handelt, ist das Kanalnetz in diesem Zusammenhang vernachlässigbar. Nichtsdestotrotz ist darauf hinzuweisen, dass in Bereichen, in denen das Kanalnetz relevante Auswirkungen auf die Überflutungsvorgänge hat, die Überflutungsgefahr unter- bzw. überschätzt werden kann.

Die Ergebnisse der Simulation sind Fließgeschwindigkeiten und Wasserstände auf der Oberfläche.

3.2 Wasserhaushaltsbilanzierung

Die Zielgröße der Wasserhaushaltsbilanzierung ist die Darstellung des lokalen Wasserhaushaltes des Betrachtungsraumes mit und ohne GI-Maßnahmen.

Zur Durchführung können mathematische Wasserbilanzmodelle verwendet werden. Die Darstellungen im Rahmen dieses Leitfadens sind Ergebnisse aus dem vereinfachten Wasserbilanzmodell WABILA (DWA), das als Software zum Merkblatt DWA-M 102-4 entwickelt wurde. Der Vorteil dieses Bilanzmodells ist die niederschwellige Anwendung und der geringe Datenbedarf. Die Software kann kostengünstig bei der DWA erworben werden und die notwendigen Inputdaten sind frei verfügbar.

Bei Neubaugebieten ist die Zielgröße bei der Entwicklung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen der potenzielle naturnahe Wasserhaushalt, also der Wasserhaushalt, der bei einer nicht-urbanen Landnutzung des Betrachtungsraumes vorliegt. Der naturnahe Wasserhaushalt kann mit Hilfe des freiverfügbaren Webtools NatUrWB (www.naturwb.de) ermittelt werden.

Bei Implementierung von grün-blauen Maßnahmen in Bestandsgebieten ist es sinnvoll die Maßnahmenentwicklung an dem Ist-Zustand zu messen. Der Ist-Zustand entspricht der Wasserhaushaltsbilanz im bebauten Zustand.

3.3 Datengrundlage

Für den Aufbau von Überflutungs- und Wasserhaushaltsmodellen sind grundsätzlich verschiedene Eingangsdaten erforderlich. Diese können in Abhängigkeit der ausgewählten Modelle variieren. Falls Daten nicht verfügbar sind, ist der Aufwand einer Erhebung oder die Vereinbarung von pauschalen Annahmen zu prüfen.

Für den Aufbau der Modelle in der betreffenden Studie wurden folgende Daten ausgewählt:

Tabelle 1: Datengrundlage für den Betrieb der Modelle im Klimaresilienz-Check am Beispiel Bochum.

Datentyp	Inhalt	Quelle
Dachflächen	Geometrie der Dachflächen Alternativ: Gründachkataster NRW	RVR Alternativ: Geoportal NRW (Open Source)
ALKIS	Daten des Liegenschaftskatasters	Land NRW (Open Source)
DGM	Geländeform der Erdoberfläche Auflösung: 1 m	Land NRW (Open Source)
Bebauungs- und Freiflächentypen	Landnutzung, Bebauungsstruktur, Anteil Versiegelung auf Baublockebene	Klimaatlas NRW (Open Source)
Modellregen	Niederschlagsverteilung, Dauer, zeitliche Intervalle	KOSTRA DWD 2010R Bochum: S12 Z48

4 Anleitung zur Potenzialanalyse und Maßnahmenbewertung

Das folgende Kapitel enthält eine Schritt-für-Schritt-Anleitung für die Ermittlung und Priorisierung von Potenzialflächen zur Umsetzung von GI-Maßnahmen.

4.1 Aufbereitung der Datengrundlagen

Für die Identifikation und Bewertung der existierenden Überflutungsschwerpunkte ist zunächst eine Aufbereitung des DGM erforderlich. Es ist darauf zu achten, dass hydraulisch relevante Fließwege, wie z. B. Brücken, Durchlässe, Verrohrungen und Unterführungen durchgängig gestaltet werden. Genauso kann es nötig sein, in siedlungsdichten Bereichen abflusshindernde Strukturen abzubilden

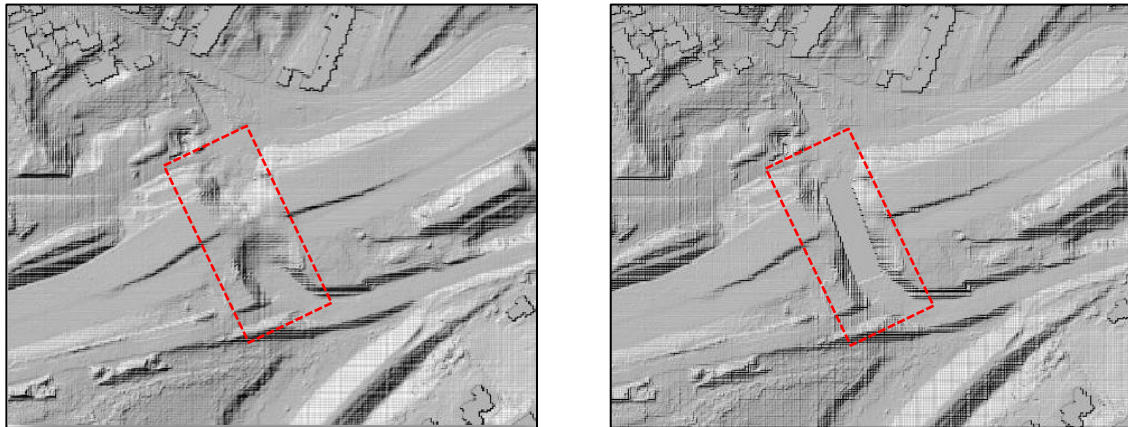


Abbildung 1: Bearbeitung des digitalen Geländemodells

Je besser das DGM der Realität entspricht, umso präziser fallen die Ergebnisse aus. Da die Kanalinfrastruktur in der Simulation nicht berücksichtigt wird, werden die Dächer mit einem modifizierten Modellregen berechnet. Die vorhandenen Gebäude werden im Modell fiktiv als Geländeerhöhungen dargestellt. Für die Entstehung des Oberflächenabflusses kann bei extremen Starkregenereignissen vereinfachend angenommen werden, dass keine Reduzierung des Abflusses infolge von Versickerung stattfindet. Für die Ermittlung von Fließgeschwindigkeiten werden in Abhängigkeit der Flächennutzung (ALKIS) unterschiedliche Rauheiten verwendet.

Die weiteren Daten (vgl. Tabelle 1) können ohne Aufbereitung aus ihren jeweiligen Quellen entnommen werden.

Es ist zu empfehlen, die Überflutungsmodellierung mit Modellregen unterschiedlicher Jährlichkeiten durchzuführen. Die Dauerstufe orientiert sich an der Empfehlung der Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement.

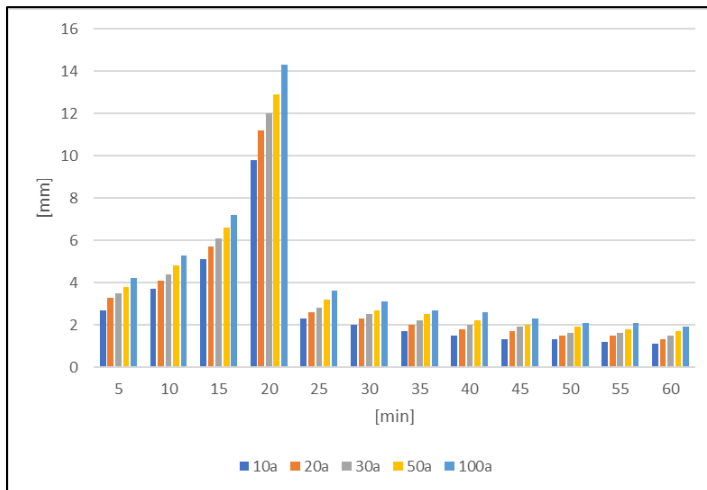


Abbildung 2: Niederschlagshöhen eines Euler II-Modellregens bei unterschiedlichen Jährlichkeiten, Dauer: 60 min in 5 min-Intervallen (Klimaresilienz-Check am Beispiel Bochum).

4.2 Ermittlung der Defizitflächen

Die Ermittlung der Defizitflächen (Überflutungsschwerpunkte) erfolgt durch Analyse der Ergebnisse der Überflutungssimulation.

Die reproduzierbare Ermittlung der Überflutungsschwerpunkte erfordert die Festlegung einheitlicher Bewertungsparameter.

Die DIN 18195-4 (2000) beschreibt, dass bei Wasserständen ab 30 cm grundsätzlich von Schäden an Gebäuden ausgegangen werden kann, da die maximale Höhe der Gebäudeabdichtung gegenüber Feuchtigkeit 30 cm beträgt. Auch geringere Wasserstände können in Kombination mit hohen Fließgeschwindigkeiten Verkehrsteilnehmer gefährden.

Somit ist bspw. folgende GIS-Abfrage durchzuführen:

- Wasserstände > 30 cm
- Wasserstände < 30 cm
- Abstand zu Gebäuden = 0

In Anlehnung an Schwerdorf et al. (2022) kann zusätzlich auch die Größe einer zusammenhängenden Überflutungsfläche (bspw. > 2.000 m²) als Überflutungsschwerpunkt definiert werden.

Für die Priorisierung der Überflutungsschwerpunkte sind neben den modellierten Überflutungsflächen immer auch lokale Expertise wie bspw. Schadensmeldungen und Betriebserfahrungen relevanter Stakeholder zu berücksichtigen (vgl. Stakeholder-Befragungen).

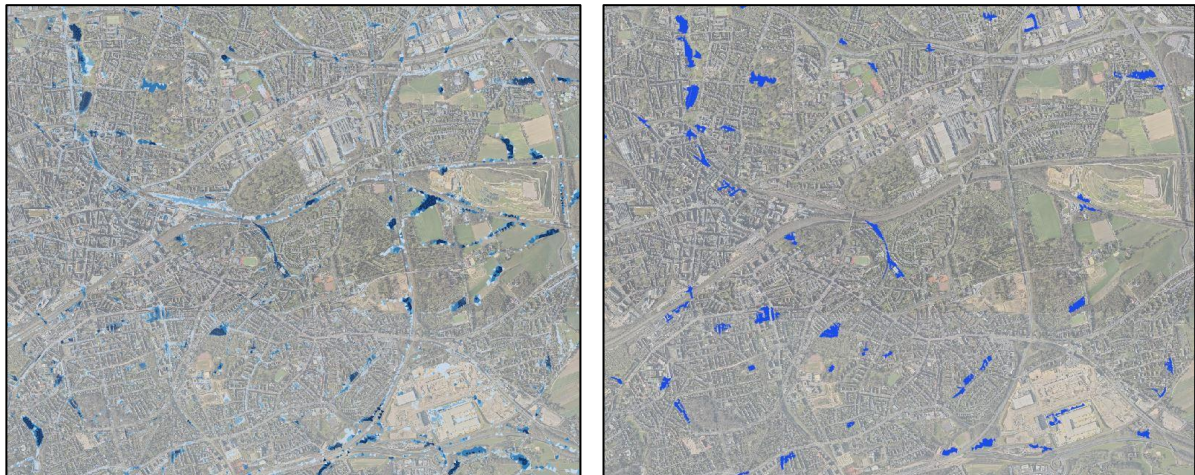


Abbildung 3: Starkregengefahrenkarte und daraus abgeleitete Überflutungsschwerpunkte gemäß den festgelegten Kriterien (Ausschnitt Klimaresilienz-Check am Beispiel Bochum).

4.3 Ermittlung der Potenzialflächen

Analog zu den Defizitflächen erfolgt auch die Ermittlung der Potenzialflächen durch Analyse der Ergebnisse der Überflutungssimulation. Der maximale Einflussbereich legt fest, in welchem Einzugsgebiet eine GI-Maßnahme zur Überflutungsvorsorge das Überflutungsmaß oder die -dynamik beeinflussen kann. Damit wird der Fokus auf wenige Einflussbereiche gerichtet, die eine lokal effektive Maßnahmengestaltung zulassen.

4.3.1 Fließwege- und Senkenanalyse

Die Identifikation der Fließwege und Senken erfolgt mittels topographischer Analyse in einer GIS-Umgebung. Auch hier offenbart sich das Potential der Verfügbarkeit von kostenfreier Software, GIS-Werkzeugen und Geodaten. Dieser Prozess kann vollständig mittels frei verfügbarer Daten und Werkzeugen durchgeführt werden.



Abbildung 4: Überflutungsschwerpunkt (links) einschließlich dazugehörige Fließwege aus der Fließwegeanalyse (rechts) (Klimaresilienz-Check am Beispiel Bochum).

4.3.2 Eingrenzung des maximalen Einflussbereiches

Anschließend erfolgt eine Überlagerung der Fließwege und eine Zuordnung zu den Überflutungsschwerpunkten. Um den maximalen Einflussbereich zu bestimmen, erfolgt die Implementierung eines Puffers von 100 m um den Fließweg und eine Verschneidung mit den Flurstücken aus ALKIS. Innerhalb des Einflussbereiches können Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge beitragen, ihr tatsächlicher Effekt auf die Überflutungsschwerpunkte ist anschließend noch zu modellieren.

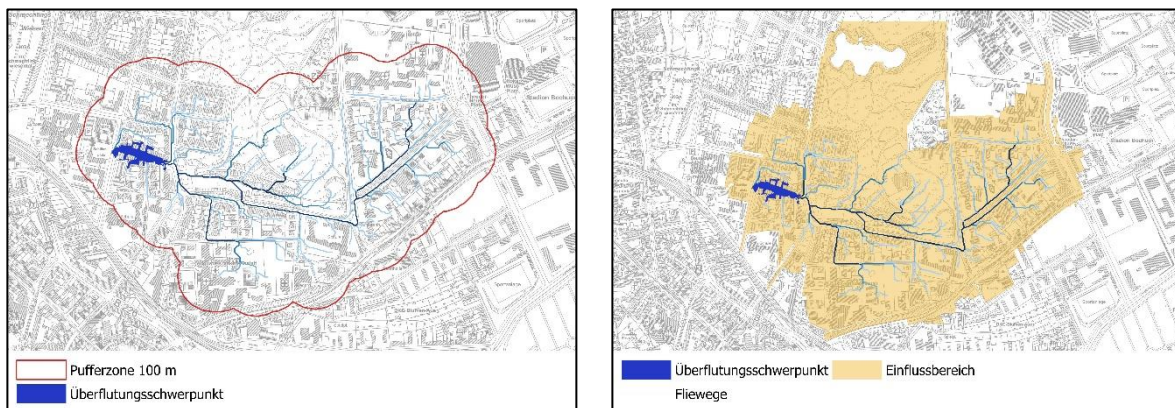


Abbildung 5: Eingrenzung des Einflussbereiches eines Überflutungsschwerpunktes durch Verschneidung der Fließwege mit ALKIS-Flurstücken (Klimaresilienz-Check am Beispiel Bochum).

4.4 Ermittlung von Flächen für GI-Maßnahmen

Nach der Ermittlung von Überflutungsschwerpunkten (Defizitflächen) und der dazugehörigen maximalen Einflussbereiche (Potenzialflächen) ist der Effekt unterschiedlicher Maßnahmentypen auf den Überflutungsschwerpunkt zu ermitteln. Hierfür erfolgt eine maßnahmentypische Bewertung der Auswirkungen der ausgewählten GI-Maßnahmen.

4.4.1 Dachbegrünung

Für die Potenzialanalyse von Dachbegrünungen können Gebäudedaten aus ALKIS in Kombination mit dem Gründachkataster des Landes NRW oder des RVRs verwendet werden. Alternativ können auch lokal vorhandene Datensätze verwendet werden, wenn sie eine höhere Genauigkeit aufweisen.

Für die Analyse sind erneut Bewertungsparameter festzulegen. Eine Extensivbegrünung kann bspw. bei Flachdächern sowie Satteldächern bis zu einer maximalen Dachneigung von 20° ausgeführt werden. Analog können auch andere Werte für Intensivbegrünungen angesetzt werden.

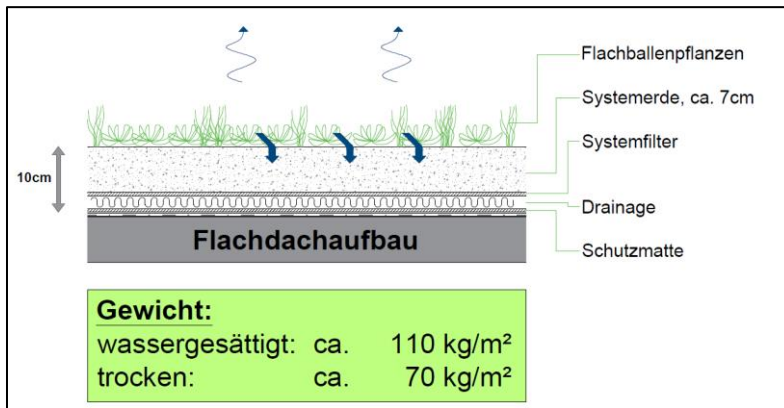


Abbildung 6: Dachaufbau Extensivbegrünung

Die Potenzialanalyse enthält somit die Abfrage, welche Dächer im maximalen Einflussbereich des Überflutungsschwerpunktes für eine Dachbegrünung geeignet sind.

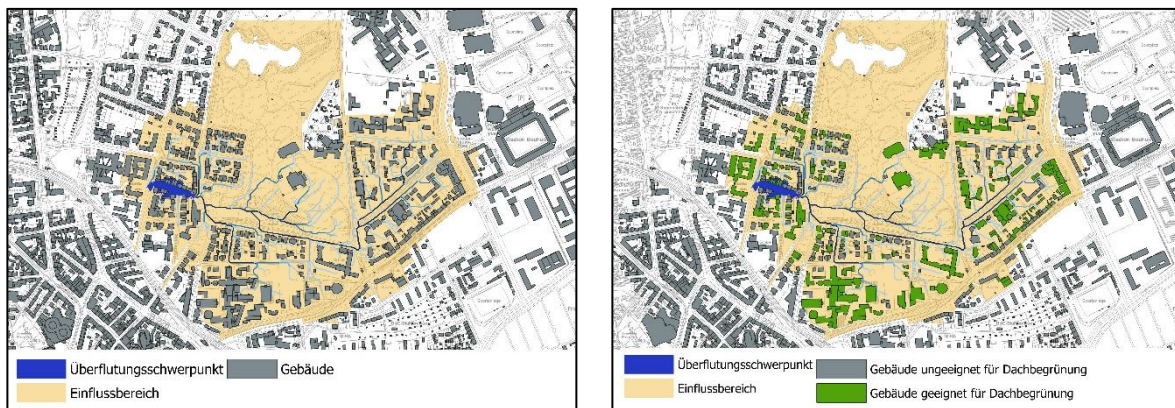


Abbildung 7: Gebäude mit geeigneten Dächern im Einflussbereich des ausgewählten Überflutungsschwerpunktes für eine extensive Dachbegrünung (Klimaresilienz-Check am Beispiel Bochum).

4.4.2 Entsiegelung

Da eine allgemeingültige Datengrundlage für die Identifizierung von Entsiegelungspotenzialen nicht existiert, ist in diesem Fall eine pauschale Annahme zu treffen. Bspw. kann vereinfacht die Annahme zugrunde gelegt werden, dass ausschließlich befestigte Flächen in Siedlungsbereichen als Potenzialflächen für eine Teilentsiegelung in Frage kommen. Grundlegend für die Entsiegelung sind vor diesem Hintergrund Flächenbeläge mit einer bauaufsichtlichen Zulassung vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), die dauerhaft Regen spenden von mindestens 270 l/(s·ha) versickern können und beim Nachlassen der Versickerungsfähigkeit gereinigt werden können (DWA-A 138 Gelbdruck).

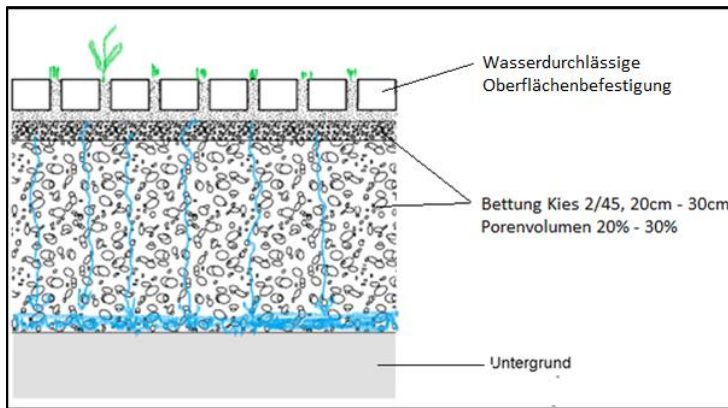


Abbildung 8: Aufbau wasserdurchlässige Oberflächenbefestigung

Dazu wird im ersten Schritt eine räumliche Abgrenzung vorgenommen, indem Flurstücke anhand ihrer Nutzung bzw. Flächenfunktion mittels GIS-Abfrage als Potenzialräume extrahiert werden. Ausgenommen sind Flächen mit industriellem Charakter, die oft aufgrund einer hohen Frequentierung von Schwerlastverkehr eine hohe Flächenbelastung aufweisen.

Tabelle 2: Auswahl von ALKIS-Objektarten zur räumlichen Abgrenzung von Entsiegelungspotenzialen (Klimaresilienz-Check am Beispiel Bochum).

Objektartengruppe	Objektart (Nutzung)	Flächenfunktion
Siedlung	Wohnbaufläche	
	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	
	Friedhof	
	Fläche gemischter Nutzung	
	Fläche besonderer funktionaler Prägung	
Verkehr	Platz	Parkplatz, Marktplatz

Um die Befestigungsanteile zu ermitteln, sind die Landnutzungsdaten zur hitzeangepassten Quartiersplanung zu verwenden. Sie enthalten Informationen über die Flächenversiegelung und werden mit der vorgenommenen Auswahl an ALKIS-Daten überlagert. Die Ergebnisse werden anschließend für eine aktualisierte Wasserhaushaltsbilanzierung verwendet.

Tabelle 3: Geeignete ALKIS-Objektart für dezentrale Retentionsbauwerke (Klimaresilienz-Check Bochum).

Objektartengruppe	Objektart (Nutzung)	Flächenfunktion
Verkehr	Straßenverkehr	Verkehrsbegleitfläche Straße

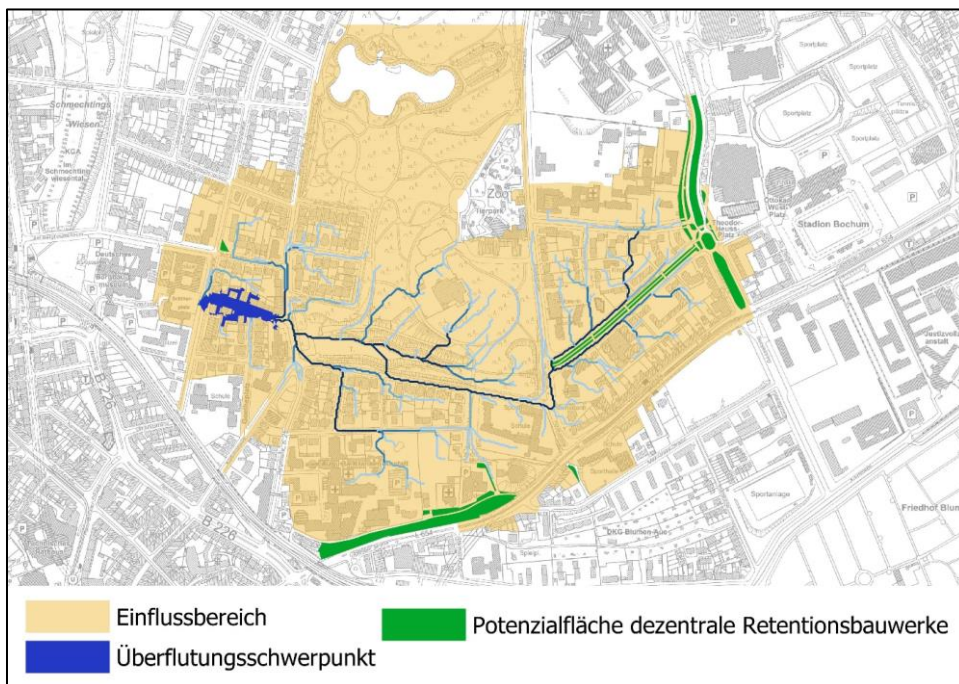


Abbildung 11: Verkehrsbegleitflächen als Potenzialflächen für dezentrale Retentionsbauwerke im maximalen Einflussbereich (Klimaresilienz-Check am Beispiel Bochum).

4.4.4 Multifunktionale Flächen

Die Auswahl multifunktionaler Flächen als zentrale Retentionsbauwerke orientiert sich an den Empfehlungen der Arbeitshilfe Multifunktionale Retentionsflächen (MURIEL) und kann anhand von ALKIS-Daten erfolgen. In Abgrenzung zu Schwerdorf et al. (2022) werden die geeigneten Flächen nicht in einem vordefinierten Abstand zum Überflutungsschwerpunkt ausgewählt, sondern innerhalb des jeweiligen Einflussbereichs. Diese übernehmen dann neben ihrer ursprünglich zugeschriebenen Zweckbestimmung die Aufgabe, Niederschlagswasser zurückzuhalten. Die hierdurch entstehenden Konflikte müssen im Vorfeld untersucht und durch geeignete Maßnahmen beherrschbar gemacht werden.

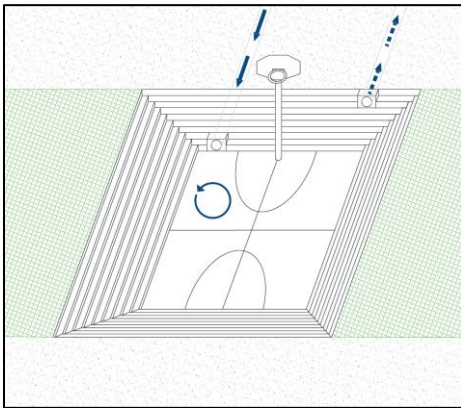


Abbildung 12: Sportplatz als potenzielle multifunktionale Fläche für zentrale Retentionsbauwerke

Entsprechende Potentiale können in Siedlungsstrukturen und Verkehrsflächen ausgemacht werden.

Tabelle 4: Geeignete ALKIS-Objektarten als Potenzialflächen für multifunktionale Flächen (Klimaresilienz-Check am Beispiel Bochum).

Objektartengruppe	Objektart (Nutzung)	Flächenfunktion
Siedlung	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	Grünanlage, Grünfläche, Park, Spielplatz, Bolzplatz
Verkehr	Platz	Parkplatz, Marktplatz

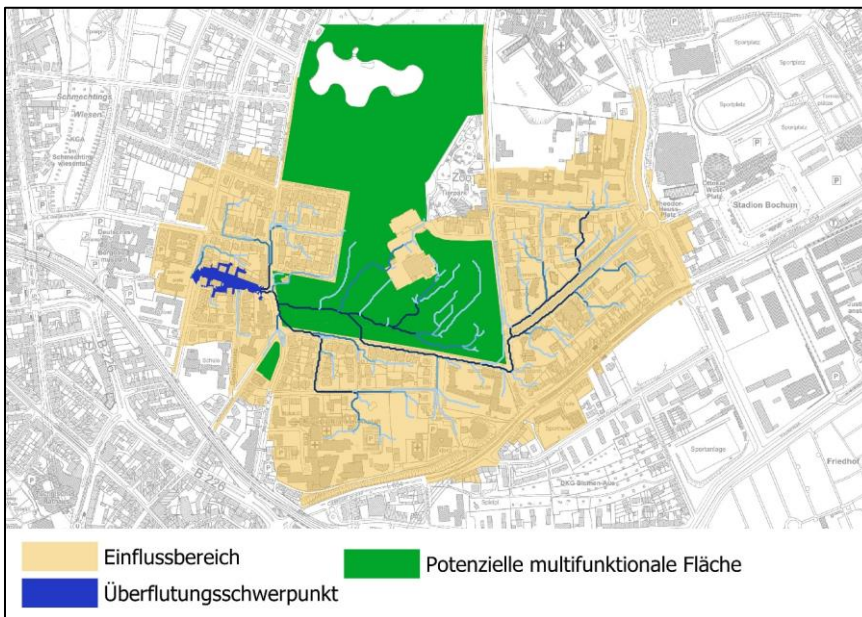


Abbildung 13: Potenzialflächen im maximalen Einflussbereich für die Implementierung multifunktionaler Flächen (Klimaresilienz-Check am Beispiel Bochum).

4.5 Wirkungsanalyse der GI-Maßnahmen

Um den Nutzen einer GI-Maßnahme zu bewerten, wird die Maßnahme in die Modelle integriert und die Rechenläufe der Modelle werden erneut durchgeführt.

Die Integration von Maßnahmen in die Modelle erfolgt durch die Anpassung von Modellparametern. So werden in der Wasserhaushaltsbilanzierung bspw. die Werte zur Verdunstung und Versickerung der Potenzialflächen bei Implementierung von GI aktualisiert. In der Überflutungsmodellierung erfolgt eine Anpassung der Geländehöhen und Anfangsverluste von Flächen, auf denen eine GI installiert wird.

Die Ergebnisse dieser Rechenläufe sind somit analog zur Modellierung des Status Quo die ermittelten Überflutungsschwerpunkte (Defizitflächen). Im Vergleich zum Status Quo ergibt sich eine Differenz in den Outputparametern der Überflutungsmodellierung. So reduzieren sich bspw. Überflutungsfläche, Einstautiefe oder Fließgeschwindigkeit. Ob und welche Parameter Veränderungen aufweisen, ist jeweils von der spezifischen GI-Maßnahme abhängig. Auch die Intensität des Starkregenereignisses kann einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis haben.

Die resultierende Abminderung der Auswirkungen des Starkregenereignisses ist auf die Wirkung der GI-Maßnahme zurückzuführen und entspricht somit dem Resultat der Wirkungsanalyse. Um die Veränderungen verschiedener Parameter differenziert zu berücksichtigen und gleichzeitig eine verständliche Darstellung zu ermöglichen, werden die Ergebnisse in Maßnahmensteckbriefen veranschaulicht und zusammengefasst.

5 Maßnahmensteckbriefe – Bewertung der GI

Die ausgewählten Maßnahmen sind in Form von Maßnahmensteckbriefen aufbereitet. Dabei fließen Ergebnisse der Literaturrecherche, der Überflutungs- und Wasserhaushaltsmodellierung sowie der Stakeholder-Befragungen mit in die Maßnahmenbewertung ein. Die ausgewählten Maßnahmen sind den Betrachtungsebenen Gebäude, Quartier und Verkehrsbereich zugeordnet.

Der Steckbrief gliedert sich in die vier Bereiche Beschreibung, Szenarien, Synergien und Maßnahmenbewertung. Der Bereich Beschreibung enthält technische und spezifische Charakteristika sowie eine Skizze. Über die Differenzierung in Form von drei Starkregen-Szenarien wird der allgemeine wasserwirtschaftliche Einfluss einer Maßnahme dargestellt. Starkregen entspricht dabei einem Ereignis mit einer Jährlichkeit von 10 – 30 Jahren, analog gelten für den intensiven Starkregen Jährlichkeiten von 30 – 50 Jahren und für den außergewöhnlichen Starkregen Jährlichkeiten von über 50 Jahren. Im Steckbrief erfolgt die farbliche Kennzeichnung für die Stufe, bei der die Maßnahme die größte Wirkung entfaltet. Der nachfolgende Bereich zeigt Synergieeffekte der Maßnahmen in Bezug auf verschiedene Klimawirkungen als auch weitere wasserwirtschaftliche und nicht-wasserwirtschaftliche Zusatzwirkungen der Maßnahme auf (z.B. Stützung der Biodiversität). Zuletzt ist die Maßnahme in Hinblick auf ihren Beitrag zum Überflutungsschutz, Einfluss auf den Wasserhaushalt und ihre sonstigen anwendungsrelevanten Kriterien bewertet. Der Einfluss auf den Wasserhaushalt wird hierbei anhand der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen und deren Aufteilung in die Bilanzgrößen Direktabfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung bewertet. Der Überflutungsschutz bezieht sich hingegen auf Starkregenereignisse mit Jährlichkeiten von 10 bis 100 Jahren. Die hierfür erforderlichen Informationen werden über die Modellierung geliefert.

6 Handlungsempfehlungen für die Umsetzung von GI-Maßnahmen

Die Umsetzung von GI-Maßnahmen ist eine gesellschaftliche Gemeinschaftsaufgabe und eine Querschnittsaktivität in der kommunalen Verwaltung. Fachliche Grundlagen, fachbereichsübergreifende Synergien und Konflikte sowie verwaltungstechnische Herausforderungen sind gleichermaßen zu berücksichtigen.

Für den Einstieg in die Umsetzung von GI-Maßnahmen lassen sich aus Erfahrungsberichten und Stakeholder-Befragungen einige allgemeine Handlungsempfehlungen formulieren.

- GI ist eine Querschnittsaktivität in der kommunalen Verwaltung und ist ämter- und fachbereichsübergreifend zu thematisieren. Als erster Schritt ist eine Analyse der Zuständigkeiten und Schnittstellen durchzuführen sowie eine Einbindung der relevanten Akteur:innen sicherzustellen.
- Potenzielle Redundanzen in den Zuständigkeiten verschiedener Planungsstellen sind im Vorfeld zu identifizieren.
- Da keine einheitliche Definition von GI existiert, ist zunächst das Verständnis der Akteur:innen sowie ihre Erwartungshaltung zu identifizieren.
- Die Instrumente der städtebaulichen Entwicklung sind bei der Planung und Umsetzung zu berücksichtigen (Bebauungsplan, Flächennutzungsplan, Abwasserbeseitigungskonzept etc.).
- Die Ziele in Leitbildern von Kommunen und Planungsstellen können sowohl Synergieeffekte als auch Zielkonflikte für den Einführungsprozess enthalten. Die vorhandenen und genutzten Instrumente jeder Planungsabteilung sind im Vorfeld zusammenzustellen und zu evaluieren.
- Fördermöglichkeiten können den kommunalen Haushalt entlasten. Hierbei ist das Aufwand-Nutzen-Verhältnis zu berücksichtigen. Förderanträge binden Personalkapazitäten und schränken ggf. Nutzungsmöglichkeiten der Flächen ein.
- Es ist sicherzustellen, dass bei der Kooperation von mehreren Stellen, wie auch bei der alleinigen Durchführung, eine Doppelförderung ausgeschlossen wird.
- Neben den Investitionskosten sind auch die Betriebskosten von GI zu berücksichtigen.
- Das häufig personengebundene Engagement zentraler Stellen ist im Vorfeld einer Umsetzung zu evaluieren, da es einen wesentlichen Treiber in der Planung und Umsetzung darstellt. Um einem Fachkräftemangel in Verwaltungen zu begegnen, ist die Teilung personeller Ressourcen durch gemeinsame Planung verschiedener Abteilungen zu prüfen.

- Schnittstellen bei der Planung von Maßnahmen sind frühzeitig zu identifizieren, um ihre Funktionsfähigkeit langfristig zu etablieren. Dies kann durch Tools zur amts- und sektorübergreifenden Bewertung von Klimawirkungen und Anpassungsmaßnahmen unterstützt werden.
- Im Planungsprozess empfiehlt sich der Einsatz von agilen, kleineren Sprint-Teams, die sowohl zu einer horizontalen und interdisziplinären Verknüpfung der Ämter untereinander führen können, aber auch ein Verantwortungsgefühl der Akteur:innen wecken (Verstärkung des Bottom-Up-Prozesses). Überkommunale, interaktiv gestaltete Austauschforen begünstigen die Findung dieser Teams und helfen bei der Entwicklung gemeinsamer Visionen und der Formulierung von selbstgesteckten Zielen.
- Für die Ermittlung von Defizit- und Potenzialflächen eignen sich Modelle zur Wasserhaushaltsbilanzierung und Überflutungsmodellierung. Für deren Verwendung ist ggf. auch externe Fachexpertise hinzuzuziehen.
- Kapazitäten zur Außendarstellung bieten Potenziale für den erfolgreichen Transfer in weitere Kommunen (Kaskadeneffekt, Leuchtturmprojekte).
- Zivilgesellschaftliche Organisationen wie bspw. Bürger:innen, Interessenvertretungen oder Kleingartenvereine können bei der Umsetzung komplexerer Projekte hilfreich sein. Projekte können u.a. auch kommunal angestoßen und dann bei Interesse privat weitergeführt werden, was einen nachhaltigen Erfolg häufig begünstigt.
- Vernetzung kann in Form von Präsentation und Vorträgen auf öffentlichen Veranstaltungen stattfinden, in Form von Arbeitskreisen, aber auch durch Städtepartnerschaften.

7 Literatur

adelphi; PRC – plan + risk consult; EURAC – Europäische Akademie (2015). Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Climate Change 24/2015, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, S. 689

ANTEROLA, J., et al. (2020). Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen - Ein Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen. Berlin, Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH.

BBSR (2018). Leitfaden Starkregen - Objektschutz und bauliche Vorsorge - Bürgerbroschüre. Bonn, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

BMUB (2015). Grün in der Stadt - Für eine lebenswerte Zukunft - Grünbuch Stadtgrün. Berlin, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB),.

DIN 4049 (1992). DIN 4049-1:1992-12 Hydrologie; Grundbegriffe. Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 18195-4 (2000). Abdichtungen gegen Bodenfeuchte (Kapillarwasser, Haftwasser) und nichtstauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden, Bemessung und Ausführung, Deutsches Institut für Normung e.V.

DWA-A 138 (2005). Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V..

DWA-M 119 (2016). Merkblatt DWA-M 119: Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen. Hennef, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

DWA-M 102-4 (2022). Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer - Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V..

DWD (2023). "Deutscher Wetterdienst - Wetterlexikon." Retrieved 26.04.2023, from <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101812&lv3=101906>.

EU (2014). Eine Grüne Infrastruktur für Europa. Belgien, EU Kommission.

HANSEN, R., et al. (2018). Grüne Infrastruktur im urbanen Raum: Grundlagen, Planung und Umsetzung in der integrierten Stadtentwicklung. Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben „Grüne Infrastruktur im urbanen Raum: Grundlagen, Planung und Umsetzung in der integrierten Stadtentwicklung“ (FKZ 3515 82 0800). Bonn, Bundesamt für Naturschutz,.

HENNINGER, S. and L. ALBERT (2021). "Urbane Klimaresilienz hat viele Farben." Real Corp 2021 Tagungsband.

IPCC (2021). Klimawandel 2021 - Naturwissenschaftliche Grundlagen - Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung - Beitrag von Arbeitsgruppe I zum 6. Sachstandsbericht des IPCC. Genf, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, WMO/UNEP).

MKULNV NRW (2016). Grüne Infrastruktur NRW - Erläuterungen zum Projektauftrag, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW,.

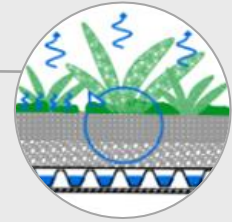
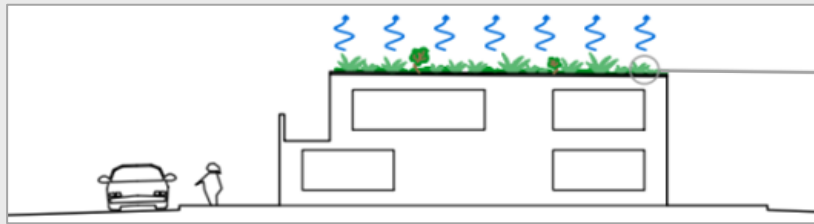
MULNV NRW (2018). Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement - Hochwasserrisikomanagementplanung in NRW. Düsseldorf, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

SCHWEDA, S. (2019). Forschungsprojekt Starkregen - Summary. Berlin, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.,.

UBA (2021). Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland - Teilbericht 3: Risiken und Anpassung im Cluster Wasser. Dessau-Roßlau.

Extensive Gründächer

Beschreibung



Extensive Gründächer können besonders gut bei Neu- und Umbaumaßnahmen von Gebäuden installiert werden. Hauptziel ist der Rückhalt von Niederschlagswasser auf den Dachflächen (ca. 30-60 % des Jahresniederschlags) und die Erhöhung der Verdunstungsleistung im städtischen Raum. Extensive Gründächer unterscheiden sich von intensiven Gründächern in ihrem dünneren Aufbau (5-15 cm Schichtaufbau) und geringeren wasserwirtschaftlichen Nutzungspotenzial.

Szenarien



Starkregen



Intensiver Starkregen



Außergewöhnlicher Starkregen

Synergien

Extensive Dachbegrünung wirkt sich durch ihre sogenannte **kleinklimatische Verdunstungskühlleistung** während Hitzeperioden positiv auf das Stadtklima aus. Zusätzlich trägt sie zu einem **verminderten Aufheizen des Gebäudes** bei, was besonders für hitzegefährdete Bevölkerungsgruppen zunehmend an Relevanz gewinnt. Darüber hinaus werden Treibhausgase und Schadstoffe gebunden, was langfristig zu einer **Qualitätsverbesserung von Luft und Wasser** beitragen kann.

Maßnahmenbewertung

Überflutungsschutz



Fließgeschwindigkeit



Retention



Fließwegumleitung

Wasserhaushalt



Direktabfluss



Grundwasserneubildung



Verdunstungsleistung

Sonstiges



Schnittstellentätigkeit
Gering



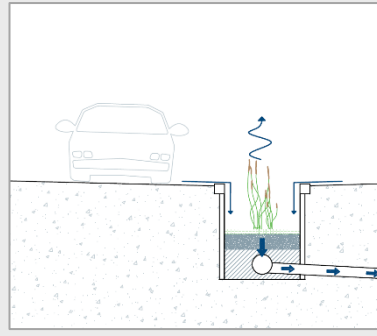
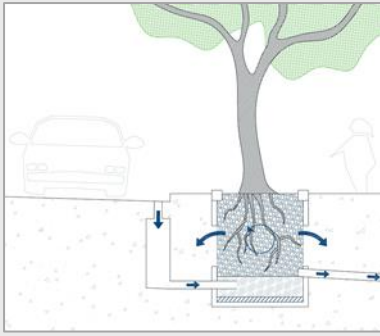
Unterhaltungsaufwand
Gering



Flächenbedarf
Gering

Beschreibung

Retentionstiefbeete und Baumrigolen



Retentionstiefbeete und Baumrigolen eignen sich gut für die Niederschlagsbewirtschaftung entlang von Straßen. Das Niederschlagswasser der anliegenden versiegelten Flächen fließt dem Rigolenkörper, der mit der gewählten Vegetation (z.B. Baum) bepflanzt ist, zu. Dieser ist mit einem bestimmten Substrat gefüllt, sodass das Niederschlagswasser zurückgehalten und gleichzeitig die Versorgung der Vegetation mit Wasser, Luft und Nährstoffen gewährleistet wird. Das gespeicherte Niederschlagswasser wird anschließend gedrosselt abgeleitet.

Szenarien



Starkregen



Intensiver Starkregen



Außergewöhnlicher Starkregen

Synergien

Retentionstiefbeete und Baumrigolen speichern temporär, versickern oder verdunsten das Niederschlagswasser. Dies kann sich positiv auf den **natürlichen Wasserkreislauf** und das **Mikroklima** auswirken. Zusätzlich kann die Implementierung an geeigneten Stellen einen **Schutz für Boden und Natur** darstellen, indem der Lebensraum für kleinere Pflanzen und Insekten gesichert wird.

Maßnahmenbewertung

Überflutungsschutz



Fließgeschwindigkeit



Retention



Fließwegumleitung

Wasserhaushalt



Direktabfluss



Grundwasserneubildung



Verdunstungsleistung

Sonstiges



Schnittstellentätigkeit
Mittel



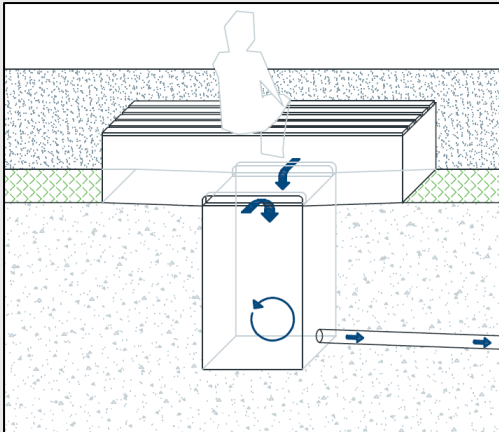
Unterhaltungsaufwand
Mittel



Flächenbedarf
Gering

Beschreibung

Retentionszisternen



Retentionszisternen bieten eine gute Möglichkeit, Niederschlagswasser zu speichern und für Bewässerungszwecke der umliegenden Vegetation zu nutzen. Zisternen sind unterirdisch angelegt, sodass die Oberfläche für andere Nutzungen zur Verfügung steht. Daher können sie gut entlang von Straßen und anderen versiegelten Flächen mit wenig Flächendargebot implementiert werden. Das eigentliche Rückhaltevolumen im Starkregenfall hängt von dem noch zu füllenden Volumen ab. Es bietet sich daher an, das gespeicherte Niederschlagswasser zeitnah gedrosselt abzuleiten und vor Niederschlagsereignissen einen geringen bis leeren Füllstand zu erreichen.

Szenarien



Starkregen



Intensiver Starkregen



Außergewöhnlicher Starkregen

Synergien

Das gespeicherte Niederschlagswasser in den Retentionszisternen kann für die **Bewässerung** von umliegender Vegetation genutzt werden. Der geringe Flächenbedarf und die Nutzungsmöglichkeiten der Fläche oberhalb der Zisternen erhöht die **Akzeptanz** und reduziert **Flächennutzungskonflikte**.

Maßnahmenbewertung

Überflutungsschutz



Fließgeschwindigkeit



Retention



Fließwegumleitung

Wasserhaushalt



Direktabfluss



Grundwasserneubildung



Verdunstungsleistung

Sonstiges



Schnittstellentätigkeit
Gering



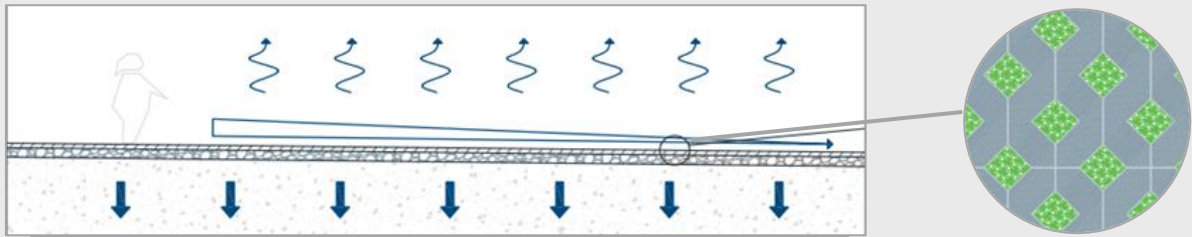
Unterhaltungsaufwand
Gering



Flächenbedarf
Gering

Entsiegelung

Beschreibung



Flächenentsiegelung zählt zu den wichtigen Maßnahmen zur Kompensation nicht-vermeidbarer Neuversiegelungen, aber auch zur Wiederherstellung eines naturnahen Boden- und Wasserhaushalts. Durch den Einsatz (teil)durchlässiger Bodenbeläge wird je nach Bodensättigung eine Abflussminderung bis zu einer vollständigen Versickerung erreicht. Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Entsiegelung ist ein stabiler Unterbau und eine mindestens genauso durchlässige, darunter liegende Bodenschicht, damit das Wasser ohne Rückstau versickern kann.

Szenarien



Starkregen



Intensiver Starkregen



Außergewöhnlicher Starkregen

Synergien

Die Reduzierung der Asphaltfläche und der zusätzlichen Begrünung in den Zwischenräumen sorgt für eine **geringere Aufheizung des Bodens**. Dies kann zu positiven **kleinklimatischen Veränderungen** beitragen. Zusätzlich kann die Implementierung an geeigneten Stellen einen **Schutz für Boden und Natur** darstellen, indem der Lebensraum für kleinere Pflanzen und Insekten gesichert wird.

Maßnahmenbewertung

Überflutungsschutz



Fließgeschwindigkeit



Retention



Fließwegumleitung

Wasserhaushalt



Direktabfluss



Grundwasserneubildung



Verdunstungsleistung

Sonstiges



Schnittstellentätigkeit
Gering



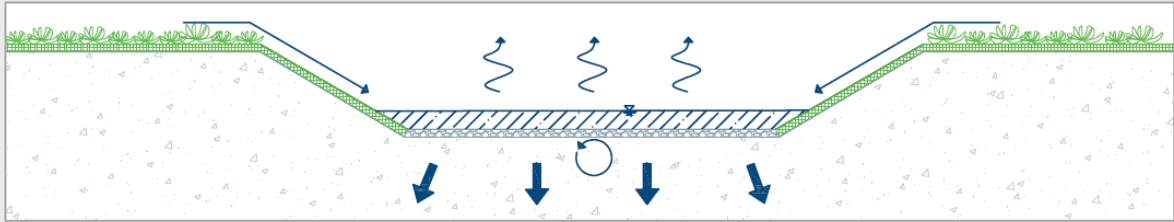
Unterhaltungsaufwand
Gering



Flächenbedarf
Gering

Mulden und Gräben

Beschreibung



Mulden und Gräben dienen dazu, Niederschlagsabflüsse benachbarter Flächen zu versickern und zu verdunsten. Die Größe der Versickerungsfläche hängt dabei von der Größe der angeschlossenen Flächen ab. Im Vergleich zu herkömmlichen, horizontalen Versickerungsflächen wird durch die Senke ein höheres Rückhaltevolumen erreicht. Dadurch kann auf kleinerer Fläche mehr Niederschlagswasser kurzweilig zwischengespeichert werden. Zusätzlich kann ein maßgeblicher Stoffrückhalt erreicht werden, wenn das Niederschlagswasser entsprechend angelegte Bodenschichten durchläuft.

Szenarien



Starkregen



Intensiver Starkregen



Außergewöhnlicher Starkregen

Synergien

Die hohen Verdunstungsraten bei noch gestauter Wasserfläche tragen zu einer **kleinklimatischen Abkühlung** bei. Dies trägt an Hitzetagen zu einer **Vulnerabilitätsminderung** bei. Zusätzlich wird der **natürliche Wasserkreislauf** durch Versickerung und Verdunstung gestützt.

Maßnahmenbewertung

Überflutungsschutz



Fließgeschwindigkeit



Retention



Fließwegumleitung

Wasserhaushalt



Direktabfluss



Grundwasserneubildung



Verdunstungsleistung

Sonstiges



Schnittstellentätigkeit
Hoch



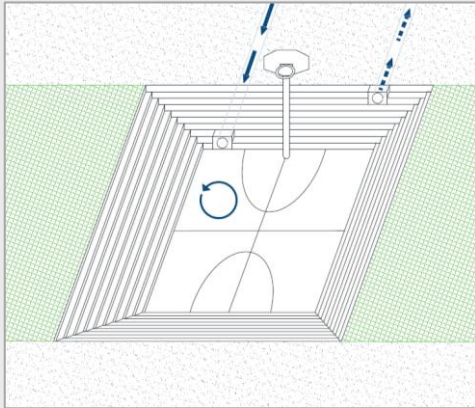
Unterhaltungsaufwand
Mittel



Flächenbedarf
Hoch

Beschreibung

Multifunktionale Flächen



Zentrale Retentionsbauwerke in Form von multifunktionalen Flächen sind in der Lage, Niederschlagsabflüsse gezielt zurückzuhalten. Sie reduzieren vor allem die Abflussspitzen. Bei der Dimensionierung und Verortung von multifunktionalen Flächen sind topographische und stadtstrukturelle Zusammenhänge entscheidend. Durch geschickte Oberflächengestaltungen können dafür öffentliche und größere Flächen wie u.a. Parks oder Marktplätze in Retentionsräume umfunktioniert werden. Je nach Flächendargebot können auf diese Art große Rückhaltevolumina generiert werden.

Szenarien



Starkregen



Intensiver Starkregen



Außergewöhnlicher Starkregen

Synergien

Die Verdunstung von gestautem Niederschlagswasser kann sich positiv auf das **Stadtklima** auswirken. An Hitzetage kann die Verdunstungskühlleistung zur **Minderung der Vulnerabilität** beitragen. Der dauerhafte Bewuchs der multifunktionalen Fläche kann die **lokale Biodiversität** stützen und den städtischen **Grünvolumenanteil erhöhen**. Dies bietet auch **Lebensraum für Insekten und Kleintiere**.

Maßnahmenbewertung

Überflutungsschutz



Fließgeschwindigkeit



Retention



Fließwegumleitung

Wasserhaushalt



Direktabfluss



Grundwasserneubildung



Verdunstungsleistung

Sonstiges



Schnittstellentätigkeit
Hoch



Unterhaltungsaufwand
Hoch



Flächenbedarf
Hoch