

# Wassersensible Stadt- und Freiraumplanung

## Handlungsstrategien und Maßnahmenkonzepte zur Anpassung an Klimatrends und Extremwetter

Lisa Deister, Fabian Brenne, Antje Stokman, Malte Henrichs,  
Michael Jeskulke, Holger Hoppe, Mathias Uhl

SAMUWA - Publikation  
Dezember 2016

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**NaWaM**  
Nachhaltiges Wassermanagement



**INIS**

# Herausgeber / Impressum

Wassersensible Stadt- und Freiraumplanung - Handlungsstrategien und Maßnahmenkonzepte zur Anpassung an Klimatrends und Extremwetter

Ergebnisbericht des Teilprojekts C.1 - Freiraumplanerische Gestaltungsstrategien zur Regenwasserbewirtschaftung und Überflutungsvorsorge im Verbundprojekt der BMBF-INIS Fördermaßnahme „Die Stadt als hydrologisches System im Wandel - Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts“ (SAMUWA).

## **Herausgeber**

Universität Stuttgart  
Institut für Landschaftsplanung und Ökologie  
Prof. Antje Stokman  
Keplerstraße 11  
70174 Stuttgart  
<http://www.ilpoe.uni-stuttgart.de/>

## **Projektleitung und Redaktion**

Prof. Antje Stokman, Dipl.-Ing.

## **Stand**

Dezember 2016

Alle Rechte vorbehalten. Veröffentlichung von Teilen dieser Publikation bedarf der Zustimmung des Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Fakultät für Architektur und Stadtplanung, Universität Stuttgart.

## **Danksagung**

Ein besonderer Dank gilt Yassmin Al-Khasawneh, Maryia Nesheva, Cecilia Chiesa, Eva Sule, Christoph Penning-Roth und Thomas Hain, die das Teilprojekt als studentische Hilfskräfte am Institut für Landschaftsplanung und Ökologie bzw. durch ihre inspirierenden Abschlussarbeiten unterstützt haben. Weiterhin möchten wir uns bei den Mitarbeitern der Städte Wuppertal und Gelsenkirchen sowie der Abwassergesellschaft Gelsenkirchen mbH Gelsenkanal für ihre kontinuierliche Verfügbarkeit bei Fragen und die Datenbeschaffung bedanken.

# Zusammenfassung

Mit dem voranschreitenden Klimawandel (IPCC 2014) werden die schon heute beobachteten Starkregenereignisse, Hitzewellen und Trockenperioden insbesondere die Städte vor neue Herausforderungen stellen. Die zeitgleich zunehmende Urbanisierung und der damit verbundene Anstieg der versiegelten Flächen beeinflusst den Wasserhaushalt und das Abflussregime in den Städten zusätzlich negativ. Damit schwindet die Lebensqualität in einem Großteil der Städte durch häufigere Überflutungsereignisse, sich verschlechterndes Stadtklima, schlechtere Luftqualität sowie fehlender Rückzugsmöglichkeiten ins Grüne. Die Disziplinen der Siedlungswasserwirtschaft und der Stadt- und Freiraumplanung haben im Laufe der Zeit ihre individuellen Herangehensweisen und Instrumente entwickelt, um die genannten Probleme im Einzelfall anzugehen. Um den zukünftigen Veränderungsprozessen (Klimawandel, Demographie,...) und Herausforderungen (Flächenknappheit,...) effizient zu begegnen, ist eine wassersensible Stadtentwicklung mit multifunktionalen Flächennutzungen erforderlich. Dazu bedarf es der Entwicklung integrierter Planungsmethoden, die gesamtstädtische und teilräumliche Überflutungs- und Hitzevorsorgekonzepte mit den verschiedenen Planungsebenen der Stadt-, Verkehrs- und Landschaftsplanung verzahnen (vgl. Stokman 2013, Stokman et al. 2015, Skinner 2016). Ziel muss also sein, die Herangehensweisen, Instrumente, Modelle und Planungswerkzeuge der beteiligten Disziplinen aufeinander abzustimmen und einander zugänglich zu machen.

## Vorgehensmodell für eine interdisziplinäre Zusammenarbeit

Der vorliegende Leitfaden ist das Produkt des Teilprojekts C.1 „Freiraumplanerische Gestaltungsstrategien“ des BMBF-Forschungsprojekts „Die Stadt als hydrologisches System im Wandel – Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts“ (SAMUWA). Er soll einen Prozess zur Erstellung eines „Wasserplans“ als Leitbild einer wasserbezogenen Stadtentwicklung aufzeigen, der die Zusammenarbeit der oben genannten Disziplinen ermöglicht. Dabei wird je nach Ausgangssituation das siedlungswasserwirtschaftliche Simulationstool WABILA (Fokus auf eine ausgeglichene Wasserbilanz) oder DYNA/ GeoCPM (++) Systems (Fokus Überflutungsvorsorge) für die Entwicklung integrierter Strategien und konkreter Maßnahmenkonzepte genutzt.

Das Wasserbilanzmodell WABILA ermöglicht eine vereinfachte Bilanzierung des urbanen Wasserhaushalts. Durch den Vergleich der mittleren Jahreswerte des Oberflächenabflusses, der Grundwasserneubildung und der Verdunstung des bebauten Zustands mit denen des unbebauten Zustands können Defizite im Wasserhaushalt identifiziert und konkrete Maßnahmen des Regenwassermanagements geplant werden. Derart entwickelte Maßnahmen berücksichtigen, wie im aktuellen DWA-A 102 (2016) gefordert (vgl. Henrichs et al. 2016) den lokalen, natürlichen Wasserhaushalt mit seinem jeweils lokalspezifischen Verhältnis zwischen den Hauptkomponenten Abfluss, Versickerung und Verdunstung.

Mit Hilfe des Programmsystems DYNA/ GeoCPM lassen sich bidirektional gekoppelte 1D/ 2D Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodelle aufbauen, mit denen Fließwege, Fließgeschwindigkeiten und die Ausbreitung von Starkregenabflüssen berechnen werden können (Gefährdungspotenzial). Durch die anschließende Überlagerung der ermittelten Gefährdungszonen mit Flächen- und Gebäudenutzungen sowie Infrastruktureinrichtungen (Schadenspotenzial) können die Auswirkungen von Überflutungen und damit das jeweils bestehende Risikopotential unterschiedlicher Stadträume ermittelt werden (vgl. BWK/ DWA 2013).

Die jeweiligen siedlungswasserwirtschaftlichen Ergebnisse werden mit einem wasserbezogenen städtebaulichen Leitbild (dem Wasserplan) überlagert. Das Leitbild schlägt eine grundlegende städtebauliche Entwicklungsrichtung vor und berücksichtigt dabei bereits räumliche Potentiale für die Regenwasserbewirtschaftung bzw. Überflutungsvorsorge in Verbindung mit dem städtischen Freiraumsystem im Sinne einer integrierten Gesamtkonzeption. Darüber hinaus bezieht es weitere Anforderungen und Aspekte wie z. B. Überflutungshotspots, Hitzeinseln, Lärm und Luftqualität ein.

Disziplinübergreifend werden aus der Überlagerung der wasserwirtschaftlichen und stadträumlichen Betrachtung resultierende Fokusgebiete als prioritäre Handlungsräume für die Maßnahmenplanung diskutiert und festgelegt. Dabei spielt eine Akkumulation von Handlungsbedarfen der einzelnen Fachplanungen eine Rolle, um möglichst große Synergieeffekte ausnutzen zu können. Für die Fokusgebiete können im Zusammenspiel von räumlichen Gestaltungskonzepten und deren Simulation/Überprüfung durch die siedlungswasserwirtschaftlichen Werkzeuge multifunktionale Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte entworfen und iterativ optimiert werden.

Den beiden Vorgehensmodellen inhärent ist eine andere Lesart der Stadt, die darauf abzielt, die Landschaft mit ihrem natürlichen Wasserhaushalt und der naturräumlichen Ordnung als „Gesetz“ der Stadtentwicklung zu betrachten, wie schon Walter Rossow es forderte (Daldrop-Weidmann 1991). Ermöglicht wird dies durch ein koordiniertes Vorgehen und einen abgestimmten Austausch von Informationen, Daten, Entwürfen und Simulationsergebnissen, sowie einer gemeinsamen Maßnahmenplanung an der interdisziplinären Schnittstelle zwischen Siedlungswasserwirtschaft und Stadt- und Freiraumplanung. Das fünf Schritte umfassende, übertragbare Vorgehensmodell wird bezogen auf zwei Modellgebiete in Gelsenkirchen und Wuppertal angewendet und die Methodik detailliert beschrieben und illustriert.

# Inhalt

## Zusammenfassung 03

---

### 1. Einführung 08

---

- Anlass und Zielsetzung 09
- Hintergrund 10
- Wassersensible Stadtgestaltung als Lösungsansatz 11

### 2. Exkurs in die Grundlagen der wassersensiblen Stadtgestaltung 13

---

- Der urbane Wasserhaushalt 14
- Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung 16
- Verdunstung und Stadtklima 18
- Starkregen und urbane Sturzfluten 19
- Multifunktionale Flächennutzung 24

### 3. Wassersensible Stadtgestaltung - Wie funktioniert das? 26

---

#### 3.1 Methoden und Werkzeuge 27

- Wasserhaushaltsbilanzierung zur Berücksichtigung einer ausgeglichenen Wasserbilanz 27
- Überflutungsgefährdungs-, Schadens- und Risikopotentialanalyse 32
- Wasserbezogenes städtebauliches Leitbild und integrierte Maßnahmenkonzepte 39

#### 3.2 Interdisziplinärer Planungsprozess 42

- Das Vorgehensmodell 44

### 4. Anwendung des Vorgehensmodells mit Fokus naturnaher Wasserhaushalt - Fallbeispiel Gelsenkirchen 45

---

#### 4.1 Kontext 46

#### 4.2 Anwendung des Vorgehensmodells 47

- Schritt 1: Verständnis der Verflechtungszusammenhänge zwischen Wasserinfrastruktursystemen, Stadträumen und Gewässern 48
- Schritt 2: Wasserwirtschaftliche Analyse: Bilanzierung des urbanen Wasserhaushalts 51
- Schritt 3: Entwicklung eines wasserbezogenen städtebaulichen Leitbilds 53
- Schritt 4: Transformations- und Aufmerksamkeitsräume identifizieren 56
- Schritt 5: Entwicklung integrierter Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte 57

#### 4.3 Zusammenfassung und Fazit 76

<b>5. Anwendung des Vorgehensmodells mit Fokus Überflutungsvorsorge - Fallbeispiel Wuppertal</b>	<b>77</b>
<b>5.1 Kontext</b>	78
<b>5.2 Anwendung des Vorgehensmodells</b>	79
• Schritt 1: Verständnis der Verflechtungszusammenhänge zwischen Wasserinfrastruktursystemen, Stadträumen und Gewässern	80
• Schritt 2: Wasserwirtschaftliche Analyse: Gefährdungs-, Schadens- und Risikoanalyse	84
• Schritt 3: Entwicklung eines wasserbezogenen städtebaulichen Leitbilds	90
• Schritt 4: Transformations- und Aufmerksamkeitsräume identifizieren	94
• Schritt 5: Entwicklung integrierter Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte	96
<b>5.3 Zusammenfassung und Fazit</b>	121
<b>6. Fazit und Ausblick</b>	<b>122</b>
<b>7. Anhang</b>	<b>125</b>
• Abbildungsverzeichnis	
• Tabellenverzeichnis	
• Literaturverzeichnis	
• Beteiligte Projektpartner	

# 1. Einführung

# Anlass und Zielsetzung

Der vorliegende Leitfaden entstand im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens SAMUWA (Die Stadt als hydrologisches System im Wandel - Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts), welches von Juli 2013 bis September 2016 im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung“ (BMBF-INIS) gefördert wurde.

Hintergrund des Gesamtprojektes SAMUWA ist die Erkenntnis, dass die städtische Wasserinfrastruktur zukünftig einem Wandel der stadthydrologischen Randbedingungen ausgesetzt sein wird. Globale Trends wie der Klimawandel und demografische Veränderungen werden von stadtspezifischen Entwicklungen überlagert, wie zum Beispiel zu- oder abnehmende Bevölkerungszahlen, steigender Anspruch an Wohnfläche, sinkender Wasserverbrauch pro Haushalt. Für die Siedlungsentwässerung sind diese Veränderungen von besonderer Bedeutung, da sie derzeit auf statische und unflexible Systeme treffen. Im Vorhaben SAMUWA werden die bestehenden Systeme überdacht und es werden Wege aufgezeigt, die Planung und den Betrieb von Entwässerungssystemen zu einem anpassungsfähigen dynamischen Management zu führen. Dazu werden verschiedene planerische Instrumente, IT-Werkzeuge und organisatorische Prozesse weiterentwickelt. Umsetzung und Anwendung der Ergebnisse werden an vier Pilotgebieten erprobt und demonstriert, die jeweils sehr unterschiedliche entwässerungstechnische, topografische, geologische und stadträumliche Randbedingungen aufweisen.

Im Rahmen des Teilprojekts C.1 „Freiraumplanerische Gestaltungsstrategien“ wurde eine konkrete und übertragbare Methode zur Verknüpfung wasserwirtschaftlicher Strategien und Werkzeuge mit städtebaulich-freiraumplanerischen Entwurfsstrategien und Gestaltungsansätzen zum Umgang mit oberirdischen Abflüssen entwickelt. Diese wurde auf zwei Modellgebiete in Wuppertal und in Gelsenkirchen angewendet, getestet, konkretisiert und anhand von fünf Schritten in dem hier vorliegenden Leitfaden beschrieben, illustriert und aufbereitet. Die Methode basiert auf einer Verknüpfung von freiraumplanerischen Gestaltungsstrategien und -maßnahmen mit gekoppelten Simulationswerkzeugen: der Kanalnetz-/ Oberflächenberech-

nung (DYNA®-GeoCPM®) zur Simulation von Überflutungen und dem in Teilprojekt C.3 entwickelten Wasserbilanzmodells WABILA zur Bilanzierung des urbanen Wasserhaushalts. Das Teilprojekt und der vorliegende Leitfaden wurden in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern der Dr. Pecher AG in Erkrath, des Instituts für Wasser-Ressourcen-Umwelt der Fachhochschule Münster, der Wuppertaler Stadtwerke Energie & Wasser AG und der Emschergenossenschaft/Lippeverband erarbeitet. Das gesamte Verbundvorhaben wurde vom Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart koordiniert.

Der Leitfaden stellt das Ergebnis des Teilprojekts C.1 „Freiraumplanerische Gestaltungsstrategien“ dar und richtet sich an kommunale Fachbehörden der Stadtentwässerung, Stadt- und Landschaftsplanung sowie an mit entsprechenden Planungen betraute private Ingenieur-/ Planungsbüros der Wasserwirtschaft sowie Stadt- und Freiraumplanung.

## ANALYSE DER TREIBER

### A. Zukunft befragen

- A.1 Szenarien der Stadt und Infrastrukturentwicklung
- A.2 Stochastischer Niederschlagsgenerator

## TECHNISCHE MAßNAHMEN/ PLANERISCHE LÖSUNGEN

### B. Bestand verbessern

- B.1 Qualitätsabh. Steuerung
- B.2 Prototyp integr. Steuerung
- B.3 Systemoptimierung
- B.4 Messdatenmanagement
- B.5 Vereinfachter Simulator

### C. Zukunft planen

- C.1 Freiraumgestaltung**
- C.2 Wasserbilanzmodell
- C.3 Potentialanalyse
- C.4 Regenwasserbewirtschaftung
- C.4 Fremd- und Grundwasserbewirtschaftung

## ENTWICKLUNG VON PROZESSEN UND STRUKTUREN

### D. Hemnisse überwinden

- D.1 Zentrales Informationsportal
- D.2 Modul- und Stufenkonzepte
- D.3 Integrierte, partizipative Planung

## GANZHEITLICHE LÖSUNG

**Anpassungsfähiges Management  
des urbanen Wasserhaushalts**

Abb. 01 Übersicht über die Teilprojekte des BMBF-Forschungsprojektes SAMUWA und Verortung des Teilprojekts C.1 „Freiraumplanerische Gestaltungsstrategien“



# Hintergrund

Das Erscheinungsbild und die Struktur von Stadtlandschaften werden seit jeher vom Zusammenspiel von natürlichem Wasserhaushalt, menschlichen Techniken des Regenwassermanagements und den dadurch gegebenen Möglichkeiten der Raumnutzung und Stadtgestaltung geprägt. Dabei stand schon immer das Ziel im Vordergrund, Menschen vor Hochwasser zu schützen und das Wasser trotz einer zunehmenden Ausdehnung und Verdichtung städtischer Raumnutzungen gefahrlos aus der Stadt abzuführen. Die fortwährende Optimierung großräumiger Netze und Anlagen der technischen Entwässerungssysteme haben das enge Zusammenleben einer großen Zahl von Menschen überhaupt erst ermöglicht – und insofern maßgeblich das Zeitalter der urbanen Landschaften befördert, in dem seit diesem Jahr erstmals die Mehrheit der Menschheit weltweit in urbanen Agglomerationen lebt.

Bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts bestand die Tradition, die Gestaltung der Wasserinfrastruktursysteme auf der übergeordnet-konzeptionellen Ebene an den Anfang der Landschafts- und Stadtgestaltung zu stellen. So wurden die Entwässerungssysteme mit großer Sensibilität für die landschaftlichen Gegebenheiten entwickelt und in die Stadtplanung integriert: Der Ingenieur James Hobrecht entwarf beispielsweise auf der Grundlage des von ihm konzipierten, an der Topografie orientierten Stadtentwässerungssystems den berühmten ersten perspektivischen Bebauungsplan für Berlin („Hobrecht-Plan“ von 1862). Für die aktuelle Urbanität ist jedoch kennzeichnend, dass die Disziplinen der Wasserwirtschaft und Stadtplanung sich voneinander entfernt und sich die Besiedlung wie auch die Bewirtschaftung des Wassers in der Stadt zunehmend von den natürlichen topografischen und hydrologischen Verhältnissen abgelöst haben. Es dominiert ein Verständnis, in dem sich der gestalterische Umgang mit Wasser weitestgehend auf die Inszenierung von Wasser in Parks und Stadträumen beschränkt, während die infrastrukturelle Dimension des Wassers sich vor allem im Untergrund abspielt und als gestalterischer Bestandteil von Stadt- und Freiräumen ignoriert wird.

Die neuen Herausforderungen zu Beginn des 21. Jahrhunderts erfordern neue Ideen und strategische Ansätze zur Integration von Wasserwirtschaft und Stadtplanung. Beschleunigte



Abb. 02 Starkregenereignis in Münster, 29.07.2014 (Teigelmeister 2014)



Abb. 03 Hoch versiegelter Stadtraum, Berlin Friedrichstraße (Brenne 2016)

Urbanisierung, Nachverdichtung und belastete Haushaltsbudgets erhöhen zunehmend den Druck auf das städtische Grün und urbane Wasserräume. Dabei verursachen die auf Ableitung ausgelegten Entwässerungssysteme angesichts der wachsenden versiegelten Flächen nicht nur höhere Abflussspitzen und -volumen, sondern reduzieren gleichzeitig auch die Grundwasserneubildung und Verdunstung. Deshalb führen zunehmende Extremwetterereignisse zu Überlastungen bestehender Regenwasserinfrastruktur und zu Überflutungen, während zunehmende Hitzewellen neue Anforderungen an die Bewässerung, Kühlung und Durchlüftung der stark versiegelten, überhitzten Städte stellen. Es ist also an der Zeit, die Schnittstellen zwischen der Gestaltung der räumlichen Entwicklung und der Stadtentwässerung neu zu denken. Gesucht werden realisierbare und integrierte Lösungen für die wasserbezogenen Herausforderungen von urbanen Landschaften

# Wassersensible Stadtgestaltung als Lösungsansatz

ten angesichts Klimawandel und zunehmender Extremwetterereignisse. Ziel muss dabei sein, ökonomisch und ökologisch effiziente Anpassungsmaßnahmen der urbanen Infrastruktur an den natürlichen Wasserhaushalt und die sich ändernde Niederschlagscharakteristik zu entwickeln. Für den Städtebau und die Landschaftsarchitektur eröffnen sich dabei besondere Möglichkeiten, da neben flexibleren unterirdischen Systemen Lösungen für den Umgang mit dem Regenwasser auf der Oberfläche der Stadt viel stärker als bisher entwickelt und umgesetzt werden müssen.

Unter dem Begriff der „wassersensiblen Stadtgestaltung“ (engl.: „Water Sensitive Urban Design“) wird seit mehreren Jahren ein internationaler Ansatz diskutiert und erprobt, der die genannten Problematiken aufgreift und in einer integrierten Weise zu lösen versucht. In diesem Sinne verfolgen mittlerweile einige Städte einen Ansatz in ihrer Stadtentwicklung, in dem wasserwirtschaftliche, hydrologische, stadtplanerische, landschaftsarchitektonische und gewässerökologische Aspekte unter dem Begriff der „wassersensiblen Stadtgestaltung“ miteinander verbunden werden (Hoyer et al. 2011). Damit wird der deutsche Ansatz der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, der sich vor allem auf technische, ökologische und gestalterische Aspekte bezieht, auf die

strategische Ebene der Stadtentwicklung ausgeweitet und mit großräumig-planerischen Fragen der Stadtentwicklung verknüpft.

Die dezentrale Bewirtschaftung des Regenwassers nicht nur im Untergrund, sondern vor allem auch auf den Oberflächen der Stadt (Schwammstadtprinzip), ist ein wesentliches Ziel der wassersensiblen Stadtentwicklung. Zahlreiche Modellprojekte, sowohl im Neubau als auch im Bestand, haben die Praktikabilität und Effektivität einer Vielzahl von Maßnahmen zur Rückführung der Niederschlagsabflüsse in den Wasserkreislauf direkt vor Ort gezeigt. Dabei lag der Fokus vor allem auf der Versickerung des Regenwassers, welche mittlerweile in vielen Städten und Bundesländern und auch im internationalen Kontext als Standardverfahren rechtlich verankert wurde.

Angesichts zunehmender Extremwetterereignisse rücken jedoch nun zwei neue Handlungsfelder der wassersensiblen Stadtentwicklung in den Vordergrund, in denen es noch keine etablierten Verfahren gibt: das Handlungsfeld naturnaher Wasserhaushalt und das Handlungsfeld Überflutungsvorsorge.

In der bisherigen Planungspraxis hat der Wasserhaushalt eines Gebietes so gut wie keine Bedeutung, obwohl die weitgehende Ableitung und Versickerung von Niederschlagsabflüssen massive

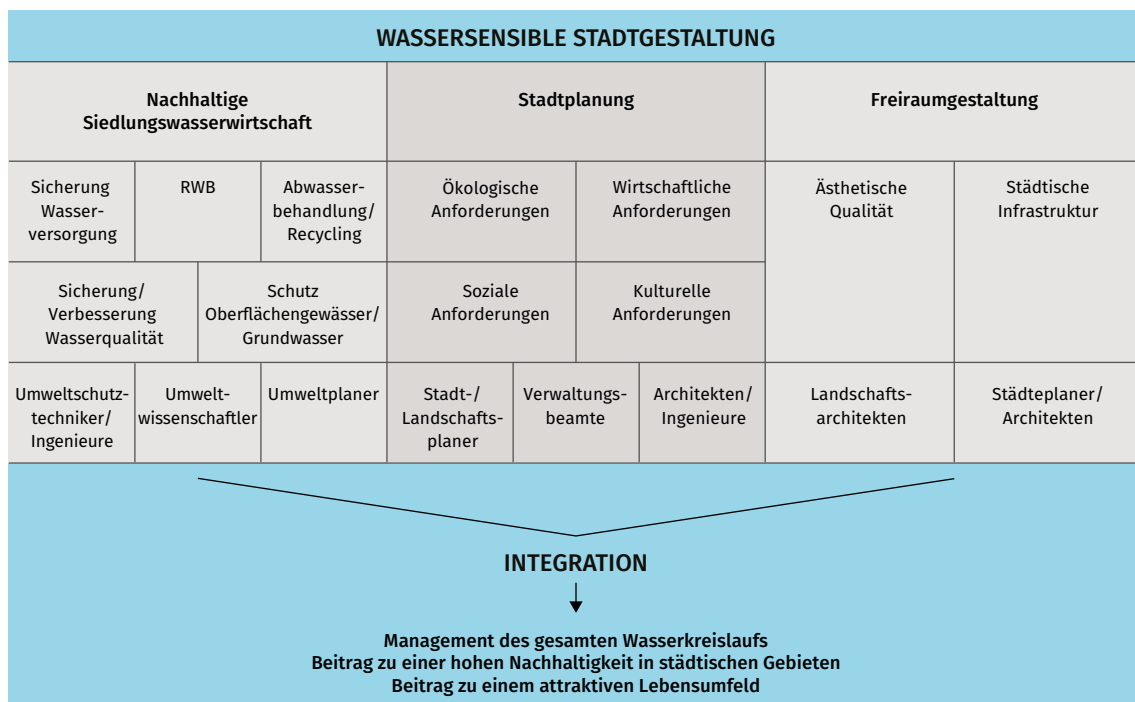


Abb. 04 Komponenten und involvierte Disziplinen der wassersensiblen Stadtgestaltung (eigene Darstellung nach Hoyer et al. 2011:14)

Auswirkungen auf die Wasserbilanz eines Einzugsgebietes hat. Zukünftig wird die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung sich daran messen lassen müssen, inwieweit sie das jeweils lokal-spezifische Verhältnis zwischen Versickerung, Verdunstung und Ableitung des Einzugsgebietes berücksichtigt und den natürlichen Wasserhaushalt durch siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen möglichst wenig verändert – was nicht unbedingt bedeutet möglichst viel Wasser zu versickern. Insbesondere der bisher massiv unterbewerteten Komponente der Verdunstung kommt angesichts der zunehmenden Überhitzung von Städten im Klimawandel eine besondere Bedeutung zu.

Der Überflutungsvorsorge kommt angesichts zunehmender Starkregenereignissen eine neue Bedeutung zu, die sich alleine mit dem unterirdischen Ableitungsprinzip nicht mehr lösen lässt: Zu heftiger Regen und zu viel Wasser kann nicht mehr von der Kanalisation aufgenommen werden und zu erheblichen Überflutungen und Schäden führen. Das daraus resultierende Schadenspotenzial wird im Zuge des Klimawandels und gleichzeitig stattfindender Wachstums- und Nachverdichtungsprozesse weiter zunehmen. Da eine Dimensionierung der Kanalisation im Hinblick auf extreme Starkregenabflüsse nicht wirtschaftlich ist, können extreme Starkregenabflüsse nur auf den Oberflächen der Stadt abgeleitet und zurückgehalten werden. Diese müssen deshalb so gestaltet werden, dass sie einen kontrollierten Abfluss ermöglichen, um Schäden zu minimieren.



Abb. 05 Trockenheit und Überhitzung in Stuttgart, 04.08.2015 (Deister 2015)

Ziel beider Handlungsfelder ist das Ausschöpfen von Synergien: Gestaltete Infrastruktur soll im Sinne einer multifunktionalen Flächennutzung einen Beitrag zu einer lebenswerteren Stadt leisten. Das ökologische Ziel des naturnahen Wasserhaushalts verbindet sich mit den Zielen der Klimaanpassung durch eine Reduzierung von Überflutungen und die Erhöhung der kühlenden Verdunstung in der Stadt. Finanzielle Synergien ergeben sich durch die Bündelung verschiedener Handlungsbedarfe, die ggf. auch über die der Siedlungswasserwirtschaft und Stadt- und Freiraumplanung hinausgehen. Um diese Synergien zu ermöglichen, ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit unabdingbar, um die Ansprüche der Siedlungswasserwirtschaft und der Stadt- und Freiraumplanung zu vereinen.

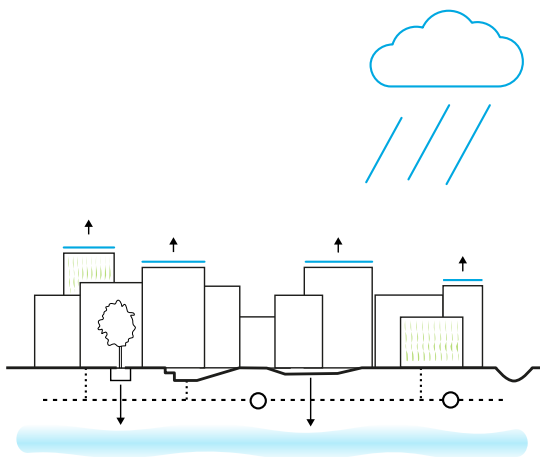


Abb. 06 Handlungsfeld naturnaher Wasserhaushalt (ILPÖ 2014)

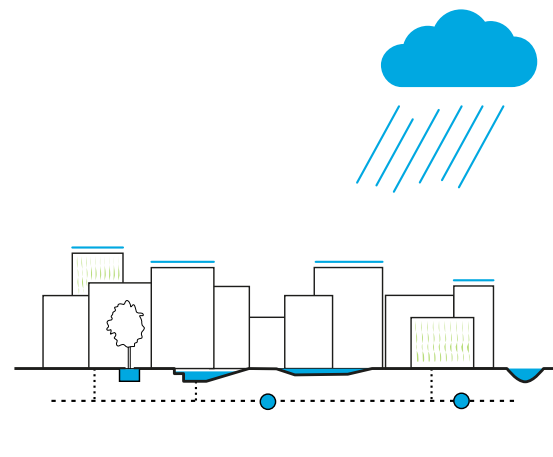


Abb. 07 Handlungsfeld Überflutungsmanagement (ILPÖ 2014)

## 2. Exkurs in die Grundlagen der wassersensiblen Stadtgestaltung

# Der urbane Wasserhaushalt

Der Wasserhaushalt eines Gebiets hängt insbesondere von der Niederschlagscharakteristik, den vorherrschenden Bodenverhältnissen und der Vegetation ab. Im städtischen Kontext beeinflusst der Grad der Versiegelung sowie die Oberflächenbeschaffenheit den urbanen Wasserhaushalt zusätzlich stark. Geiger und Dreiseitl (2001) beschreiben den Wasserhaushalt von unbebauten und bebauten Flächen folgendermaßen:

„Bei Regen oder anderen Niederschlägen werden auf den mit Vegetation bedeckten Flächen Pflanzen und Bodenoberflächen benetzt. Je nach Art und Wassergehalt des Bodens wird Wasser vom Boden aufgenommen. Überschüssiges sammelt sich in Mulden und kommt schließlich bei ausreichendem Gefälle zum Abfluss. Gleichzeitig verdunstet Wasser direkt von den Oberflächen des Bodens und der Pflanzen sowie über die Transpiration der Pflanzen. Hat sich ausreichend Wasser in der oberen Bodenschicht angesammelt, dringt es unter der Wirkung der Schwerkraft in tiefere Bodenschichten und schließlich ins Grundwasser (Durchsickerung). Regen kommt also bei unbefestigten und mit Vegetation bedeckten Flächen, wenn überhaupt, nur verzögert zum Abfluss. [...] Auch befestigte und versiegelte Flächen werden bei Regen zunächst benetzt. Dann werden Mulden gefüllt. Im Verhältnis zu natürlichen und mit Vegetation bedeckten Flächen haben diese geringere Verdunstung und kleinere Speicherkapazität und führen schnell zum Abfluss.“ (Geiger und Dreiseitl 2001: 2) Die extremen Unterschiede im Abflussverhalten unterschiedlicher Flächen werden auch in Abb. 8 deutlich.

Durch eine stetig zunehmende Urbanisierung und damit einhergehenden Versiegelung wird der Wasserhaushalt gegenüber dem natürlichen System mehr und mehr verändert. Das natürliche System weist eine deutlich höhere Robustheit bzw. Resilienz gegenüber Veränderungen, wie z. B. dem Klimawandel, auf, als ein bebautes Gebiet. Daher wird der Wasserhaushalt des natürlichen Systems heute als Zielgröße für den Wasserhaushalt eines bebauten Gebietes angesehen (vgl. z. B. BWK M3 2007, DWA 102 2016a). Im DWA-Arbeitsblatt „Leitlinien der Integralen Siedlungsentwässerung“ (DWA 2006a) wird gemäß dem Gebot der Nachhaltigkeit eine möglichst geringe Beeinträchtigung des lokalen Was-

serhaushalts als übergeordnetes Ziel formuliert. Dies bedeutet, dass die Hauptkomponenten Abfluss, Versickerung und Verdunstung in ihrem Verhältnis möglichst dem naturnahen Zustand entsprechen sollen, der lokalspezifisch sehr variieren kann (siehe Abb. 9).

Die Ausprägung der einzelnen Komponenten Direktabfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung kann mithilfe von Wasserbilanzmodellen aufgezeigt werden. Um die Wasserbilanz eines unbebauten Gebietes abzubilden, wird die mittlere korrigierte jährliche Niederschlagshöhe ( $P_{\text{korr}}$ ) in die Hauptkomponenten Direktabfluss ( $R_D$ ), Grundwasserneubildung (GWN) und tatsächliche Evapotranspiration ( $ET_a$ ) aufgeteilt. Die Wasserhaushaltsgleichung lautet somit:

$$P_{\text{korr}} = R_D + GWN + ET_a$$

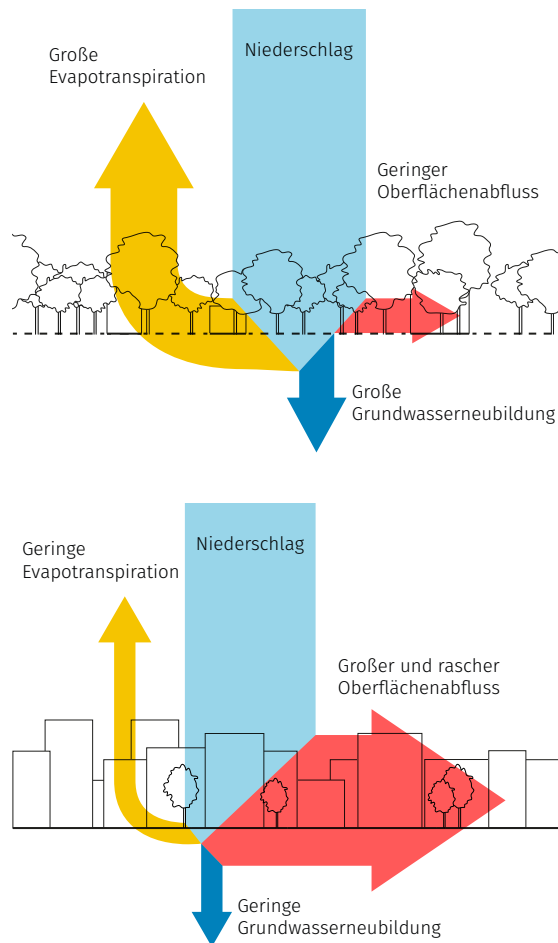


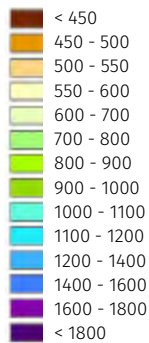
Abb. 08 Versickerungs-, Verdunstungs- und Abflussverhältnisse im natürlichen (oben) und urbanen (unten) Kontext (ILPÖ 2016)

● Einzugsgebiet  
**Niederschlagshöhe\_Pkorr**

Res: 1:52213,436

Cell size: 622,344

**Korrigierte Niederschlagshöhe in mm**



Gebiet	P	ETP	kF - Wert	a	g	v
	mm/a	mm/a	mm/h	-	-	-
Euskirchen	693	584	14	0,20	0,21	0,59
Wuppertal	1356	553	19	0,43	0,20	0,37
Münster	837	575	23	0,20	0,22	0,57

**Abb. 09** Die Hauptkomponenten Abfluss (a), Versickerung (g) und Verdunstung (v) können lokalspezifisch sehr variieren, wie an diesem Beispiel anhand der Städte Euskirchen, Wuppertal und Münster deutlich wird (Karte: Hydrologischer Atlas Deutschland 2016, Tabelle: IWARU 2016)

Diese Komponenten weisen räumlich große Unterschiede auf – sowohl regional als auch lokal. Die Wasserbilanz kann durch den Einsatz so genannter Aufteilungswerte beschrieben werden. Dabei werden der Direktabfluss a, die Grundwasserneubildung g und die aktuelle Verdunstung v als Aufteilungswert des Niederschlages angegeben, so dass gilt:

$$1 = a + g + v$$

Eine detaillierte Beschreibung zur Bilanzierung findet sich in Kapitel 3.

Durch einen Vergleich der Wasserbilanzen des unbebauten und bebauten Zustands können Rückschlüsse auf die Veränderung des Wasserhaushalts gezogen werden. Gleichzeitig können so die Zielgrößen der einzelnen Komponenten unter Berücksichtigung des lokalspezifischen naturnahen Zustands festgelegt werden.

# Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung

Der Umgang mit abfließendem Niederschlagswasser im Siedlungsraum kann grundsätzlich in zentrale und dezentrale Methoden der Regenwasserbewirtschaftung (RWB) unterteilt werden.

## Zentrale Regenwasserbewirtschaftung

Bei der zentralen RWB wird das Regenwasser in das Kanalnetz (Misch- oder Trennsystem) eingeleitet. Im Mischsystem werden Regen- und Schmutzwasser gemeinsam abgeleitet, in der Kläranlage gereinigt und anschließend in ein Oberflächengewässer eingeleitet. Im Trennsystem werden Regenwasser und Schmutzwasser getrennt abgeführt und behandelt. Während das Schmutzwasser der Kläranlage zugeführt wird, wird das Regenwasser durch ein separates Kanalsystem abgeleitet, bei Bedarf behandelt oder direkt einem Gewässer zugeführt (Abb. 10).

Beiden Entwässerungsverfahren liegt das Ableitungsparadigma zugrunde, also die schnelle Beseitigung des Regenwassers aus dem Siedlungsraum mit dem Ziel, einen „angemessenen Entwässerungskomfort“ zu erreichen. Überflutungen und Vernässungen von Verkehrs- und Siedlungsflächen sollen hierdurch weitgehend vermieden und die Nutzbarkeit der benannten Flächen auch während und nach Ablauf der Niederschlagsereignisse sichergestellt werden. (DWA 2007: 9). Ausgehend von dem alleinigen Ableitungsgedanken und basierend auf dem Ideal des „sauberen Urbanismus“ (de Meulder/ Shannon 2008) gewöhnten sich Stadtplaner lange Zeit daran, dass Wasser technisch beherrschbar ist und dass zuverlässige und unsichtbar funktionierende Wasserinfrastruktursysteme keinerlei Anpassungen der städtebaulichen Entwicklung erfordern. Die urbanen Flächennutzungen entkoppelten sich von den räumlichen Eigenschaften der Wassereinzugsgebiete und die Gestaltung von Stadt- und Freiräumen von den natürlichen wasserbedingten Prozessen (Abb. 11).

Dieser Umgang führt zu einer starken Veränderung des urbanen Wasserkreislaufs: Während der Oberflächenabfluss zunimmt, nehmen die Versickerung und die Verdunstung ab. Mit zunehmender Versiegelung steigen die Abflüsse, die in die Kanalisation eingeleitet und Kläranlagen und Gewässern zugeführt werden müssen. Sie resultieren

in höhere Wasserstände in den abwärts gelegenen Bächen und Flüssen und verschärfen das Ausmaß von Hochwasserereignissen und der durch sie verursachten Schäden. Die reduzierte Versickerung führt zu sinkenden Grundwasserständen und –neubildungsraten und gleichzeitig zu einem reduzierten Niedrigwasserabfluss in den urbanen Gewässern bis hin zu ihrem zeitweisen Austrocknen in Trockenperioden. Darüber hinaus steht das Regenwasser nur in reduziertem Maße für die Verdunstung zur Kühlung des Stadtklimas und die Wasserversorgung von Vegetation zur Verfügung.

## Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

Neben ökonomischen Gründen hat seit den achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts vor allem auch aufgrund eines zunehmenden ökologischen Bewusstseins ein Paradigmenwechsel hin zu ei-

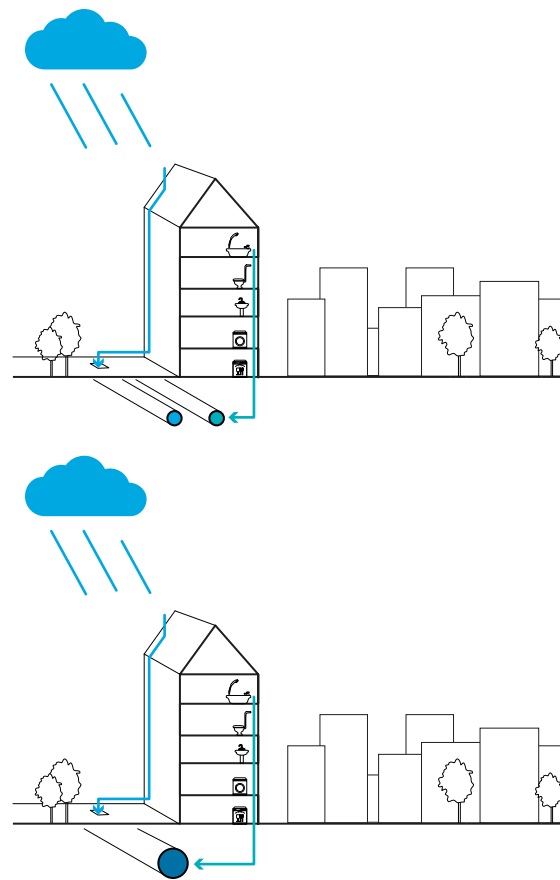


Abb. 10 Trenn- (oben) und Mischsystem (unten) (ILPÖ 2016 nach Penning-Roth 2014)

ner dezentralen RWB stattgefunden. Diese zielt darauf ab, das Niederschlagswasser wieder lokal dem natürlichen Wasserkreislauf zuzuführen, indem es vor Ort bewirtschaftet wird (vgl. BSU 2006: 6). In diesem Zusammenhang wird von einem Retentionsparadigma entgegen dem oben dargestellten Ableitungsparadigma gesprochen. Die Ergänzung eines zentral aufgebauten Misch- und Trennsystems durch dezentrale Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung führt zu modifizierten Systemen, die in der Lage sind die Abflusgeschwindigkeit des Niederschlagswassers und damit das Hochwasserproblem der urbanen Gewässer zu reduzieren. Allerdings ist bei extremen Starkregenereignissen die Wirkung dieser Anlagen sehr begrenzt.

Maßnahmen der dezentralen RWB, wie z. B. die Flächen- oder Muldenversickerung, Versickerungsteiche und Mulden-Rigolen-Systeme, werden in einer Vielzahl von Leitfäden und Regelwerken beschrieben (vgl. z.B. DWA 2005, Geiger und Dreiseitl 2001, BSU 2006) und wurden schon vielfach umgesetzt. Dabei wurde auch ein gestaltender Einsatz von oberirdischen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen im Rahmen der Stadt- und Freiraumplanung in vielen Projekten erfolgreich implementiert (vgl. z. B. Hoyer et al. 2011, Stokman et al. 2013). Jedoch kann diese RWB in den meisten Fällen als parzellenbezogene Implementierung einer Vielzahl voneinander losgelösten gestalterischen Einzellösungen angesehen werden, welche sich bisher nicht an der jeweils standortspezifischen und großräumigen natur- und landschaftsräumlichen Ordnung orientieren (vgl. Beneke 2003) (Abb. 12).

Gleichzeitig sind bisherige Maßnahmen der dezentralen RWB oft zu einseitig auf das Prinzip der Versickerung mit dem Ziel der Abflussretention ausgerichtet und berücksichtigen den natürlichen Wasserhaushalt mit seiner lokalspezifischen Ausprägung des Verhältnisses der Komponenten Direktabfluss, Grundwasserneubild und Verdunstung nicht ausreichend (Henrichs et al. 2015). Bei einer flächendeckenden Umsetzung von RWB-Maßnahmen mit Fokus auf Versickerungsanlagen kann eine unnatürliche Grundwasserneubildung die Folge sein, welche bei fehlerhafter Planung durch einen Grundwasseranstieg zu Kellerverwässerungen führen kann. Das großräumige landschaftliche Wassersystem und die Bilanzierung des natürlichen Wasserhaushalts standen insofern



Abb. 11 Mit Trinkwasser gespeiste Brunnenanlage im mittleren Schlossgarten, Stuttgart. Darunter verläuft der ins Mischsystem integrierte Nesenbach (oben Deister 2015, unten Bachmann 2015)

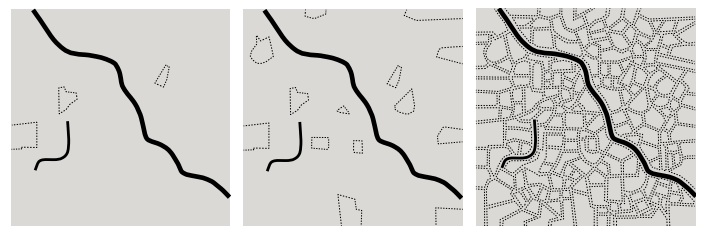


Abb. 12 Regenwasserbewirtschaftung nach dem Parzellenprinzip - einzelne Projekte bis hin zu einer flächendeckenden Umsetzung (ILPÖ 2016 nach Beneke 2003)

bisher nicht stark genug im Fokus der dezentralen RWB. Daher wird das derzeit im Entwurf befindliche Arbeitsblatt DWA-A 102 (2016) zukünftig den jeweils lokalspezifischen Wasserhaushalt als Nachweisgröße definieren. Ziel ist es, die Wasserbilanz durch Maßnahmen der RWB so zu verändern, dass die Anteile von Abfluss, Verdunstung und Grundwasserneubildung (ausgedrückt durch die Aufteilungswerte  $a$ ,  $g$  und  $v$ ) des bebauten Zustandes denen des unbebauten (natürlichen) entsprechen.



# Verdunstung und Stadtklima

Eine vielfach vernachlässigte Komponente des Wasserhaushalts ist die Verdunstung. Während des Verdunstungsprozesses wird Energie umgewandelt und der Luft ein erheblicher Teil ihrer Wärmeenergie entzogen (vgl. Baumüller 2016: 13). Die Verdunstung über Vegetation und Boden (Evapotranspiration) trägt maßgeblich zu einer hohen Verdunstungskühlung bei – in Deutschland ergeben sich 90% durch Transpiration (Wasserabgabe über die Stomata) und Interzeption (Zurückhalten von Niederschlagswasser auf den Blattoberflächen) der Pflanzen (LANUV NRW 2015: 23). Auch über versiegelten Flächen verdunstet Wasser. Der Unterschied zu Vegetationsflächen ist jedoch die Kontinuität: Durch im Boden gespeichertes Wasser und Grundwasser ist die Wasserversorgung der Vegetation und somit die Verdunstungskühlung im Normalfall durchgängig gewährleistet. Dem Boden kommt daher eine wichtige Puffer- oder Speicherfunktion im Wasserkreislauf zu (vgl. LANUV NRW 2015: 24). Gleichzeitig erhitzen sich die oft dunklen Baumaterialien von versiegelten Flächen bei Sonneneinstrahlung stark, wodurch der Stadtraum sich weiter erwärmt. Es kommt zu sogenannten Hitzeinseln. Der Einfluss der fehlenden kontinuierlichen Verdunstungskühlung auf das Stadtklima wird in einem Beispiel der Emscher Genossenschaft deutlich: „Im Emschergebiet beträgt der Anteil der Verdunstung am Wasserkreislauf nur 52% (BfG 2008), da wie in anderen urban geprägten Gebieten viele Flächen versiegelt sind und infolge dessen das Regenwasser zu einem höheren Anteil dem natürlichen Wasserkreislauf entzogen wird [...]. Diese Differenz von 10% gegenüber der durchschnittlichen Verdunstung in Deutschland entsprechen im Verbandsgebiet fast 180.000 m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr, genug um damit 180 große Schwimmbäder zu füllen. Die Wärmemenge (also die Kühlleistung) die durch die Verdunstung dieser Wassermenge der Atmosphäre entzogen werden würde, ist gewaltig: 124.920.000 kWh. Wenn man diese Kühlung maschinell erzeugen wollte, würden sich die jährlichen Stromkosten auf ca. 25 Mio. € belaufen (20 Cent/kWh).“ (EGLV 2016: 1)

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel sind in Zukunft mehr Hitzetage und anhaltende Hitzeperioden zu erwarten, die die



Abb. 13 Verdunstungskühlung, eine geringere Oberflächentemperatur und Schattenwurf tragen zu einer Verringerung der Hitzebelastung an heißen Tagen bei (Baumüller 2016)

Problematik noch verschärfen. Vor allem für sensible Bevölkerungsgruppen, wie Kinder, chronisch kranke Menschen oder ältere Personen, stellt eine erhöhte Hitzebelastung eine große Herausforderung dar, da sie sich schlechter an diese anpassen können (vgl. MKULNV NRW 2011: 18, BBSR 2015: 18).

Im urbanen Raum kann eine kontinuierliche Verdunstungskühlung durch eine Erhöhung an Vegetationsflächen maßgeblich gesteigert werden. Dabei sollten standortgerechte Pflanzen mit einer hohen Verdunstungsleistung verwendet werden. Eine gute Wasserspeicherkapazität der Böden ist ggf. durch bodenverbessernde Maßnahmen (Erhöhung Durchwurzelungstiefe und Porenraum) sicher zu stellen. Eine gute Wasserspeicherfähigkeit des Bodens ist vor allem für trockene Zeiten wichtig, um die Wasserversorgung der Pflanzen sicher zu stellen. In extremen Dürreperioden sollte zusätzlich bewässert werden, denn trockene Vegetationsflächen können nicht zu einer Kühlung beitragen (vgl. BBSR 2015: 38).

Neben der Verdunstungskühlung tragen Vegetationsflächen auch maßgeblich zu einer geringeren Aufheizung des Stadtraums bei. Zusammen mit der Schattenwirkung von Gehölzen kann dies zu einer erheblichen Verringerung der Hitzebelastung für Menschen führen. Voraussetzung dafür sind eine gewisse Flächengröße, um die Wirkung auch zu entfalten, sowie die Zugänglichkeit dieser Flächen für die Bevölkerung (vgl. Baumüller und Ahmadi 2016).

# Starkregen und urbane Sturzfluten

Von Starkregenereignissen geht eine besondere Gefährdung aus. Da Starkregenabflüsse i. d. R. zeitlich und lokal stark begrenzt auftreten, sind längerfristige Vorwarnzeiten wie bei Flusshochwässern nicht möglich (vgl. DWA/ BWK 2013: 7). Es ist daher umso wichtiger, vorsorglich Konzepte zu entwickeln, mit denen sich Schäden durch Starkregenabflüsse vermeiden und reduzieren lassen.

Der erste Schritt zur Entwicklung geeigneter Vorsorgemaßnahmen ist die Ermittlung der vorherrschenden Gefährdungs-, Schadens- und Risikopotenziale. Das Überflutungsrisiko ergibt sich hierbei aus einer Überlagerung der vorhandenen Gefährdungs- und Schadenspotenziale (Abb. 14). Ein hohes Risiko wird für Bereiche ausgewiesen, in denen ein hohes Gefährdungspotenzial mit einem hohen Schadenspotenzial zusammentrifft. Das Gefährdungspotenzial wird durch sich bei (Stark-)Regen einstellende Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten im städtischen Raum, auf Freiflächen und in Gewässerläufen beschrieben. Das Schadenspotenzial beschreibt hingegen die Verletzlichkeit oder auch Vulnerabilität von Strukturen und Gegenständen in der Umwelt. Im Gegensatz zur Gefährdung, die sich technisch durch die Simulation von Wasserständen gezielt beschreiben lässt, ist die Ermittlung von Schadenspotenzialen oftmals schwierig. Fehlende Datengrundlagen und eng miteinander verknüpfte Prozesse erschweren die Einschätzung und Berechnung konkreter Schadenswerte.

Mit der Veröffentlichung des verbandsübergreifenden „Praxisleitfadens Überflutungsvorsorge“ (BWK/ DWA 2013) wurden im Jahr 2013 erstmals von Seiten der wasserwirtschaftlichen Fachverbände DWA und BWK Hinweise zur Analyse der möglichen Auswirkungen von extremen Regenereignissen zur Verfügung gestellt. Seit September 2015 werden diese durch das Merkblatt DWA-M 119 „Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge – Analyse von Überflutungsgefährdungen und Schadenspotenzialen zur Bewertung von Überflutungsrisiken“ ergänzt (DWA 2015). Inhaltlich befasst sich das DWA-M 119 eingehend mit Grundlagen und Methoden zur Gefährdungs- und Risikoabschätzung (s. auch Kapitel 3).

Die Ergebnisse der Gefährdungs-, Schadens- und Risikoanalyse dienen den unterschiedlichen

Akteuren im Überflutungsschutz als Entscheidungs- und Planungsgrundlage. Wichtig ist hierbei, die kommunale Überflutungsvorsorge als Gemeinschaftsaufgabe zu verstehen (Abb. 16, vgl. Schmitt 2011, DWA/ BWK 2013: 20ff). Da Entwässerungssysteme aus wirtschaftlichen Gründen nicht so dimensioniert werden können, dass jeder erdenkliche Niederschlag im Falle eines Starkregenereignisses abgeleitet werden kann, kann ein wirkungsvolles Vorsorgekonzept nur durch eine Kombination verschiedener Maßnahmen erreicht werden. Abbildung 15 zeigt mögliche Maßnahmenbereiche eines Vorsorgekonzepts (vgl. BWK/DWA 2013: 20ff, Benden 2014). Bei der Erstellung eines Vorsorgekonzeptes gilt es, zwischen Maßnahmen zu unterscheiden, die permanent, aber begrenzt wirken, wie z. B. Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und solche, die erst im Starkregenfall zur Vermeidung größerer Schäden aktiviert werden (z. B. Objektschutzmaßnahmen, Notwasserwege, etc.). Welche Maßnahme bzw. welches Maßnahmenbündel bestmöglich zur Überflutungsvorsorge beiträgt, hängt immer von den lokalen Gegebenheiten (Topografie, Flächennutzung, Entwässerungssituation, etc.) ab.

Für die Bemessung von Maßnahmen werden in der DIN EN 752 (DIN 2008) und im DWA-A 118 (DWA 2006) konkrete Anforderungen an die Überflutungsvorsorge gestellt. Die entsprechende Zielgröße in der europäischen Norm DIN EN 752 ist die Überflutungshäufigkeit. Diese entspricht der Eintrittshäufigkeit von Überflutungen, bei denen „Schmutz und/oder Regenwasser aus einem Entwässerungssystem entweichen oder nicht in dieses eindringen können und entweder auf der Oberfläche verblei-

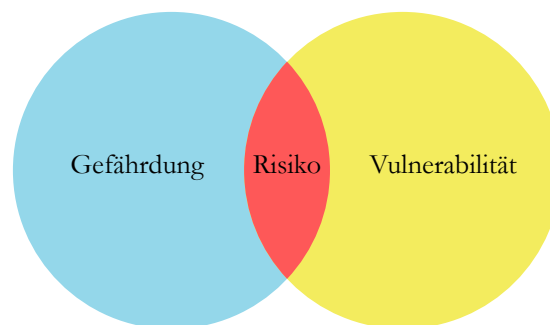


Abb. 14 Risiko als Schnittmenge von Gefährdung und Vulnerabilität (Dr. Pecher AG 2014)

**a Außengebietsbezogene Massnahmen**

- Abfanggräben, Leitdämme und Verwallungen
- Flutmulden, Kleinrückhalte und Rückhaltebecken
- Einlaufbauwerke
- Entwässerung land- und forstwirtschaftlicher Wege
- Inspektion, Wartung und Instandsetzung der Entwässerungsmaßnahmen
- Entflechtungsmaßnahmen
- Freihaltung von Fließwegen und Flutflächen
- Information von Anliegern und Betroffenen
- Koordinierte Anbauplanung in der Landwirtschaft
- Rückhaltungsorientierte Acker- und Waldbewirtschaftung
- Flurbereinigung
- Erosionsschutz

**b Gewässerbezogene Massnahmen**

- Entschärfung von Abflusshindernissen
- Schaffung von Retentionsräumen
- Gewässerausbau
- Optimierung der Gewässerunterhaltung
- Ingenieurbioökologische Maßnahmen

**c Siedlungsbezogene Massnahmen**

- Wassersensible Stadt- und Bauleitplanung
- Wassersensible Verkehrs- und Straßenplanung
- Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung
- Multifunktionale Flächennutzung
- Freihalten von Gefährdungsbereichen
- Fassung von Außengebietszuflüssen
- Schaffung von Notwasserwegen

**d Kanalnetzbezogene Massnahmen**

- Ausbau und Optimierung Kanalnetz
- Konstruktive Optimierung von Sonderbauwerken
- Bewirtschaftung Kanalnetzkapazitäten
- Einleitmengenbegrenzung und Abflussrückhalt
- Betriebliche Unterhaltung Kanalnetze und Zuläufe

**e Objektbezogene Massnahmen**

- wassersensible Gebäudegestaltung
- Nutzungsanpassung UG und EG
- Technisch-konstruktiver Objektschutz
- Rückstausicherung

**f Verhaltensbezogene Massnahmen**

- Sensibilisierung, Risikommunikation und Öffentlichkeitsarbeit
- Frühwarnsystem
- Alarm- und Einsatzpläne
- Elementarschädenversicherung

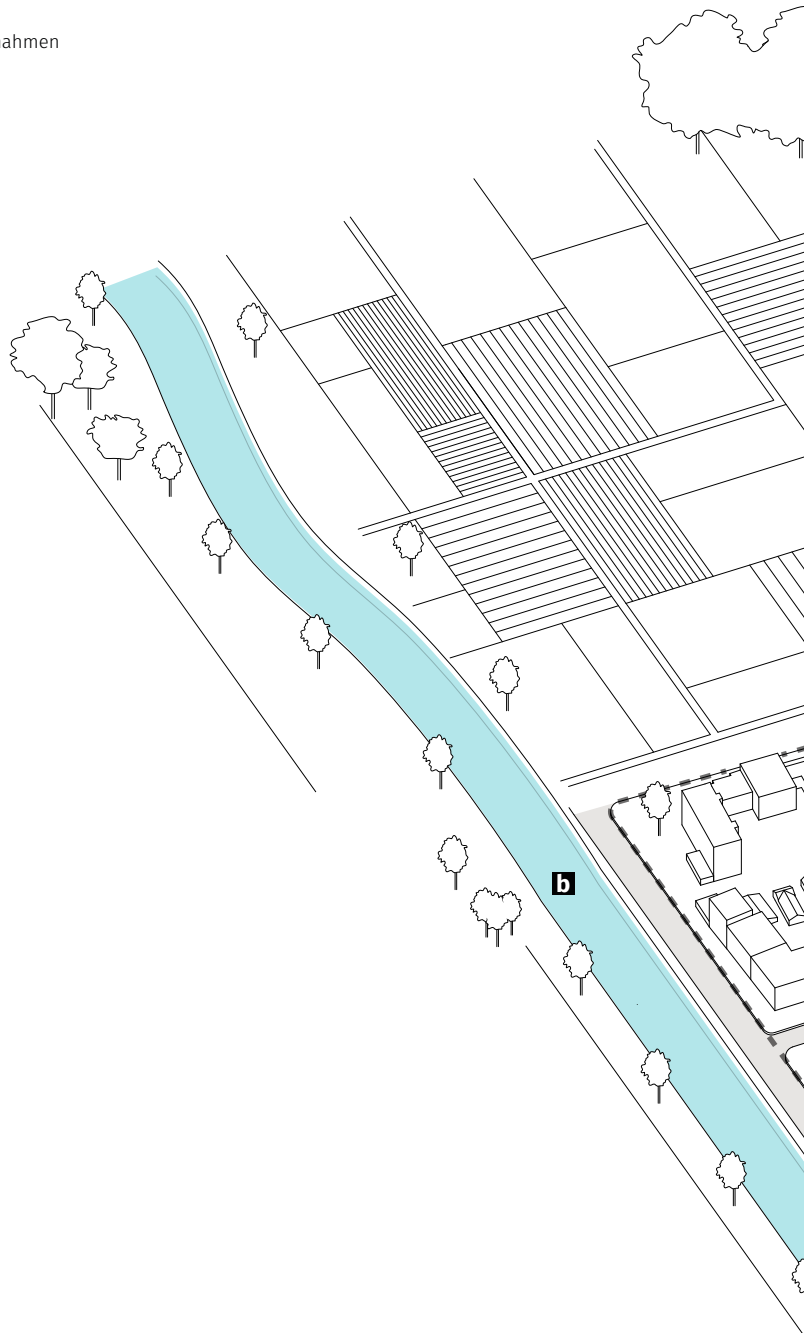


Abb. 15 Maßnahmenbereiche für die Überflutungsvorsorge und den Umgang mit Starkregenfällen (ILPÖ 2016 nach BWK/DWA 2013)



ben oder in Gebäude eindringen“ darf. In der deutschen Entwässerungspraxis wird der Überflutungsbegriff mit „auftretenden Schädigungen bzw. einer Funktionsstörung (z. B. bei Unterführungen) in Verbindung gebracht, die entweder durch Wasseraustritt oder nicht möglichen Wassereintritt in das Entwässerungssystem infolge Überlastung verursacht werden“ (DWA, 2006). Ein Entwässerungssystem ist demnach so zu planen und zu betreiben, dass keine Überstauungen mit Schadensfolge infolge einer Nieder-

schlagsbelastung mit der Wiederkehrzeit von  $T=3a$  (Wohngebiete) bzw.  $T=5a$  (Stadtzentren, Gewerbe- und Industrieflächen) („Regelhäufigkeiten“) auftreten. Im Starkregenfall sind darüber hinaus ortsabhängig Schäden durch Niederschläge mit Wiederkehrzeiten von bis zu  $T=20a$ ,  $T=30a$  und  $T=50a$  zu vermeiden (Tab. 1). Zudem wird die Betrachtung von Auswirkungen bei extremen Starkregen empfohlen. Die Ergebnisse liefern wertvolle Informationen für den Katastrophenschutz.

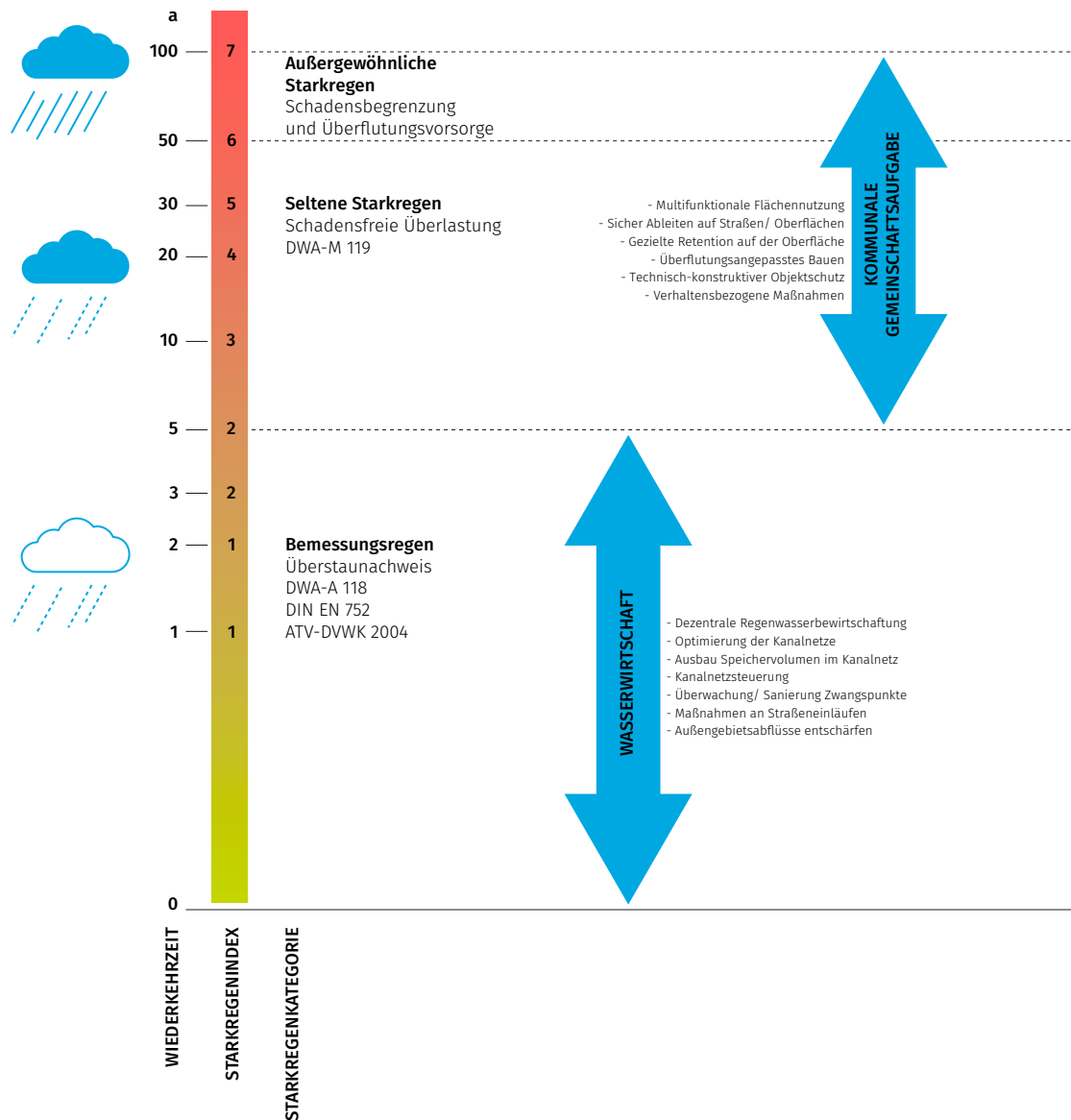


Abb. 16 Überflutungsvorsorge als kommunale Gemeinschaftsaufgabe (ILPÖ 2016 nach Hoppe 2015 - Projekt KISS, BWK/DWA 2013)

### Starkregen

Als Starkregen wird ein Regenereignis mit hoher Niederschlagsintensität pro Zeiteinheit bezeichnet, das zu schnell ansteigenden Wasserständen und/oder Überschwemmungen führt (DWD n.d.). Es gibt eine Vielzahl von Definitionen hinsichtlich genauer Niederschlagsmengen: Der Deutsche Wetterdienst (DWD) zum Beispiel gibt eine markante Wetterwarnung bei Regenereignissen mit mehr als 10 mm/ Stunde (= 10 Liter pro m<sup>2</sup> und Stunde) aus bzw. mehr als 20 mm/ 6 Stunden (= 20 Liter pro m<sup>2</sup> innerhalb von 6 Stunden). Eine Unwetterwarnung wird bei mehr als 25 mm/ Stunde (=25 Liter pro m<sup>2</sup> und Stunde) bzw. mehr als 35 mm/ 6 Stunden (=35 Liter pro m<sup>2</sup> innerhalb von 6 Stunden) ausgesprochen (DWD n.d.).

### Überstau

„Belastungszustand der Kanalisation, bei dem der Wasserstand ein definiertes Bezugsniveau überschreitet.“ (DWA 2006b: 8)

### Überflutung

„Zustand, bei dem Schmutzwasser und/oder Regenwasser aus einem Entwässerungssystem entweichen oder nicht in dieses eintreten können und entweder auf der Oberfläche verbleibt oder in Gebäude eindringen.“ (DWA 2006b: 8)

### Urbane Sturzflut

„Als urbane Sturzflut bezeichnet man die aus einem oftmals lokal auftretenden Starkregen resultierende Überschwemmung eines Siedlungsgebiets.“ (DWA/BWK 2013: 7)

### Statistische Wiederkehrzeit von Regenereignissen

Die Intensität von Regenereignissen wird häufig in statistischen Wiederkehrzeiten angegeben. Für die Kategorisierung wird der gefallene Niederschlag für ein bestimmtes Zeitintervall von Niederschlagsmessern aufgezeichnet. Die Bestimmung der Wiederkehrzeit erfolgt anschließend durch den Vergleich der gemessenen Daten mit Niederschlagsaufzeichnungen aus den letzten Jahrzehnten.

### Starkregenindex

Vor allem bei der Kommunikation der Intensität von Starkregenereignissen mit der Bevölkerung führt die Angabe in statistischen Wiederkehrzeiten häufig zu Verwirrung. Ein anderer Ansatz ist daher die Kategorisierung mithilfe eines Starkregenindex mit ortsunabhängigen Regenhöhen (siehe Tab. 01).

Wiederkehrzeit	1	2	3	5	10	20	30	50	100	> 100	
Starkregenkategorie	„Bemessung“				„selten“			„außergewöhnlich“			
Starkregenindex	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8-12	
Niederschlagshöhe in Münster in 60 min (mm)	15	20		25	30	35		40	45		

**Tab. 01** Kategorisierung unterschiedlicher Regenereignisse mithilfe des Starkregenindex (IWARU 2016 nach Grisa 2013 und Schmitt 2015)

# Multifunktionale Flächennutzung

Das vorherrschende Leitbild der Stadtentwicklung ist nach wie vor die Innenentwicklung. Diese führt zu einer zunehmenden Verdichtung des Stadtraums und gleichzeitig zu einem Verlust von städtischen Freiflächen. Im Sinne eines nachhaltigen Regenwassermanagements bekommen daher angesichts zunehmend beschränkterer Flächenverfügbarkeiten integrierte Planungsansätze der multifunktionalen Flächennutzung oder Mehrfachnutzung von urbanen Räumen eine zunehmende Relevanz (vgl. BBSR 2015: 31). Darunter versteht man die Überlagerung von verschiedenen Funktionen auf den verschiedenen Stadtoberflächen: Straßen, Wege und Plätze werden beispielsweise zur temporären Zwischenspeicherung von Regenwasser mitbenutzt und/oder sogenannte Notwasserwege zum Ableiten von Abflussspitzen bei urbanen Sturzfluten eingerichtet, um das Risiko für andere Bereiche der Stadt zu reduzieren. Öffentliche und private Grünflächen können für Maßnahmen der gezielten Rückhaltung, Speicherung und Verdunstung von Regenwasser zur Förderung eines ausgeglichenen Wasserhaushalts mitbenutzt werden und um angesichts zunehmender Trockenperioden ihre Kühlwirkung zu verbessern.

Neben der Schaffung von Räumen für die gefahrlose Zwischenspeicherung und Ableitung von Starkregenereignissen geht es also auch darum die Wasserspeicherfähigkeit urbaner Böden im Sinne eines Schwamms zu steigern und feuchte, verdunstungsstarke urbane Vegetationsflächen in Städten anzulegen („Schwammstadtprinzip“, vgl. Becker 2014: 14 und Abb. 17). Als potenziell geeignete Flächen für die Mehrfachnutzung kommen insbesondere Stadtgebiete in Frage, die ein besonderes Gefährdungsrisiko durch Überflutungen oder Hitzeinseln aufweisen bzw. für die neue Stadtentwicklungs- und Sanierungskonzepte geplant sind.

In Anbetracht der Planungsunsicherheit bzw. Ungewissheit der räumlichen Auswirkungen des Klimawandels stellen diese Ansätze sogenannte No- oder Low-Regret-Strategien dar, bei denen der Mehrwert unabhängig vom Eintreten der projizierten Klimawandelfolgen ist (vgl. BMVBS 2013: 13, Hoppe et al. 2013: 80). Positive Synergieeffekte ergeben sich vor dem Hintergrund knapper Kassen in den Kommunen, indem oh-

nehin vorgesehene Planungen zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität öffentlicher Freiflächen, zur ökologischen Aufwertung oder der Sanierung/ des Umbaus von Straßen mit Maßnahmen der städtischen Überflutungsvorsorge verknüpft werden. Notwendige Investitionen der Schadensminimierung und -vorbeugung können so zugleich als Potential genutzt werden, um durch einen wassersensiblen Ansatz bei der Konzept- und Maßnahmenplanung Städte grüner, wasserreicher und lebenswerter zu machen.

Eine Voraussetzung für die Entwicklung multifunktionaler Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte ist die intensive Kommunikation zwischen den Akteuren, z. B. der Bereiche Stadtentwässerung und Gewässerbewirtschaftung und der Stadt- und Freiraum- sowie der Verkehrsplanung. Tabelle 2 gibt einen Überblick über eine generelle Einschätzung der Wirkungsbereiche und Potentiale verschiedener multifunktionaler Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und Überflutungsvorsorge. Die letztendliche Eignung ist in hohem Maße abhängig von den Gegebenheiten vor Ort (Bodenverhältnisse, Nutzungsintensität) und der Ausgestaltung.

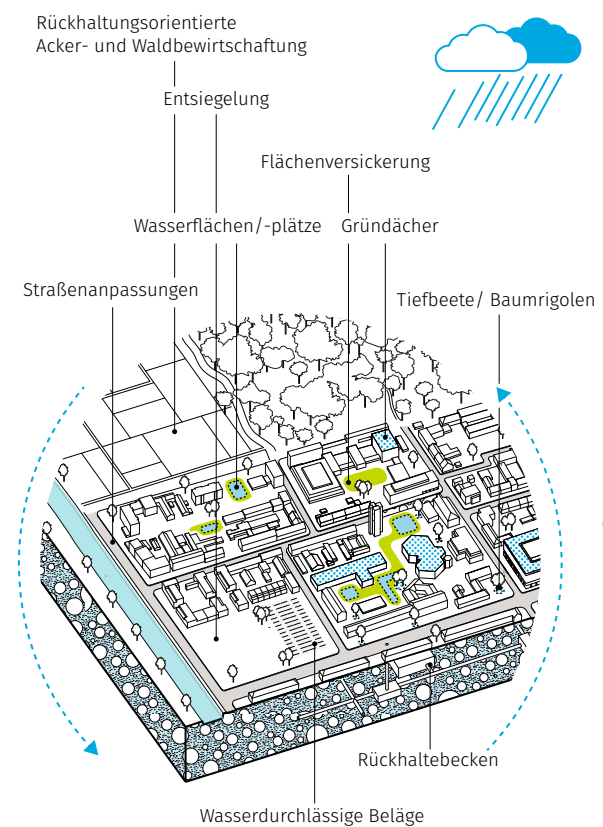


Abb. 17 Schwammstadtprinzip (ILPÖ 2016)

	Ausgeglichene Wasserbilanz		Überflutungsschutz		Stadtklima			
	Grundwasserneubildung Wie ist die Auswirkung der Maßnahme auf die Grundwasserneubildung?	Verdunstung Wie ist die Auswirkung der Maßnahme auf die Verdunstung?	Rückhalt Ist die Maßnahme geeignet, um im Starkregentfall als Rückhalteraum zu fungieren?	Ableitung Ist die Maßnahme geeignet, um Starkregen abzuleiten?	Verdunstungskühlung Wie ist die Auswirkung der Maßnahme auf die Kühlung?	Wohlfühltemperatur Wie ist die Auswirkung der Maßnahme auf die Wohlfühltemperatur?	Ökologischer Wert Kann die Maßnahme einen ökologischen Wert entwickeln z.B. Lebensraum Flora/Fauna, Biotopverbund, Oa.?	Gestalterisches Freiraumpotential Kann der Freiraum durch die Maßnahme gestalterisch aufgewertet werden?
	gut mittel gering							
Gründach				1		2		3
Flächenversickerung							4	
Wasserdurchlässige Flächenbefestigung								
Entsiegelung	4	4	4	4	4	4	4	4
Profilanpassung Oberflächenmodellierung	4	4			4	4	4	
Muldenversickerung			5					
Tiefbeete								
Baum und Baumalleen								
Baumrigolen und Baumrigolenallee								
Mulden-Rigolensystem								
Oberirdische Rinne nicht versickerungsfähig								
Offener Graben								
Begrünte Gleistassen	4							
Versickerungsbecken/ -teich						2		4
Offene Wasserflächen Teichanlage nicht versickerungsfähig						2	4	
Flutmulde								
Rückhaltebecken oberirdisch						2	4	
Rückhaltebecken unterirdisch								
Regenwassernutzung für Bewässerung	4		6	1				
Wasserplatz Aufenthaltsraum = temp. Rückhalteraum								
Wassersportplatz Sportraum = temp. Rückhalteraum								
Wasserspielplatz Spielraum = temp. Rückhalteraum	4						4	

1 gedrosselte Ableitung    2 nur wenn begehbar    3 nur wenn sichtbar    4 je nach Ausführung    5 Verdichtungsgefahr    6 je nach Speicherkapazität

Tab. 02 Einschätzung der Wirkungsbereiche und Potentiale verschiedener Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und Überflutungsvorsorge (ILPÖ 2016 nach Uhl 2010, Baumüller und Ahmadi 2016, Sicker 2016)



### 3. Wassersensible Stadtgestaltung

Wie funktioniert das?

## 3. Wassersensible Stadtgestaltung - Wie funktioniert das?

Um Planungen im Sinne einer wassersensiblen Stadtgestaltung zu erstellen, bedarf es einer interdisziplinären Zusammenarbeit, bei der die Planungsmethoden und Werkzeuge der Fachdisziplinen aufeinander abgestimmt und ergänzend eingesetzt werden. Die fachübergreifende Kenntnis der relevanten Methoden und Werkzeugen der verschiedenen Fachdisziplinen ist unbedingt notwendig und die Voraussetzung für eine erfolgreiche Zusammenarbeit.

Im Rahmen des Forschungsprojekts SAMUWA wurde deshalb ein interdisziplinäres Vorgehensmodell entwickelt, in dem bestehende Methoden und Werkzeuge zur Wasserhaushaltsbilanzierung und zur Überflutungsbetrachtung, zur Erstellung von Überflutungsgefährdungs-, Schadens- und Risikopotentialanalysen sowie der Entwicklung von wasserbezogenen städtebaulichen Leitbildern und integrierten Maßnahmenkonzepten verknüpft wurden. In diesem Kapitel werden diese Werkzeuge und Tools erläutert, Hinweise auf weiterführende Literatur gegeben und das übertragbare Vorgehensmodell beschrieben. In den folgenden Kapiteln wird das Vorgehensmodell auf zwei konkrete Modellgebiete in Wuppertal und Gelsenkirchen angewendet und damit demonstriert, welche Resultate sich durch die Anwendung dieses Vorgehensmodells erzielen lassen.

### 3.1 Methoden und Werkzeuge

#### Wasserhaushaltsbilanzierung zur Berücksichtigung einer ausgeglichenen Wasserbilanz

##### Ausgangslage

Wie bereits im Kapitel 2 erläutert, werden Projekte mit gestaltend eingesetzten Maßnahmen der dezentralen RWB meist basierend auf dem Parzellenprinzip für einzelne Grundstücke bzw. Baugebiete konzipiert und implementiert. Auch sind die Maßnahmen im Regelfall zu stark auf Versickerung ausgelegt, was oft nicht dem lokalspezifischen, naturnahen Wasserhaushalt entspricht.

Um den Wasserhaushalt in Planungen angemessen einbinden und nachweisen zu können,

wurden Simulationsmodelle entwickelt, die es ermöglichen, die Wasserbilanz des bebauten Zustands mit dem des unbebauten Zustands zu vergleichen, um Rückschlüsse auf die Effekte geplanter Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung zu ziehen. Durch die Verwendung dieser Simulationsmodelle wird die Überprüfung verschiedener Entwurfsvarianten und iterative Optimierung von Entwurfskonzepten an der Schnittstelle zwischen Wasserwirtschaft und Stadt-/Freiraumplanung ermöglicht. Auf dieser Grundlage lassen sich fundierte Aussagen dazu treffen, wie die zukünftige Stadt- und Freiraumgestaltung von vornherein so optimiert werden kann, dass der natürliche Wasserhaushalt möglichst weitgehend erhalten bleibt.

Im Folgenden wird das im Rahmen des SAMUWA-Projekts entwickelte Wasserbilanzmodell WABILA detailliert vorgestellt, das die Berechnung des Wasserhaushaltes mit überschaubarem Arbeitsaufwand und Datenbedarf erlaubt. Großräumige Betrachtungen auf Stadt- oder Quartiersebene erfolgen mit dem GIS Tool „GIS RWB“ (WABILA\_AM). Für kleinere Gebiete empfiehlt sich die Version „WABILA-Standalone“ (WABILA\_dt).

##### Das Wasserbilanzmodell WABILA

Durch den Vergleich der Wasserbilanz des bebauten Zustands oder auch eines Entwurfs mit dem unbebauten bzw. dem potenziellen natürlichen Referenzzustand des Wasserhaushaltes können Veränderungen, die durch die Bebauung verursacht werden, quantifiziert und die Maßnahmenplanung optimiert werden. Im WABILA wird als potenzieller natürlicher Referenzzustand eine Ackerfläche, Wiese oder Fläche mit niedriger vegetativer Aufbaustärke angesetzt. Bei genauer Kenntnis der ursprünglichen Vegetation kann diese ebenfalls für die Berechnung des Wasserhaushaltes des unbebauten Gebietes herangezogen werden.

Das vereinfachte Wasserbilanzmodell WABILA ermöglicht dabei eine realitätsgerechte Abbildung des lokalen Wasserhaushalts, da standortspezifische klimatische Eingangsdaten berücksichtigt werden.

## Funktionsweise

Der mittlere Jahresniederschlag eines Gebiets wird in die drei Komponenten Abfluss (a), Grundwasserneubildung (g) und Verdunstung (v) unterteilt. Die Wasserbilanz der unbebauten/natürlichen Fläche kann aus dem hydrologischen Atlas Deutschlands (HAD) entnommen werden, oder aber mit vereinfachten Bilanzverfahren wie

GWNeu (Meßer und Gall 2016) oder einem detaillierten Niederschlag-Abfluss-Modell (z. B. NASIM, LARSIM, WASIM-ETH) berechnet werden.

Bei der Ermittlung des Wasserhaushalts des bebauten Zustands oder der Entwurfsplanung werden die Oberflächentypen (z. B. Dach, Straße, Grünfläche) und die Oberflächenmaterialien

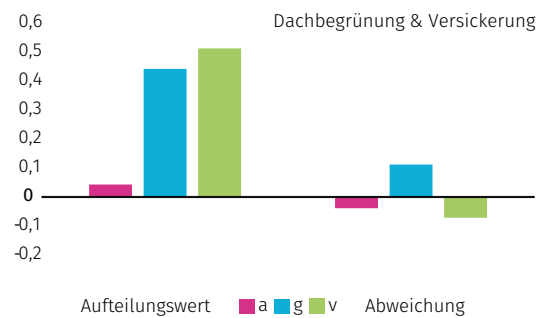
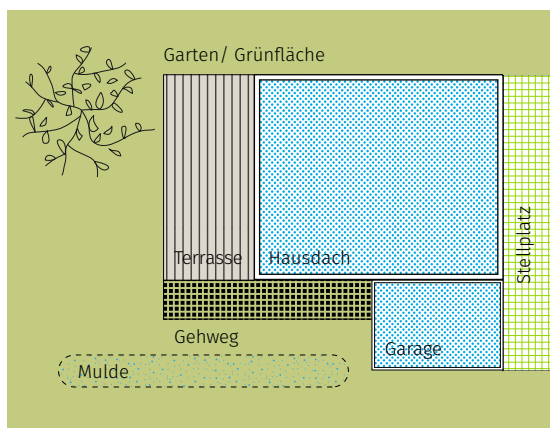
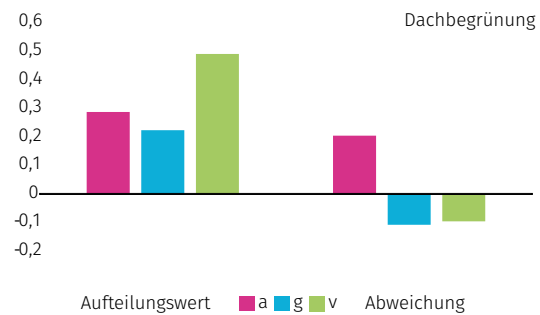
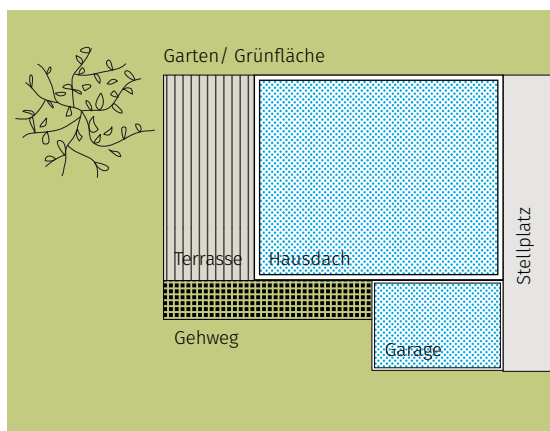
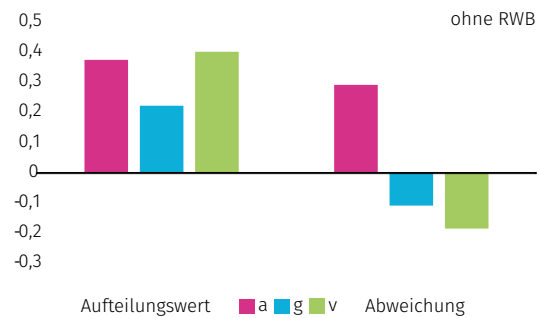
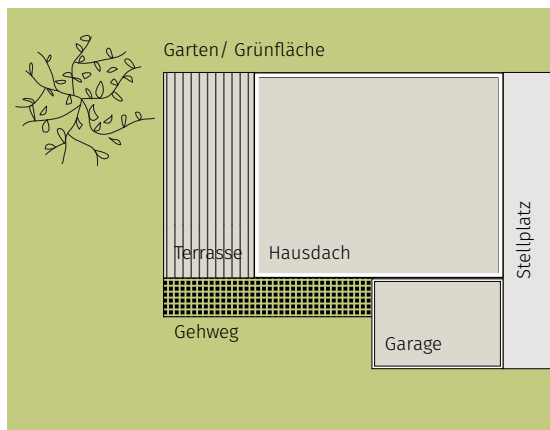


Abb. 18 Wasserhaushaltsbilanzierung von drei unterschiedlichen Entwässerungskonzepten auf Grundstücksebene und Abweichungen zum natürlichen Referenzzustand (IWARU 2016)

(z. B. Glas- oder Kiesdach, Asphalt, Pflasterung, Vegetationstyp) berücksichtigt. Für alle wesentlichen Flächentypen sind in WABILA mathematische Funktionen für die Aufteilungswerte  $a$ ,  $g$  und  $v$  hinterlegt, die die Aufteilung des Niederschlages in die Komponenten  $a$ ,  $g$  und  $v$  berechnen. Zusätzlich zu den Oberflächentypen können Maßnahmen zur RWB ausgewählt werden (z. B. Gründach, Versickerungsanlage, Teich, Regenwassernutzung). Der Abfluss der Oberflächen stellt den Zufluss zu Maßnahmen dar. Auch für die Maßnahmen sind in WABILA entweder Funktionen oder feste Aufteilungswerte hinterlegt. Für die Berechnung der Aufteilungswerte der Maßnahmen sind weitere Parameter (Variablen) wie z. B. die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens bei einer Versickerungsanlage oder der Wasserverbrauch bei einer Regenwassernutzungsanlage erforderlich. Sowohl bei den Flächen als auch bei den Anlagen ergibt die Summe der Komponenten  $a$ ,  $g$  und  $v$  stets 1, die Einzelwerte können einen Wert im Bereich zwischen 0 und 1 aufweisen.

Für eine Kombination von Flächen und gewählten Maßnahmen kann eine Gesamtbilanz des Wasserhaushaltes für ein Einzugsgebiet (EZG) berechnet werden. Durch den Vergleich mit der Wasserbilanz des Referenzzustandes können die

Abweichungen für die einzelnen Komponenten Oberflächenabfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung quantifiziert werden. Neben den Abweichungen der drei Komponenten kann zusätzlich noch die Summe der Abweichungen berechnet werden:

$$Defizit = |a_b - a_{ub}| + |g_b - g_{ub}| + |v_b - v_{ub}|$$

Index b: bebaut, Index ub: unbebaut.

Das WABILA-Tool gibt es in zwei Softwareausführungen: als Windows-Software (WABILA Standalone/ WABILA\_dt) und als Add-In für ArcMap™ von ESRI® (GIS RWB/ WABILA\_AM). Unter [www.samuwa.de](http://www.samuwa.de) sind detaillierte Beschreibungen der beiden Version zu finden. Im Folgenden werden die Versionen kurz gegenübergestellt.

### WABILA-Standalone

WABILA\_dt ist eine Windows-Standalone-Software, die vor allem für kleinere Gebiete (mit weniger als 100 Teilflächen) geeignet ist, da dort die verschiedenen Flächengrößen und -typen per Hand eingegeben werden müssen. In dieser Version sind außerdem die wesentlichen

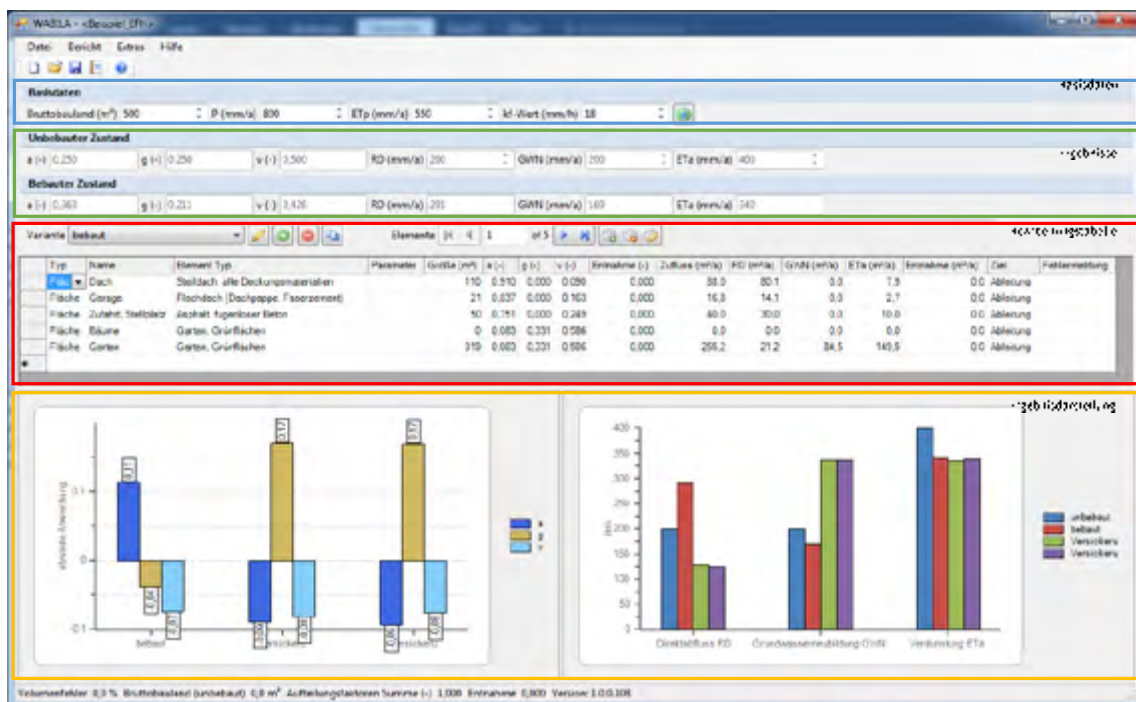


Abb. 19 Benutzeroberfläche WABILA Standalone (IWARU 2016)

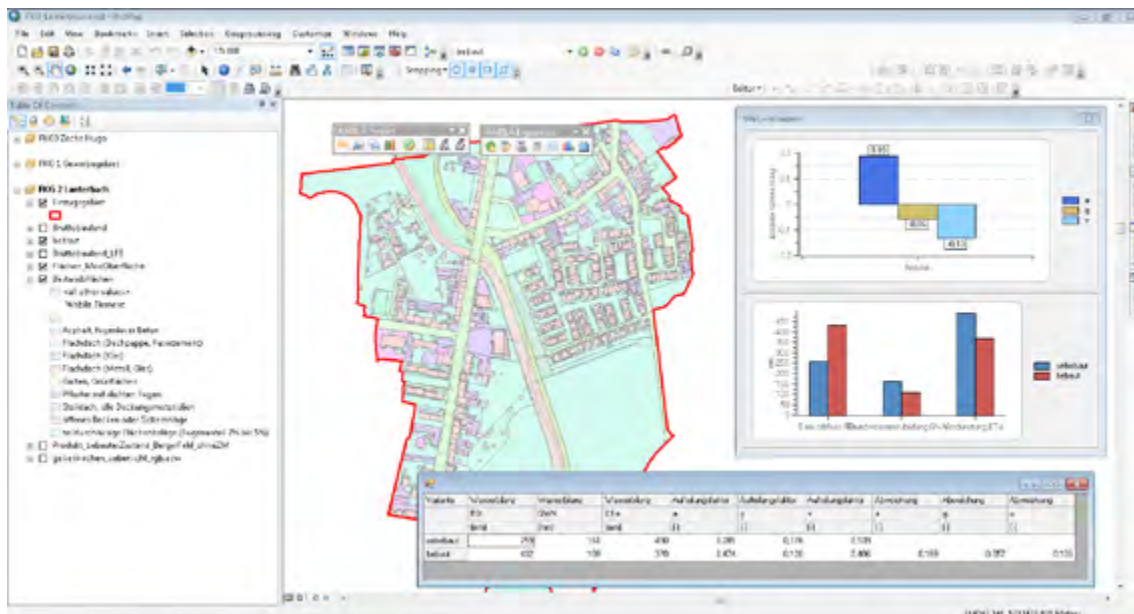


Abb. 20 Benutzeroberfläche GIS RWB (IWARU 2016)

Maßnahmen der dezentralen und semizentralen Regenwasserbewirtschaftung (Flächenversickerung, Muldenversickerung, Mulden-Rigolen-System, etc.) enthalten und können den Flächen zugewiesen werden. Dies ermöglicht die Bilanzierung des Wasserhaushalts von Entwurfsplanungen und ihre iterative Optimierung, indem Varianten (z. B. unbebaut, bebaut, Entwurfsvariante 1, Entwurfsvariante 2, etc.) miteinander verglichen werden. Die Darstellung des jeweiligen Wasserhaushalts erfolgt über Diagramme; die Defizite der Komponenten a, g und v können als absolute Abweichung zwischen Referenzzustand und Variante illustriert werden, oder die jeweilige Wasserbilanz als mittlerer Jahreswert in mm (Abb. 19).

## GIS RWB

Das GIS-Tool ermöglicht großräumige Analysen des Wasserhaushalts, z.B. für Teileinzugsgebiete von Gewässern. Die Defizite bzw. die absoluten Abweichungen der Aufteilungswerte für a, g und v vom Referenzzustand können in Form von Karten oder als Diagramme dargestellt werden. In der räumlichen Darstellung können die Einheiten, für die der Wasserhaushalt bilanziert wird, je nach Bedarf gewählt werden; es ist z. B.

eine Bilanzierung für Teilräume mit homogenen Stadtstrukturen möglich, oder auch eine Bilanzierung auf Flurstückebene. (Abb. 20)

Neben der Berechnung des Wasserhaushalts ermöglicht das Tool GIS RWB auch die Analyse von möglichen RWB-Maßnahmen auf Grundlage der anstehenden Bodenverhältnisse und der Bebauungsstruktur. Für die Eignung zur Versickerung eines Untergrundes werden die hydrogeologischen Eigenschaften (Durchlässigkeit, Grund- und Stauwasser) des Gebietes betrachtet und potentielle Versickerungsmaßnahmen (Flächen-, Mulden- oder Muldenrigolenversickerung) vorgeschlagen. Neben der Analyse der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes spielt die Bebauungs- bzw. Dachstruktur für das Gründachpotential eine wichtige Rolle. Aus dem Geländegefälle, der Bebauungsstruktur und der Flächennutzung können des Weiteren potentielle Standorte für RWB-Maßnahmen detektiert werden.

## **WABILA Standalone**

### **Zielgruppe**

Siedlungswasserwirtschaftler, Stadtplaner, Landschaftsarchitekten

### **Systemvoraussetzungen**

Windows Betriebssystem, .net Framework

### **Eingangsdaten**

Klimadaten: mittlerer jährlicher Niederschlag, mittlere jährliche potentielle Verdunstung

Boden- und Landnutzung: Bodenart, Grundflurwasserstand, potentielle/vorhandene Vegetation im unbebauten bzw. natürlichen Zustand, Durchlässigkeitsbeiwert kf, mittleres Geländegefälle

### **Flächendaten/ Planungsdaten**

Flächengrößen

Flächenarten/ -typen

Geplante bzw. vorhandene RWB-Maßnahmen

### **Arbeitsaufwand**

Gering

## **GIS RWB**

### **Zielgruppe**

Siedlungswasserwirtschaftler, Stadtplaner, Landschaftsarchitekten (mit GIS Erfahrung)

### **Systemvoraussetzungen**

Windows Betriebssystem, .net Framework

ArcMap™ von ESRI®, Version 10.0 oder höher

### **Eingangsdaten**

Klimadaten: mittlerer jährlicher Niederschlag, mittlere jährliche potentielle Verdunstung

Rasterdaten vom HAD (Auflösung 1 km<sup>2</sup>)

Boden- und Landnutzung: Bodenart, Grundflurwasserstand, potentielle/vorhandene Vegetation im unbebauten bzw. natürlichen Zustand, Durchlässigkeitsbeiwert kf, mittleres Geländegefälle

Bodenkarte 1:50.000

Digitales Geländemodell (DGM1, Rastergröße 1 m<sup>2</sup>)

### **Flächendaten/ Planungsdaten**

Flächengrößen, Flächenarten/ -typen

z. B. ALKIS-Daten, Luftbildauswertungen, Straßendaten, etc.

Geplante bzw. vorhandene RWB-Maßnahmen

RWB-Potential

Hydrogeologische Karte

Digitales Oberflächenmodell Gebäudestruktur (Level of Detail 2)

### **Arbeitsaufwand**

Mittel, Zuordnung der Flächen zu den WABILA-Elemente aufwendig

# Überflutungsgefährdungs-, Schadens- und Risikopotentialanalyse

## Ausgangslage

Eine effektive Überflutungsvorsorge setzt im Sinne der kommunalen Gemeinschaftsaufgabe (vgl. Kapitel 2) das Zusammenwirken verschiedenster Akteure voraus. Basiselement des Zusammenwirkens ist eine fach- bzw. ressortübergreifende Bereitstellung von Grundlagendaten, die zu Aussagen zum Gefahren-, Schadens- und Risikopotenzial befähigen. Mit der Möglichkeit, Überflutungsvorgänge mittels gekoppelter Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodelle umfassend modelltechnisch abzubilden, können Gefährdungspotenziale detailliert in Form von urbanen Gefahrenkarten räumlich differenziert beschrieben werden. Durch eine Überlagerung der ermittelten Gefährdung mit Daten zum Schadenspotenzial können darüber hinaus weitergehende Aussagen zum Überflutungsrisiko abgeleitet werden. In den folgenden Abschnitten wird ein Überblick über die Erstellung urbaner Gefahren- und Risikokarten gemäß den Ausführungen des BWK und der DWA geben. Zudem wird das Programmsystem ++SYSTEMS (DYNA/ GeoCPM) als wasserwirtschaftliches Werkzeug zur Ermittlung von Gefährdungspotenzialen exemplarisch beschrieben.

## Urbane Gefahren- und Risikokarten

Urbane Gefahren- und Risikokarten lassen sich als Grundlage in verschiedenste städtische Planungsprozesse und formelle und informelle Instrumente der Bauleitplanung integrieren. Neben der Berücksichtigung bei der Erstellung von Flächennutzungs- und Bebauungsplänen sind darüber hinaus auch Konzepte zum Schutz kritischer Infrastrukturen möglich. Als Beispiel lassen sich in diesem Zusammenhang Infrastrukturelemente des Straßenverkehrs (Straßen und Unterführungen), Elemente der Energie- und Wasserver- und Entsorgung sowie schützenswerte Sozialeinrichtungen (Kindergärten, Krankenhäuser, Seniorenheime) nennen.

Das Vorgehen zur Erstellung einer urbanen Gefahren- bzw. Risikokarte und die erforderlichen Grundlagendaten müssen sich immer an der Zielstellung orientieren. Ziele, die mit urbanen Gefahren- bzw. Risikokarten verfolgt werden, sind vor allem die

- Stadt- bzw. einzugsgebietsweite Identifikation von potentiell durch extreme Regen gefährdete urbanen Bereichen;
- Sensibilisierung von Akteuren und Betroffenen zum Thema Überflutungsvorsorge, z. B. zur Förderung der Zusammenarbeit von Stadtentwässerung und Stadtentwicklung;
- Grundlagenbereitstellung zu Detailanalysen und Maßnahmenplanung unterschiedlicher Fachdisziplinen auf Quartiers- und Objektebene;
- Bereitstellung einer ressortübergreifenden „Kommunikationsplattform“ zum Thema Überflutungsvorsorge und Informationsgrundlage für Dritte.

## Vorgehensweise nach dem Stufenkonzept

In dem Bericht „Klimawandel in Stadtentwässerung und Stadtentwicklung“ (LANUV NRW 2012) wird, wie auch in dem „Praxisleitfaden Überflutungsvorsorge“ (BWK/ DWA 2013), ein gestuftes Vorgehen zur Analyse der Überflutungssituation bei extremen Regen empfohlen (siehe Abb. 20). In der entwässerungstechnischen Praxis und in verschiedenen Forschungsprojekten (LANUV NRW 2013; KLAS 2013, Hoppe et al. 2013) hat sich dieses Vorgehen bewährt.

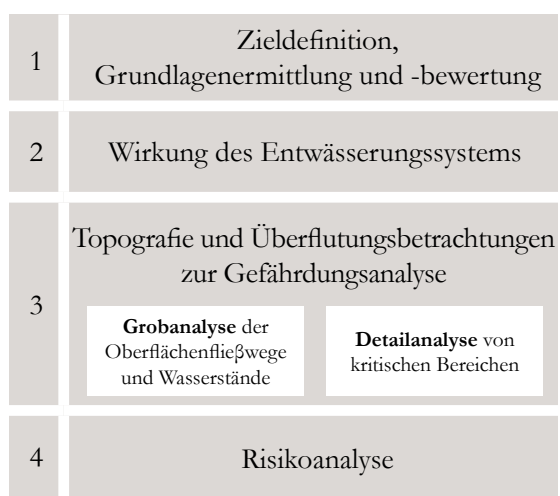


Abb. 21 Stufenkonzept zur Erstellung einer urbanen Gefahrenkarte (ILPÖ 2016 nach LANUV 2010, LANUV 2012)

## Stufe 1: Zieldefinition, Grundlagen-ermittlung und -bewertung

Die Erstellung der urbanen Gefahren- bzw. Risikokarten sollte an wasserwirtschaftlich zusammenhängenden Gebieten orientiert erfolgen. Entscheidend ist, dass Umfang und Qualität der Grundlagendaten mit den Zielen der Kartendarstellungen abgeglichen werden. Daher muss die Zielstellung schon zu Beginn ressortübergreifend und nutzerorientiert diskutiert und festgelegt werden.

Im Rahmen der Grundlagenermittlung erfolgt die Zusammenstellung und Analyse der verfügbaren und erforderlichen Grundlagendaten. Hierzu gehören insbesondere:

- Gefahrenkarten
- Digitales Geländemodell (DGM1 oder höhere Auflösung)
- Daten zum Entwässerungssystem (Generalentwässerungsplan; Kanalnetzmodell)
- Betriebsbeobachtungen zu Überflutungen (Kanalnetzbetreiber, Messdaten aus dem Entwässerungssystem, Einsatzberichte Feuerwehr)
- Risikokarten
- Daten zur Flächennutzung (ALK oder vergleichbar)
- Daten zu kritischen Infrastrukturen
- Angaben zum Schadenspotential

## Stufe 2: Wirkungen des Entwässerungssystems

Entwässerungssysteme umfassen die gesamte Infrastruktur für das Management von

Abwasser und Regenwasser in der bebauten Umwelt (DIN 2008). Durch ihre Ableitungs- und Transportfunktion haben sie maßgeblich Einfluss auf Überflutungsprozesse und müssen im Rahmen der Gefährdungsanalyse auch für extreme Niederschlagsbelastungen berücksichtigt werden. Informationen zum Entwässerungssystem (Zustand, hydraulische Leistungsfähigkeit etc.) können i. d. R. aus Generalentwässerungsplänen (GEP; auch bezeichnet als Zentrale Abwasserpläne ZAP) entnommen werden, die von Kommunen oder beauftragten Entwässerungsbetrieben aufgestellt werden. GEPs dienen als Planungsinstrument zur Weiterentwicklung des Entwässerungssystems und dokumentieren das Kanalnetz in einem Ist-, Prognose- (Berücksichtigung zukünftiger Flächenversiegelung) und Sanierungszustand. Die Ermittlung des hydraulischen Sanierungsbedarfs erfolgt nach den Vorgaben des DWA-A 118 (DWA 2006b) bzw. der DIN EN 752 (DIN 2008).

## Stufe 3: Topografie- und Überflutungsbe-trachtungen zur Gefährdungsanalyse

Zur Analyse von Überflutungsgefährdungen stehen je nach Zielsetzung, Datenverfügbarkeit und Fachwissen verschiedene Methoden zur Verfügung. Das DWA-M 119 und der „Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge“ (BWK/ DWA 2013) enthalten in diesem Zusammenhang ausführliche Erläuterungen und geben Hinweise zur Aussagekraft verschiedener Methoden (Abb. 22). Darüber hinaus wird zurzeit im Forschungsprojekt KLAS II Bremen ein Praxisleitfaden „Vereinfachte und detaillierte Modelle im urba-

	vereinfachte Gefährdungsabschätzung	topografische Gefährdungsanalyse	hydraulische Gefährdungsanalyse
Datengrundlage	• vorhandene Bestandsunterlagen	• vorhandene Bestandsunterlagen • topografische Daten (DGM)	• detaillierte Bestandsdaten (DGM, Entwässerungssystem, ...)
Vorgehensweise	• Auswertung Bestandsunterlagen • Ortsbegehung	• GIS-gestützte Analyse der Geländetopografie	• hydraulische Simulation der Abfluss- und Überflutungsvorgänge
Ergebnis	• erste Gefährdungseinschätzung • Skizze mit Gefährdungsbereichen	• Fließwege und Geländesenken • vereinfachte Gefahrenkarte	• Fließtiefen und Oberflächenabflüsse • detaillierter Überflutungsplan
Aufwand & Schwierigkeitsgrad	• geringer Aufwand • in Eigenregie möglich	• geringer bis mittlerer Aufwand • setzt GIS-Kenntnisse voraus	• hoher Aufwand • erfordert Spezialwissen

Abb. 22 Mögliche Vorgehensweisen zur Ermittlung der Überflutungsgefährdung (ILPÖ 2016 nach DWA 2013)



nen Raum als Grundlage einer wassersensiblen Stadtentwicklung“ erstellt, der konkret auf die Auswirkungen verschiedener Grundlagendaten, des Modellaufbaus und der Parametereinstellungen auf die Berechnungsergebnisse eingeht (Koch et al. 2016).

Die im Rahmen des Forschungsprojekt angewandte Simulationssoftware zur hydraulischen Gefährdungsanalyse wird unter dem Punkt „Hydraulische Analyse der Überflutungsgefährdung mit dem gekoppelte Kanalnetz- und Oberflächenberechnung mit DYNA/ GeoCPM (++ Systems)“ beschrieben.

#### Stufe 4: Risikoanalyse

Innerhalb der Stufe 4 werden die identifizierten entwässerungstechnisch kritischen Gebiete mit einer nachgewiesenen Überflutungsgefahr (Gefahrenkarte nach Stufe 2 und 3) mit den zugehörigen Nutzungen und Infrastruktureinrichtungen überlagert und analysiert (siehe Abb. 23).

Hierbei kann eine im Vorfeld entwickelte und abgestimmte Bewertungsmatrix unterstützend hinzugezogen werden. Innerhalb dieser Bewertungsmatrix werden in Abhängigkeit von örtlichen Gegebenheiten objektive Kriterien für eine Gefährdungs- oder Risikoanalyse festgelegt (Tabelle 3). Hier ist z. B. eine Entwicklung verschiede-

#### Aufwand und Nutzen von urbanen Gefahren- und Risikokarten

Der Aufwand für die Erstellung und Fortschreibung urbaner Gefahren- und Risikokarten hängt maßgeblich von dem Umfang und der Qualität der verfügbaren Grundlagen und den Inhalten und der Qualität der erstellen Karten ab. Zudem ergeben sich u.a. vor dem Hintergrund städtebaulicher und entwässerungstechnischer „Pflichtaufgaben“ zahlreiche Synergieeffekte. Unterschiedliche Ressorts können die neu aufgearbeiteten Grundlagendaten, z. B. Laserscandaten, Kartierung von Brücken, Dämmen und Durchlässen etc., in der täglichen Arbeit nutzen. Der Aufwand lässt sich grundsätzlich in folgenden Bereiche untergliedern:

- Datenbeschaffung und Datenbereitstellung
- Datenprüfung und -aufbereitung
- Datenauswertung, Modellierung und Layout der urbanen Gefahrenkarte
- Analyse des Schadenspotenzials und Risikoanalyse
- Kommunikation
- Fortschreibung der Karten

Die Grundlagendaten zur Flächennutzung liegen vielfach vor (z. B. ALK). Detailinformationen zur kritischen Infrastruktur wie z. B. Versorgungseinrichtungen, Unterführungen etc.

Information		Gefährdungsklasse				
		0	1	2	3	4
Mulde	Tiefe (m)	≤ 0,10	0,11 - 0,30	0,31 - 0,50	0,51 - 0,75	≥ 0,75
	Volumen (m³)	≤ 5,00	5,10 - 10,00	10,10 - 25,00	25,10 - 50,00	≥ 50,00
Oberflächenabfluss	max. Wasserstand (m)	≤ 0,10	0,11 - 0,30	0,31 - 0,50	0,51 - 0,75	≥ 0,75
Kanalnetz	Überstauvolumen (m³)	≤ 5,00	5,10 - 10,00	10,10 - 25,00	25,10 - 50,00	≥ 50,00

Tab. 03 Beispiel für eine einfache, der Gefährdungsanalyse zugrunde liegenden, Bewertungsmatrix, die je nach Aufgabenstellung angepasst und erweitert werden muss (Dr. Pecher AG 2015)

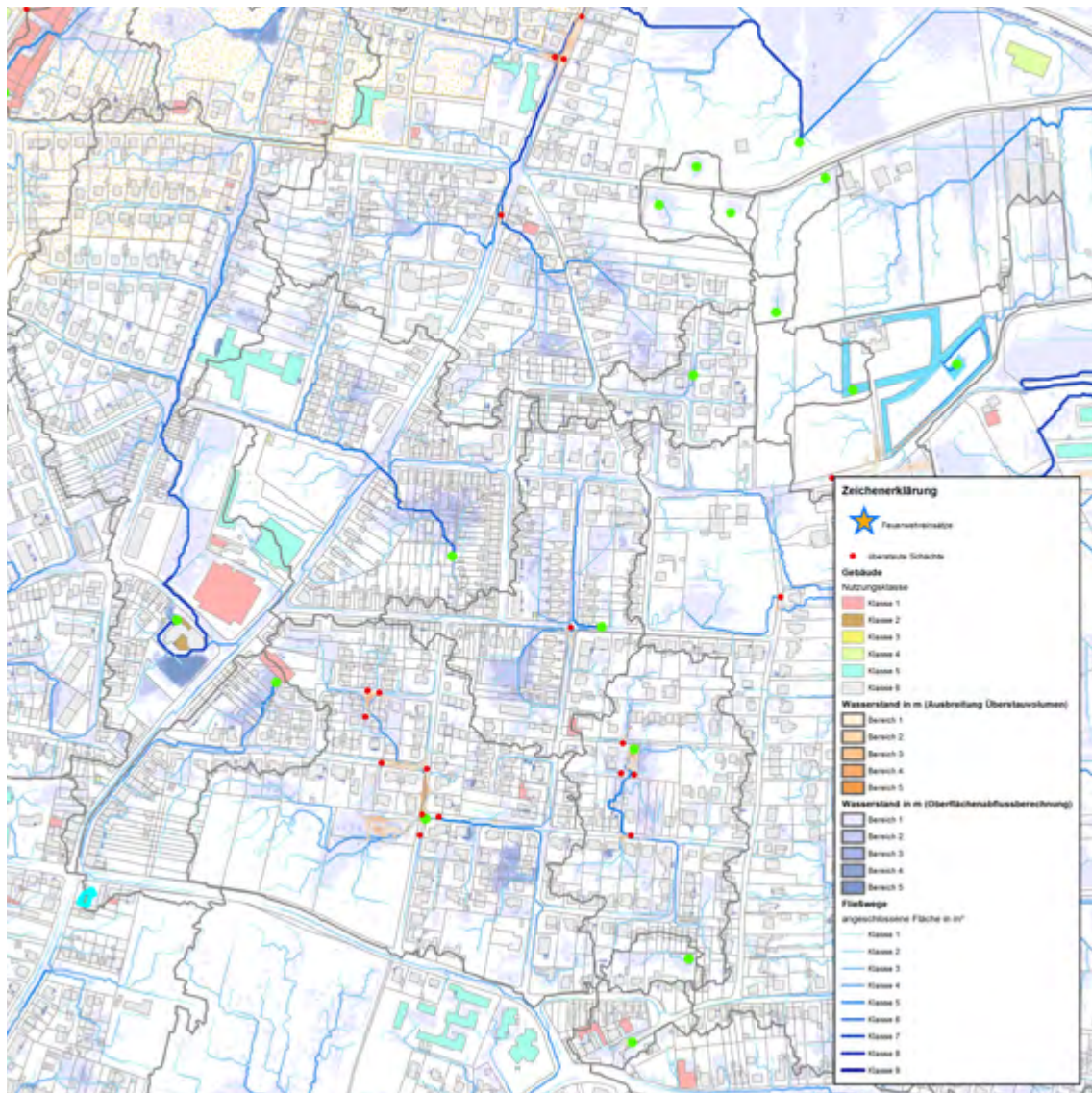


Abb. 23 Ausschnitt einer stadtgebietsweiten urbanen Gefahrenkarte mit Darstellung von Fließwegen und Oberflächenabfluss sowie unterschiedlichen Nutzungskategorien (Dr. Pecher AG 2015)

müssen jedoch z. T. erst zusammengeführt werden. hochaufgelöste Geländemodelle (DGM1 oder genauer) sind z. B. in NRW flächendeckend verfügbar. In anderen Bundesländern müssen diese Geländedaten jedoch z. T. erst erhoben werden. Daten zum Entwässerungssystem sollten den Betreibern in aktueller Form vorliegen. Die verfügbaren Daten müssen gesichtet und ggf. ergänzt werden, bevor eine Auswertung der Topographie und der Oberflächenabflüsse erfolgen kann. Hierzu sind umfangreiche GIS-Kenntnisse und Erfahrung bei der Modellierung von Oberflächen- und Kanalnetzabflüssen im urbanen Bereich erforderlich. Die Ergebnisse sind unter Berücksichtigung der Qualität der

Grundlagendaten durch die Bearbeiter zu bewerten und mit den Zielen der Kartendarstellungen abzugleichen.

Dem Aufwand für die Erstellung der Karten steht ein erheblicher Nutzen zur effizienten, strategischen Planung von Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge gegenüber. Die zunehmenden Schäden aufgrund extremer Wetterereignisse (Steininger et al. 2005) und deren wirtschaftliche Folgen auch im urbanen Raum fernab von großen Gewässern zeigen die Notwendigkeit und die ökonomischen Vorteile der Erstellung urbaner Gefahren- und Risikokarten auf.

### Hydraulische Analyse der Überflutungsgefährdung mit dem gekoppelte Kanalnetz- und Oberflächenberechnung mit DYNA/GeoCPM (++) Systems)

Für die im Rahmen des Forschungsprojekts durchgeführten hydraulischen Analysen der Überflutungsgefährdung wurde das Programmsystem ++SYSTEMS mit den Modulen KANAL++ (Kanalinformationssystem), DYNA (1D Kanalnetzmodell) und GeoCPM (2D Oberflächenabflussberechnung) eingesetzt.

Mit Hilfe des Rechenkerns DYNA wird der Kanalnetzabfluss (Abflusstransport) auf Grundlage der im Kanalinformationssystem Kanal++ gespeicherten Daten (Schächten und Haltungen) hydrodynamisch berechnet. Durch die Verknüpfung des Kanalnetzmodells mit dem Oberflächenmodell GeoCPM können zusätzlich zu den hydraulischen Prozessen im Kanalnetz zeitgleich korrespondierende Abflüsse auf der Oberfläche abgebildet werden. Da die Schnittstellen zwischen beiden Modellen bidirektional ausgeführt sind, kann überstauendes oder oberflächliches Regenwasser sowohl auf der generierten Oberfläche abfließen, als auch an anderer Stelle wieder dem Kanalnetz zufließen. Als Schnittstellen zwischen Oberfläche und Kanalnetz fungieren Schächte und Straßenabläufe.

Die Grundlage für das Oberflächenmodell bildet ein aus Geländepunkten (digitales Geländemo-



Abb. 24 Die Oberfläche wird in GeoCPM über Dreieckselemente nachgebildet (Dr. Pecher AG 2015)

dell) erzeugtes Dreiecksnetz, das während der Simulation als Rechnetz für die hydraulische Berechnung der Oberflächenabflüsse dient (siehe Abb. 24). In Abhängigkeit der Oberflächenbeschaffenheit können den einzelnen Dreiecken Rauheiten, Versickerungsraten und Dauerverluste zugewiesen werden. Im Zuge der Simulation wird für jedes Dreieck die Änderung des Wasserstands über die Zeit berechnet.

Da es sich bei dem Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodell um zwei mit einander verbundene, aber jeweils eigenständige Modelle handelt, enthalten beide Modelle unabhängig voneinander Ansätze zur Abflussbildung. Im Vorfeld einer gekoppelten Berechnung muss daher festgelegt werden, über welches Modell die Abflussbildung abgebildet wird. Auch eine Kombination der Ansätze beider Modelle ist möglich:



Abb. 25 Benutzeroberfläche GeoCPM (Dr. Pecher AG 2016)

Zeitschritt 1



Zeitschritt 2



Zeitschritt 3



Ergebnisdarstellung



Maximale Wasserstände über alle Zeitschritte

Abb. 26 Ergebnisse werden i. d. R. als maximal während der Simulation aufgetretene Wasserstände dargestellt (Dr. Pecher AG 2015)

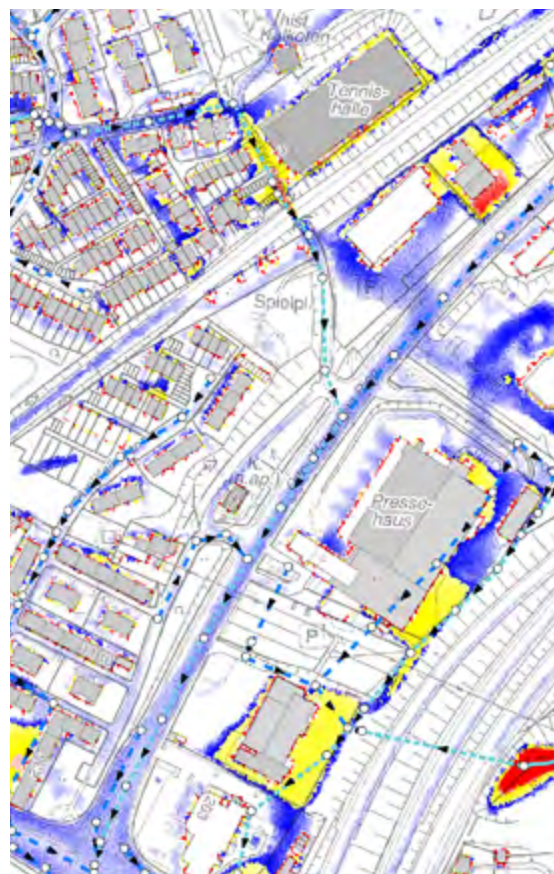


Abb. 27 Überflutungssimulation für den IST-Zustand für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (links) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (rechts) (Dr. Pecher AG 2016)

Im Zuge der Ergebnisauswertung muss berücksichtigt werden, dass sich, je nachdem, welches Modell zur Abflussbildung herangezogen wird, bei gleichbleibenden Randbedingungen unterschiedliche Berechnungsergebnisse ergeben, die durch Fachleute bewertet und aufbereitet werden müssen (Abb. 27).

### Berücksichtigung der Auswirkung des Klimawandels bei Überflutungsbetrachtungen

Gemäß DIN EN 752 (DIN 2008) sollten die Auswirkungen des Klimawandels auf Überflutungsereignisse im Rahmen eines Überflutungsnachweises in Betracht gezogen werden. Eine Möglichkeit hierzu besteht in der Überflutungssimulation mit entsprechend angepassten Niederschlagsbelastungen. Mit Hilfe regionaler Klimamodelle können Klimatrends auf Nieder-

schlagsreihen übertragen und so in Bemessungsgrößen integriert werden.

Im Rahmen des SAMUWA-Projekts wurden beispielhaft Berechnungen zur Untersuchung der Auswirkungen durch den Klimawandel durchgeführt. Die Niederschlagsbelastung für die Überflutungsberechnung wurden hierzu nach der Methode des Quantil-Maping (Berg 2012) an einen Klimatrend (WRF-Modell der Uni Augsburg, Szenario A1B) angepasst. Abb. 28 zeigt Unterschiede bei den errechneten Wasserständen mit und ohne Berücksichtigung des Klimatrends.



Abb. 28 Ergebnisse der Überflutungsberechnung mit und ohne Klimatrend (Dr. Pecher AG 2015)

#### Vergleich der maximalen Wasserstände ü. GOK

- Wasserstand T = 20a < Wasserstand T = 20a (Klimafaktor)
- Wasserstand T = 20a > Wasserstand T = 20a (Klimafaktor)
- Wasserstand nur T = 20a
- Wasserstand nur T = 20a (Klimafaktor)
- Wasserstand nur T = 20a = T = 20a (Klimafaktor)

# Wasserbezogenes städtebauliches Leitbild und integrierte Maßnahmenkonzepte

## Ausgangslage

Bisher werden die in Generalentwässerungsplänen und in städtebaulichen Leitbildern enthalten Aussagen zur Stadt- und Freiraumentwicklung nicht zusammen gebracht – die derzeitige Planungspraxis der oberirdischen Bewirtschaftung des Regenwassers folgt teilweise sehr kleinteiligen wasserwirtschaftlichen Konzepten. Eine wasserbezogene städtebauliche Leitplanung, die den Zielrahmen für die künftige Entwicklung einer Stadt im Sinne einer integrierten wasserwirtschaftlichen und stadträumlichen Gesamtkonzeption formuliert, gibt es bisher noch nicht. Ein Generalentwässerungsplan stellt ein langfristiges und übergeordnetes Entwässerungs- und Abwasserkonzept für ein Einzugsgebiet dar und dient als Rahmenvorgabe für die weitere Planung von allen wasserwirtschaftlichen Maßnahmen im Entwässerungsnetz. Ein städtebauliches Leitbild legt zentrale Aufgaben der Stadtentwicklung für die kommenden Jahre fest, entwirft räumliche Zielvorstellungen und Leitprojekte, benennt Strategien um den Stadtentwicklungsprozess nachhaltig zu steuern und stadtplanerisch umzusetzen und dient als Grundlage für den Dialog zwischen allen Akteuren der Stadtentwicklung sowie der Öffentlichkeit. Auf der methodischen Ebene erhebt das städtebauliche Leitbild keinen flächendeckenden Anspruch auf die detaillierte Betrachtung aller Themen und Teilräume einer Stadt, sondern fokussiert auf diejenigen, bei denen ein besonderer Handlungsbedarf in der näheren Zukunft besteht.

## Wasserbezogene Leitplanung

Im Zuge der erkannten und wichtigen Bedeutung des Klimaschutzes und der Klimaanpassung empfiehlt die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) die Entwicklung integrierter Planungsstrategien auf der regionalen und städtischen Ebene und eine Implementierung von entsprechenden Maßnahmenkonzepten in der Bauleit- und Stadtplanung. Auch die wasserbezogene Leitplanung gewinnt im Rahmen der Klimaleitplanung und der großräumigen Stadtentwicklungsplanung an Relevanz: Aufgrund der Vernetzung von unter- und oberirdischen

Fließwegen ist ein übergeordnetes und großräumiges Wassersystemdenken – anstatt eines Parzellendenkens – notwendig, um den angesichts des Klimawandels zunehmenden Herausforderungen im Umgang mit Starkregenereignissen und Trockenperioden ganzheitlich gerecht zu werden. Gleichzeitig lässt sich der Umgang mit Regenwasser auch leichter in Planungen anderer Fachdisziplinen integrieren und entsprechende Synergien herstellen, wenn ein klares, übergeordnetes Konzept vorhanden ist.

## Konzeption

Die Konzeption eines wasserbezogenen städtebaulichen Leitbilds setzt ein Verständnis der Zusammenhänge zwischen Stadtre Relief und Gewässerstruktur sowie des Einflusses des stadträumlichen Kontexts auf den natürlichen Wasserkreislauf voraus. Bedeutsam sind hier neben den oberirdischen Wasserwegen vor allem auch die Erweiterung des natürlichen Wasserkreislaufes durch unter- und oberirdische Kanäle, die Regen- und Abwasser führen sowie die Flächenversiegelung und –nutzung. Entgegen der in der Stadt- und Freiraumplanung vorherrschenden Betrachtung von kommunalen administrativen Grenzen sollten im Rahmen eines wasserbezogenen städtebaulichen Leitbilds die Grenzen der Gewässereinzugsgebiete betrachtet werden. Dabei geht es zunächst darum die Stadt als System aus Regenwassereinzugsgebieten lesbar zu machen und zu bestimmen, in welchen Einzugsgebieten und welchen Stadträumen der größte Handlungsbedarf und die größten Potentiale bestehen. Grundlage für eine räumliche Konkretisierung des Leitbilds sind deshalb sowohl die Ergebnisse der Wasserhaushaltsbilanzierung sowie Gefährdungs- und Risikoanalyse, wie auch die städtebaulich-freiraumplanerischen Veränderungs- und Entwicklungspotentiale der Stadt bzw. des ausgewählten Gewässereinzugsgebiets (z. B. Ergänzung/ Erweiterung von Bewegungsachsen, Neuschaffung und Aufwertung von Freiflächen, Neuordnung oder Reaktivierung Bauflächen oder Siedlungsbrachen, Renaturierung von Gewässerabschnitten, etc.). Hierfür sollten bereits bestehende Planungen und Konzepte hinzugezogen werden und hinsichtlich ihrer Relevanz und des Potentials für die

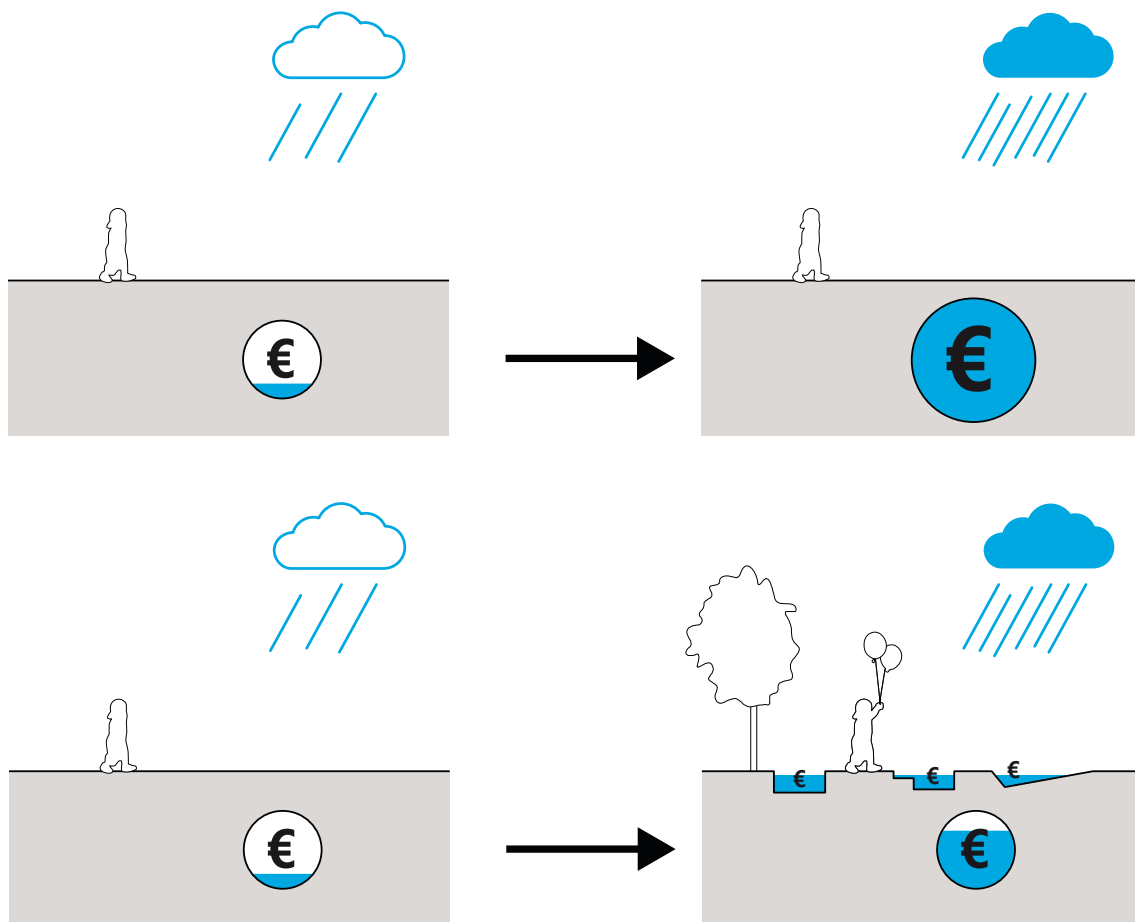


Abb. 29 Trockenheits- und Überflutungsvorsorge kann als Impuls für die großräumige Gestaltung flexibler, kostengünstiger Lösungen an der Oberfläche und als Beitrag für lebenswerte und grüne Stadträume genutzt werden (ILPÖ 2015 nach de urbanisten)

dezentrale Regenwasserbewirtschaftung ausgewertet werden. Dabei geht es vor allem darum, die oft nicht aufgegriffenen Synergien für eine integrierte Stadtlandschaftsentwicklung und Infrastrukturentwicklung ins Blickfeld zu rücken, die mit einer dezentralen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung und einer Gewässerrenaturierung einhergehen. Darüber hinaus ist auch die Einbeziehung von städtebaulichen Entwicklungsszenarien, die auf vorhandene Tendenzen aufbauen und diese in unterschiedliche Richtungen (Norm- und Extremszenarien) für unterschiedliche Zeithorizonte (kurz-, mittel-, langfristig) abbilden, eine wichtige Grundlage. Dabei wird der gegenwärtige Siedlungsbestand als ein sich veränderndes, vielerorts wachsendes, aber in manchen Gebieten auch schrumpfendes Gefüge betrachtet. Die planerische Bearbeitung verlangt Antworten unter anderem auf folgende Fragen: Welche Veränderungen der Stadtstruktur sind durch den wirtschaftlichen Strukturwandel, den

demographischen Wandel und neue Ansprüche der Stadtgesellschaft zu erwarten? Wie können wasserwirtschaftliche und stadtplanerische Handlungsfelder miteinander verknüpft werden?

### Integrierte Maßnahmenkonzepte

Die große Vielfalt möglicher Maßnahmenbausteine des dezentralen Regenwassermanagements soll als Auslöser und Treiber der integrierten Stadt- und Freiraumentwicklung weiterentwickelt werden: „Grün durch Blau“ ist die zentrale Strategie, um Maßnahmen der Wasserwirtschaft, der städtischen Infrastrukturentwicklung sowie der Stadt- und Freiraumplanung miteinander zu verbinden. Dabei dienen die Grün- und Wasserräume als Ausgangspunkt für die Initiierung von wegweisenden Entwicklung eines vernetzten Wasser- und Freiraumsystems, welches auf der intelligenten Verknüpfung von

baulichen Maßnahmen der Regenwasserversickerung, -rückhaltung und -ableitung basiert.

## Maßnahmenplanung

Bei der Maßnahmenplanung der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung kommen eine große Vielfalt unterschiedlicher Einzelmaßnahmen in Frage, um die Wasserbilanz des jeweiligen Betrachtungsgebietes dem natürlichen Zustand anzunähern bzw. um Speicher- und Ableitungssysteme im Fall von Starkregenereignissen zu schaffen. Dabei lassen sich die verschiedenen möglichen Maßnahmen einem oder mehreren Wirkungsbereichen der Regenwasserbewirt-

schaffung zuordnen (s. Tabelle 2, Kapitel 2). Auch Referenzprojekte können dabei als Hilfsmittel dienen, um das Möglichkeitsfeld aufzuspannen und Denkanregungen zu geben. So können sich die verschiedenen Fachdisziplinen leichter über ihre Vorstellungen verständigen. Mithilfe innovativer IT- und Simulations-Tools können die unterschiedlichen planerischen Eingriffe getestet und hinsichtlich ihrer Wirkung iterativ optimiert werden.

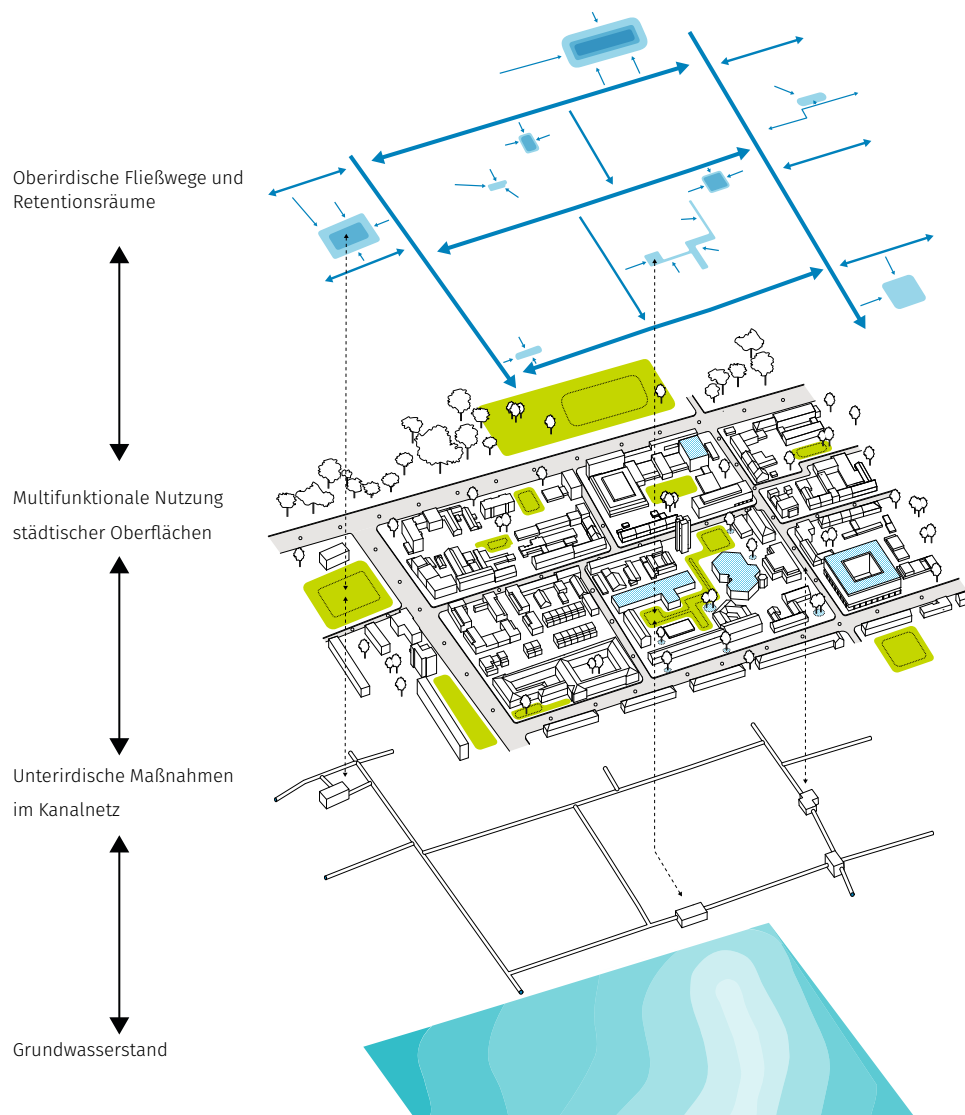


Abb. 30 Die strategisch-systemare Verknüpfung von Wasser, Stadt und Freiraum erfolgt durch integrierte Maßnahmenkonzepte (ILPÖ 2015)



## 3.2 Interdisziplinärer Planungsprozess

Um die Stadt und ihre Einzelflächen multifunktional zu denken und zu planen, müssen Strategien der Wasserwirtschaft mit Strategien der Stadt- und Freiraumplanung verzahnt werden. Ein interdisziplinärer Planungsprozess zwischen Wasserwirtschaft, Stadt- und Freiraumplanung schafft eine neue Basis für kreative Lösungen, die Synergien ausschöpfen und das urbane Stadtsystem basierend auf einem bewussten Umgang mit dem Regenwasser resilienter und flexibler gestalten. Es besteht jedoch oftmals eine Hemmschwelle durch ein fehlendes Verständnis für Grundlagen, Methoden und Werkzeuge der jeweils anderen Fachdisziplin. Planungsprozesse sind oft nicht gut miteinander verzahnt. Die Grundlage für eine Veränderung ist ein abgestimmter Austausch von Informationen und Daten sowie die Verzahnung der Analyseschritte zwischen den fachspezifischen Planern und Behörden. Auf diese Weise kann die Eigenlogik der einzelnen Fachrichtungen überwunden werden (vgl. DWA-Arbeitsgruppe ES-2.5 2008).

Um die vorher beschriebenen Methoden und Werkzeuge sinnvoll in einem interdisziplinären Planungsprozess einzusetzen wurde im Rahmen des Teilprojekts C.1 des BMBF-Forschungsprojekts „Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts“ (SAMUWA) ein Vorgehensmodell entwickelt. Durch die Entwicklung eines wasserbezogenen Leitbildes und mit Hilfe der beschriebenen Bilanzierungs- und Simulationstools können die Defizite des urbanen Wasserhaushalts besser berücksichtigt und die notwendigen Investitionen in unter- und oberirdische Maßnahmen der Überflutungsvorsorge mit geplanten städtebaulichen Entwicklungsprojekten kombiniert werden.

Es wird aufgezeigt, wie Fokusräume, Flächen und mögliche Maßnahmen identifiziert werden können, die im Sinne einer multifunktionalen Flächennutzung für das Regenwassermanagement im Normal- und im Starkregenfall gestaltet werden können. Für solch nachhaltige, ganzheitliche Lösungen muss das geomorphologische Gefüge der Stadt als grundlegender Ordnungsfaktor anerkannt werden. So können die oberirdischen Fließwege als Beitrag für lebenswertere, grünere Städte im Sinne einer wassersensiblen Stadtgestaltung genutzt werden.

### Das Vorgehensmodell

Das Vorgehensmodell basiert auf fünf Schritten (Abb. 31), deren wesentlicher Inhalt im Folgenden kurz beschrieben wird. In den Kapiteln 4 und 5 wird das Vorgehensmodell beispielhaft auf je ein Modellgebiet in Gelsenkirchen (Fokus ausgeglichene Wasserbilanz) und ein Modellgebiet in Wuppertal (Fokus Überflutungsmanagement) angewendet und die jeweiligen Schritte an diesen Beispielen konkretisiert.

Es ist nötig, bei Wasserwirtschaftlern, Stadt- und Freiraumplanern ein neues Verständnis für die Verflechtungszusammenhänge zwischen Wasserinfrastruktursystemen, Stadträumen und Gewässern zu wecken und somit - im Sinne einer „wassersensiblen Stadtentwicklung“ - die räumliche Organisation der Stadt im Zusammenspiel zwischen Topografie, ober- und unterirdischen Fließwegen und daran angepassten Raumnutzungen zu optimieren. Um das Gewässersystem in seinem stadträumlichen Kontext zu verstehen, ist eine wichtige grundlegende Fragestellung die des Betrachtungsrahmens: In welchen räumlichen Einheiten muss der Planer denken, um Maßnahmen der wassersensiblen Stadtentwicklung überhaupt ganzheitlich umsetzen zu können? Stadtplaner sind gewöhnt, in administrativen Grenzen von Stadtteilen und Stadtbezirken zu denken, die sich jedoch nicht an den natürlichen Grenzen der Fließgewässereinzugsgebiete und den Fließwegen des Wassers im urbanen Raum orientieren.

### Schritt 1: Betrachtungsraum definieren

Daher werden in einem ersten Schritt die Einzugsgebiete (Wirkungsräume) zu Grunde gelegt, um einen Betrachtungsraum festzulegen. Nach der Eingrenzung des räumlichen Betrachtungsrahmens wird das Wassersystem in seinem stadträumlichen Kontext betrachtet: Dabei erfolgt eine Analyse der natürlichen Faktoren wie Topographie, Gewässer und Teileinzugsgebiete, sowie des Einflusses des stadträumlichen Kontextes auf den natürlichen Wasserkreislauf. Bedeutsam sind hier die Erweiterung des natürlichen Wasserkreislaufs durch unter- und oberirdische Kanäle, die Regen- und Abwasser

führen sowie die Flächenversiegelung und –nutzung. Ziel ist es, eine neue Lesart von Stadt zu ermöglichen, um die unterschiedlichen Betrachtungsdimensionen und Bewertungsmaßstäbe zu verstehen und das gesamttraumbezogene Zusammenspiel zwischen Topografie, Gewässersystem, ober- und unterirdischen Fließwegen und der daran angepassten Raumnutzung darzustellen.

### **Schritt 2: Wasserwirtschaftliche Analysen und Simulationen durchführen**

Im zweiten Schritt erfolgen die wasserwirtschaftliche Analyse der Überflutungssituation bzw. die Betrachtung der Defizite des urbanen Wasserhaushaltes. Hier kommen die in Kapitel 3.1 beschriebenen wasserwirtschaftlichen Instrumente und Werkzeuge zum Einsatz.

### **Schritt 3: Wasserbezogenes städtebauliches Leitbild entwickeln**

In einem wasserbezogenen städtebaulichen Leitbild (siehe Kapitel 3.1) werden die Bedingungen des urbanen Wassermanagements mit städtebaulichen Anforderungen in Form einer übergeordneten Strategie verknüpft (Schritt 3).

### **Schritt 4: Fokusgebiete definieren**

Schritt 4 dient dem Priorisieren und Festlegen von Fokusgebieten. Hier erfolgt eine Verzahnung wasserwirtschaftlicher und stadtplanerischer Defizite und Potenziale (Schritte 2 und 3), ergänzt um weitere, das Projektgebiet betreffende Informationen wie zum Beispiel dem baulichen und hydraulischen Sanierungsbedarf des Kanalnetzes, Verkehrsplanungen oder Gefährdungsanalysen zur Überflutung und Hochwasser. Ziel ist es, mögliche Zusammenhänge zwischen notwendigen Maßnahmen der Siedlungswasserwirtschaft in Verbindung mit strategischen städtebaulichen Entwicklungsprojekten bzw. kurzfristig umsetzbarer Maßnahmen im Rahmen laufender Projekte und Maßnahmen anderer Entwicklungsträger aufzuzeigen. Disziplinübergreifend werden aus der Überla-

gerung resultierende potentielle Fokusgebiete diskutiert und festgelegt. Dabei spielt eine Akkumulation von Handlungsbedarfen der einzelnen Fachplanungen eine Rolle, um möglichst große Synergieeffekte ausnutzen zu können. Geplante Stadtentwicklungsmaßnahmen können zum Beispiel aktiv als Motor für wasserbezogene Entwicklungsmaßnahmen genutzt bzw. Investitionen in wasserbezogene Maßnahmen verwendet werden, um zusätzliche Mittel zur Verbesserung von Nutzungs- und Gestaltqualitäten urbaner Räume zur Verfügung zu stellen. Auch Bereiche, in denen im weiter gefassten Umfeld die Möglichkeit besteht, eine Verbesserung der Wasserbilanz durch die Kombination von Maßnahmen mit anderen Fachplanungen zu schaffen, sind relevant.

### **Schritt 5: Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte entwickeln**

Im letzten Schritt (Schritt 5) werden lokalspezifische Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte für ausgewählte Fokusgebiete entwickelt. Diese sollen in diesem engen interdisziplinären Austausch multifunktional konzipiert werden, um möglichst viele Handlungsbedarfe und –potentiale zu integrieren. Dazu ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit notwendig, die zum Beispiel in Form von gemeinsamen Planungsworkshops erfolgen kann.

Der aus diesem Vorgehen resultierende Entwurf eines Wasserplans sollte im Rahmen eines Informations- und Beteiligungsverfahrens öffentlich bekannt gemacht und diskutiert werden. Auch die lokalspezifischen Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte bedürfen einer intensiven Abstimmung und Weiterentwicklung mit den Akteuren vor Ort. Auf Basis der aus dem partizipativen Prozess resultierenden Erkenntnisse sollte der Wasserplan überarbeitet und angepasst werden, bevor er offiziell beschlossen und als wasserbezogene Leitplanung als Leitlinie für die zukünftige Stadtentwicklung genutzt werden kann.

# Das Vorgehensmodell

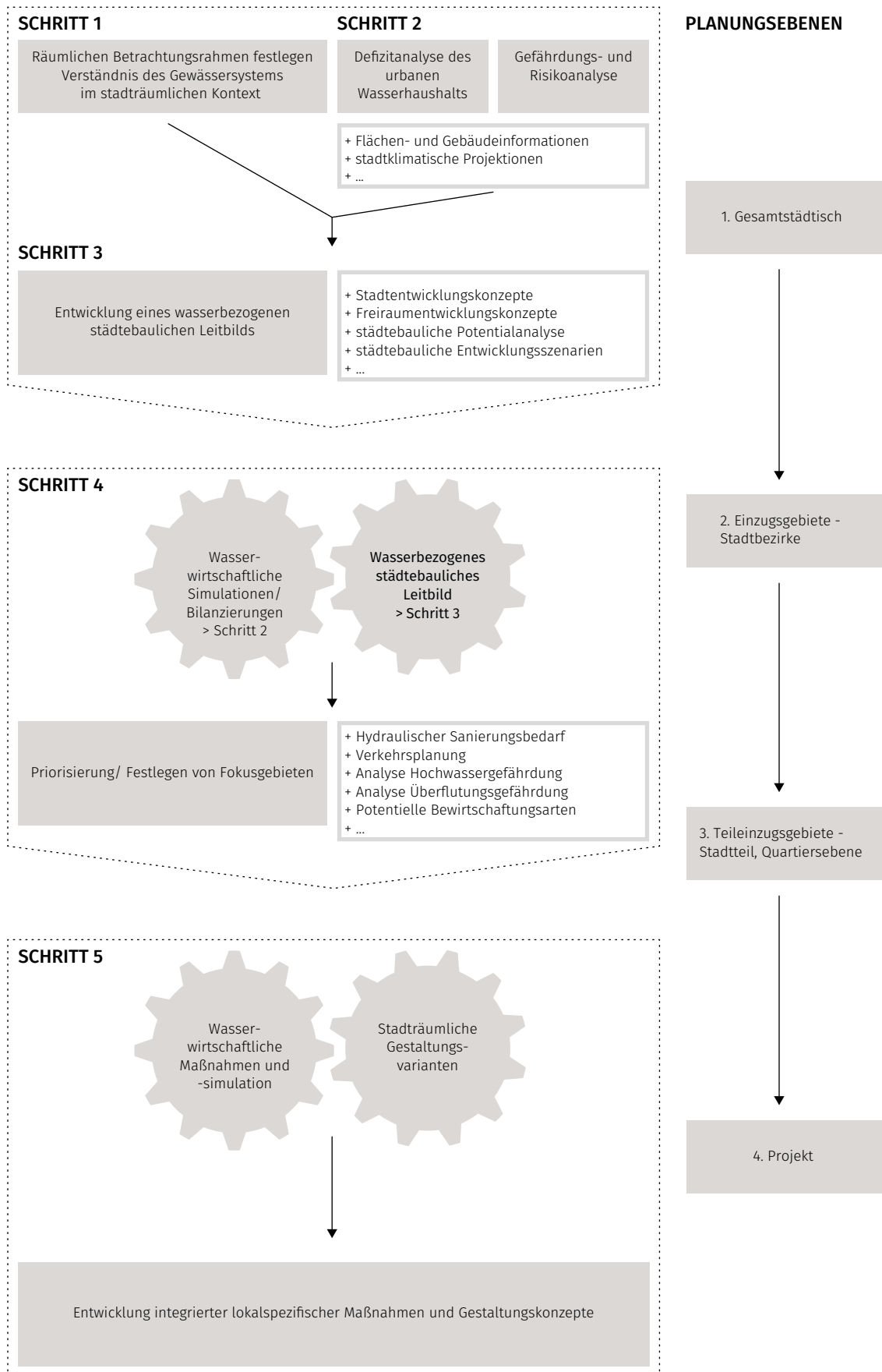


Abb. 31 Vorgehensmodell (ILPÖ 2015)



## 4. Anwendung des Vorgehensmodells mit Fokus ausgeglichene Wasserbilanz Fallbeispiel Gelsenkirchen

Im Kapitel 4 wird das Vorgehensmodell auf ein Modellgebiet in Gelsenkirchen angewandt. Dabei wird der Fokus aus wasserwirtschaftlicher Sicht auf das Erreichen eines möglichst naturnahen Wasserhaushalts gelegt. Die Gründe dafür werden durch eine Erläuterung des besonderen Kontexts in Gelsenkirchen dargelegt. Es folgt eine detaillierte Beschreibung der Analysen und Ergebnisse unter Angabe der benötigten Datensätze und Leitfragen und des Verzahnungsprozesses. Im Rahmen des fünften Schritts werden Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte für drei ausgewählte Fokusgebiete beschrieben und grafisch dargestellt.

### 4.1 Kontext

Gelsenkirchen ist eine Großstadt mit knapp 265.000 Einwohnern (Stadt Gelsenkirchen 2016a) im stark urbanisierten Bereich des Ruhrgebiets. Der Niedergang der Montanindustrie Mitte der 1960er Jahre führte zu einem großen Verlust an Arbeitsplätzen, Bevölkerungsrückgang, Leerstand und großen Brachflächen. Die Prognose für die Bevölkerungsentwicklung ist auch für die Zukunft rückläufig (vgl. z. B. Bertelsmann Stiftung 2016a).

Gelsenkirchen liegt zum Großteil im Einzugsgebiet der Emscher, nur der nördlichste Teil der Stadt befindet sich auf der anderen Seite der Wasserscheide und entwässert in Richtung Lippe. Die Emscher durchquert Gelsenkirchen von Osten nach Westen. Parallel dazu verläuft der Rhein-Herne-Kanal (siehe Abb. 33). Im Rahmen der Industrialisierung wurden die Emscher und einige Vorfluter, wie z. B. der Lanferbach, zu offenen Abwasserkanälen umgebaut, da es aufgrund von Bergsenkungen durch den Bergbau nicht möglich war ein unterirdisches Kanalnetz zu installieren. Durch die Bergsenkungen liegen Großteile des Stadtgebiets unterhalb des Wasserspiegels der Emscher und können nur durch große Pumpwerke vor dauerhaften Vernässungen und Überflutungen geschützt werden.

Durch die Stilllegung der Bergwerke sind heutzutage keine weiteren Bergsenkungen zu erwarten. Dadurch ist es möglich, das Abwasser in geschlossenen unterirdischen Kanälen abzuführen und die Emscher mit ihren Nebenläufen Schritt für Schritt in ein naturnahes Gewässersystem zu

verwandeln. Parallel zum renaturierten Flusslauf wird ein 51 km langer Abwassersammler gebaut, der das Abwasser der Städte zum Klärwerk transportieren wird. Um diesen Sammler und die Kläranlage zu entlasten, sollen möglichst viele versiegelte Flächen vom Kanalnetz abgekoppelt werden, so dass das Regenwasser nicht in das Kanalnetz fließt. In Gelsenkirchen wurde am 31. Oktober 2005 die Zukunftsvereinbarung Regenwasser (ZVR) unterzeichnet. Ziel dieser Vereinbarung, der auch 16 andere Kommunen der Emscherregion zustimmten, ist es innerhalb von 15 Jahren 15% der versiegelten Flächen vom Kanalnetz (Mischsystem) abzukoppeln. Derzeitige Planungen im Rahmen der ZVR sind auf Versickerung, Nutzung und Retention von Regenwasser sowie Entsiegelung fokussiert (Stadt Gelsenkirchen 2016b) und verfolgen damit einen quantitativen Ansatz. Der Aspekt der ausgeglichenen Wasserbilanz stand dabei bisher nicht im Vordergrund und sollte bei der quantitativen Betrachtung stärkere Berücksichtigung finden. Darüber hinaus sollten auch verstärkt die qualitativen Aspekte der systematischen Verknüpfung stadt- und freiraumplanerischer Handlungsfelder mit der Regenwasserbewirtschaftung und Gewässerentwicklung einfließen, um Synergieeffekte bei den zu realisierenden Maßnahmen zu generieren.

Dieser integrierte Ansatz bietet die Möglichkeit, die Herausforderungen im Sinne einer wassersensiblen Stadtgestaltung anzugehen: Der Emscherumbau und die ZVR sollten als Treiber genutzt werden, um auch Projekte der Stadt- und Freiraumentwicklung voranzutreiben. Gleichzeitig sollten sich Stadtentwicklungsprojekte das Ziel eines naturnahen Wasserhaushalts – und in diesem Zuge die Abkopplung von Regenwasser aus dem Kanalnetz – verfolgen.

Unter dieser Zielsetzung wird im Folgenden dargestellt, wie und mit welchen Resultaten das im Kapitel 3 beschriebene, übertragbare Vorgehensmodell auf Gelsenkirchen angewendet wurde.

## 4.2 Anwendung des Vorgehensmodells

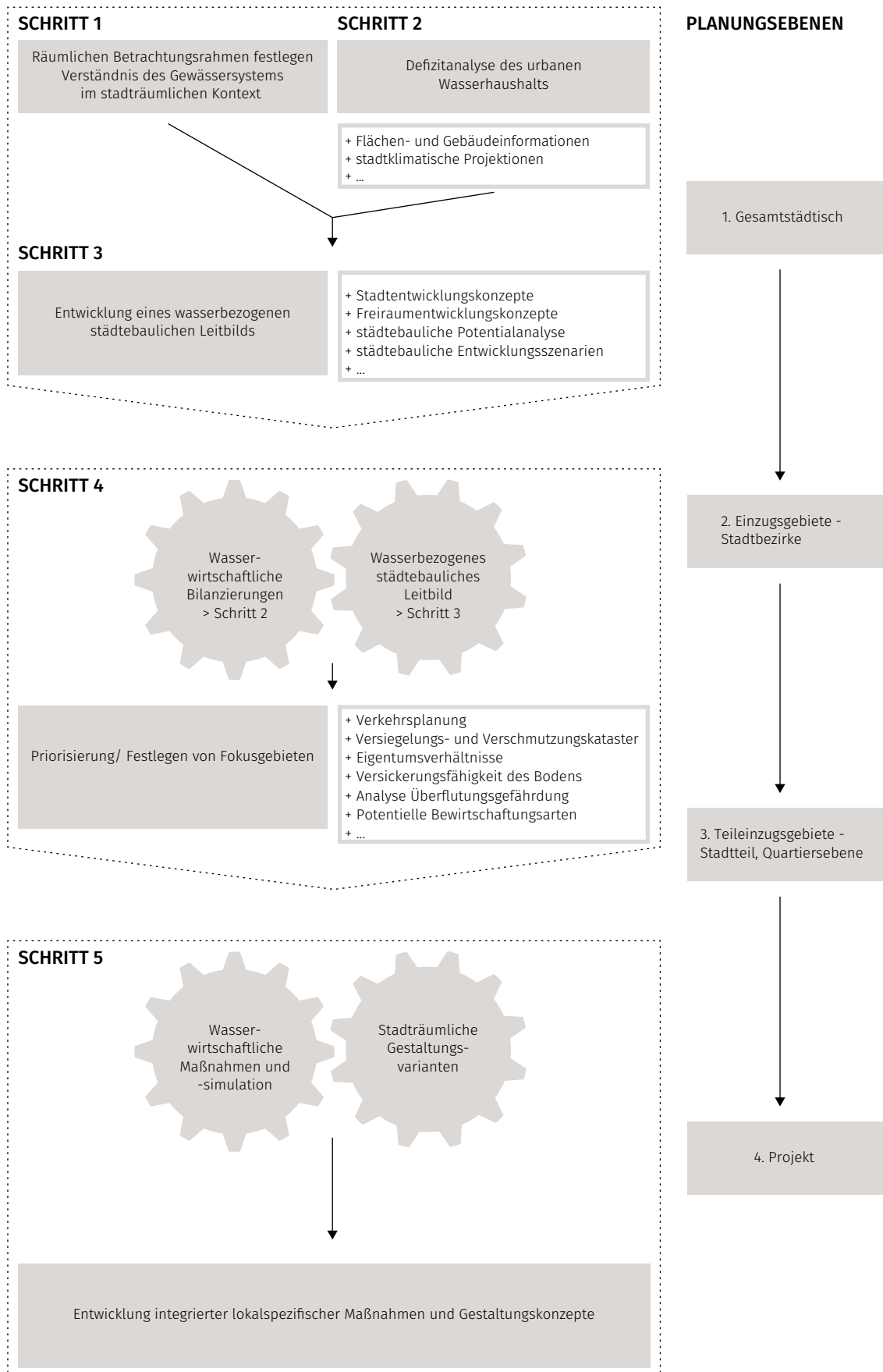


Abb. 32 Vorgehensmodell mit Fokus ausgeglichene Wasserbilanz (ILPÖ 2015)

# Schritt 1 Verständnis der Verflechtungszusammenhänge zwischen Wasserinfrastruktursystemen, Stadträumen und Gewässern

Im ersten Schritt wird der räumliche Betrachtungsrahmen festgelegt. Um das Gewässersystem in seinem stadträumlichen Kontext zu verstehen und darauf aufbauend sinnvolle Maßnahmen planen zu können, ist dies von zentraler Bedeutung. Stadtplaner sind gewohnt in kommunalen administrativen Grenzen zu denken, die sich jedoch nicht an den Gewässereinzugsgebietsgrenzen und den entsprechenden Fließwegen des Wassers orientieren. Diese stellen jedoch die Grundlage für eine wasserbezogene Betrachtung von Stadt dar. Das gewählte Betrachtungsgebiet in Gelsenkirchen umfasst drei Teileinzugsgebiete und grenzt nördlich an die Emscher an (Abb. 34). Die Topographie im Gebiet fällt generell von Norden nach Süden zur Emscher hin ab, weist jedoch auch künstliche Erhöhungen, wie die Rungenberghalde oder Aufschüttungen im Bereich der Veltins-Arena, sowie abgesenkte Bereiche (z. T. durch Bergsenkungen) auf.

Entlang der Emscher ist das Betrachtungsgebiet durch gewerbliche und industrielle Nutzungen geprägt, was sich in einem insgesamt hohen Versiegelungsgrad niederschlägt (45%). Weiterhin ist ein großer Anteil an Wohn- und Mischnutzung vorhanden, neben landwirtschaftlich ge-

prägten Flächen (siehe Abb. 35), und gestalteten Freiräumen wie der Rungenberghalde, dem Gebiet um den Berger See und Schloss Berge und im Bereich der Veltins-Arena. Das oberirdische und somit wahrnehmbare Gewässersystem im Betrachtungsraum beschränkt sich auf den Berger See, Teichanlagen am Schloss Berge, einem Biotopteich bei der Veltins-Arena sowie teilweise offene Abschnitte des als Abwasserkanal genutzten Lanferbachs (Abb. 36), einem Vorfluter der Emscher, und Relikte früherer Gräben und Bäche. Früher einmal waren diese durchgängige Nebengewässer des Lanferbachs, der in die Emscher mündet.

Das Gebiet wird zum Großteil über ein Mischsystem entwässert und besteht aus zwei größeren Hauptentwässerungseinheiten für Ab- und Niederschlagswasserbeseitigung, die sich an den Gewässereinzugsgebieten orientieren und in Richtung Emscher entwässern. Innerhalb der Hauptentwässerungseinheiten gibt es Gebiete, in der das Abwasser durch Dritte beseitigt (BP Gelsenkirchen, Rungenberghalde) oder durch Kleinkläranlagen gereinigt wird (landwirtschaftliche Bereiche) und wo das Regenwasser versickert oder verdunstet (landwirtschaftliche Bereiche, Grünflächen im Bereich Schloss Berge).

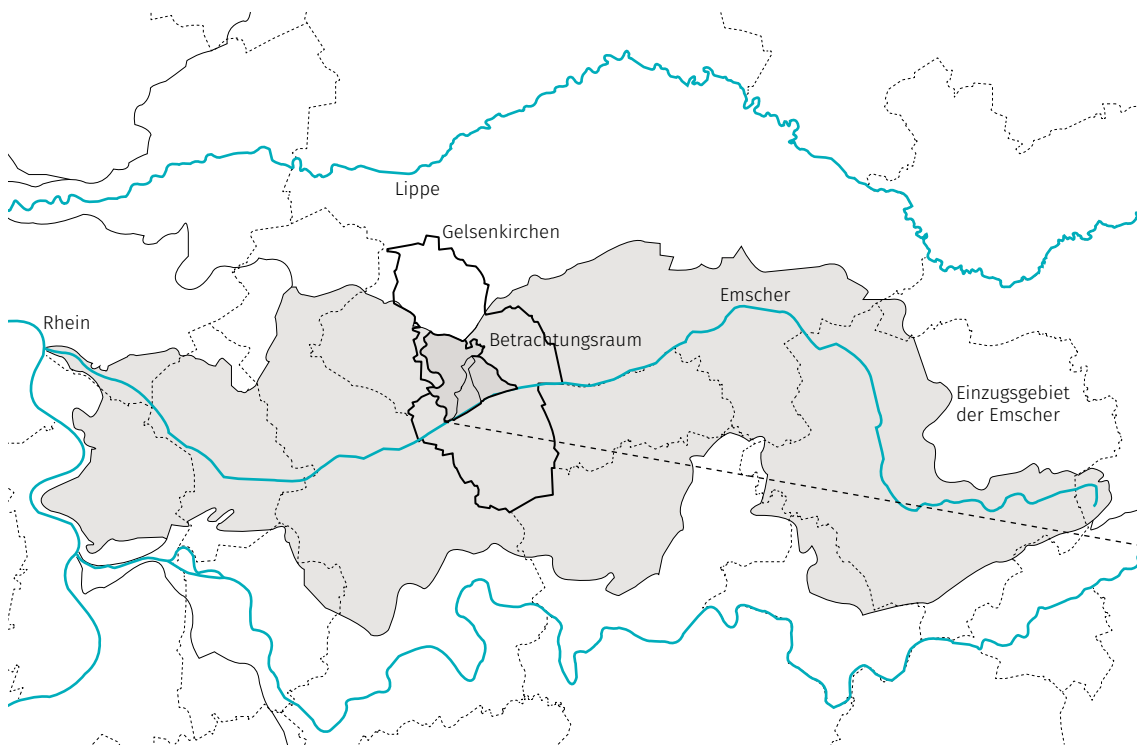


Abb. 33 Lage des Betrachtungsraums im Einzugsgebiet der Emscher (ILPÖ 2014)

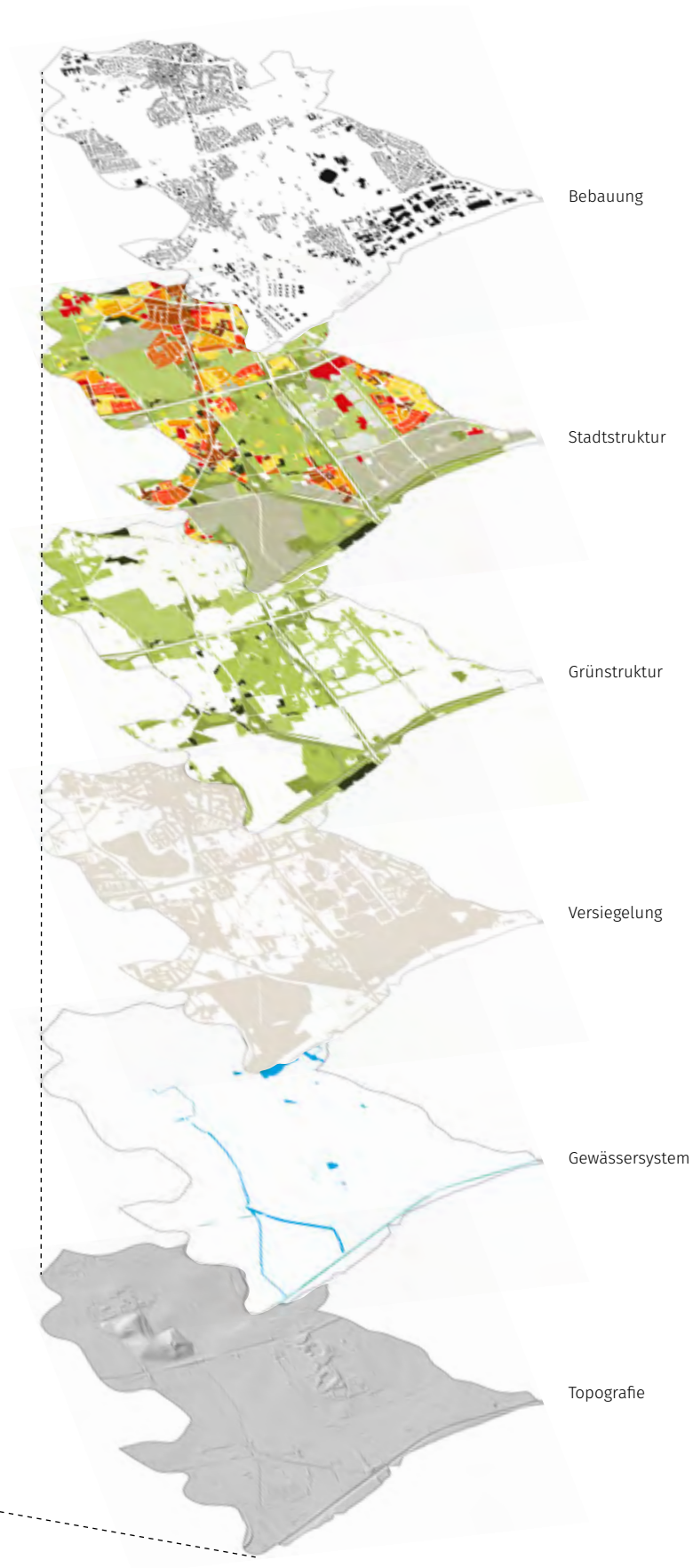


Abb. 34 Analyse des Einflusses des stadträumlichen Kontextes auf den natürlichen Wasserkreislauf (ILPÖ 2014)



In der Schüngelbergsiedlung und im Bereich der Veltins-Arena ist ein Trennsystem installiert. Nach Abschluss des Emscherumbaus wird das hier anfallende Regenwasser über den Lanferbach bzw. das Kanalnetz direkt in die Emscher geleitet (Gelsenkanal 2012).

Insgesamt wurde das Wassersystem durch die menschliche Nutzung im Gebiet stark verändert: Es ist kein kohärentes Gewässersystem mehr ablesbar: Nebengewässer des Lanferbachs sind zum Teil verlandet, der Lanferbach selber fungiert als Abwasserkanal. Es herrscht nach wie vor die grundsätzliche Entwässerungsrichtung von Norden nach Süden vor, die kleinteiligeren oberirdischen Fließwege werden jedoch durch die bauliche Nutzung bestimmt.



Abb. 35 Landwirtschaftlich genutzte Fläche (ILPÖ 2016)



Abb. 36 Der derzeit als Abwasserkanal genutzte Lanferbach (ILPÖ 2016)

## Schritt 1

### Leitfragen

- Welcher Betrachtungsrahmen ist in der vorliegenden Stadt sinnvoll?
- Welche oberirdischen und unterirdischen Komponenten des Wassersystems gibt es?
- Wie hängen diese zusammen?
- Wie wird mit Abwasser und Regenwasser umgegangen?
- Wie sehen die unterschiedlichen Wasserkreisläufe aus?
- Welche Nutzungen haben einen Einfluss auf das Wassersystem?

### Benötigter Datensatz

- Digitales Geländemodell (DGM 1)
- Gewässersystem (Still- und Fließgewässer, verrohrt/ nicht verrohrt, Rein- oder Schmutzwasser führend) mit
- Gewässereinzugsgebieten
- Versiegelungskarte (wenn vorhanden, im Idealfall mit prozentualen Versiegelungsgrad)
- Informationen zum Entwässerungskonzept im Gebiet (Generalentwässerungsplan, Abwasserbeseitigungskonzept, Niederschlagsbeseitigungskonzept o.ä.)
- Stadtstrukturtypen (Siedlungs-, Nutzungs- und Flächenarten, Bebauung)
- Fließwege (GIS-basiert, hydrodynamisch berechnet)
- Bodenarten (BK 1:50.000)
- Bewirtschaftungsartenkarte für RWB-Maßnahmen
- Stadtgrenzen und Stadtteile
- Weitere Informationen je nach Bedarf/ spezifischen Voraussetzungen in der Stadt

## Schritt 2 Wasserwirtschaftliche Analyse Bilanzierung des urbanen Wasserhaushalts

Ziel des zweiten Arbeitsschrittes ist es, mit Hilfe der Analyse des urbanen Wasserhaushaltes Orte und Maßnahmen für die Implementierung von Regenwasserbewirtschaftungsanlagen festzulegen. Hierfür ist das Defizit des Wasserhaushaltes maßgeblich, welches durch den Vergleich der

urbanen Wasserbilanz mit der eines angenommenen natürlichen bzw. unbebauten Zustands bestimmt wird. Für die Wasserhaushaltsberechnung wird das Modell WABILA (siehe Kapitel 3.1) eingesetzt.

Als Eingangsdaten für die Wasserhaushaltsbe-

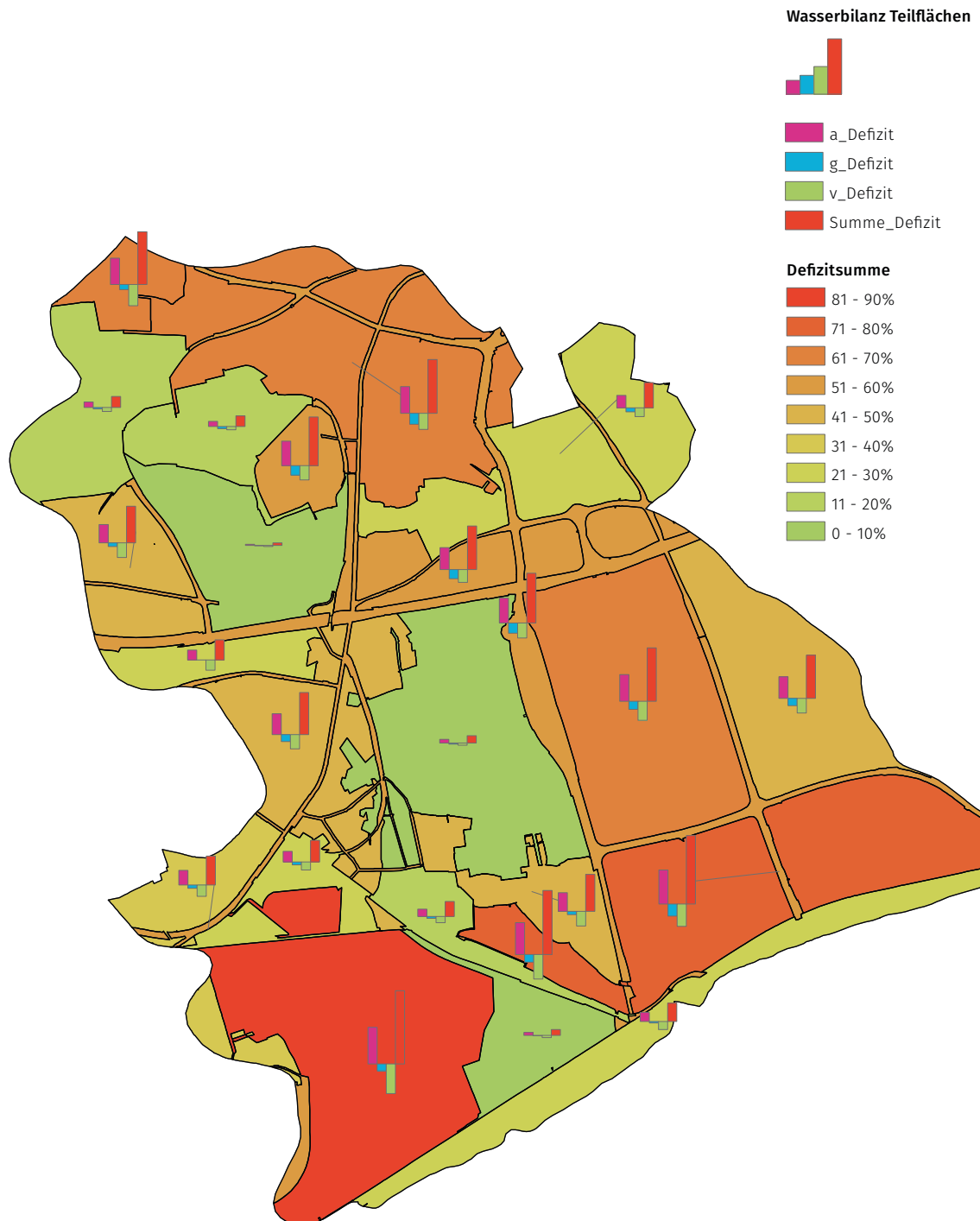


Abb. 37 Ergebniskarte einer Defizitanalyse des urbanen Wasserhaushalts für das Projektgebiet (auf Basis der homogenen Teilräume) (IWARU 2016)

rechnungen des Fallbeispiels dienen ALKIS-Daten, die Flächennutzungskartierung des Regionalverbandes Ruhr sowie Luftbildauswertungen der befestigten Flächen. Die Ergebnisse der Berechnungen sind als Summe der Abweichungen (Beträge) für a, g und v zwischen bebautem und unbebautem Zustand in Abb. 37 dargestellt. Dabei ist die Wasserbilanz jeweils für Teilräume mit einer homogenen Stadtstruktur zusammengefasst. Zusätzlich werden für die Teilräume die Abweichungen für a, g und v qualitativ als Balkendiagramm veranschaulicht.

Für alle Teilräume ist zu erkennen, dass zu viel Abfluss sowie zu wenig Grundwasserneubildung und Verdunstung auftritt. Dabei ist das Defizit der Verdunstung teilweise deutlich größer als das Defizit für die Grundwasserneubildung. Die höchsten Abweichungen zum Wasserhaushalt des unbebauten Zustandes treten für das Gewerbegebiet im Südosten sowie das Industriegebiet im Südwesten auf. Gebiete mit geringen

Abweichungen weisen bereits einen erhöhten Grün- bzw. landwirtschaftlich genutzten Anteil auf. Neben den hohen Abweichungen im Süden fallen des Weiteren die Wohngebiete im Norden auf, die aufgrund ihres sehr geringen Grünanteils ebenfalls erhöhte Abweichungen für a, g und v aufweisen.

Im Rahmen der Detailanalyse (Schritt 5) ist eine detailliertere Flächenanalyse sinnvoll, um die Unsicherheiten der Wasserhaushaltsberechnung zu reduzieren. Hierfür kann ergänzend zu WABILA auch ein komplexeres Wasserhaushaltsmodell eingesetzt werden.

## Schritt 2

### Leitfragen

- In welchen Teilräumen weicht die derzeitige Wasserbilanz besonders stark von der natürlichen Wasserbilanz ab?
- Wie ausgeprägt ist die Abweichung für die unterschiedlichen Komponenten Direktabfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung?
- Welche Flächennutzung liegt in den Teilräumen mit hohem Defizit vor? Wodurch könnten die Defizite bedingt sein?

### Benötigter Datensatz

- Klimadaten: mittlerer jährlicher Niederschlag, mittlere jährliche potentielle Verdunstung
- Rasterdaten vom HAD (Auflösung 1 km<sup>2</sup>)
- Boden- und Landnutzung: Bodenart, Grundflurwasserstand, potentielle/vorhandene Vegetation im unbebauten bzw. natürlichen Zustand, Durchlässigkeitsbeiwert kf, mittleres Geländegefälle (Bodenkarte 1:50.000)
- Digitales Geländemodell (DGM 1)
- Flächengrößen, Flächenarten/-typen, z. B. ALKIS-Daten, Luftbildauswertungen, Straßendaten, etc.

### Schritt 3 Entwicklung eines wasserbezogenen städtebaulichen Leitbilds

Im dritten Schritt wird ein wasserbezogenes städtebauliches Leitbild erstellt, das die Entwicklungsziele vorgibt. Das übergeordnete Ziel für das Projektgebiet in Gelsenkirchen ist es, die Stadt in verschiedene Teileinzugsgebiete zu gliedern und die Wasserbilanz der verschiedenen Stadträume zu optimieren, um neue räumliche Qualitäten zu schaffen, die die Lebensqualität und die Resilienz der Stadt gegenüber Klimaeinflüssen steigern. Eine ausgeglichene Wasserbilanz ist eine der Grundlagen für eine hohe Resilienz.

Zunächst wurde die langfristige Entwicklung des Gebiets betrachtet. Vom Lehrstuhl Städtebau & Urban Scape der Bergischen Universität Wuppertal wurden im Rahmen des SAMUWA-Forschungsprojekts Entwicklungsszenarien für einen Teilbereich des Betrachtungsraums entwickelt (Abb. 38) und die unterschiedlichen Potentiale für Klimaanpassung für jedes Szenario evaluiert. Das wasserbezogene städtebauliche Leitbild für den gesamten Betrachtungsraum

baut auf dem Normszenario auf, welches von der Annahme ausgeht, dass der demographische und industrielle Wandel auch langfristig einen Bevölkerungsrückgang bewirken, was in Wohnungsleerstand und Aufgabe von Gewerbestandorten resultiert, bei gleichzeitigem Bau von hochwertigen Neustandorten. Es greift also bestehende Entwicklungstendenzen auf und entwickelt diese so weiter, dass Potentiale und Herausforderungen hinsichtlich der Stadtplanung und Freiraumgestaltung in Verbindung mit der Regenwasserbewirtschaftung optimal genutzt werden können. Dies ist gekoppelt an die Annahme eines kontrollierten Rückbaus und gezielter Nachverdichtung.

Weitere Grundlage für eine räumliche Konkretisierung des Leitbilds für den Betrachtungsraum (Abb. 40) in Gelsenkirchen waren unterschiedliche bestehende Planungen und Konzepte: Informationen aus dem Regionalen Flächennutzungsplan und dem Landschaftsplan, als auch aus informellen Planungsinstrumenten wie dem regionalen Kooperationsprojekt „Emscher

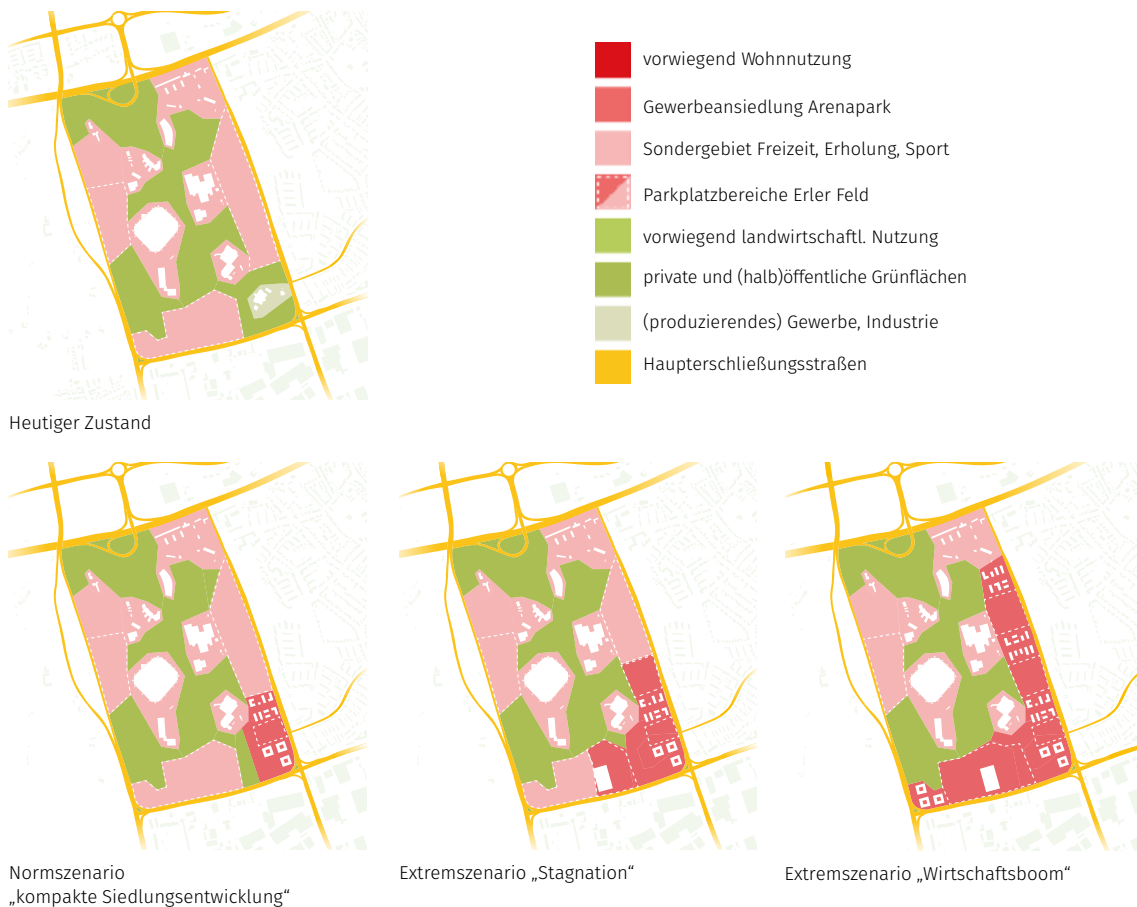


Abb. 38 Entwicklungsszenarien für das Berger Feld (S | U, Bergische Universität Wuppertal 2015)

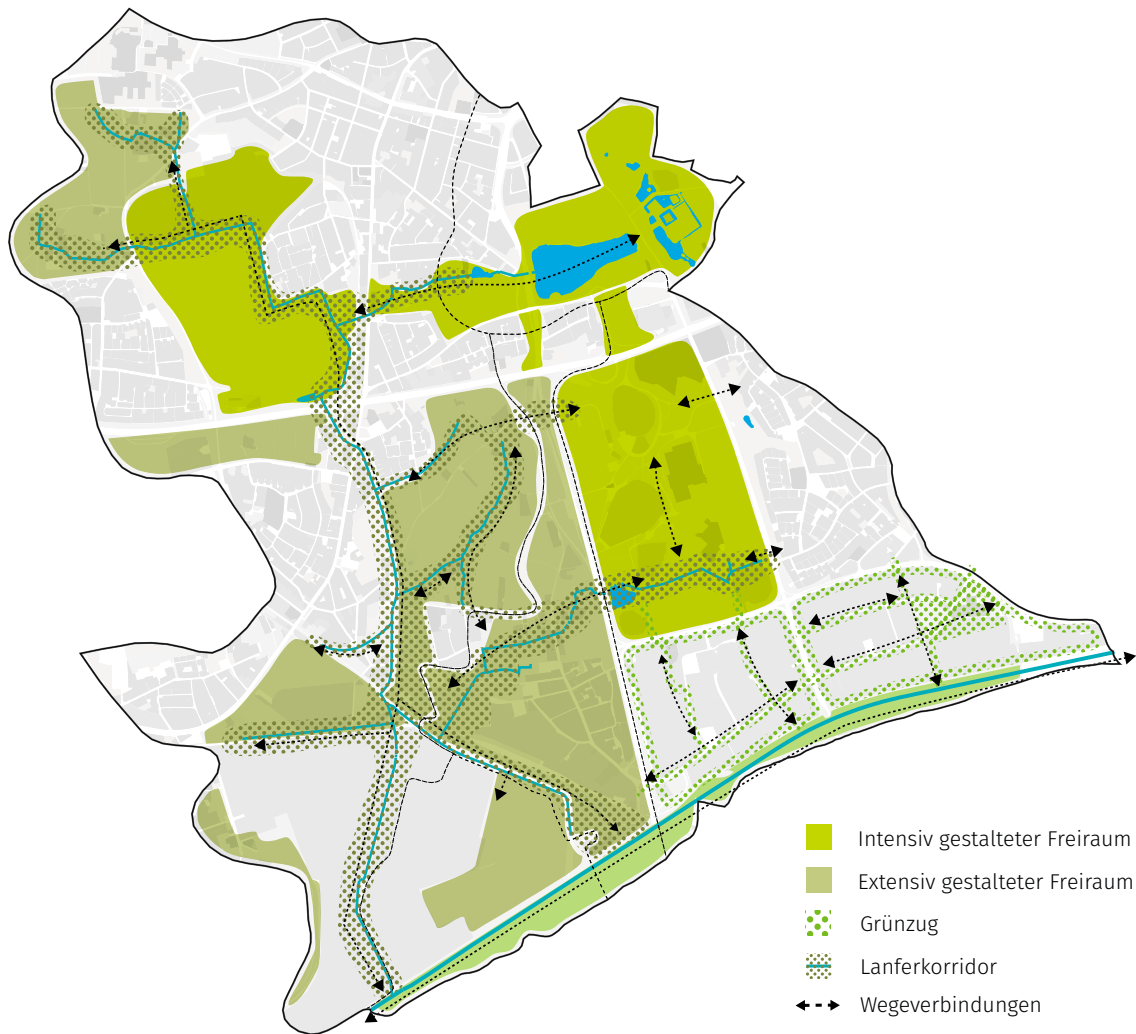


Abb. 39 Räumliche Konkretisierung des wasserbezogenen städtebaulichen Leitbilds für das Projektgebiet (ILPÖ 2016)

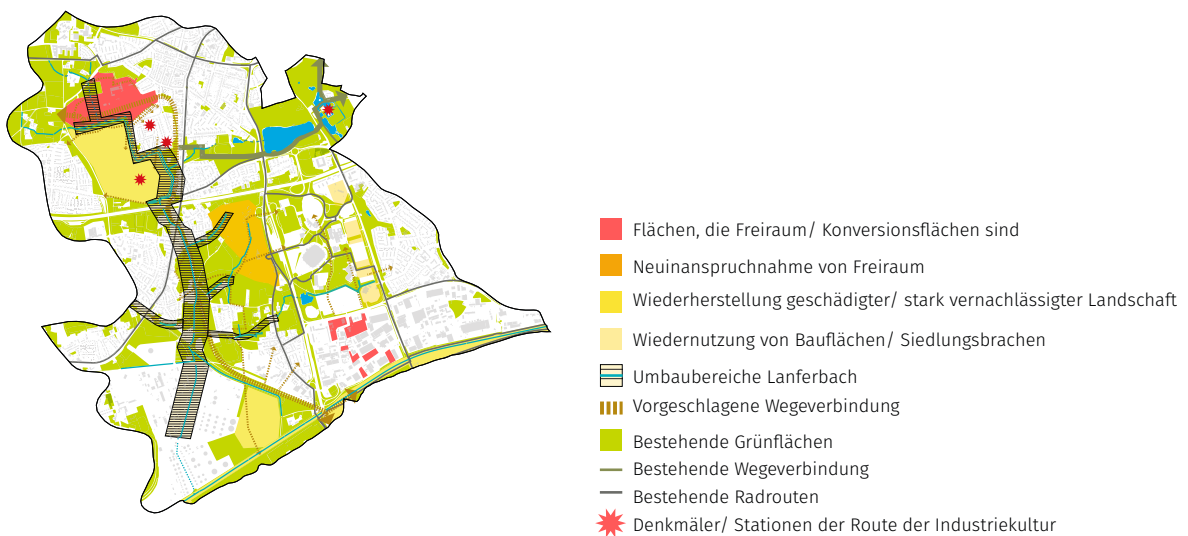


Abb. 40 Durch eine Überlagerung bereits bestehender Planungen und Konzepte werden Bereiche identifiziert für die in Zukunft eine Nutzungsveränderung vorgesehen ist oder die weiter entwickelt werden sollen hinsichtlich ihrer verbindenden Funktion (ILPÖ 2015)

Landschaftspark“, Planungen im Rahmen der Zukunftsvereinbarung Regenwasser (ZVR) und dem Gelsenkirchener Freiflächenentwicklungskonzept wurden überlagert. Im Projektgebiet wurden so Bereiche identifiziert für die in Zukunft eine Nutzungsveränderung vorgesehen ist oder die weiter entwickelt werden sollen hinsichtlich ihrer verbindenden Funktion. Weiterhin wurde die geplante Entflechtung und Renaturierung des Lanferbachs als großes Potential für kombinierte Eingriffe der Regenwasserbewirtschaftung und Freiraumplanung gesehen (Abb. 39).

Konkret bedeutet dies für den Betrachtungsraum, dass das Wassersystem im Betrachtungsraum wieder sichtbar und erlebbar gemacht wird, indem der Lanferbach entflichtet und renaturiert wird, die trockengefallenen Gräben und Bäche reaktiviert werden und die jeweils umgebenden Freiräume und Wohnsiedlungen mithilfe von wassersensiblen Gestaltungsmaß-

nahmen umgestaltet werden. Damit einher geht ein Ausbau des Wegenetzes, welches sich am Verlauf des Lanferbachs und der Nebenläufe orientiert, diese Achsen erweitert und so die Stadtteile und Räume miteinander verbindet. Der Landschaftsraum wird durch diesen sogenannten Lanferkorridor mit seinen Seitenarmen erlebbar gemacht.

In den an den Lanferkorridor angrenzenden Räumen werden grün-blaue Maßnahmen umgesetzt. Dabei kann jeder Teilraum - wie z. B. das Gewerbegebiet Emscher, das Berger Feld und das Gelände um die Rungenberghalde - für sich betrachtet werden, da sich die räumliche Abgrenzung an den vorherrschenden Einzugsgebieten der Gewässer und Senken, sowie den oberirdischen Fließwegen orientiert.

### Schritt 3

#### Leitfragen

- Den Wandel einbeziehen: Welche Veränderungen der Stadtstruktur sind durch den wirtschaftlichen Strukturwandel, den demographischen Wandel und neue Ansprüche der Stadtgesellschaft zu erwarten?
- Welche Planungen und Umgestaltungen sind vorgesehen und wann?
- Urbane Qualitäten und Wassermanagement verbessern: Welche Problematiken herrschen hinsichtlich der Sicherheit und Funktionalität der Wasserinfrastruktur sowie der Qualität des öffentlichen Raums vor?
- Und können wir wasserwirtschaftliche und stadt-/ freiraumplanerische Ansätze miteinander verknüpfen?
- Wassersensible Stadt neu denken: Welche innovativen oder alternative Lösungsansätze, wenn die traditionellen Herangehensweisen nicht mehr greifen? Welche zukunftsorientierten Entwicklungsgrundsätze können für das Gebiet festgelegt werden? Wie kann das Wassersystem besser sichtbar und erlebbar gemacht werden?

#### Benötigter Datensatz

- Landschaftsplan, Flächennutzungsplan
- Städtebauliche Entwicklungskonzepte
- Masterpläne, Klimaanpassungspläne
- Freiflächenentwicklungskonzepte
- Gewässerentwicklungspläne und andere vorhandene Planungen und Konzepte
- Städtebauliche Entwicklungsszenarien
- Digitales Geländemodell (DGM 1)
- Gewässersystem (Still- und Fließgewässer, verrohrt/ nicht verrohrt, Rein- oder Schmutzwasser führend) mit Gewässereinzugsgebieten
- Fließwege

## Schritt 4 Transformations- und Aufmerksamkeitsräume identifizieren

Um Fokusgebiete im Betrachtungsraum festzulegen werden die Ergebnisse aus Schritt 2 und 3 mit weiteren für das Gebiet relevanten Aspekten, wie z. B. den Ergebnissen einer Überflutungssimulation (T=50a), verschnitten. Intensive Gespräche mit den anderen Fachplanern führen zu einer Identifikation von Gebieten mit hohem Handlungsbedarf und möglichen Synergiepotenzialen. Die Verschneidung kann auch mithilfe bestimmter Software erfolgen, wie zum Beispiel dem GIS-gestützten Kooperationsmodul „ZUGABE“ (ZUKunftschanen GANzheitlich BEtrachten), das im Rahmen des Modellprojekts „Grün durch Blau - integrale Wasserwirtschaft als Motor der Stadt- und Freiraumentwicklung in Herten“ erarbeitet wurde (EGLV n. d.).

Vorläufig ausgewählte Gebiete wurden durch eine Vorort-Begehung überprüft, wodurch sich letztendlich drei Fokusgebiete herauskristallisiert haben, in denen sich Handlungsbedarfe bezogen auf Defizite in der urbanen Wasserbilanz und der Überflutungsvorsorge sowie Handlungspotentiale aus städtebaulicher Sicht bündeln (Abb. 41).

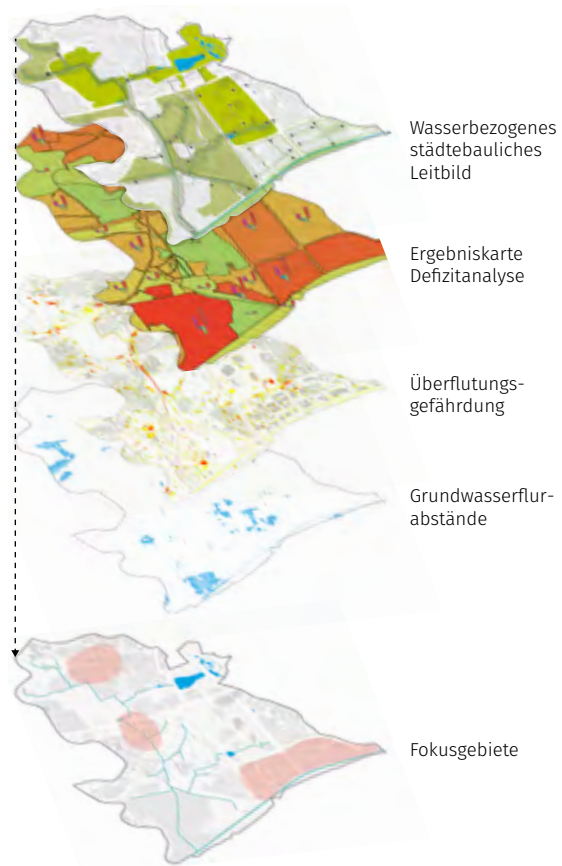


Abb. 41 Überlagerung der Ergebniskarten aus Schritt 2 und 3 mit weiteren, das Projektgebiet betreffenden Informationen und daraus resultierende Fokusgebiete (ILPÖ 2015)

### Schritt 4

#### Leitfragen

- Wo akkumulieren sich Handlungsbedarfe der verschiedenen Fachplanungen?
- Wo ergeben sich Synergieeffekte aus Planungen unterschiedlicher Disziplinen?
- Wo können zum Beispiel geplante Stadtentwicklungsmaßnahmen aktiv als Motor für wasserbezogene Entwicklungsmaßnahmen genutzt werden oder Investitionen in wasserbezogene Maßnahmen verwendet werden, um zusätzliche Mittel zur Verbesserung von Nutzungs- und Gestaltqualitäten urbaner Räume zur Verfügung zu stellen?

•

#### Benötigter Datensatz

- Ergebniskarten der Schritte 2 und 3 (Defizitkarten des urbanen Wasserhaushalts und wasserbezogenes städtebauliches Leitbild)
- Planungen weiterer Fachdisziplinen: Sanierungsplanungen zum Kanalnetzes, Verkehrsplanungen, Gefährdungsanalysen zur Überflutung und Hochwasser, stadtklimatische Analysen, etc.

## Schritt 5 Entwicklung integrierter Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte

Das Entwickeln von lokalspezifischen, multifunktionalen Maßnahmen- und Gestaltungskonzepten verlangt eine interdisziplinäre Zusammenarbeit. Dazu wurden für die Fokusgebiete (Abb. 42) in Gelsenkirchen gemeinsame Planungsworkshops abgehalten, in denen notwendige Eingriffe und strategische Umsetzungsideen aus wasserwirtschaftlicher und freiraumplanerischer Sicht entwickelt, einander vorgestellt und miteinander diskutiert wurden. Darauf folgte eine detailliertere Ausarbeitungsphase, deren Ergebnisse in einem weiteren

Workshop diskutiert und dadurch weiter verbessert wurden. Diese Planungen wurden dann mithilfe des Wasserbilanzmodells WABILA auf ihre Auswirkungen hinsichtlich der Wasserbilanz getestet, was eine iterative Optimierung ermöglicht.

Für das Gelsenkirchener Projektgebiet werden im Folgenden die im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelten Gestaltungs- und Maßnahmenkonzepte für drei Fokusgebiete dargestellt. Diese Ideen wurden im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelt und spiegeln keine Planungen seitens der Stadt wieder.



Abb. 42 Lage der Fokusgebiete im Modellgebiet (Luftbild: EmscherGenossenschaft 2013)



# Fokusgebiet I Gewerbegebiet Emscher

## Status quo und Zielsetzung

Das Gebiet weist aufgrund seiner gewerblichen Nutzung einen hohen Versiegelungsgrad und wenig Grünflächen auf (Abb. 43, 44). Dementsprechend groß ist das Defizit der urbanen Wasserbilanz: Die absoluten Abweichungen zwischen unbebautem und bebautem Zustand betragen für  $a=37\%$ , für  $g=-13\%$  und für  $v=-23\%$  (Abb. 45, 46, 47, 48). Im Vordergrund stehen somit Maßnahmen, die die Ableitung reduzieren und die Versickerungs- und Verdunstungsraten steigern. Dies hätte auch positive Auswirkungen auf das Stadtklima. Hinsichtlich versickerungssteigernder Maßnahmen können aufgrund der Bodenverhältnisse Muldenversickerungen oder Muldenrigolenversickerungen gebaut werden. Die Analyse der urbanen Überflutungsgefährdung zeigt, dass es bei einem Regenereignis mit einer statistischen Wiederkehrzeit von  $T=50a$  eine Vielzahl von Bereichen mit mittlerer und erhöhter Überflutungsgefährdung gibt. Diese Problematik kann durch Rückhalt des Niederschlagswassers in Bereichen ohne oder mit nur geringem Schadenspotential sowie kontrollierter Ableitung minimiert werden. Das wasserbezogene städtebauliche Leitbild sieht im Fokusgebiet eine Erweiterung des grünen Emscherkanalbands und des bestehenden Freiflächenkonzepts vor, sowie eine bessere fuß- und radläufige Erschließung an angrenzende Gebiete und bestehende Radrouten. Das Gebiet soll insgesamt aufgewertet und lebendiger gestaltet werden.

## Maßnahmenkonzepte

Um das Niederschlagswasser zurückzuhalten und die Verdunstung zu erhöhen, wird vorgeschlagen, die Gewerbebebauung sukzessiv mit Gründächern auszustatten. Der Umbau wird dabei in einem Zeithorizont bis 2050 gedacht, da nicht alle bestehenden Gebäude den konstruktiven Voraussetzungen für die Ausbildung von Gründächern genügen. Die langfristige Planung bietet somit die Möglichkeit auch Neubauten darauf auszurichten. Der Freiflächenanteil im Gebiet soll durch Umstrukturierung und Entsiegelung von Straßen- und Parkplatzflächen erhöht werden. Die neu entstehenden Grünflächen



Abb. 43 Großflächig asphaltierte Parkplätze vor einem Verbrauchermarkt (ILPÖ 2016)



Abb. 44 Charakteristisch für das Gebiet sind Gewerbegebäude mit Flachdächern und Stellplatzstreifen entlang der Straßen (ILPÖ 2016)

werden strategisch platziert, um zusammen mit den Gründächern auf lange Sicht einen durchgängigen Grünzug zu formen. Die Straßenzüge werden zu blau-grünen Infrastrukturen mit straßenbegleitenden Grünstreifen umgebaut und bilden das Grundgerüst für den Grünzug. Die Gestaltung der bestehenden und neu geschaffenen Freiflächen und Straßenzüge wertet den urbanen Raum auf und bietet eine attraktive Erschließung sowie Aufenthaltsmöglichkeiten z. B. für eine alternative Mittagspausengestaltung. Die (Um-)Gestaltung bietet gleichzeitig die Möglichkeit, die Flächen für die Verdunstung und



Abb. 45 Summe der Defizite des urbanen Wasserhaushalts im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016)

**a Defizit**

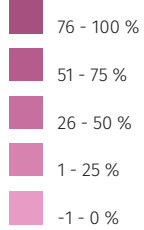


Abb. 46 Abflussdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016)

**g Defizit**

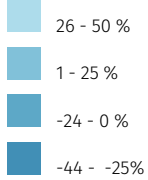


Abb. 47 Grundwasserneubildungsdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016)

**v Defizit**

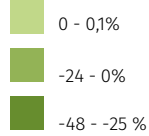


Abb. 48 Verdunstungsdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016)

Versickerung zu qualifizieren (Mulden, Muldenrigolen), das Niederschlagswasser im Starkregenfall kontrolliert umzuleiten und temporären Rückhalteraum zu aktivieren. Neue Baumpflanzungen werden als Baumrigolen umgesetzt. Für diese Maßnahmen wird ebenfalls eine schrittweise Umsetzung vorgeschlagen, so dass weitere Maßnahmen und Sanierungen, z. B. des Straßen- oder Kanalnetzes, gekoppelt werden können und somit Synergien und Einsparpotentiale geschaffen werden.

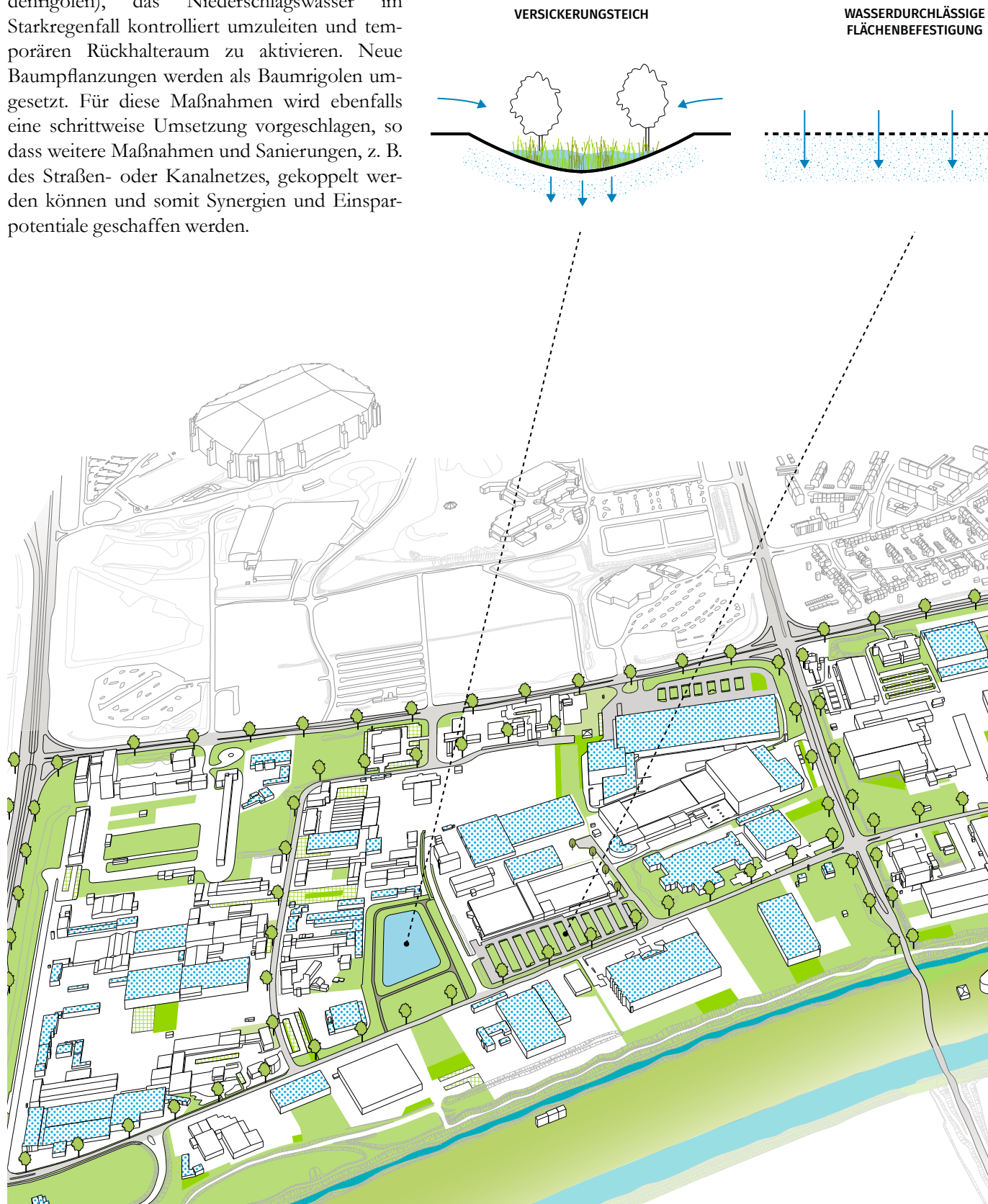
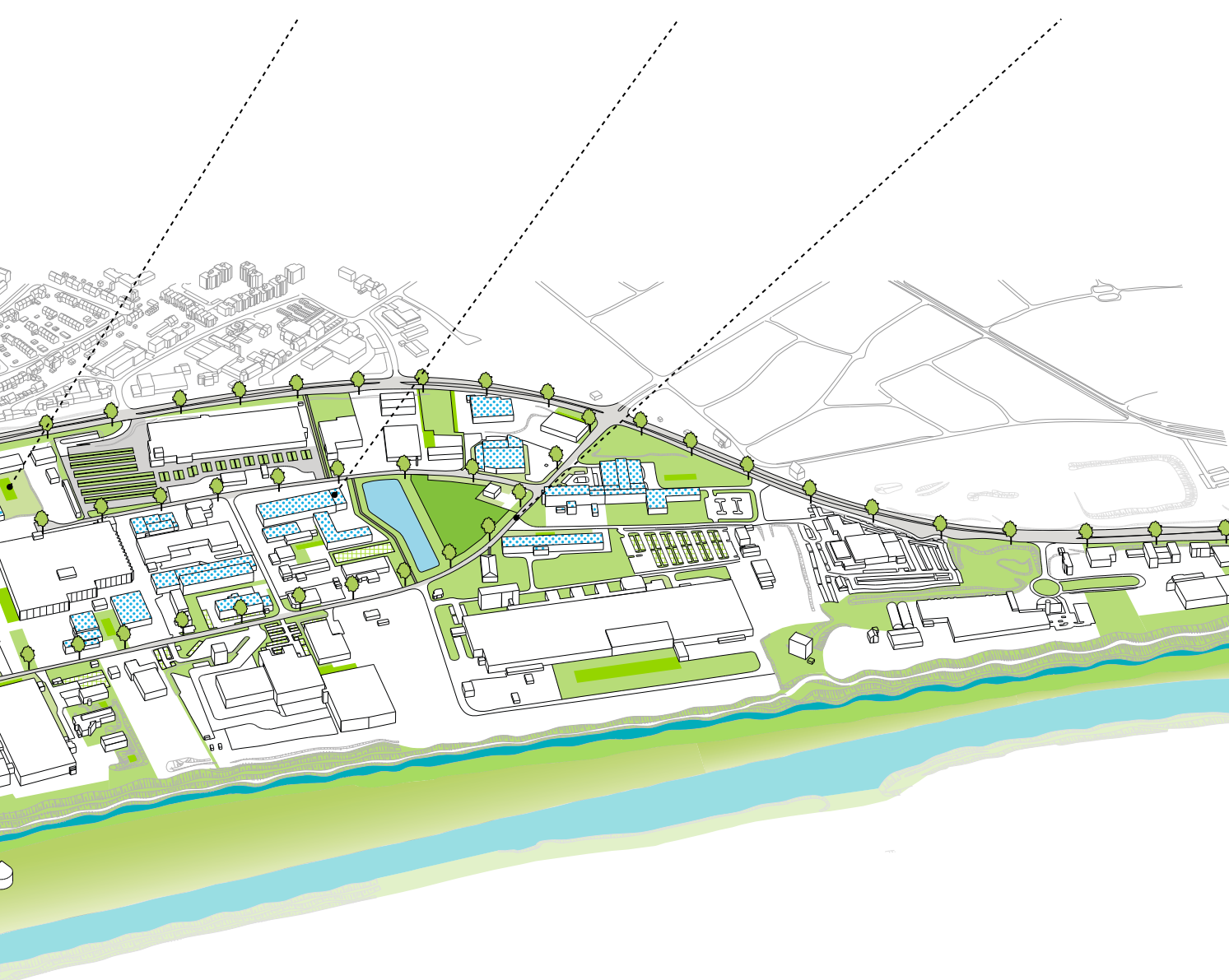
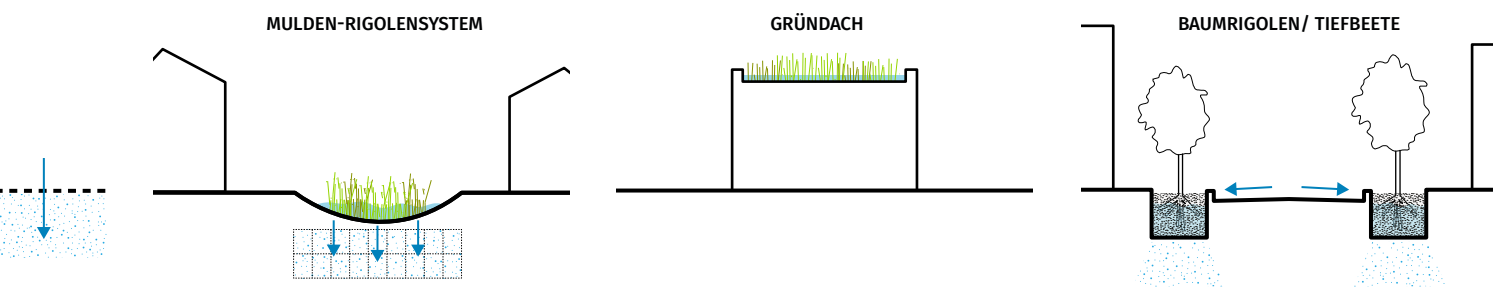


Abb. 49 Durch Gründächer, Neuschaffung und Umgestaltung von Grünflächen und grünen Straßenzügen, in die weitere RWB-Maßnahmen integriert sind, entsteht ein grün-blaues Gewerbegebiet (ILPÖ 2016)



//

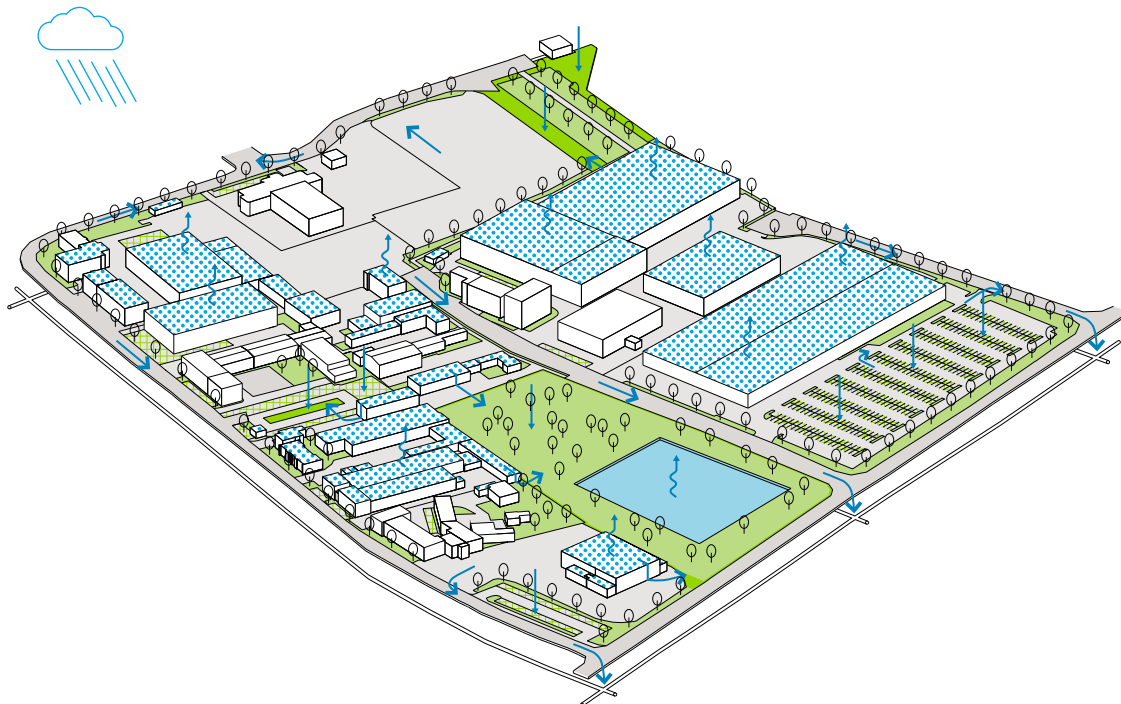


Abb. 50 Die Maßnahmen befördern die Verdunstung und Versickerung im Gewerbegebiet. Gleichzeitig wird es aus städtebaulich-freiraumplanerischer Sicht erheblich aufgewertet, was sich positiv auf den Standortfaktor auswirkt (ILPÖ 2016)

### Zusammenfassung der Ergebnisse

Für das Fokusgebiet wurden die Wasserbilanzen für den möglichen Umsetzungsstand im Jahr 2050 berechnet. Durch die vorgesehenen Maßnahmen kann bis 2050 eine Reduktion der absoluten Abweichungen auf  $a=28\%$ ,  $g=11\%$  und  $v=-18\%$  erreicht werden (Ausgangssituation:  $a=37\%$ , für  $g=-13\%$  und für  $v=-23\%$ ) (Abb. 51, 52, 53, 54, 55).

Aus wasserwirtschaftlicher Sicht wird die Resilienz gegenüber extremen Niederschlagsereignissen durch Rückhalt in der Fläche und oberirdische Fließwege erhöht. Des Weiteren führt die Erhöhung der Verdunstung zu einer Temperaturreduktion bei Hitzeperioden, welche durch die Bewässerung der vorgesehenen Gründächer und Grünflächen mit gespeichertem Regenwasser noch weiter optimiert werden kann. Aus städtebaulich-freiraumplanerischer Sicht wird das Gebiet durch die Umsetzung der Maßnahmen erheblich aufgewertet und trägt dadurch auch zu einer positiven Entwicklung des Standortfaktors für die ansässigen Unternehmen als auch für Neuansiedlungen bei (Abb. 50).



Abb. 51 Aufteilungswerte (oben) und Defizite (unten) der Komponenten a, g und v im Fokusgebiet im Bestand und nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016)



Abb. 52 Summe der Defizite des urbanen Wasserhaushalts im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016)

**a Defizit**

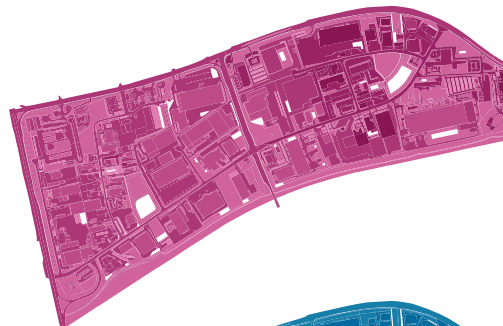
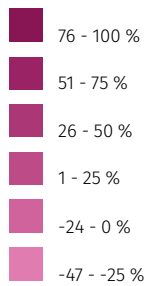


Abb. 53 Abflussdefizite im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016)

**g Defizit**

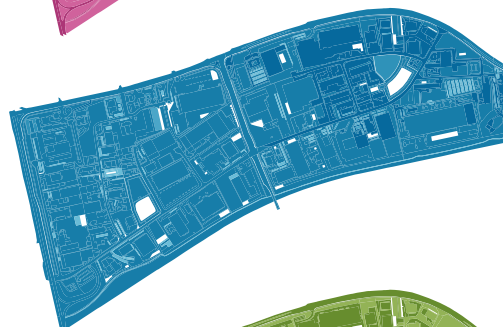
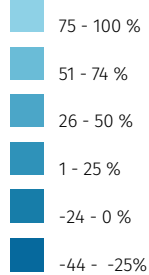


Abb. 54 Grundwasserneubildungsdefizite im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016)

**v Defizit**

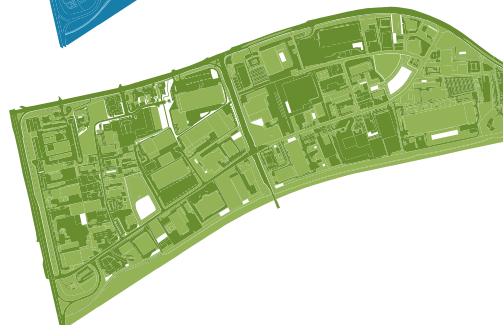
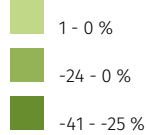


Abb. 55 Verdunstungsdefizite im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016)

# Fokusgebiet II Lanferbach

## Status quo und Zielsetzung

Im Fokusgebiet II dominiert die Wohnnutzung in Ein-, Mehrfamilien- und Reihenhäusern, der Versiegelungsgrad ist als mittel bis hoch einzustufen. Die viel befahrene Horster Straße mit beidseitigen Parkieranlagen und mittig auf der Straße befindlichen Straßenbahnschienen (Abb. 56) verläuft im Fokusgebiet in Nord-Süd-Richtung und die Autobahn A2 kreuzt oberhalb des Fokusgebiets in Ost-West-Richtung.

Der derzeit als Abwasserkanal fungierenden Lanferbach (Abb. 57) und der parallel dazu verlaufende Radweg verbinden die landwirtschaftlich genutzten Flächen im Süd-Osten mit der Nord-Westlich liegenden Rungenberghalde. Zwischen landwirtschaftlicher Fläche und Wohnsiedlung verläuft der schmale „Graben an der Lüttgebergstraße“, der im Bereich der ehemaligen Zechenbahntrasse verrohrt ist und dann in den Lanferbach mündet.

Das Defizit des urbanen Wasserhaushalts ist in diesem Fokusgebiet insgesamt als eher gering einzustufen, die Abweichungen der Komponenten  $a$  und  $v$  sind mit 28% und -20% jedoch nicht zu vernachlässigen: Während der Direktabfluss auf fast allen Flurstücken zu hoch ist, ist die Verdunstung zu gering. Die größten Defizite liegen in der nordöstlichen Wohnsiedlung (Abb. 59, 60, 61, 62). Laut Bewirtschaftungsartenkarte (Karte, die Angaben zu möglichen Regenwasserbewirtschaftungsarten gibt, basierend auf den vorherrschenden geologischen, morphologischen, topographischen, bodenkundlichen und geohydrologischen Charakteristiken) ist im Fokusgebiet Muldenversickerung möglich. Aufgrund des eher geringen Defizits in der Versickerung ist diese Maßnahme jedoch von untergeordneter Relevanz.

Gleichzeitig weist das Gebiet ein hohes freiraumgestalterisches Entwicklungspotential auf, da geplant ist, den Lanferbach zu entkoppeln und zu renaturieren. Dies sollte zum Anlass genommen werden auch das nähere Umfeld umzugestalten, den bestehenden Radweg in diesem Abschnitt durch eine neu gestaltete Auenlandschaft verlaufen zu lassen und die bislang eher vom Lanferbach abgewandte Wohnsiedlung diesem zuzuwenden. Die Umgestaltung bietet auch die Möglichkeit die Defizite des urbanen Wasserhaushalts zu mindern. Weiterhin zu be-



Abb. 56 Die Horster Straße mit beidseitigen Parkieranlagen (ILPÖ 2016)



Abb. 57 Der als Abwasserkanal genutzte Lanferbach (ILPÖ 2016)



Abb. 58 Muldenartige Grünfläche entlang der Wohnsiedlung (ILPÖ 2016)

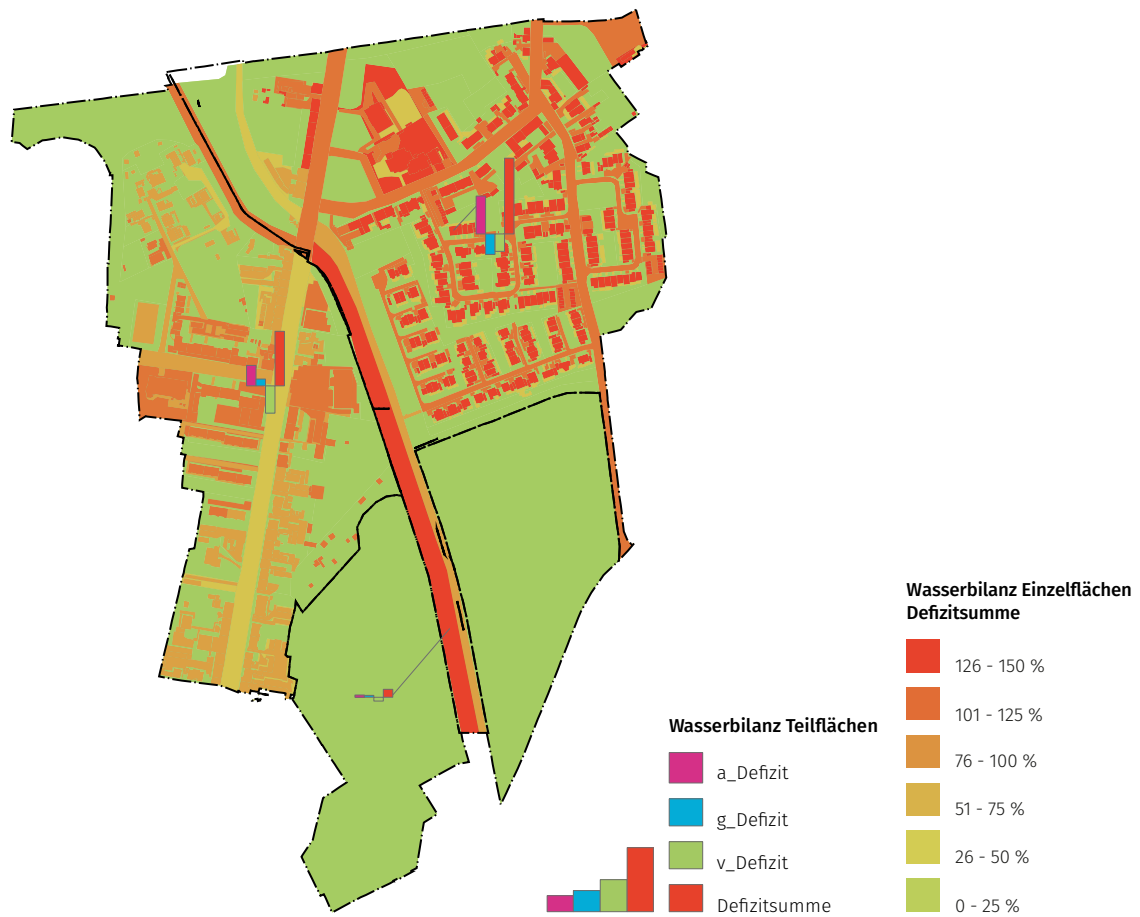


Abb. 59 Summe der Defizite des urbanen Wasserhaushalts im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016)

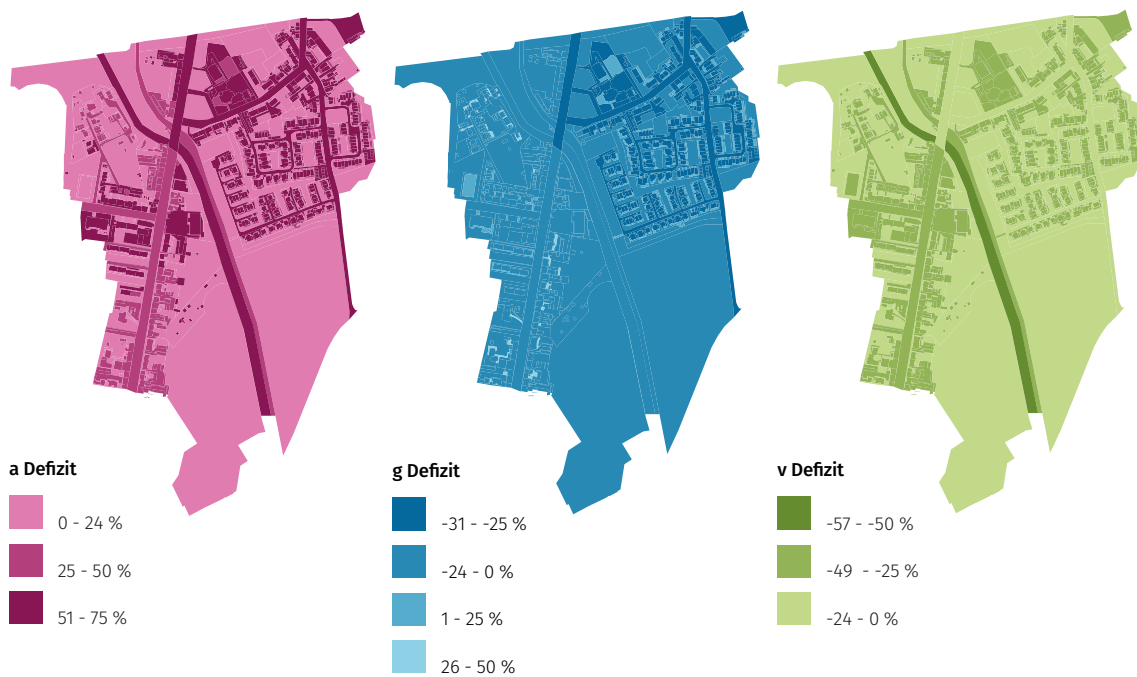


Abb. 60 Abflussdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016)

Abb. 61 Grundwasserneubildungsdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016)

Abb. 62 Verdunstungsdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016)



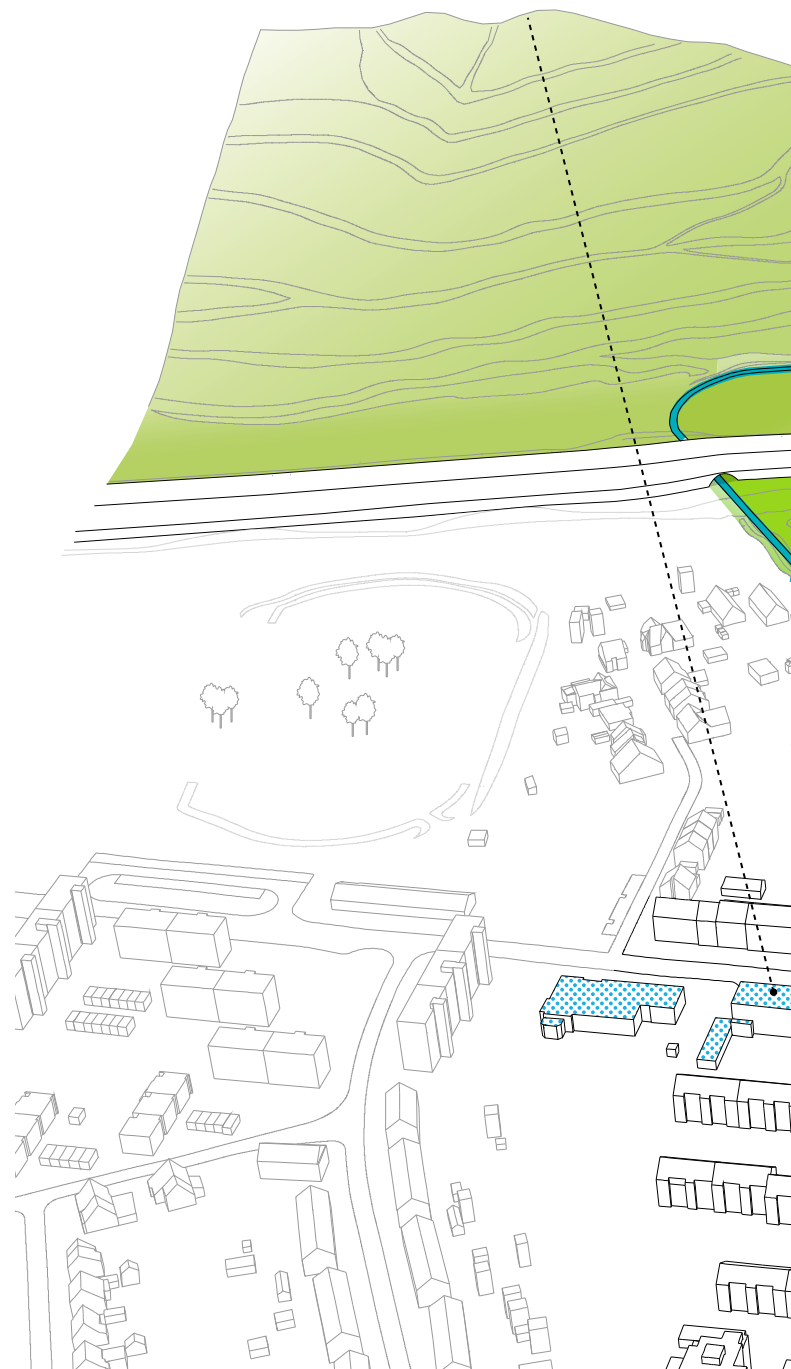
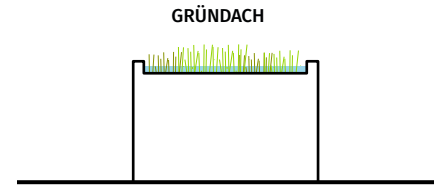
achten ist die Gewährleistung bzw. Verbesserung der Überflutungssicherheit: Auf einer bestehenden, muldenartigen Grünfläche entlang der Wohnsiedlung (siehe Abb. 58) besteht laut Überflutungssimulation bei Regenereignissen mit einer statistischen Wiederkehrzeit von  $T=50$  a geringe bis hohe Überflutungsgefahr. Einige angrenzende Wohnhäuser könnten unter Umständen betroffen sein.

### Maßnahmenkonzepte

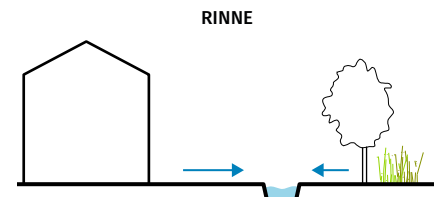
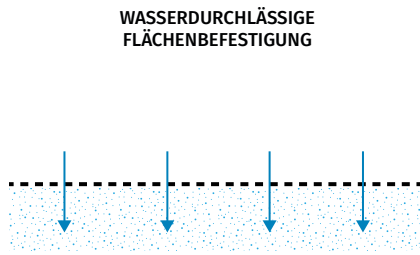
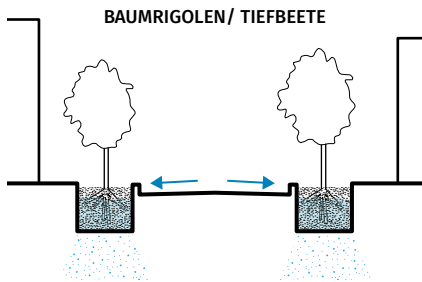
Die Planung sieht vor, dem Lanferbach in diesem Teilabschnitt mehr Raum zu geben und ihn leicht mäandern zu lassen. Abwasser wird über einen neu verlegten Abwasserkanal unterirdisch abgeleitet. Dadurch führt der Lanferbach in Zukunft Reinwasser. Durch uferbegleitende Stufenanlagen wird der Bach in Teilbereichen zugänglich gemacht – das Erleben des Wassers wird wieder möglich. Die Rodung der größeren Gehölzpflanzung lässt die Lanferbach-Aue zu einem offenen Bereich werden.

Das auf die Dächer der angrenzenden Gebäude fallende Niederschlagswasser wird über offene Rinnen in den Straßen und Freiflächen sowie über den „Graben an der Lüttgebergstraße“ in die Lanferbachaue geleitet. Dadurch wird der Wasserspiegel des Bachs angehoben, was in Anbetracht seines bislang eher niedrigen Wasserspiegels zu begrüßen ist.

Wo möglich, werden Flachdächer zu Gründächern umgestaltet und der Asphaltbelag auf Parkplatzstellflächen durch Rasengittersteine ersetzt. In der Horster Straße werden Baumpflanzungen vorgenommen. Die Pflanzflächen werden mit Versickerungsrigolen mit Retentionsspeicher ausgestattet (Baumrigolen). Regenwasser von Straßen und Gehwegflächen wird so versickert, gleichzeitig werden die Bäume besser mit Wasser versorgt, was zu einer Verbesserung der Verdunstungsleistung führt. In allen Bereichen werden verdunstungsstarke Pflanzen eingesetzt, um das Verdunstungsdefizit zu minimieren.



**Abb. 63** Die Lanferbach-Aue wird zu einem zentralen Element durch die Umgestaltung. In ihr werden gestalterische und wasserwirtschaftliche Maßnahmen gebündelt (ILPÖ 2016)



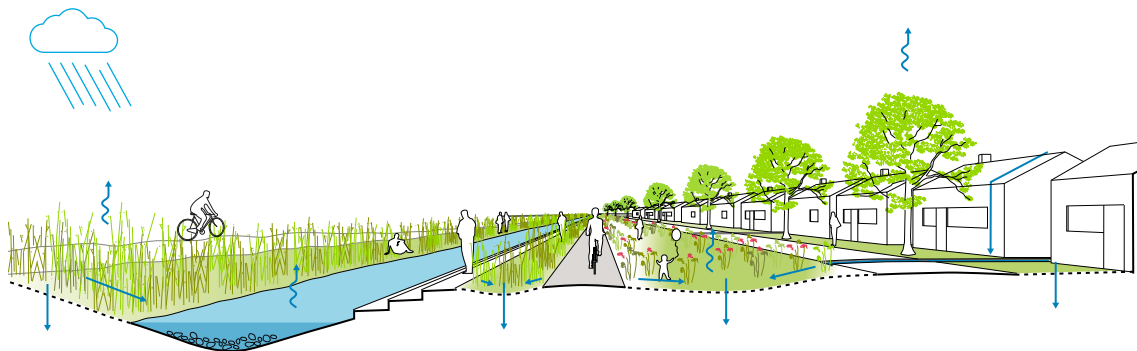


Abb. 64 Durch die Umsetzung der Maßnahmen wird der Lanferbach zum Wassererlebnisraum und ermöglicht direkten Kontakt zum Wasser (ILPÖ 2016)

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Der Bereich um den Lanferbach und die Horster Straße werden durch die Maßnahmen enorm aufgewertet. Der unattraktive, Abwasser führende Lanferbach wird zu einem Wasser-Erlebnisraum. Die Wohnsiedlung steht von nun an unter dem Motto „Wohnen am Lanferbach“ (Abb. 64). Auch aus ökologischer Sicht ist die Renaturierung und Umgestaltung des Lanferbachs sehr wertvoll.

Die viel befahrene Horster Straße wird durch die Baumpflanzungen attraktiver gemacht. Die Verbesserung des Stadtklimas und Luftreinigung sind positive Nebeneffekte.

Die geplanten Maßnahmen wirken sich durch eine Reduktion des Abflusses und einer Erhöhung der Verdunstung positiv auf den Wasserhaushalt aus. Die absoluten Abweichungen von a liegen nun bei 23 %, von g=-7% und von v bei -16 % (Ausgangssituation: a=28% g=-8% v=-20%). (Abb. 65, 66, 67, 68, 69). Durch die Retentionswirkung der vorgesehenen Maßnahmen ist weiterhin von einer Verringerung der Überflutungsgefährdung auszugehen.



Abb. 65 Aufteilungswerte (oben) und Defizite (unten) der Komponenten a, g und v im Fokusgebiet im Bestand und nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016)

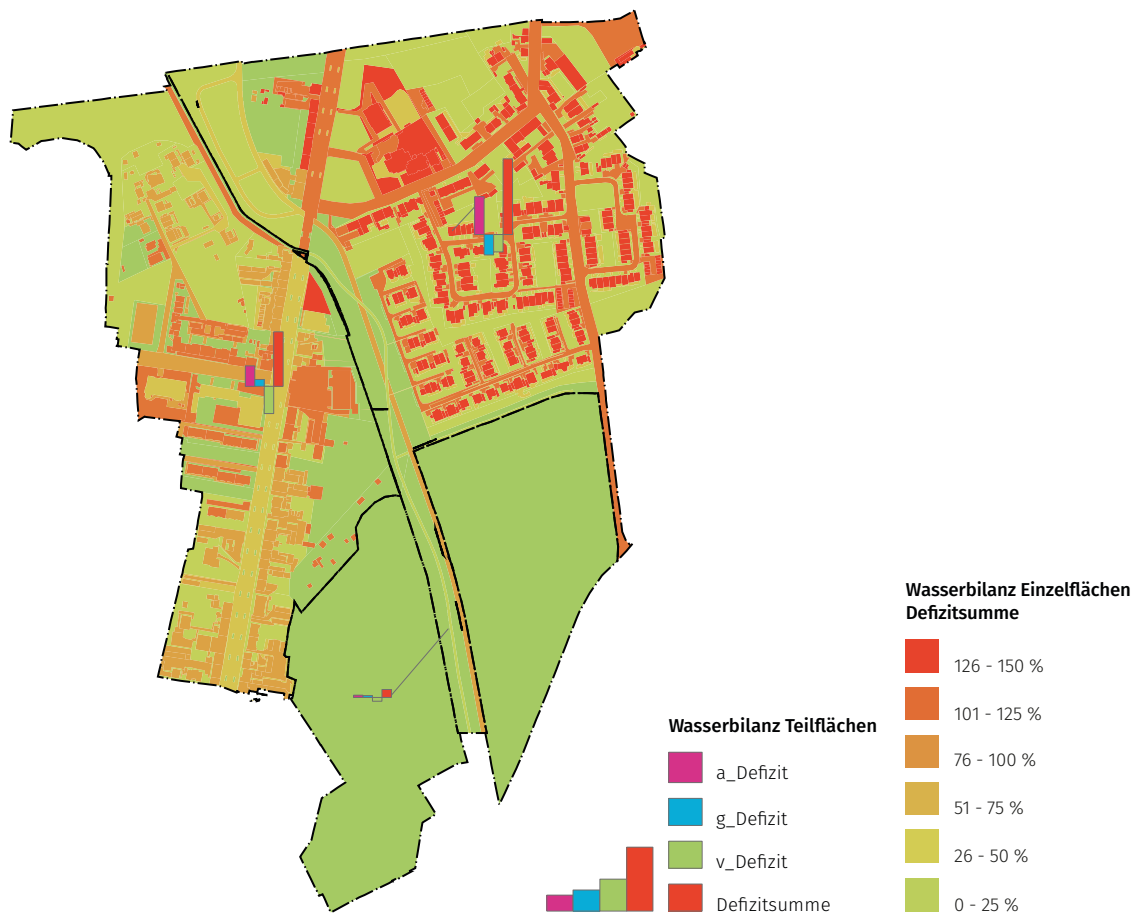
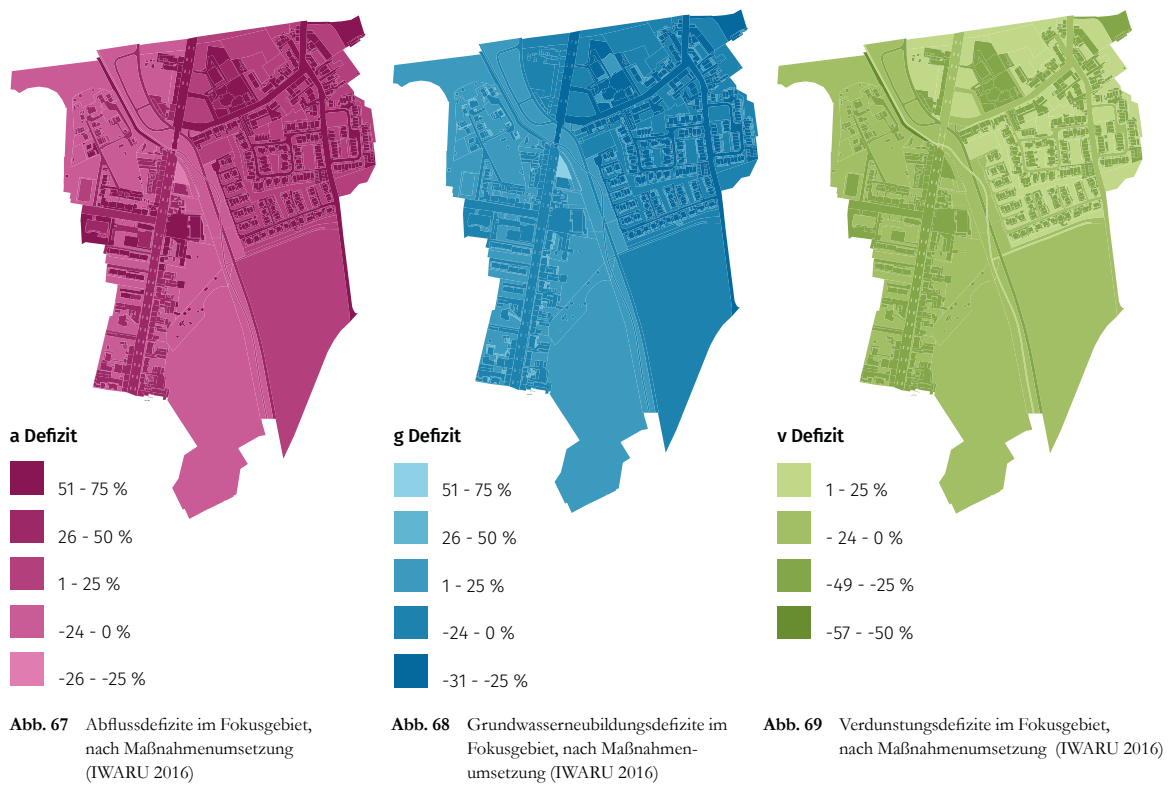


Abb. 66 Summe der Defizite des urbanen Wasserhaushalts im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016)



# Fokusgebiet III Park Hugo und angrenzende Siedlung

## Status quo und Zielsetzung

Das Fokusgebiet III besteht aus zwei Teilräumen: zum einen aus einer Wohnsiedlung mit Blockbebauung (Abb. 70, 71), zum anderen aus den Brachflächen des ehemaligen Bergwerks Hugo 2|5|8 (Abb. 72).

Die Wohnsiedlung weist einen hohen Versiegelungsgrad auf. Lediglich durch kleine Teile der Innenhöfe, die nicht durch Garagen oder befestigte Wege und Stellplatzflächen belegt sind, einige wenige Baumstandorte und Freiflächen sowie drei Kleingartenanlagen gelangt Regenwasser in den natürlichen Untergrund. Der Wasserhaushalt weicht daher stark vom natürlichen Zustand ab (Abb. 73, 74, 75, 76). Aufgrund der Bodenverhältnisse ist nur Muldenversickerung bzw. in Teilbereichen gar keine Versickerung möglich. Insgesamt macht die Wohnsiedlung einen grauen und ungepflegten Eindruck. Die Wohnsiedlung weist mit absoluten Abweichungen von  $a = 44\%$ ,  $g = -21\%$  und  $v = -23\%$  sogar höhere Abweichungen vom naturnahen Zustand als das Gewerbegebiet auf. Besonders durch mangelnde Verdunstung ist im Sommer kein Kühlungseffekt in den Straßen möglich.

Die Brachflächen des ehemaligen Bergwerks sind Großteils unversiegelt. Der Abwasserführende Lanferbach verläuft verrohrt durch das Gebiet. Die geplante Umgestaltung der Flächen zu einem Biomassepark ist ein großes Potential und sollte genutzt werden, um zum einen den Lanferbach zu entkoppeln und zu renaturieren und zum anderen, um die negative Wasserbilanz der angrenzenden Wohnsiedlung auszugleichen. Ein Biomassepark ist eine großflächige Kurzumtriebsanlage, die als Parkanlage gestaltet wird und somit für Freizeit- und Erholungsnutzung, Umweltbildung und Biomasseproduktion gleichzeitig genutzt wird (RAG Montan Immobilien 2012).

Topographisch gesehen liegt die Wohnsiedlung etwas höher als der zukünftige Park, was sich auch in den oberirdischen Fließwegen widerspiegelt: Diese verlaufen in der Wohnsiedlung durch die Straßen in Richtung Park. Im Starkregenfall kommt es stellenweise möglicherweise zu Überflutungen.



Abb. 70 Dichte Blockbebauung und versiegelte Straßen charakterisieren die Wohnsiedlung (ILPÖ 2016)



Abb. 71 Die Innenhöfe der Blockbebauung sind oft asphaltiert und beherbergen Garagen mit Flachdächern (ILPÖ 2016)



Abb. 72 Das derzeit brachliegende Gelände der ehemaligen Bergwerks soll zu einem Biomassepark umgestaltet werden (ILPÖ 2016)

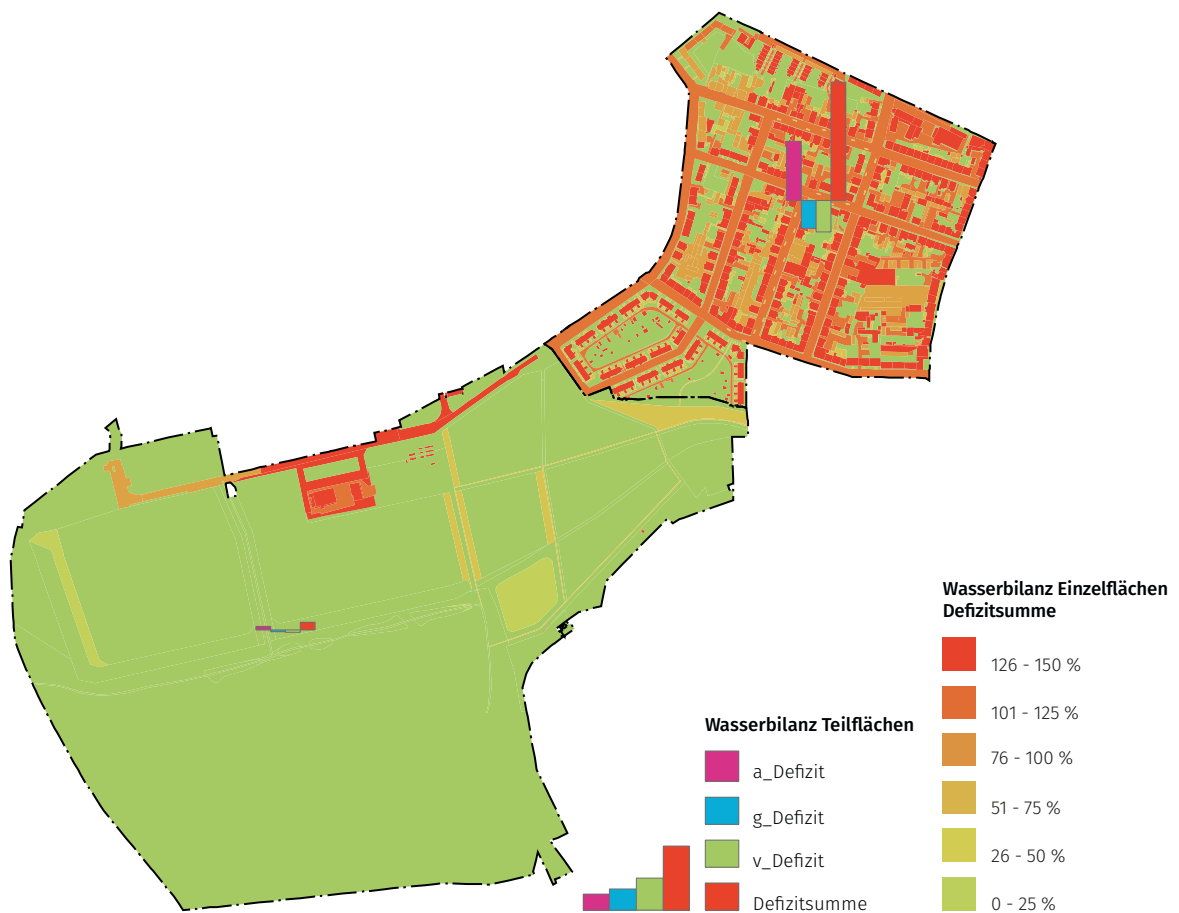


Abb. 73 Summe der Defizite des urbanen Wasserhaushalts im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016)

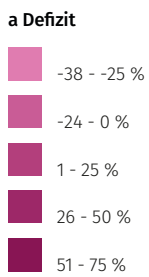
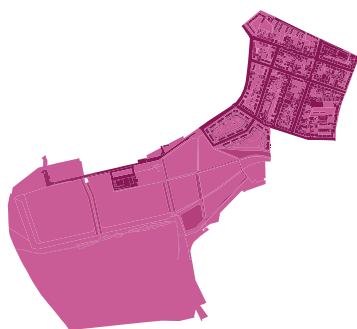


Abb. 74 Abflussdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016)

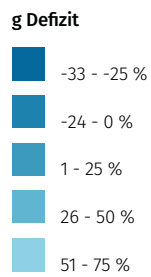


Abb. 75 Grundwasserneubildungsdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016)

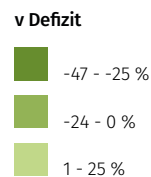


Abb. 76 Verdunstungsdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016)

## Maßnahmenkonzepte

Auch wenn der Biomassepark sich dazu anbietet, die negative Wasserbilanz der Wohnsiedlung auszugleichen, sollten dennoch so viele Maßnahmen wie möglich vor Ort unternommen werden. Die Wohnsiedlung kann dadurch gleichzeitig hinsichtlich des Stadtbilds und der Aufenthaltsqualität aufgewertet werden. Wo möglich, sollten Gründächer auf Garagen installiert werden. Innenhöfe sollten so flächendeckend wie möglich entsiegelt und Stellplätze und Wege in den Innenhöfen mit teildurchlässigen Pflasterflächen oder Rasengittersteinen statt durch Asphalt befestigt werden. Die Schreiner- und die Steinmetzstraße werden zu einem blau-grünen Boulevard mit Baumrigolen (Entwässerung des Straßenwassers) und oberirdischen, offenen Rinnen entlang der Straße (Entwässerung der Dachflächen) umgestaltet. Aufgrund der Topografie fließt das Wasser in Richtung Park ab. Eine Mauer, die im Starkregenfall einen Aufstau von Regenwasser bewirkt, wird entfernt und eine Art Speicherbecken in der angrenzenden Fläche errichtet. Das dort gesammelte Wasser kann für die Bewässerung des Biomasseparks verwendet werden.

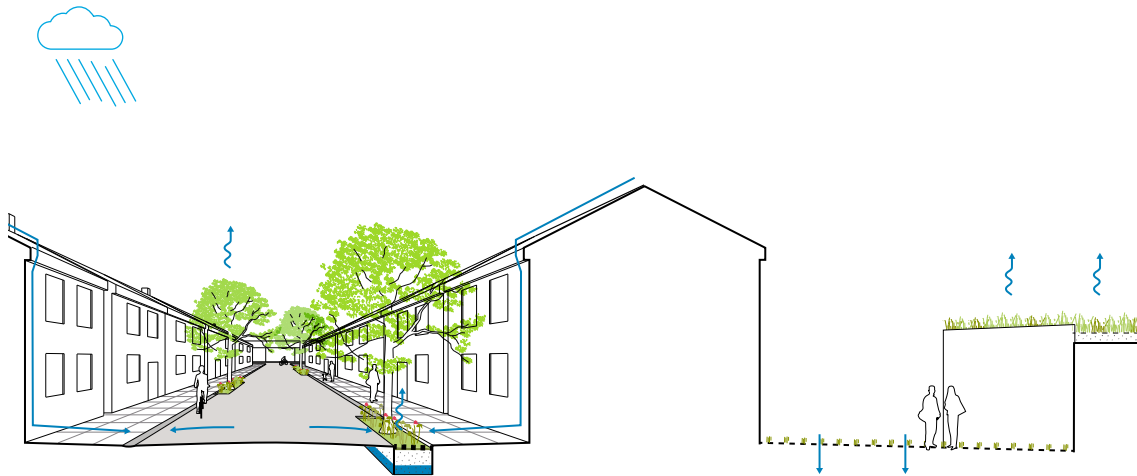
Der Biomassepark wird nach bereits bestehenden Planungen gebaut. Ergänzt wird der Entwurf durch die Entflechtung, Offenlegung und Renaturierung des Lanferbachs. Die Nutzung als Kurzumtriebsanlage stellt auch hinsichtlich der Verdunstungsdefizite in der Wohnsiedlung eine sinnvolle Nutzung der Brachfläche dar: Durch die zeitweise Aufforstung ist von einer erhöhten Verdunstungsleistung auszugehen.



**Abb. 77** Die Wohnsiedlung und der Biomassepark werden eng miteinander verknüpft: zum einen durch die wasserwirtschaftlichen Maßnahmen, zum anderen durch die Naherholungsfunktion des Parks (ILPÖ 2016)







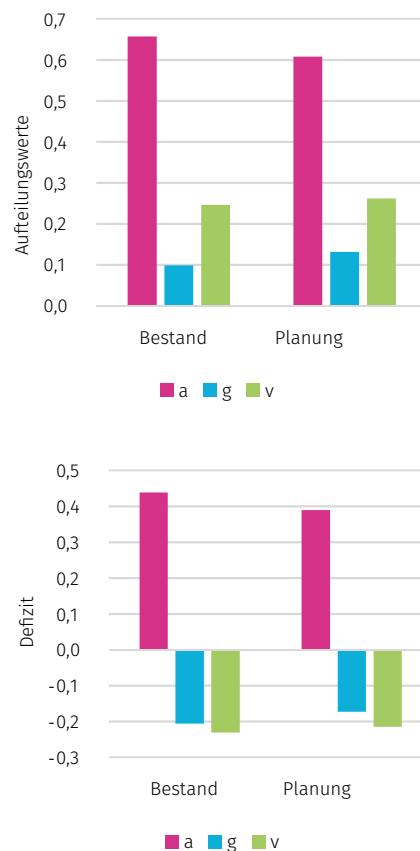
**Abb. 78** Die Straßen der Wohnsiedlung bieten sich aufgrund ihres Gefälles als blau-grüne Boulevards an: das Dachwasser der Blockbebauung wird über offene Rinnen zum Biomassepark geleitet. Baumrigolen, über die das Straßenwasser bewirtschaftet wird, verten den Straßenraum auf (ILPÖ 2016)

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Bezüglich des Wasserhaushalts wird durch die wenigen vorgesehenen Maßnahmen bereits eine Annäherung des Wasserhaushaltes an seinen natürlichen Zustand erreicht: Die Aufteilungsfaktoren weisen mit absoluten Abweichungen von  $a=39\%$   $g=-17\%$   $v=-22\%$  etwas geringere Werte als im aktuellen Bestand auf (Ausgangssituation:  $a=44\%$   $g=-21\%$   $v=-23\%$ ) (Abb. 79, 80, 81, 82, 83). Durch die Berücksichtigung des Biomasseparks kann ein nahezu natürlicher Wasserhaushalt erreicht werden.

Die Wohnsiedlung erfährt durch den blau-grünen Boulevard mit seinen Baumrigolen sowie der Entsiegelung von Innenhöfen und Begrünung von Garagendächern eine erhebliche Aufwertung der Lebensqualität (Abb. 78). Durch die Beschattung der Baumrigolen kann ein Kühlungseffekt erwartet werden. Der Biomassepark stärkt die Siedlung hinsichtlich ihres Nutzungs- und Erholungsangebots und wird auch über Gelsenkirchen hinaus Interesse wecken. Gleichzeitig wirkt sich die Nutzung als Kurzumtriebsplantage sehr positiv auf das Verdunstungsdefizit aus.

Durch die Offenlegung und Renaturierung des Lanferbachs im Biomassepark wird das sichtbare Gewässersystem erweitert.



**Abb. 79** Aufteilungswerte (oben) und Defizite (unten) der Komponenten a, g und v im Fokusgebiet im Bestand und nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016)

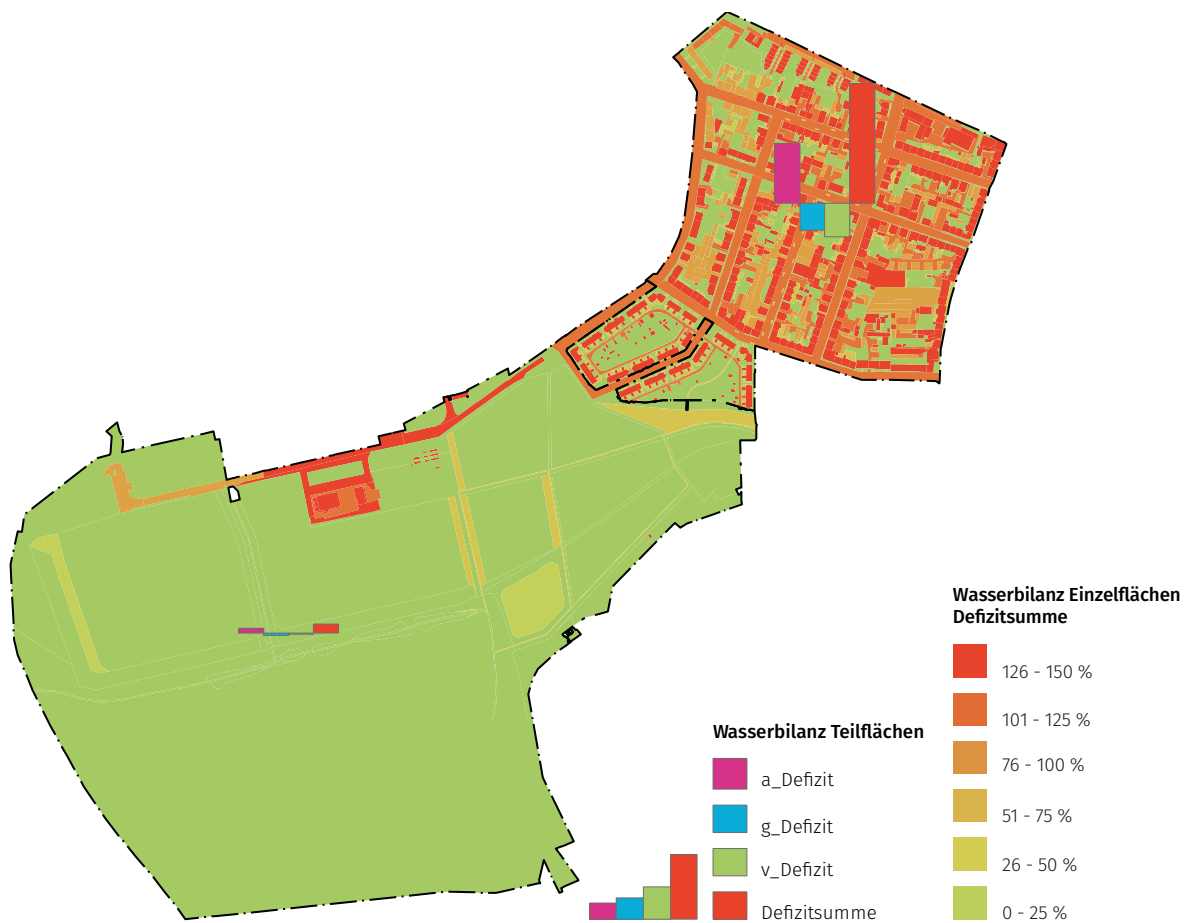


Abb. 80 Summe der Defizite des urbanen Wasserhaushalts im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016)

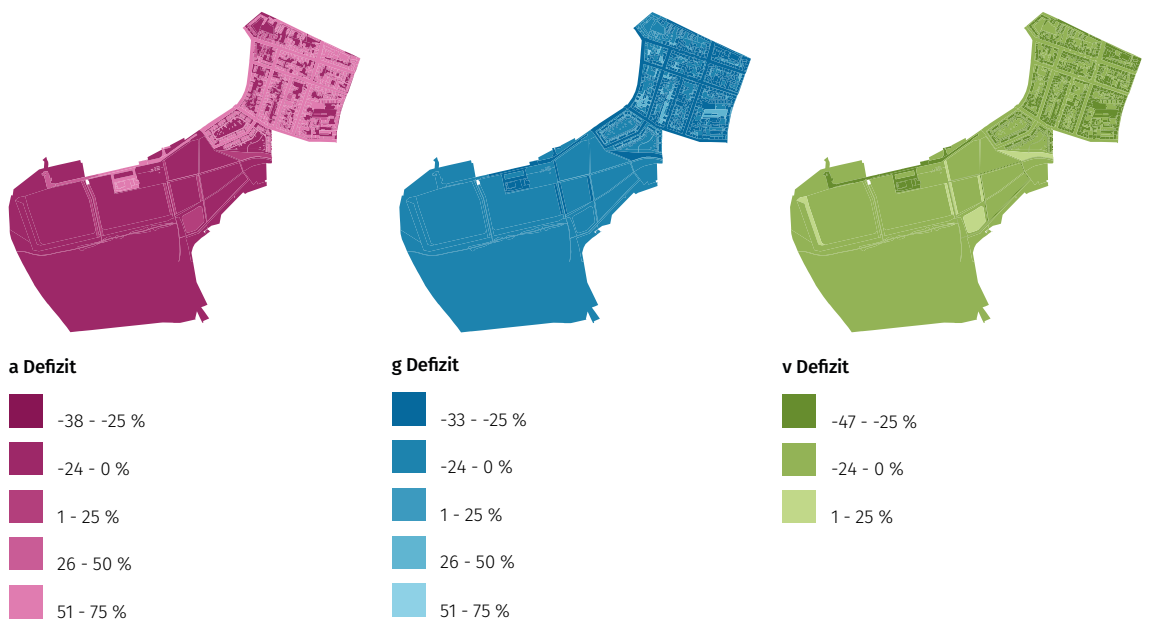


Abb. 81 Abflussdefizite im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016)

Abb. 82 Grundwasserneubildungsdefizite im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016)

Abb. 83 Verdunstungsdefizite im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016)

## 4.3 Zusammenfassung und Fazit

Durch die Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte wird ein Teil des Gewässersystems im Betrachtungsraum wieder sicht- und erlebbar gemacht. Durch die Entkoppelung des Lanferbachs aus dem Mischsystem erfährt er eine enorme Aufwertung und die Gestaltungsqualität des Wassers kann wieder genutzt werden. Gleichzeitig stellt der Lanferbach durch einen parallel verlaufenden Radweg eine übergeordnete Verbindungsachse dar. Viele der geplanten Maßnahmen integrieren das Gestaltungspotential des Wassers nicht, wirken sich aber dennoch positiv auf den Wasserhaushalt aus. Ihre freiraumplanerische Qualität liegt in der Schaffung, Vernetzung und Aufwertung von Grünraum. Aus den drei Fo-

kusgebieten wird deutlich, dass punktuelle Maßnahmen auch jeweils nur einen kleinräumigen Effekt mit sich bringen. Hieraus ist abzuleiten, dass die Wahl der Maßnahmen ein Gesamtziel fokussieren muss, welches über einen definierten Zeitraum erreicht werden soll. Entscheidend ist, dass keine parzellenbezogenen, isolierten Maßnahmen umgesetzt werden.

Die Überflutungsgefährdung wird in den Fokusgebieten durch die Maßnahmen verringert. Eine detaillierte Überprüfung erfolgte aufgrund des Fokus auf den naturnahen Wasserhaushalt im Rahmen des Forschungsprojektes nicht.

# 5. Anwendung des Vorgehensmodells mit Fokus Überflutungsvorsorge

Fallbeispiel Wuppertal

## 5. Anwendung des Vorgehensmodells mit Fokus ausgeglichene Wasserbilanz Fallbeispiel Wuppertal

Das Kapitel 5 beschreibt die Anwendung des Vorgehensmodells auf ein Modellgebiet in Wuppertal. Aufgrund der topografischen Gegebenheiten wird hier der Fokus auf die Überflutungsvorsorge und den Umgang mit Starkregen gelegt. Beschrieben werden das Gewässer- und Entwässerungssystem in seinem stadträumlichen Kontext, die Ergebnisse der Gefährdungs-, Schadens- und Risikoanalyse, das wasserbezogene städtebauliche Leitbild, der Verzahnungsprozess der unterschiedlichen Handlungsbedarfe sowie Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte für drei ausgewählte Fokusgebiete.



Abb. 84 Ausgeprägte Topografie in Wuppertal, Bezirk Varresbeck (ILPÖ 2013)

### 5.1 Kontext

Wuppertal ist eine Stadt mit 355.000 Einwohnern (Stand: 31.12.2015) in Nordrhein-Westfalen. Sie gilt als Zentrum der Frühindustrialisierung.

Seit den 60er Jahren schrumpft die Bevölkerungszahl, was sich in Wohnungsleerstand und Brachflächen niederschlägt. Die Prognosen für die Bevölkerungsentwicklung gehen mittlerweile von einer Stagnation bzw. von einer leicht rückläufigen Bevölkerungszahl aus (Bertelsmann Stiftung 2016b).

Wuppertal liegt im deutschen Mittelgebirge im Tal der Wupper, wodurch Teile des Siedlungsraums ein starkes Gefälle aufweisen. Im Starkregenfall hat dies zur Konsequenz, dass oberflächlich abfließendes Niederschlagswasser teils hohe Fließgeschwindigkeiten aufweist und über Einlaufelemente (Straßeneinläufe) hinweg schießt. Niederschläge oberhalb der Bemessungsansätze führen zudem zu einem Überstau aus dem Netz. Die Folge sind Überflutungen von Straßen, Gebäuden und Grundstücken. Durch die topografischen Verhältnisse stellt eine umfassende Überflutungsvorsorge in Wuppertal die Verantwortlichen vor besondere Herausforderungen. Im Rahmen des Forschungsprojekts wird der Fokus in Wuppertal daher auf den Umgang mit Starkregen gelegt. Ausgehend von der Ermittlung der tatsächlichen Überflutungsgefährdung werden nach einem abgestimmten Vorgehensmodell Maßnahmen entwi-



Abb. 85 Wohnungsleerstand (ILPÖ 2013)

ckelt, die auch als Motor für die wassersensitive Stadtentwicklung dienen. Es wird aufgezeigt, wie freiraumplanerische Eingriffe den Umgang mit Starkregen integrieren können.

## 5.2 Anwendung des Vorgehensmodells

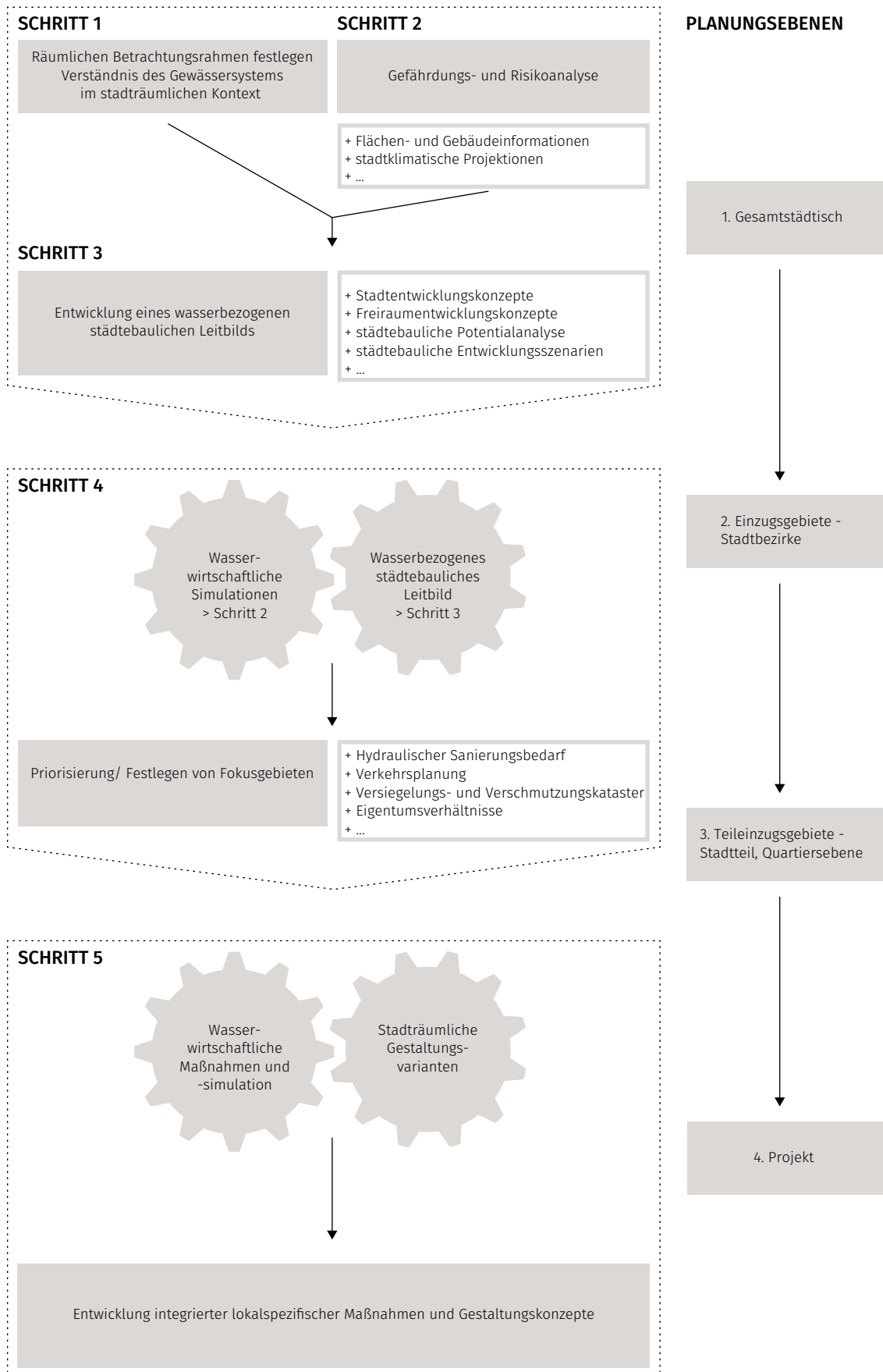


Abb. 86 Vorgehensmodell mit Fokus Überflutungsvorsorge (ILPÖ 2015)

# Schritt 1 Verständnis der Verflechtungszusammenhänge zwischen Wasserinfrastruktursystemen, Stadträumen und Gewässern

Den Ausgangspunkt bildet im Idealfall eine stadtgebietsweite Gefährdungsabschätzung zur Identifizierung von Bereichen mit hoher Überflutungswahrscheinlichkeit (Gatke et al. 2014; Hoppe 2014). Auf dieser Basis können Gebiete mit einer besonders hohen Gefährdung zur weiteren Betrachtung ausgewählt werden. Die Betrachtungsräume sollten sich dabei an Gewässer- bzw. Entwässerungseinzugsgebieten orientieren. In Wuppertal wurde das Einzugsgebiet der Varresbeck als Modellgebiet ausgewählt. Geographisch wird das Einzugsgebiet durch die Wupper im Süden, die Wasserscheide zum Einzugsgebiet des Briller Baches im Osten, die Wasserscheide zum Einzugsgebiet der Düssel im Norden und die Wasserscheide zum Einzugsgebiet der Lüntenbeck im Westen begrenzt.

Die Entwässerung von Regenwasser erfolgt im Betrachtungsraum ausschließlich im Trennverfahren. Dabei fungiert die Varresbeck als Hauptableitungssystem: Sie verläuft überwiegend verrohrt und mündet in die Wupper (Abb. 85). Das Einzugsgebiet des Regenwassernetzes weist eine Gesamteinzugsgebietsgröße von rd. 391 ha auf; die Größe der abflusswirksamen undurchlässigen Fläche beträgt rd. 106 ha.

Vom Quellbereich der Varresbeck im Bereich eines Wohngebiets im Norden des Einzugsgebiets ausgehend, münden die nachfolgend genannten Nebengewässer in die Varresbeck (in Fließrichtung):

- Bergerheider Bach (verrohrt)/ Bergerheider Siefen (offen)
- Krötelnfelder Bach (offen/ verrohrt)
- Weyerbuschbach (offen)
- Eskesberger Bach (offen/ verrohrt)

Am süd-östlichen Rand des Betrachtungsraums verläuft die Autobahn A46. Die Varresbecker Straße/ Otto-Hausmann-Ring und die Düsseldorf Straße stellen größere Achsen für den motorisierten Verkehr dar. Zudem verläuft auch die Nordbahntrasse durch das Gebiet. Sie ist ein Teilstück der stillgelegten Wuppertaler Nordbahn und wird seit 2007 zu einem 23 km langen landschaftlich attraktiven Fuß- Rad- und Skaterweg umgebaut (Abb. 86). Zahlreiche Wohnsiedlungen, Schulen und öffentliche Einrichtungen liegen im Einzugsbereich der Trasse. Aufgrund ihrer Durchgängigkeit stellt sie daher eine wich-

Nutzungsarten gemäß FNP	Prozentualer Flächenanteil [%]
Wohnbauflächen	32
Gewerbliche Nutzung	18
Grünflächen, Landwirtschaft, Wald, Gewässer	35
Mischgebiet	2
Gemeinbedarf	3
Verkehrsflächen, Eisenbahn (stillgelegt)	9

Tab. 04 Flächennutzungen im Einzugsgebiet (Stadt Wuppertal FNP 2005)

tige Verbindungsachse im bergigen Wuppertal mit gesamtstädtischer Bedeutung dar.

Laut Flächennutzungsplan 2005 ist das Gebiet zu einem großen Teil durch Grünflächen sowie reine Wohnbebauung geprägt (rd. 67%). Größere gewerbliche Nutzungen finden sich hauptsächlich im Bereich zwischen ehemaliger Nordbahntrasse und Autobahn A46 (rd. 18%) (Tabelle 4).

Durch die menschliche Nutzung wurde das Wassersystem im Modellgebiet stark verändert: Die oberirdischen Fließwege werden durch die Bebauung gelenkt und verlaufen fast ausschließlich auf Straßen und Wegen. Durch die Versiegelung hat sich die Größe der abflusswirksamen Teilflächen stark vergrößert. Das natürliche Gewässersystem ist durch die Verrohrung der Varresbeck und ihrer Nebengewässer kaum mehr ables- und erlebbar (Abb. 89).



**Abb. 87** In Teilen verläuft die Varresbeck als Hauptgewässer im gleichnamigen Stadtbezirk noch unverrohrt. An anderen Stellen ist sie in das Regenwasserkanalnetz verfächert (ILPÖ 2013)



**Abb. 88** Die ehemalige Nordbahntrasse wird seit der Stilllegung des Schienenverkehrs als Fuß- und Radwegeverbindung sowie zur Naherholung intensiv genutzt (Geyer 2014)



**Abb. 89** Die Topografie im Modellgebiet ist teilweise stark ausgeprägt (ILPÖ 2016)



**Abb. 90** Verrohrte Varresbeck (ILPÖ 2014)



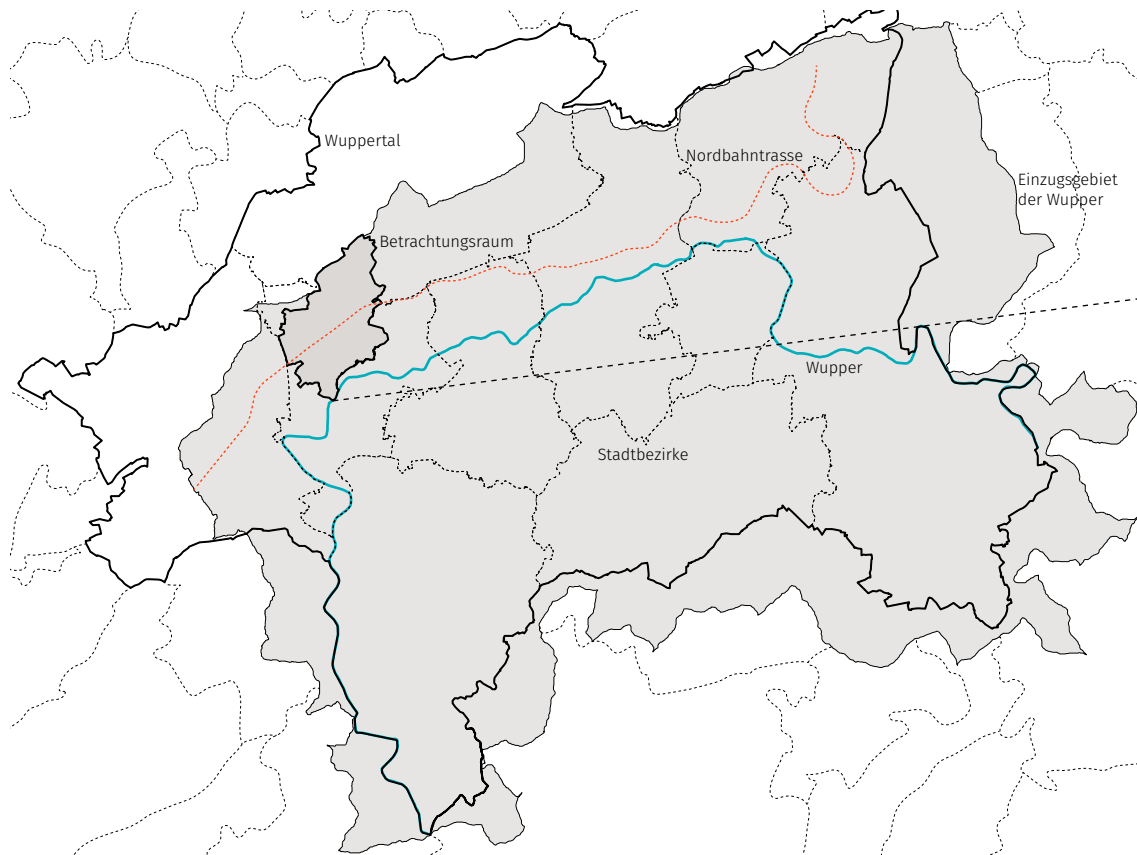


Abb. 91 Lage des Betrachtungsraums im Einzugsgebiet der Wupper (ILPÖ 2014)

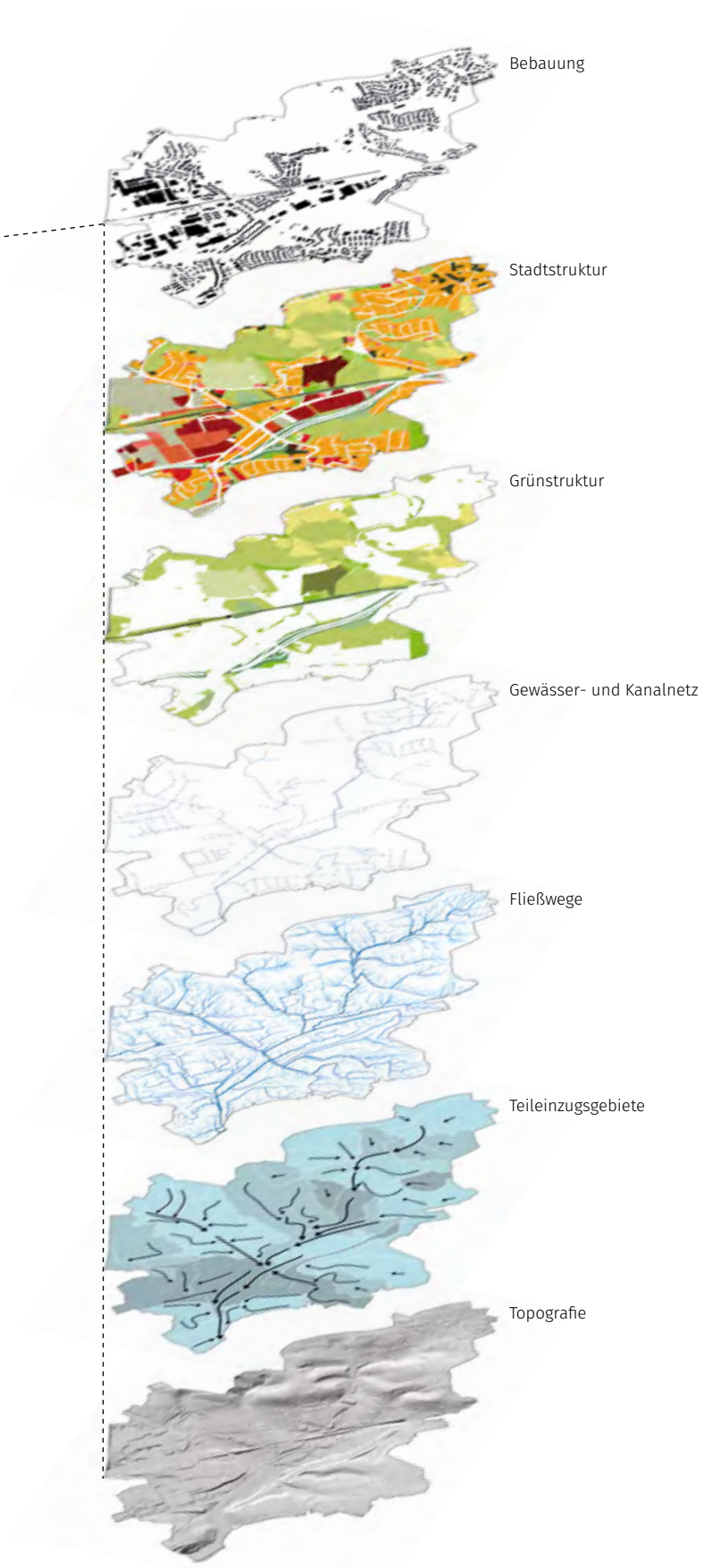
## Schritt 1

### Leitfragen

- Welcher Betrachtungsrahmen ist in der vorliegenden Stadt sinnvoll?
- Welche oberirdischen und unterirdischen Komponenten des Wassersystems gibt es?
- Wie hängen diese zusammen?
- Wie wird mit Abwasser und Regenwasser umgegangen?
- Wie sehen die unterschiedlichen Wasserkreisläufe aus?
- Welche Nutzungen haben einen Einfluss auf das Wassersystem?

### Benötigter Datensatz

- Digitales Geländemodell (DGM 1)
- Gewässersystem (Still- und Fließgewässer, verrohrt/ nicht verrohrt, Rein- oder Schmutzwasser führend) mit Gewässereinzugsgebieten
- Versiegelungskarte (wenn vorhanden, im Idealfall mit prozentualen Versiegelungsgrad)
- Informationen zum Entwässerungskonzept im Gebiet (Generalentwässerungsplan, Abwasserbeseitigungs- und Niederschlagsbeseitigungskonzept, o. ä.)
- Stadtstrukturtypen (Siedlungs-, Nutzungs- und Flächenarten, Bebauung)
- Fließwege (GIS-basiert, hydrodynamisch berechnet)
- Bodenarten (BK 1:50.000)
- Bewirtschaftungsartenkarte für RWB-Maßnahmen
- Stadtgrenzen und Stadtteile
- Weitere Informationen je nach spezifischen Voraussetzungen und Kontext in der Stadt



**Abb. 92** Lage des Projektgebiets im Einzugsgebiet der Wupper und Analyse des Einflusses des stadträumlichen Kontextes auf den Wasserkreislauf (ILPÖ 2014)

## Schritt 2 Wasserwirtschaftliche Analyse Gefährdungs-, Schadens- und Risikoanalyse

Seitens der Entwässerungsplanung wurde im Schritt 2 das Gefährdungs- und Risikopotential in Anlehnung an das in Kapitel 3 erläuterte Stufenkonzept analysiert und als Grundlage für die nächsten Schritte dokumentiert und aufbereitet.

### Stufe 1: Zieldefinition und Grundlagenermittlung

Ziel der durchgeführten Analysen und Berechnungen im Projektgebiet „Varresbeck“ war die Entwicklung eines Konzepts zur Überflutungsvorsorge unter Mitwirkung von Freiraum- und Entwässerungsplanern.

### Stufe 2: Wirkung des Entwässerungssystems

Zur Beurteilung der Wirkung des Entwässerungssystems wurde auf den aktuellen Generalentwässerungsplan (GEP) für das Einzugsgebiet (EZG) „Varresbeck“ zurückgegriffen. Dieser beschreibt das Entwässerungssystem im Ist-, Prognose- und Sanierungszustand und ermöglicht Aussagen über die hydraulische Leistungsfähigkeit für verschiedene Niederschlagsbelastungen und Netzzustände.

Im Rahmen des Sanierungskonzepts werden für rd. 7,5 km öffentliches Regenwasserkanalnetz neue bzw. größere Querschnitte empfohlen. Darüber hinaus werden weitere Sanierungsmaßnahmen aufgeführt, wie z. B. der Umbau des Regenrückhaltebeckens „In der Beek“ und der Bau einer zusätzlichen Flutmulde im Bereich Eskesberg/ Nordbahntrasse zur Verbesserung der Überflutungsvorsorge.

Als Standardlösung im Rahmen eines Sanierungskonzepts gilt die Ertüchtigung überlasteter Kanalstränge durch eine Querschnittserweiterung. Von dieser wird jedoch nur Gebrauch gemacht, wenn aus hydraulischer, bzw. technischer und wirtschaftlicher Sicht keine sinnvolle Alternativlösung entwickelt werden kann. Zu prüfen gilt in diesem Zusammenhang, ob Möglichkeiten zur Versickerung, Umleitung oder Rückhaltung bestehen.

### Stufe 3: Topografie- und Überflutungsbe- trachtungen zur Gefährdungsanalyse

#### Topografische Analyse mittels GIS-basierter Fließwege

Eine wichtige Grundlage zur Analyse oberflächiger Abflussvorgänge stellt die Auswertung topografischer Daten dar. Mit Fließwegen, Senken und Senkeneinzugsgebieten lässt sich aus Digitalen Geländemodellen (DGM) bereits eine Vielzahl von Informationen generieren, die eine schnelle Orientierung über die generellen oberflächigen Fließvorgänge im Einzugsgebiet ermöglichen. Darüber hinaus können die ermittelten Daten Grundlage für die Plausibilisierung weitergehender Analysen sein (z. B. bei der Berechnung des Oberflächenabflusses).

Vor diesem Hintergrund wurden auch für das EZG des GEP Varresbeck GIS-basierte Fließwege ermittelt. Eingesetzt wurde hierbei der D8-Algorithmus, der für jede Rasterzelle des Digitalen Geländemodells eine individuelle Fließrichtung ermittelt. Berechnet wird die Fließrichtung jeweils anhand des steilsten, zu den acht benachbarten Zellen bestehenden Gefälles (siehe Abb. 92). Angenommen wird hierbei, dass jede Zelle nur in eine der maximal acht Nachbarzellen entwässert. Diffuse Abflüsse in mehrere Zellen sind mit dem Algorithmus nicht möglich.

Auch wenn die ermittelten Fließwege eine erste Einschätzung der sich aufgrund der Topografie einstellenden Fließwege ermöglicht, können keine Aussagen zu möglichen Wasserständen, Fließgeschwindigkeiten und ggf. auftretende Retentionseffekte im Gelände getroffen werden. Hierzu ist der Aufbau eines gekoppelten Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodells erforderlich.

#### Detailanalyse der Überflutungssituation mit dem gekoppelten Kanalnetz- und Ober- flächenabflussmodell DYNA/GeoCPM (++ Systems)

Zur detaillierten Abbildung von Abflüssen im Kanal- und auf der Oberfläche wurde für das Projektgebiet Varresbeck ein gekoppeltes Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodell

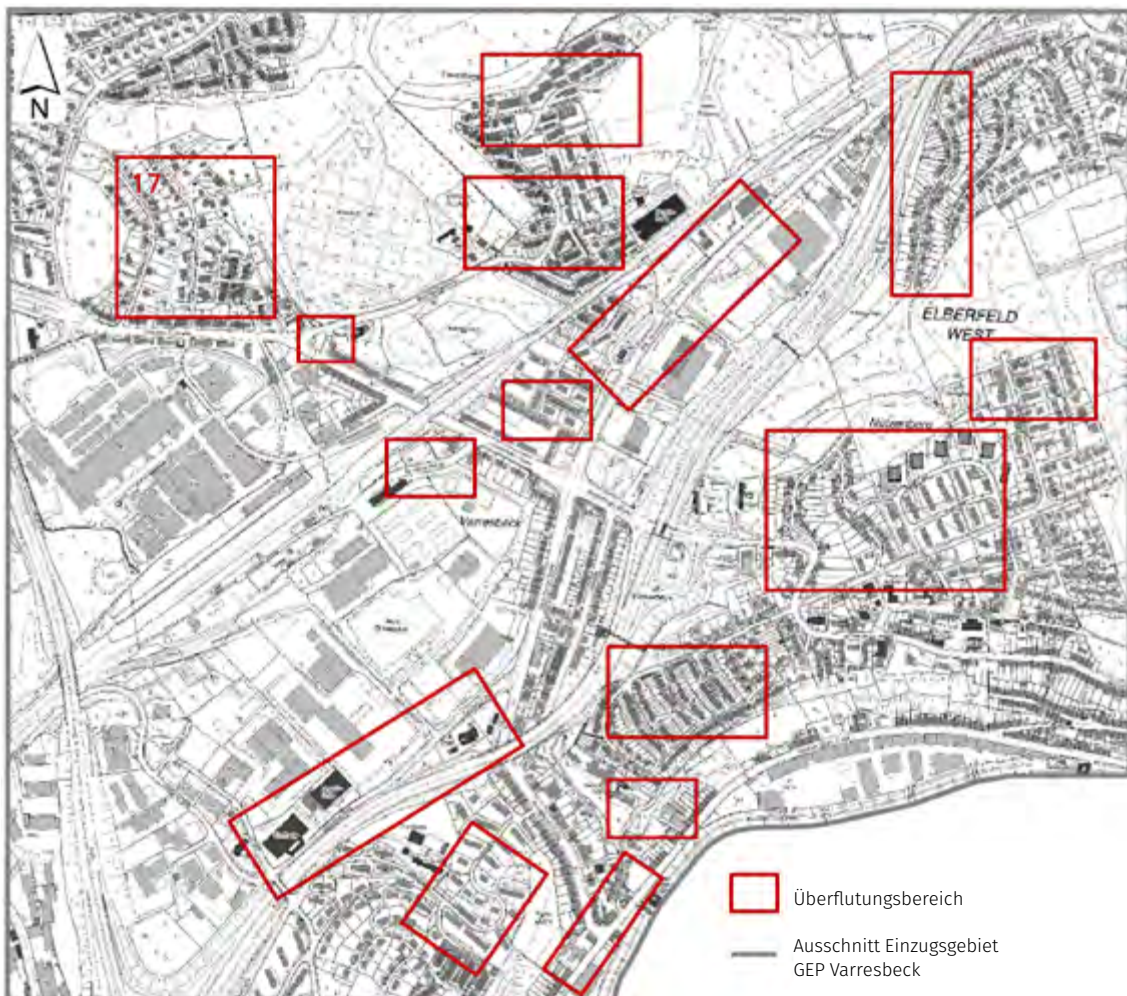


Abb. 93 Bereiche, die aufgrund örtlicher Überstauungen einer Überflutungsprüfung im Zuge einer Ortsbegehung unterzogen wurden (WSW 2014)

aufgebaut (Softwarepaket ++SYSTEMS mit Kanal++, DYNA, GeoCPM). Zur modelltechnischen Abbildung des Kanalnetzes wurde auf die dem GEP Varresbeck zugrunde liegenden Kanalnetzmodelle für den Ist- und Sanierungszustand zurückgegriffen. Das Oberflächenmodell wurde auf Grundlage eines Digitalen Geländemodells mit der Rasterweite von 0,25m aufgebaut (Aufnahmezeitpunkt 2008). Um die Gebäudestrukturen genau abzubilden, wurden die Gebäudestrukturen zusätzlich durch Bruch-

kanten im Modell berücksichtigt. Die Überflutungsprüfung wurde mit Niederschlagsbelastungen der Wiederkehrzeiten 20, 30 und 100 Jahren durchgeführt. In der Abbildung 8 werden die Ergebnisse für T=30a dargestellt. Zur Auswahl adäquater Ereignisse wurde auf die bereits bei den Überstauberechnungen (im Rahmen der GEP-Berechnungen) verwendete Starkregenserie zurückgegriffen (Messstation Buchenhofen).

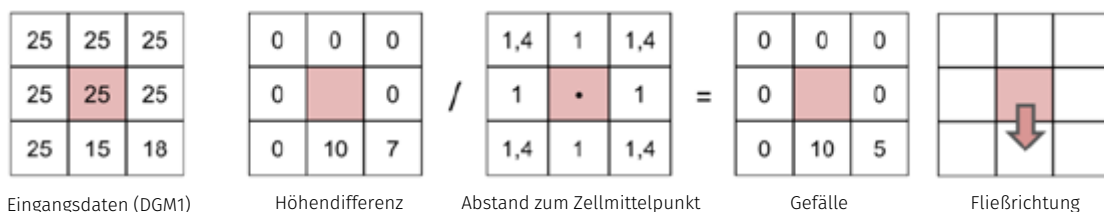


Abb. 94 D8-Algorithmus – rasterbasierte Ermittlung der Fließrichtung (Dr. Pecher AG 2014)



Abb. 95 GIS-basierte Fließwege im Einzugsgebiet (EZG) des Generalentwässerungsplan (GEP) Varresbeck (Dr. Pecher AG 2016)

Mit Hilfe der oben benannten Modellparameter und Niederschlagsbelastungen wurden verschiedene Berechnungen zur Ermittlung des Gefährdungspotenzials und zur Entwicklung von Vorsorgemaßnahmen durchgeführt. Da sich in Abhängigkeit des Abflussbildungsansatzes Unterschiede in den Ergebnissen ergeben (siehe Kapitel 3), wurden ausgewählte Berechnungen sowohl mit einer Abflussbildung über das Kanalnetzmodell als auch mit einer Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell durchgeführt. Hinsichtlich der Ausbreitung der Überflutungsflächen ist zu berücksichtigen, dass das betrachtete Kanalnetz sensibel auf unterschiedliche Verläufe der Niederschlagsintensität

reagiert. So zeigten sich besonders hohe Ausbreitungen bei Verläufen mit einer ausgeprägten Niederschlagspitze. Diese Effekte wurden im Rahmen der Maßnahmenkonzeption weiter berücksichtigt.

#### Stufe 4: Risikoanalyse

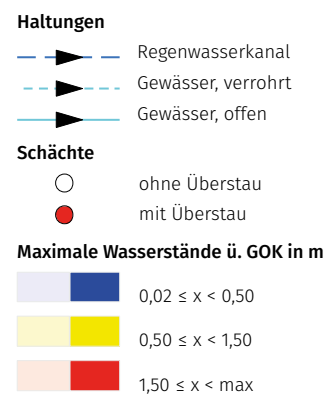
Im Zuge der Risikoanalyse wurden die ermittelten Gefahrenpotenziale mit den örtlichen Schadenspotenzialen überlagert. Für die Einstufung der Überflutungsgefährdung wurden folgende Kriterien berücksichtigt:



**Abb. 96** Überflutungssimulation für das Modellgebiet im IST-Zustand für  $T=30a$  mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell. Als Ergebnis der einzelnen Berechnungen wurden jeweils die maximalen, während der Simulation aufgetretenen Wasserstände ausgewiesen (Dr. Pecher AG 2016)

- Häufigkeit der Überflutung
- Ausmaß bzw. Ausdehnung der Überflutung
- Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit (Intensität)
- Überflutungsdauer

Zur Ermittlung der örtlichen Schadenspotenziale wurde auf Angaben zur Flächen- und Gebäudenutzung aus dem Flächennutzungsplan zurückgegriffen. Die Bewertung der Schadenspotenziale erfolgte hierbei (in Anlehnung an die im Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge (BWK/ DWA 2013) vorgeschlagenen Vorgehensweise zur Bewertung von Schadens-





**Abb. 97** Überflutungssimulation für das Modellgebiet im IST-Zustand für  $T=30a$  mit Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell. Als Ergebnis der einzelnen Berechnungen wurden jeweils die maximalen, während der Simulation aufgetretenen Wasserstände ausgewiesen (Dr. Pecher AG 2016)

potenzialen) in drei spezifischen Schadenspotenzialklassen:

- geringes Schadenspotenzial (z. B. überwiegend Wohnnutzung, keine Risikoobjekte)
- mittleres Schadenspotenzial (z. B. gewerbliche Nutzung, einzelne Risikoobjekte)
- hohes Schadenspotenzial (z. B. schadensempfindliche/ hochwertige Nutzung, diverse/ besondere Risikoobjekte)

#### Haltungen

- ▶— Regenwasserkanal
- - -▶- - - Gewässer, verrohrt
- ▶— Gewässer, offen

#### Schächte

- ohne Überstau
- mit Überstau

#### Maximale Wasserstände ü. GOK in m

- 0,02 ≤ x < 0,50
- 0,50 ≤ x < 1,50
- 1,50 ≤ x < max

Durch eine gemeinsame, ortsdifferenzierte Bewertung der genannten Kriterien wurden abschließend Aussagen zum Überflutungsrisiko getroffen.

Für das Modellgebiet ergibt sich ein hohes Risiko vor allem für Bereiche mit gewerblicher Nutzung entlang der Autobahn A46 und nördlich der Nordbahntrasse sowie die als Hauptverbindungsachse dienenden Düsseldorfer Straße. Ein moderates Risiko wurde für die südlich der Nordbahntrasse liegenden Gewerbeflächen sowie für mehrere Einzelgrundstücke ausgewiesen. Kleineren Teilbereichen von Wohnsiedlungen wird ein geringes Risiko zugewiesen (Abb. 96).

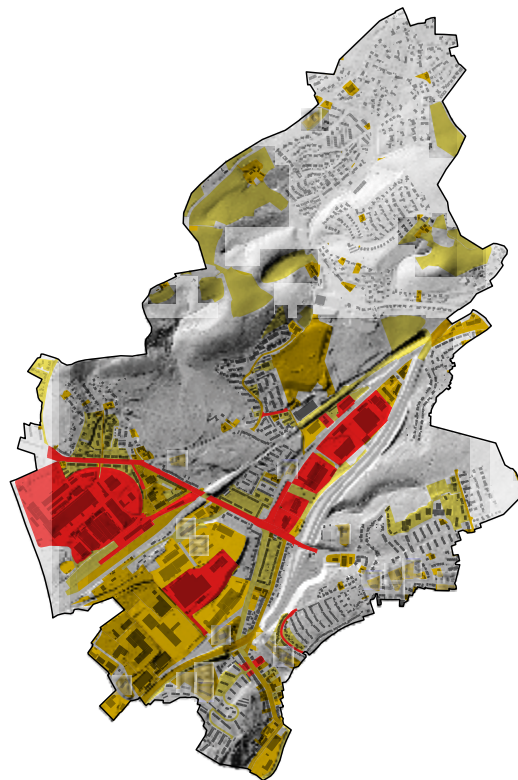


Abb. 98 Ergebniskarte der Risikobewertung im Modellgebiet (ILPÖ 2015)

		Überflutungsrisiko			
		gering	gering	mittel	mittel
Gefährdung	gering	gering	gering	mittel	mittel
	mittel	mittel	gering	mittel	hoch
	hoch	hoch	gering	hoch	hoch
		gering	mittel	hoch	hoch
		Schadenspotenzial			

Abb. 99 Bewertungsschema zur Klassifizierung des Überflutungsrisikos (ILPÖ 2016 nach DWA/ BWK 2013)

## Schritt 2

### Leitfragen

- Wie funktionstüchtig ist das Entwässerungssystem im Bestand und in einem prognostizierten Stadtentwicklungszustand? Was für Sanierungsmaßnahmen sind notwendig?
- Wie verlaufen die oberirdischen Fließwege?
- Wo liegen im Starkregenfall Bereiche mit kritischen Wasserständen?
- Führt eine Ortsbegehung auch zu der Abschätzung, dass der Bereich gefährdet ist?
- Welche Nutzungen liegen in den gefährdeten Bereichen vor? Besteht ein hohes Schadenspotential?

### Benötigter Datensatz

- Daten zum Entwässerungssystem (Generalentwässerungsplan (GEP); Kanalnetzmodell)
- Dokumentation örtlicher Überstauungen (Feuerwehreinsätze, Betriebsbeobachtungen des Kanalnetzbetreibers, Messdaten)
- Digitales Geländemodell (DGM 1)
- Daten zur Flächennutzung
- Daten zu kritischen Infrastrukturen



### Schritt 3 Entwicklung eines wasserbezogenen städtebaulichen Leitbilds

In Schritt 3 wird ein wasserbezogenes städtebauliches Leitbild entwickelt. Grundlagen dafür sind die städtebauliche Rahmenplanung, wie z. B. die Strategie „Wuppertal 2025“ mit dem Schlüsselprojekt „Großstadt im Grünen - lebenswerte, aktive und grüne Stadtquartiere“ und im Rahmen des Forschungsprojekts SAMUWA erstellte Entwicklungsszenarien (Abb. 98).

Übergeordnetes Ziel ist das Wassersystem wieder sicht- und erlebbar zu machen und die verschiedenen Stadträume durch ein wasserbegleitendes Freiraumsystem zu vernetzen.

Die Flächen und Straßen im Modellgebiet wurden hinsichtlich ihrer Eignung zur Überflutungsvorsorge bewertet. Für eine zielgerichtete Konzeption von Maßnahmen wurden Bereiche mit hohem Potential für die Überflutungsvorsorge basierend auf der vorherrschenden Topografie (Einteilung in: stark, mittel, flach) und der Lage der Teilräume im Einzugsgebiet (Außengebiet, Siedlungsgebiet) den Strategien „Vorbeugen“, „Verlagern“ und „Ableiten“ zugeteilt.

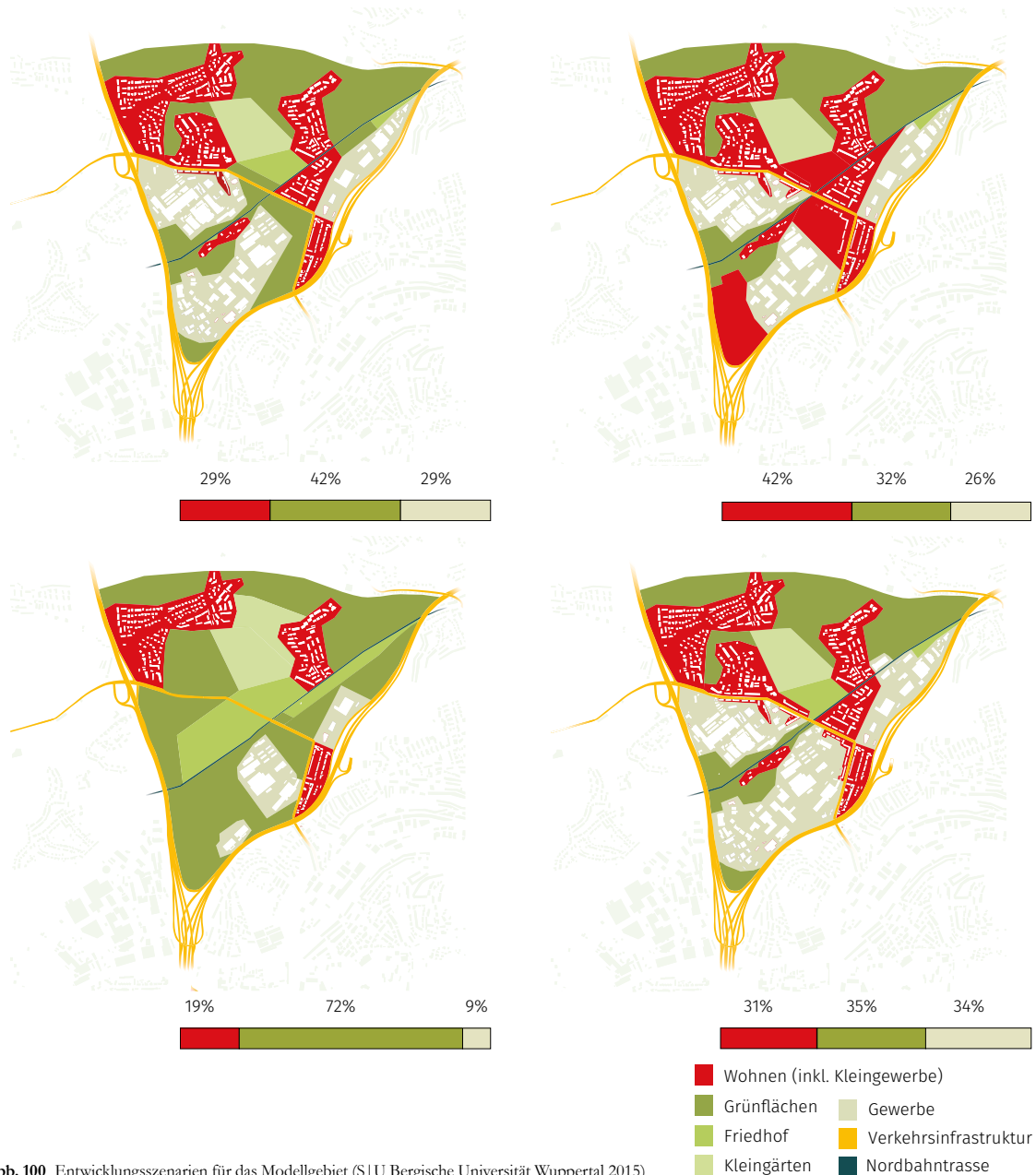


Abb. 100 Entwicklungsszenarien für das Modellgebiet (S | U Bergische Universität Wuppertal 2015)

- „Vorbeugen“ bedeutet, Niederschlagsabflüsse zu vermeiden, zu vermindern und zu verzögern. Der Rückhalt von Oberflächenabflüssen soll zu einer Entlastung tieferliegender Gebiete führen. Sinnvoll sind in diesem Zusammenhang alle Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung. Als Vorranggebiete zur Umsetzung dieser Strategie werden vor allem die Randbereiche und Außengebiete des Einzugsgebiets mit mittlerem oder flachem Gefälle zugeordnet.
- „Verlagern“ bezieht sich auf Flächen im Bereich oberflächiger Fließwege, die im Starkregenfall für temporären Rückhalt im Sinne einer Mitbenutzung aktiviert und gezielt geflutet werden können (z. B. Frei- und Grünflächen, Parkplätze, Sport- und Spielflächen). Zugeordnet werden dieser Strategie vor allem Bereiche mit mittlerem oder flachem Gefälle im Siedlungsgebiet des Einzugsgebiets.
- Die Strategie „Ableiten“ wird in den Bereichen angewendet, in denen die Topografie besonders stark ausgeprägt und ein Rückhalten daher nur schwer möglich ist. Die vorhandenen Fließwege werden in diesen Bereichen so ausgebaut oder neu geschaffen, dass das Regenwasser im Starkregenfall sicher abgeleitet werden kann.

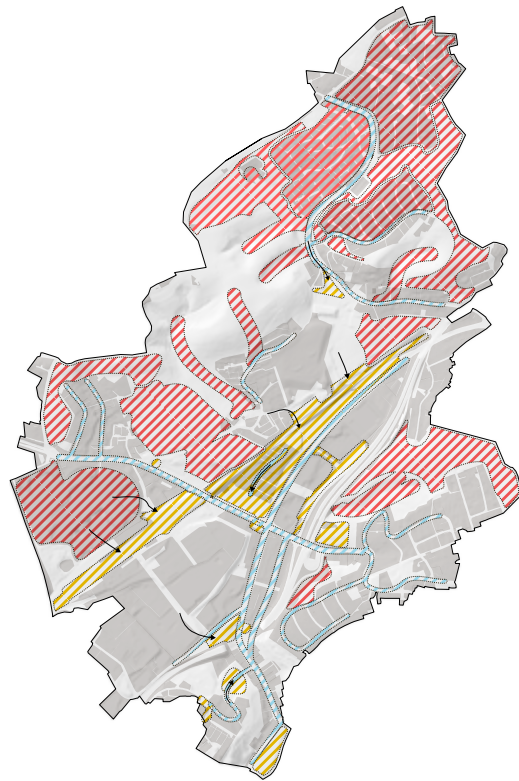


Abb. 101 Bereiche mit hohem Potential für die Überflutungsvorsorge werden den Strategien „Vorbeugen“, „Verlagern“ und „Ableiten“ zugeteilt (ILPÖ 2015)

Diese Einteilung stellt sowohl eine Leitlinie für die Weiterentwicklung, den Umbau und die Qualifizierung der Stadtstruktur dar, als auch für die wassersensitive Stadtgestaltung.



Abb. 102 Bewertungsschema zur Klassifizierung der Teilräume (ILPÖ 2015)

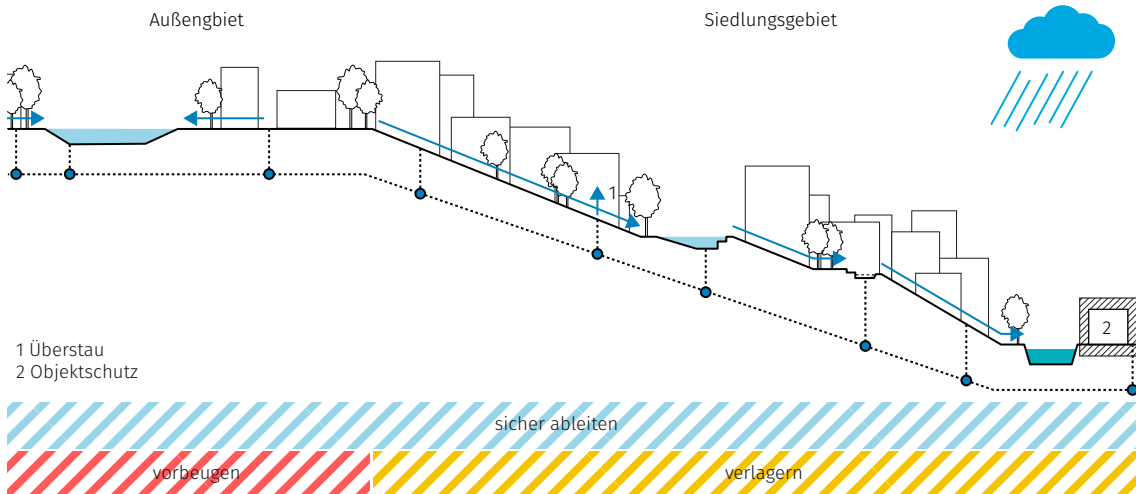


Abb. 103 Schematische Schnittdarstellung zur Klassifizierung der Teilräume nach Lage im Einzugsgebiet (ILPÖ 2015)

Um die verschiedenen Stadträume mithilfe eines wasserbegleitenden Freiraumsystems miteinander zu verbinden, werden so genannte „blaue und grüne Bänder“ etabliert.

„Blaue Bänder“ werden aus zwei Fließwegetypen entwickelt. Es wird zwischen „permanenten“ (verrohrte und offene Gewässer, in denen dauerhaft Wasser fließt) und „temporären“ Fließwegen (Fließwege, die nur im Starkregenfall aktiviert werden) unterschieden. Beide Fließwegetypen werden so qualifiziert, dass sie im Starkregenfall das Regenwasser sicher ableiten oder als temporäre Retentionsräume dienen. Zudem werden die überwiegend verrohrten Gewässer sukzessiv wieder freigelegt, um sie als permanente Fließwege sicht- und erlebbar zu gestalten.

„Grüne Bänder“ bestehen aus existierenden und potentiellen Grünflächen, die durch die Aktivierung von Brach- und Rückbauflächen stadteilübergreifend vernetzt werden. Brachflächen werden hierbei in die Stadtstruktur einge-

bunden und für die Nutzung im Starkregenfall qualifiziert. Verbunden sind hiermit positive Effekte, wie eine Aufwertung der Lebens- und Aufenthaltsqualität, eine Steigerung der Resilienz gegenüber folgenden des Klimawandels sowie eine Stärkung der Identifikation mit der Nachbarschaft. Die durch das Projektgebiet verlaufende Nordbahntrasse wird zur Hauptgrünachse, von der kammförmig aus die Grün-, Brach- und Rückbauflächen vernetzt werden. (Abb. 101). Das auf den blauen und grünen Bändern basierende großräumige Freiraumsystem erhöht sowohl die Resilienz der Stadt angesichts zunehmender Starkregenereignisse und stellt gleichzeitig das Gerüst für ein grünes Wuppertal entsprechend der Strategie „Wuppertal 2025“ dar.

Die räumliche Konkretisierung des blau-grünen Netzes in der Leitlinienkarte gibt die Entwicklungsrichtung für das Gebiet vor und sollte als Strategie zukünftigen Planungen zugrunde gelegt werden.

### Schritt 3

#### Leitfragen

- Den Wandel einbeziehen: Welche Veränderungen der Stadtstruktur sind durch den wirtschaftlichen Strukturwandel, den demographischen Wandel und neue Ansprüche der Stadtgesellschaft zu erwarten? Welche Planungen und Umgestaltungen sind vorgesehen und wann?
- Urbane Qualitäten und Wassermanagement verbessern: Welche Problematiken herrschen hinsichtlich der Sicherheit und Funktionalität der Wasserinfrastruktur sowie der Qualität des öffentlichen Raums vor?
- Und können wir wasserwirtschaftliche und stadt-/ freiraumplanerische Ansätze miteinander verknüpfen?
- Wassersensible Stadt neu denken: Welche innovativen oder alternative Lösungsansätze, wenn die traditionellen Herangehensweisen nicht mehr greifen?
- Welche zukunftsorientierten Entwicklungsgrundsätze können für das Gebiet festgelegt werden? Wie kann das Wassersystem besser sicht- und erlebbar gemacht werden?

#### Benötigter Datensatz

- Landschaftsplan, Flächennutzungsplan
- Städtebauliche Entwicklungskonzepte
- Masterpläne
- Klimaanpassungspläne
- Freiflächenentwicklungskonzepte
- Verkehrskonzepte
- Gewässerentwicklungspläne und andere vorhandene Planungen und Konzepte
- Städtebauliche Entwicklungsszenarien
- Digitales Geländemodell (DGM 1)
- Gewässersystem (Still- und Fließgewässer, verrohrt/ nicht verrohrt, Rein- oder Schmutzwasser führend) mit Gewässereinzugsgebieten
- Fließwege und Gefahrenkarten aus Schritt 2
- Bewertungskarte des Überflutungsrisikos/ Gefahrenkarte Starkregen



**Abb. 104** Die verschiedenen Fließwegetypen werden zu „blauen Bändern“ weiterentwickelt und vernetzen die Stadträume. Bereits vorhandene Grün- und Brachflächen werden mit den Rückbaugebieten zu grünen Bändern untereinander verknüpft und schaffen ein neues Wege- und Grünnetz, dass die Quartiere und Stadträume miteinander verbindet. Gemeinsam ergeben sie ein „blau-grünes Netz“ mit Modellgebiet (ILPÖ 2015)

## Schritt 4 Transformations- und Aufmerksamkeitsräume identifizieren

In einem nächsten Schritt erfolgt eine enge räumliche Verzahnung der siedlungswasserwirtschaftlichen und stadtplanerischen Aspekte:

Die Bereiche mit einem hohen Überflutungsrisiko (Schritt 2) werden mit den Karten des wasserbezogenen städtebaulichen Leitbilds (Schritt 3) überlagert. Zusätzlich können weitere Informationen und Aspekte, wie z. B. hydraulischer Sanierungsbedarf des Kanalnetzes, Verkehrsplanungen und Stadtklima, mit in die Betrachtung einfließen. In einem intensiven Austausch zwischen den Fachplanern der verschiedenen Disziplinen z. B. in Form von Planungsworkshops werden Fokusgebiete identifiziert, die Handlungsbedarfe und – potentiale der verschiedenen Fachrichtungen in sich vereinen. Die Verschneidung kann auch mithilfe bestimmter Software erfolgen, wie zum Beispiel dem GIS-gestützten Kooperationsmodul „ZUGABE“

(Zukunftschancen Ganzheitlich Betrachten), das im Rahmen des Modellprojekts „Grün durch Blau – integrale Wasserwirtschaft als Motor der Stadt- und Freiraumentwicklung in Herten“ erarbeitet wurde (EGLV n. d.).

Für das Modellgebiet in Wuppertal wurden vier Fokusgebiete ausgewählt, in denen sich Handlungsbedarfe bezogen auf die Risikoanalyse sowie Handlungspotentiale aus städtebaulicher Sicht bündeln deren Problematik und Potential durch Vorort-Begehungen und den Austausch mit dem Netzbetreiber verifiziert wurde. (Abb. 102).

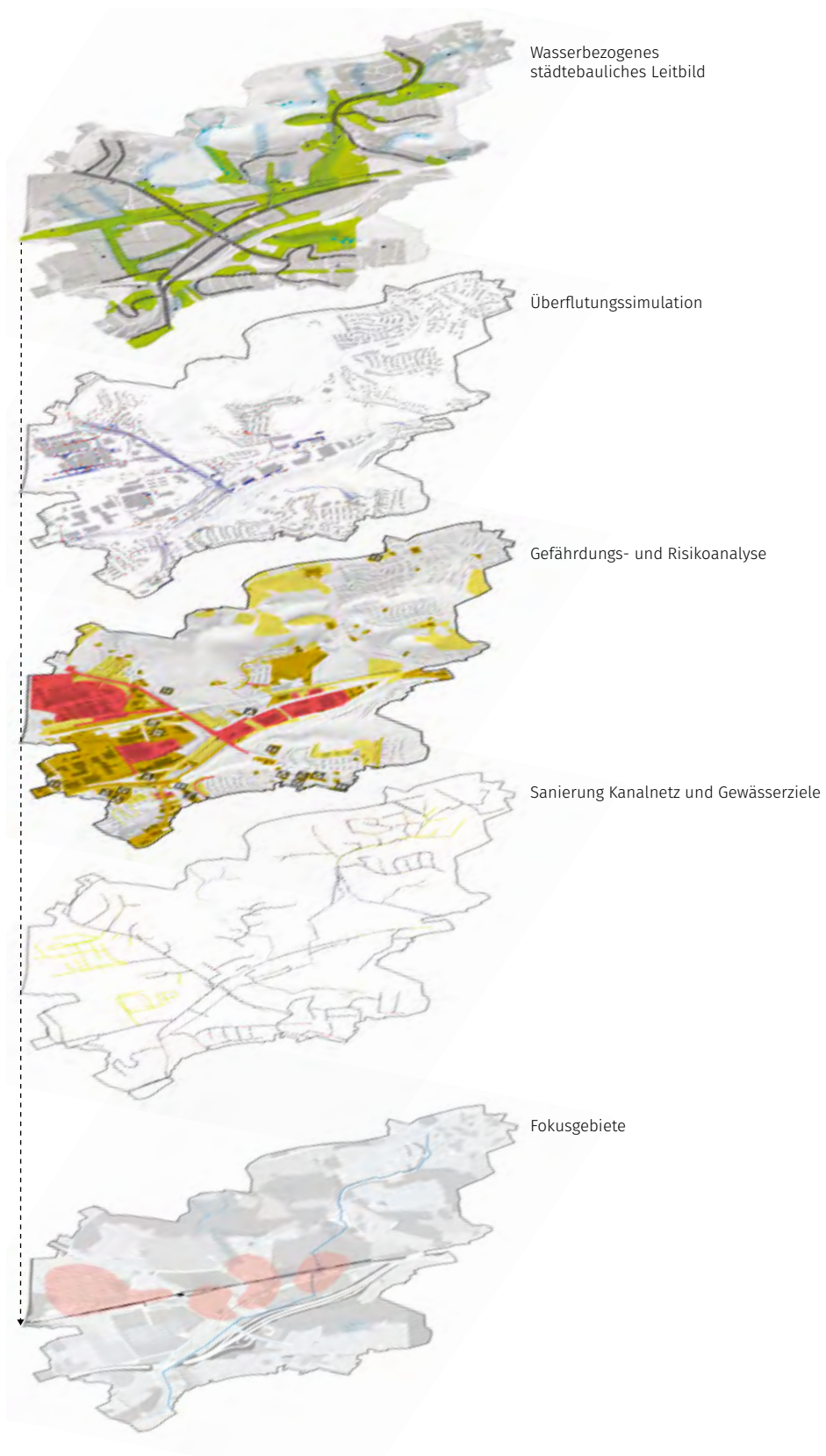
### Schritt 4

#### Leitfragen

- Wo akkumulieren sich Handlungsbedarfe der verschiedenen Fachplanungen?
- Wo ergeben sich Synergieeffekte aus Planungen unterschiedlicher Disziplinen?
- Wo können zum Beispiel geplante Stadtentwicklungsmaßnahmen aktiv als Motor für wasserbezogene Entwicklungsmaßnahmen genutzt werden oder Investitionen in wasserbezogene Maßnahmen verwendet werden, um zusätzliche Mittel zur Verbesserung von Nutzungs- und Gestaltqualitäten urbaner Räume zur Verfügung zu stellen?

#### Benötigter Datensatz

- Ergebniskarten der Schritte 2 und 3 (Urbane Gefahrenkarte und Karten des wasserbezogenen städtebaulichen Leitbilds)
- Planungen weiterer Fachdisziplinen, z.B.
- Sanierungsplanungen zum Kanalnetzes
- Verkehrsplanungen
- Gefährdungsanalysen zur urbanen Überflutung und Hochwasser
- Stadtklimatische Analysen



**Abb. 105** Überlagerung der Ergebniskarten aus Schritt 2 und 3 mit weiteren, das Projektgebiet betreffenden Informationen und daraus resultierende Fokusgebiete (ILPÖ 2015)

## Schritt 5 Entwicklung integrierter Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte

Für die identifizierten Fokusgebiete und Bereiche werden anschließend wasserwirtschaftliche und stadtgestalterische Maßnahmen entwickelt und konkretisiert. Dabei wird ein Zusammenspiel zwischen unterirdischen Eingriffen (Verbesserung der hydraulischen Leistungsfähigkeit, Rückhalteleistung und Steuerung des Kanalnetzes) und oberirdischen Maßnahmen (Integration des Oberflächenabflusses und Schaffung von Retentionsflächen) im Sinne einer multifunktionalen Gestaltung von Stadträumen verfolgt. D. h. Maßnahmen im Bereich der Überflutungsvorsorge können sowohl unterirdisch, oberirdisch als auch miteinander gekoppelt implementiert werden. Die Konzeption solcher lokalspezifischen Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte kann deshalb nur in enger Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachdisziplinen und Ämtern erfolgen. Für das Modellgebiet in Wuppertal wurde daher eine Reihe von interdisziplinären Planungsworkshops abge-

halten, um Ideen gemeinsam zu konkretisieren. Die Vorentwürfe für die Fokusgebiete wurden anschließend hinsichtlich ihrer Eignung für die Überflutungsvorsorge mittels eines entsprechend modifizierten, gekoppelten Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodells überprüft. Die modelltechnische Abbildung bietet die Möglichkeit einer iterativen Optimierung der Ergebnisse und ermöglicht Synergien zu entwickeln.

Im Folgenden werden Gestaltungs- und Maßnahmenkonzept für vier Fokusgebiete im Modellgebiet dargestellt. Die Ideen wurden im Rahmen des Forschungsprojekts exemplarisch entwickelt und spiegeln nicht zwingend aktuelle Planungen seitens der Stadt Wuppertal wider.



Abb. 106 Lage der Fokusgebiete im Modellgebiet (Luftbild: WSW 2013)



# Fokusgebiet I Varresbecker Flutmulde

## Status quo und Zielsetzung

Die Nordbahntrasse gliedert das Gebiet in zwei Bereiche: Oberhalb der Trasse befindet sich eine bewaldete Fläche sowie eine ehemalige Depone, die unter naturschutzfachlichen Auflagen saniert wurde. Der Bereich ist als Natur- und Landschaftsschutzgebiet eingestuft ist. Unterhalb der Nordbahntrasse erstreckt sich ein Gewerbegebiet, welches durch die Straße „Otto-Hausmann-Ring“ nochmals geteilt wird. Quer zur Nordbahntrasse, von Nord nach Süd, verläuft die verrohrte Varresbeck, die als Hauptableitungssystem in das Regenwasserkanalnetz integriert ist.

Durch die ausgeprägte Topografie und den ungünstigen Verlauf der verrohrten Varresbeck bzw. des Regenwasserkanalnetzes kommt es bei Starkregenereignissen zu Überflutungen durch Überstau unterhalb der Nordbahntrasse an einem Gewerbegrundstück (Abb. 104, 105). Das Niederschlagswasser tritt dabei aus den Schächten und flutet Parkplätze und Gebäude.

Ziel der entwickelten Maßnahme ist es, die Überflutung in das oberhalb der Nordbahntrasse liegende bewaldete Gebiet zu verlagern, um die Infrastrukturen und Liegenschaften unterhalb der Nordbahntrasse zu schützen. Eine Integration der Flutmulde in die Gestaltung der Nordbahntrasse ist anzustreben um Synergien zu nutzen (Abb. 106). Hierzu gehört z. B. der bereits umgesetzte Anschluss der Nordbahntrasse an das nördliche Wanderwegenetz im Zuge des Baus der Mulde.



Abb. 107 Der Parkplatz des Gewerbegrundstücks wird bei Starkregenereignissen überflutet und das Regenwasser fließt in das Gebäude (ILPÖ 2013)



Abb. 108 Blick auf das Gewerbegrundstück von der Nordbahntrasse aus. Das Kanalnetz verläuft an dem Schachtbauwerk 90° nach rechts. Das führt häufig zu Überstau im Starkregenfall (ILPÖ 2014)



Abb. 109 Durch ein Drosselbauwerk in der verrohrten Varresbeck wird die Überflutung von dem Gewerbegrundstück in die natürliche Mulde links neben der Nordbahntrasse verlagert (ILPÖ 2016)

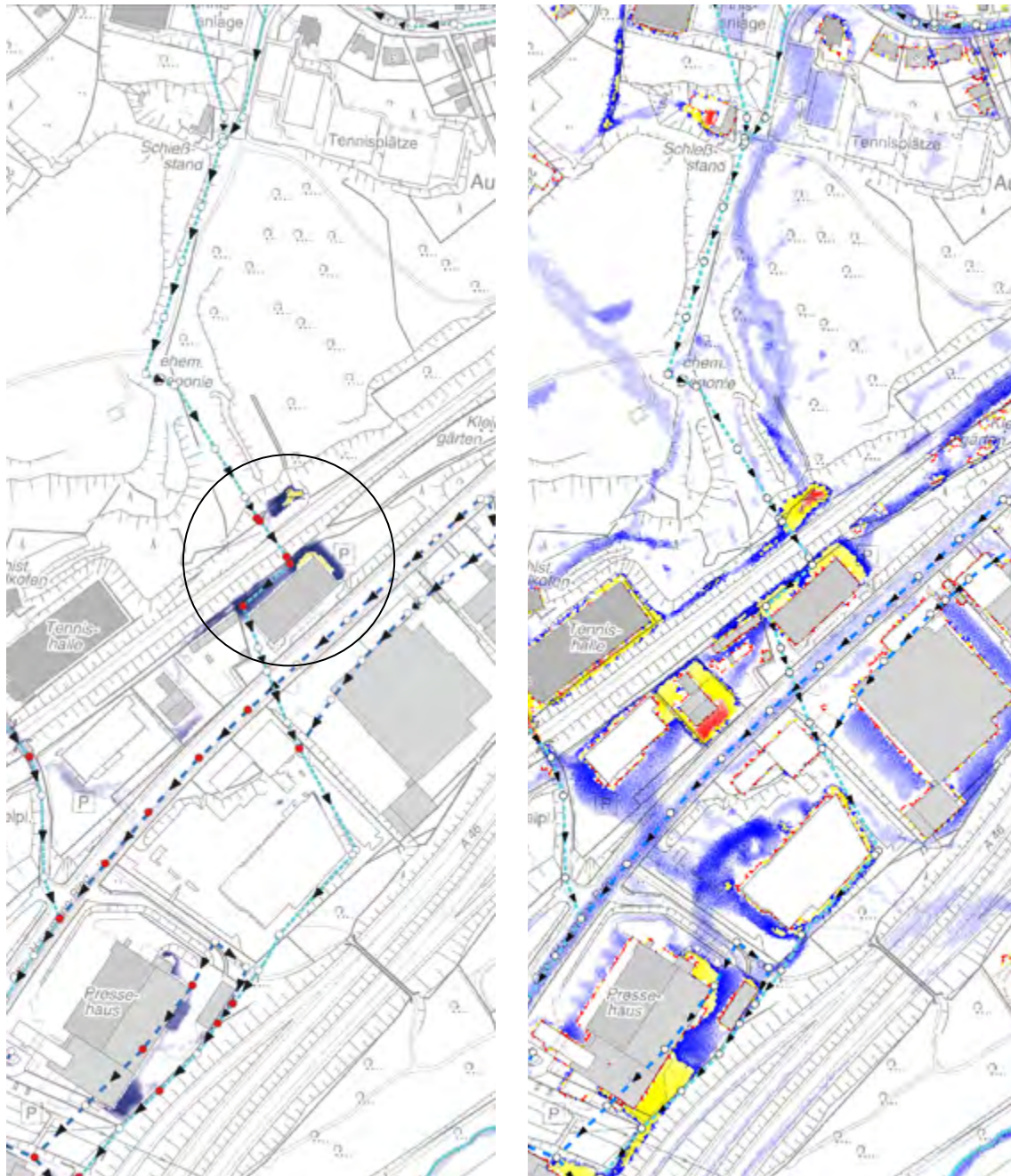
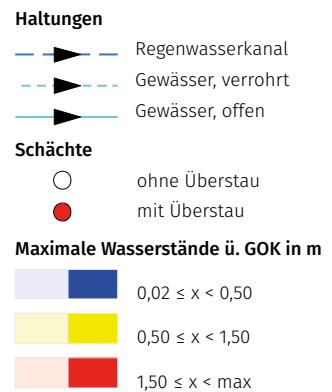


Abb. 110 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet I im IST-Zustand für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (links) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (rechts) (Dr. Pecher AG 2016)



## Maßnahmenkonzepte

Durch ein Drosselbauwerk im verrohrten Bachlauf der Varresbeck wird das Niederschlagswasser in eine bereits teilweise vorhandene Mulde direkt neben der Nordbahntrasse umgeleitet. Durch einen Ausbau der Mulde wird das Speichervolumen im Starkregenfall deutlich erhöht. Um die Flutmulde nicht nur bei Starkregen sichtbar zu machen werden die Wasserprozesse inszeniert, indem das Wasser der Varresbeck durch das Drosselbauwerk aufgestaut wird und stündlich fontänenartig aus der Flutmulde austritt. Über einen Steg, der in die Konstruktion des Drosselbauwerks integriert wird, kann die Flutmulde ein Stückweit begangen werden. Die Nordbahntrasse wird im Bereich der Flutmulde verbreitert und Informationstafeln zeigen anhand von Schaugrafiken die Funktionsweise des Drosselbauwerks, die Überflutungsprozesse und das Zusammenspiel zwischen dem natürlichen Gewässersystem, unterirdischer Infrastruktur und oberirdischer Zwischenspeicherung. Sitzgelegenheiten bieten die Möglichkeit zum Verweilen und Rasten, z. B. während Fahrradtouren auf der Nordbahntrasse (Abb. 109).

Damit das Wasser im Starkregenfall von der Flutmulde nicht in Richtung Siedlung läuft, wird ein Damm aufgeschüttet, durch den gleichzeitig eine Wegeverbindung zur ehemaligen Deponie geschaffen wird – ein weiterer Synergieeffekt zwischen wasserwirtschaftlicher und stadträumlicher Funktionen. Der Damm wurde bereits umgesetzt.

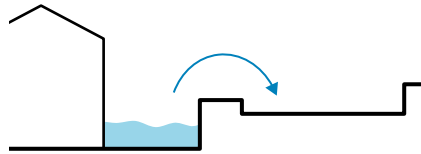


**Abb. 111** Die Überflutungsfläche wird durch ein Drosselbauwerk in die an der Nordbahntrasse angrenzende Freifläche verlagert. Die Nordbahntrasse wird im Bereich der Kreuzung zum Eskesberg aufgeweitet und bietet Aufenthalts- und Verweilraum für die Besucher der Trasse. Die Freifläche wird als Flutmulde zu einem Wassererlebnisraum umgestaltet (ILPÖ 2016)

FLUTMULDE



VERLAGERN



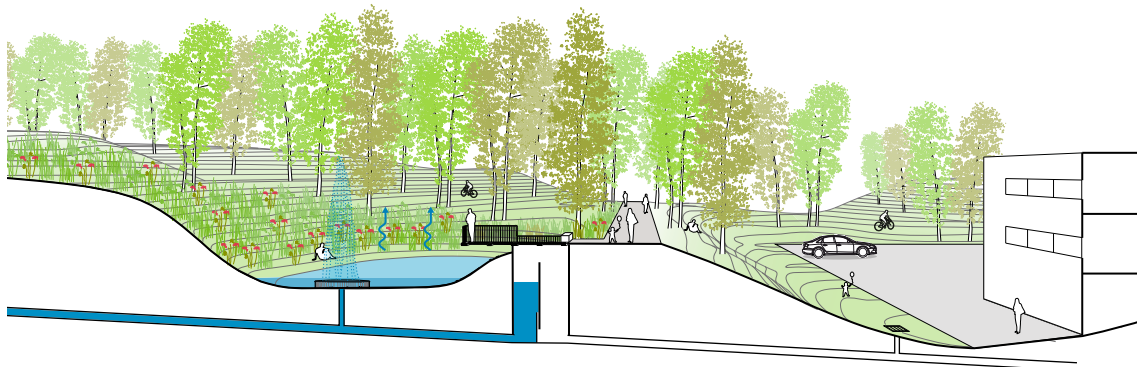


Abb. 112 Die Flutmulde nach der Maßnahmenumsetzung. Das Drosselbauwerk wird um einen Steg erweitert und bietet einen visuellen und hörbaren Eindruck der Flutmulde. Durch das Gitterrost des Steges dringt das rauschende Geplätscher der Varresbeck bis an die Nordbahntrasse hinauf (ILPÖ 2016)

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Modelltechnisch wurde nachgewiesen, dass die Überflutungsgefährdung des an der Nordbahntrasse gelegenen Gewerbegrundstücks und verschiedener unterhalb gelegener Gewerbegrundstücke durch die Verlagerung der Überflutungsfläche mithilfe des Drosselbauwerks deutlich entschärft wird.

Durch die Inszenierung und Erläuterung der Wasserprozesse und der technischen Maßnahmen könnte eine Sensibilisierung der Bevölkerung für die Situation der Gewässer, die Themen Klimawandel - Starkregen - Klimaanpassung und Maßnahmen der Überflutungsvorsorge erfolgen. Gleichzeitig schafft sie auch eine Integration der Wasserprozesse in die Stadtstruktur, anstatt sie wie vielerorts aus diesen auszuschließen.

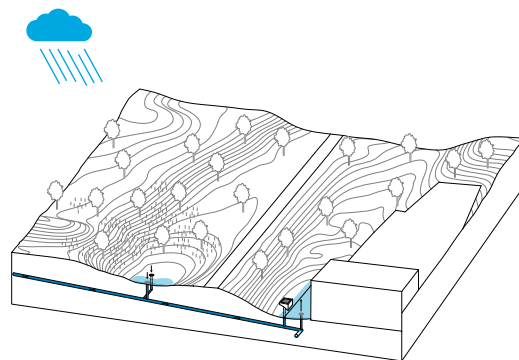


Abb. 113 Unkontrollierte Überflutungssituation vor der Maßnahmenumsetzung (ILPÖ 2015)

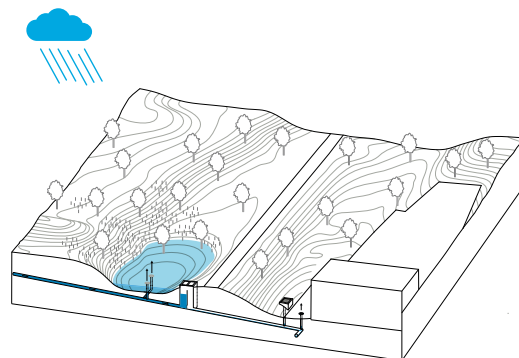


Abb. 114 Kontrollierte Überflutungssituation nach der Maßnahmenumsetzung (ILPÖ 2015)

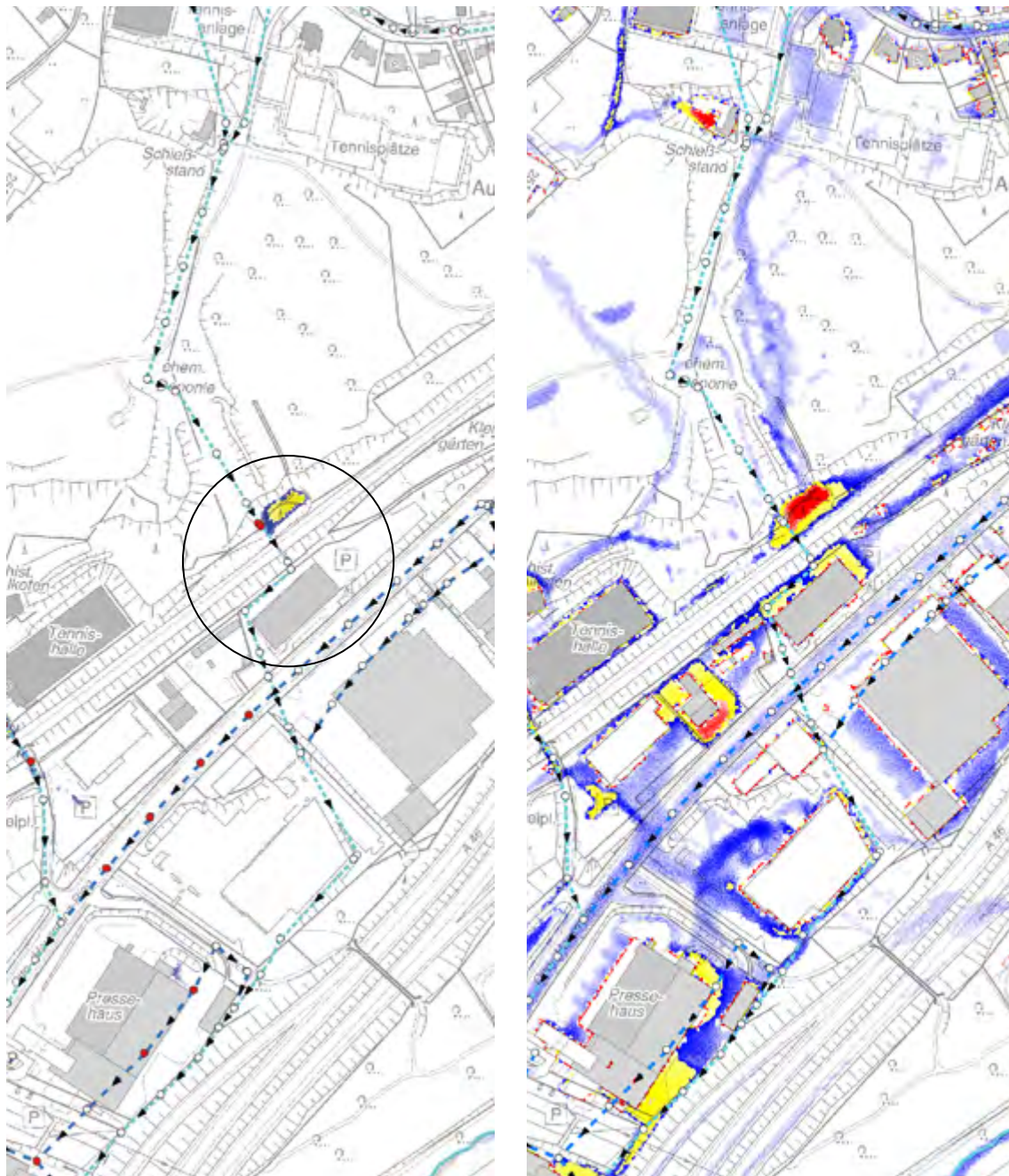
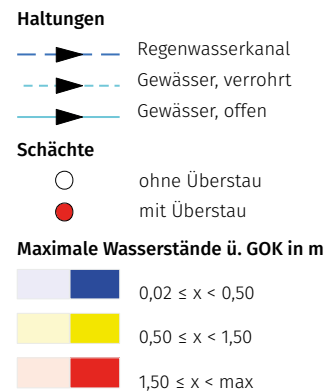


Abb. 115 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet I nach Maßnahmenumsetzung für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (links) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (rechts) (Dr. Pecher AG 2016)



# Fokusgebiet II Eskesberger Wasserweg

## Status quo und Zielsetzung

Dieses Fokusgebiet besteht aus einer Abfolge von Bereichen mit unterschiedlichen Problematiken entlang eines Teils des Regenwasserkanalnetzes. In der Wohnsiedlung (Bereich 1) kommt es im Starkregenfall in einer Senke zu einer Überflutung der Straße (Abb. 113). Auch weiter unterhalb ist bei extremen Regen der Parkplatz eines Supermarkts gefährdet (Bereich 2, Abb. 114). Diese Gefahrensituationen gilt es zu entschärfen. Der Otto-Hausmann-Ring (Bereich 3) fungiert als oberirdischer Fließweg. Aufgrund der Funktion als Hauptverkehrsstraße sollte die Wassertiefe möglichst gering gehalten und Zuflüsse aus angrenzenden Grünflächen sollten daher vermieden werden (Abb. 115).

Gleichzeitig sieht das wasserbezogene städtebauliche Leitbild in diesen Bereichen die Entwicklung von blau-grünen Bändern vor.



Abb. 116 An diesem in einer Senke liegenden Straßeneinlauf (Bereich A) kommt es im Starkregenfall zu Überstau und Überflutung der Straße (ILPÖ 2013)



Abb. 117 Der Supermarktparkplatz und das Straßenbegleitgrün (Bereich B) entlang des Otto-Hausmann-Rings bieten das Potential als Retentionsraum genutzt zu werden (Google Street View 2008 ©2016 Google)



Abb. 118 Im darunter liegenden Abschnitt (Bereich C) des Otto-Hausmann-Rings befindet sich ein breiter Grünstreifen der als zusätzlicher Retentionsraum genutzt werden kann (Google Street View 2008 ©2016 Google)

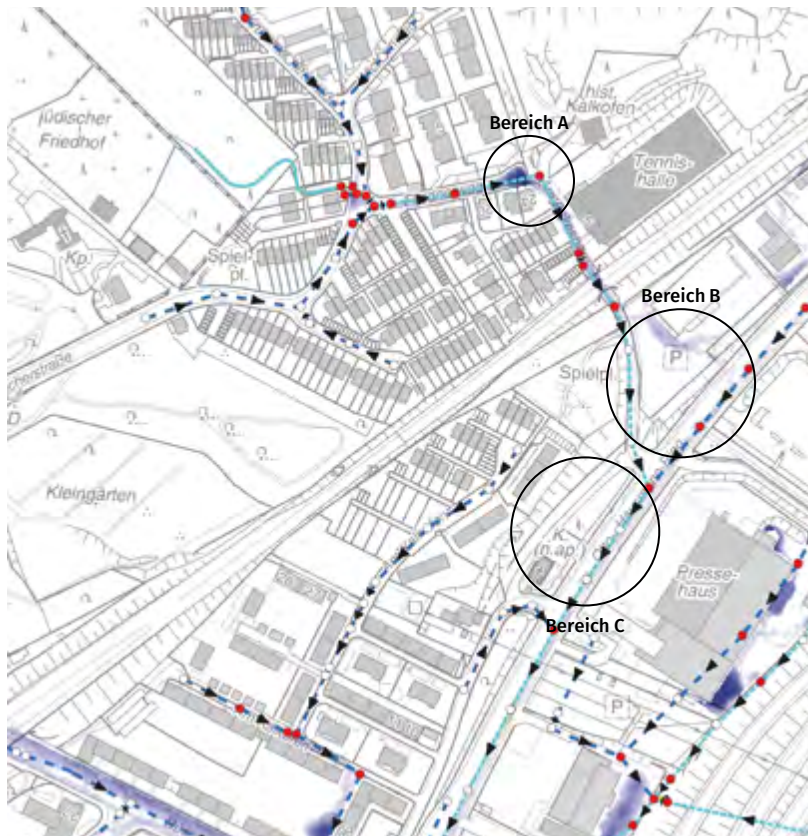
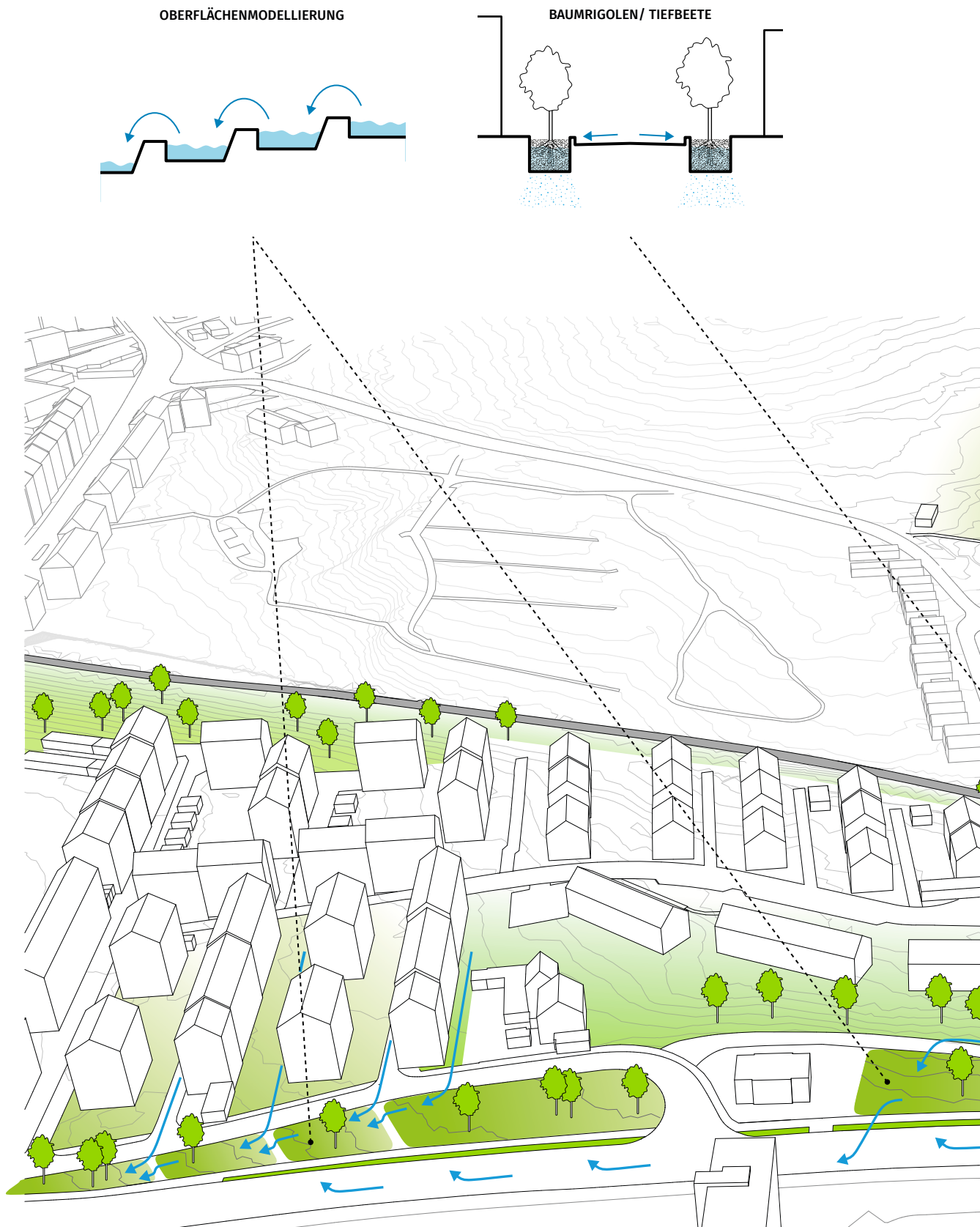
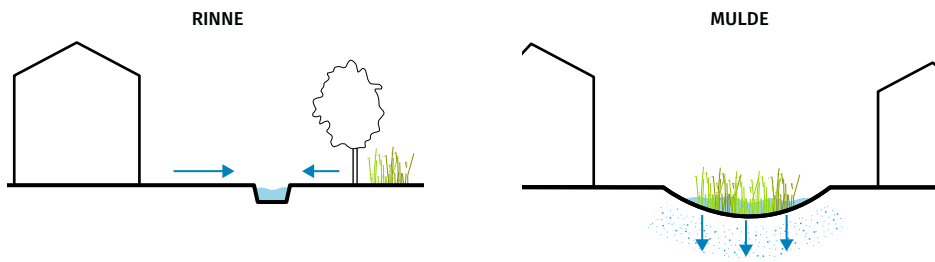


Abb. 119 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet II im IST-Zustand für  $T=30a$  mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (oben) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (unten) (Dr. Pecher AG 2016)





**Abb. 120** Durch die Addition von Maßnahmen in Fließrichtung entlang des Otto-Hausmann-Rings wird das Überflutungsrisiko in den Teilbereichen reduziert und vermindert die Akkumulation von Regenwasser für die weiter unten liegenden Gebiete (ILPÖ 2016)



## Maßnahmenkonzepte

Aufgrund der Topographie sind die Maßnahmen in den drei Bereichen hintereinander angeordnet. Dadurch beeinflusst die jeweils höher im Verlauf des Kanalnetz liegende Maßnahme ggf. die Situation im unteren Bereich (Abb. 117).

Im Bereich der Wohnsiedlung wird die Überflutungssituation durch eine einfache oberirdische Rinne gelöst, die das Wasser durch eine angrenzende Grünfläche weiterleitet. Dadurch kommt es gleichzeitig zu einem Anstieg der Wassermenge in der Straße, von der aus das Wasser unkontrolliert auf den Parkplatz des Supermarkts fließt. Auch hier wird eine oberirdische Rinne eingesetzt. Zwischen den Parkplatzreihen werden kaskadenartige, begrünte Mulden gebaut, in denen das Wasser teilweise zwischengespeichert werden kann. Weiterfließendes Wasser wird in neuangelegte Baumrigolen und Tiefbeete entlang des Otto-Hausmann-Rings geführt. Im Falle noch stärkerer Regenereignisse werden nördlich des Otto-Hausmann-Rings gelegene Grünflächen mit Gefälle als weiterer Retentionsraum aktiviert. Sie werden als kaskadenartige Mulden ausgestaltet und bieten zusätzlichen Speicherraum.

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Nach der Überprüfung der vorgeschlagenen Maßnahmen durch eine Überflutungssimulation mit Abflussbildung über das Kanalnetz scheint die Problematik vollständig gelöst. Bei einer Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell kommt es zu einer Verringerung der Überflutungsgefährdung. Zwar steigen die Wassertiefen auf dem Parkplatz des Supermarkts an, jedoch ist dies auf die Oberflächenmodellierung der Mulden zurück zu führen (Abb. 118). Eine weitere Optimierung der Maßnahmen im Rahmen einer Detailplanung ist möglich.

Die Maßnahmenkombination bietet verschiedene Retentionsräume entlang des oberirdischen Fließwegs und ermöglicht gleichzeitig eine Gestaltung der straßenbegleitenden Grünräume und des Parkplatzes.

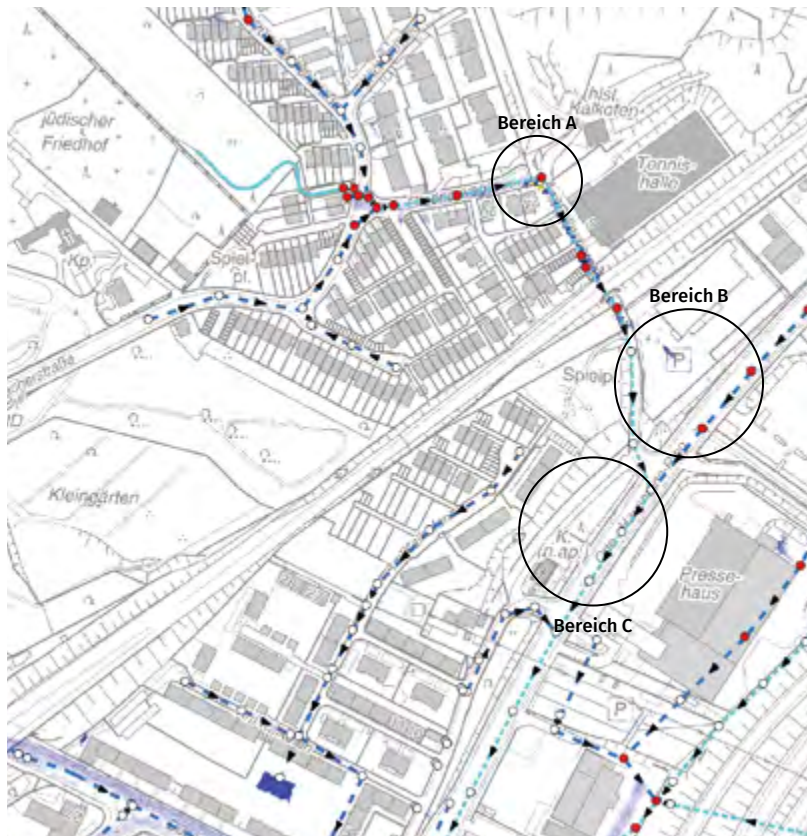


Abb. 121 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet II nach Maßnahmenumsetzung für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (oben) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (unten) (Dr. Pecher AG 2016)

# Fokusgebiet III Genossenschaftswasserplatz

## Status quo und Zielsetzung

Aufgrund der ausgeprägten Topografie und des ungünstig verlaufenden Kanalnetzes kommt es bei extremen Niederschlägen in der Straße „Am Kalkofen“ zu Überstau aus dem Kanalnetz (Abb. 119). Zusätzlich stehen Teile der Zeilenbebauung der Genossenschaftssiedlung quer zur Fließrichtung des Regenwassers (Abb. 121). Das Wasser fließt unkontrolliert oberirdisch auf der Straße in den Innenhof der Genossenschaftssiedlung (Abb. 120). Aufgrund ebenerdiger Kellerzugänge und offener Kellerlichtschächte besteht eine erhöhte Überflutungsrisiko.



Abb. 122 Der Zeilenbau der Genossenschaft steht quer zur Fließrichtung des Regenwasser. Im Starkregenfall kumuliert das Regenwasser aus dem Kanalnetz mit dem oberflächigen Wasser und fließt unkontrolliert am Gebäude entlang in den Innenhof der Genossenschaftssiedlung (ILPÖ 2013)



Abb. 125 Durch den ungünstigen Verlauf des Kanalnetzes kommt es im Starkregenfall zu Überstau (Dr. Pecher AG 2013)



Abb. 123 Der Innenhof der Genossenschaftssiedlung bietet ausreichend Retentionsraum (ILPÖ 2013)



Abb. 124 Der Innenhof der Genossenschaftssiedlung, Blick Richtung Osten (ILPÖ 2013)

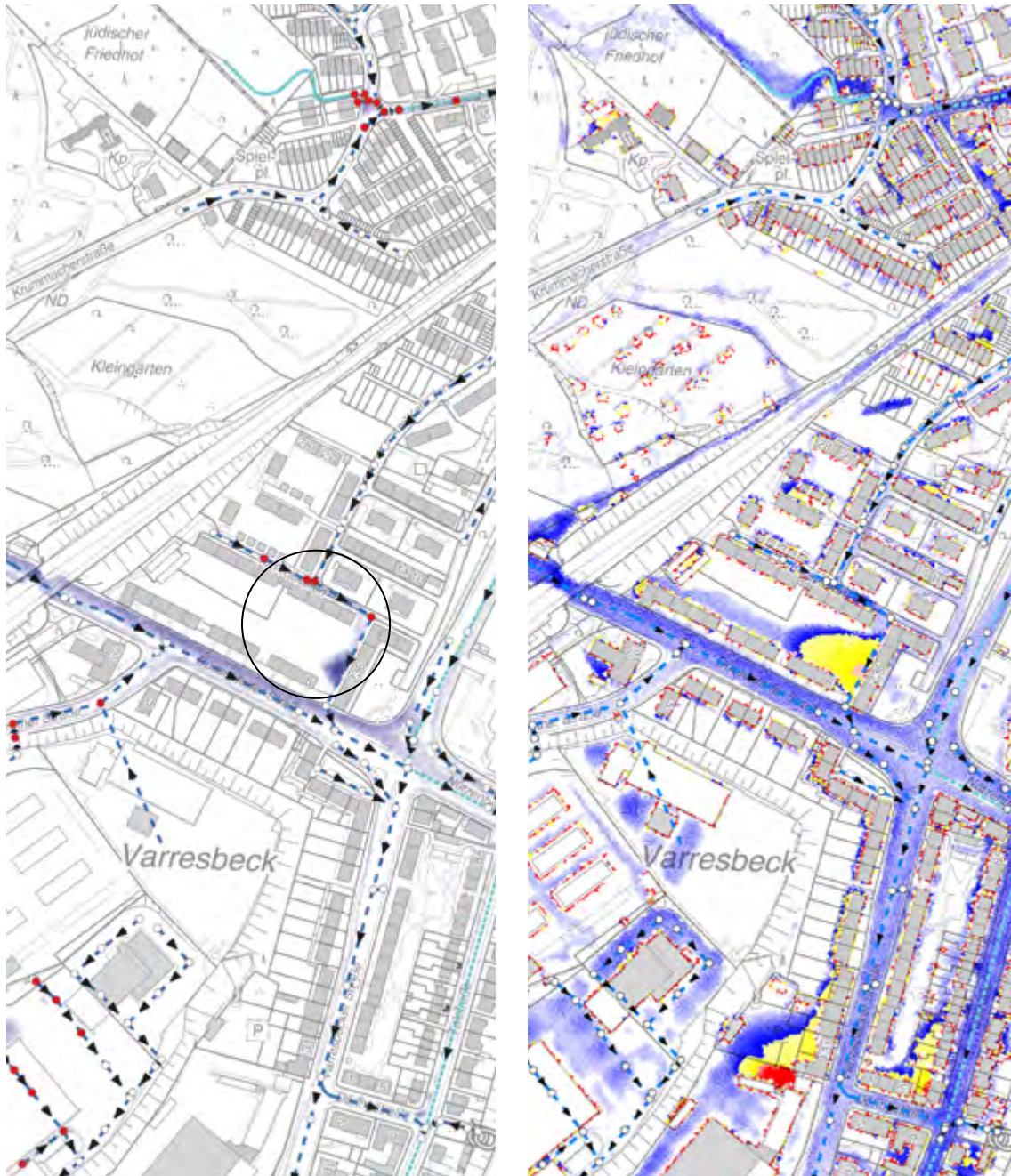
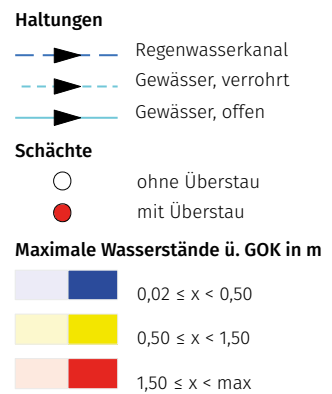
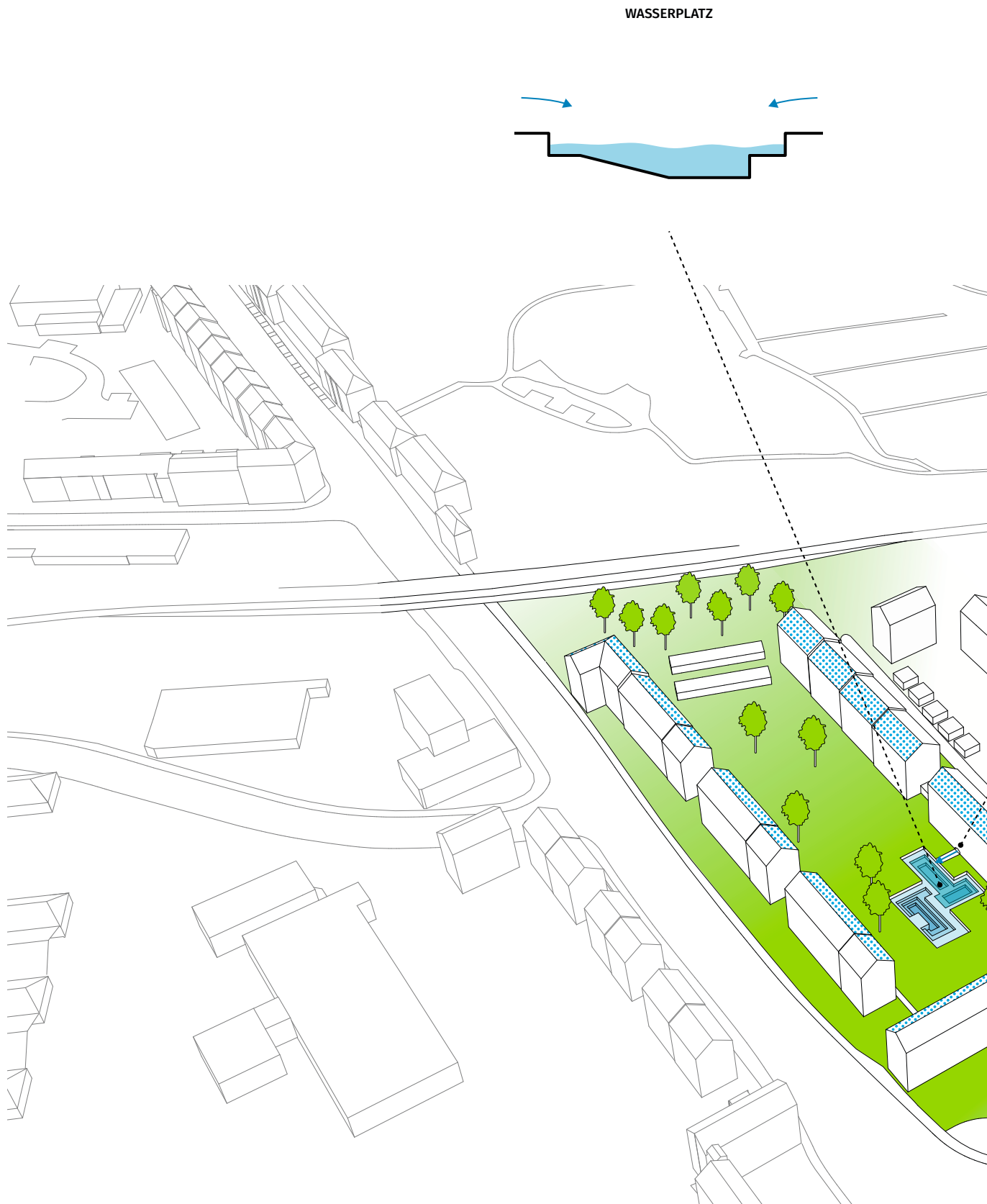


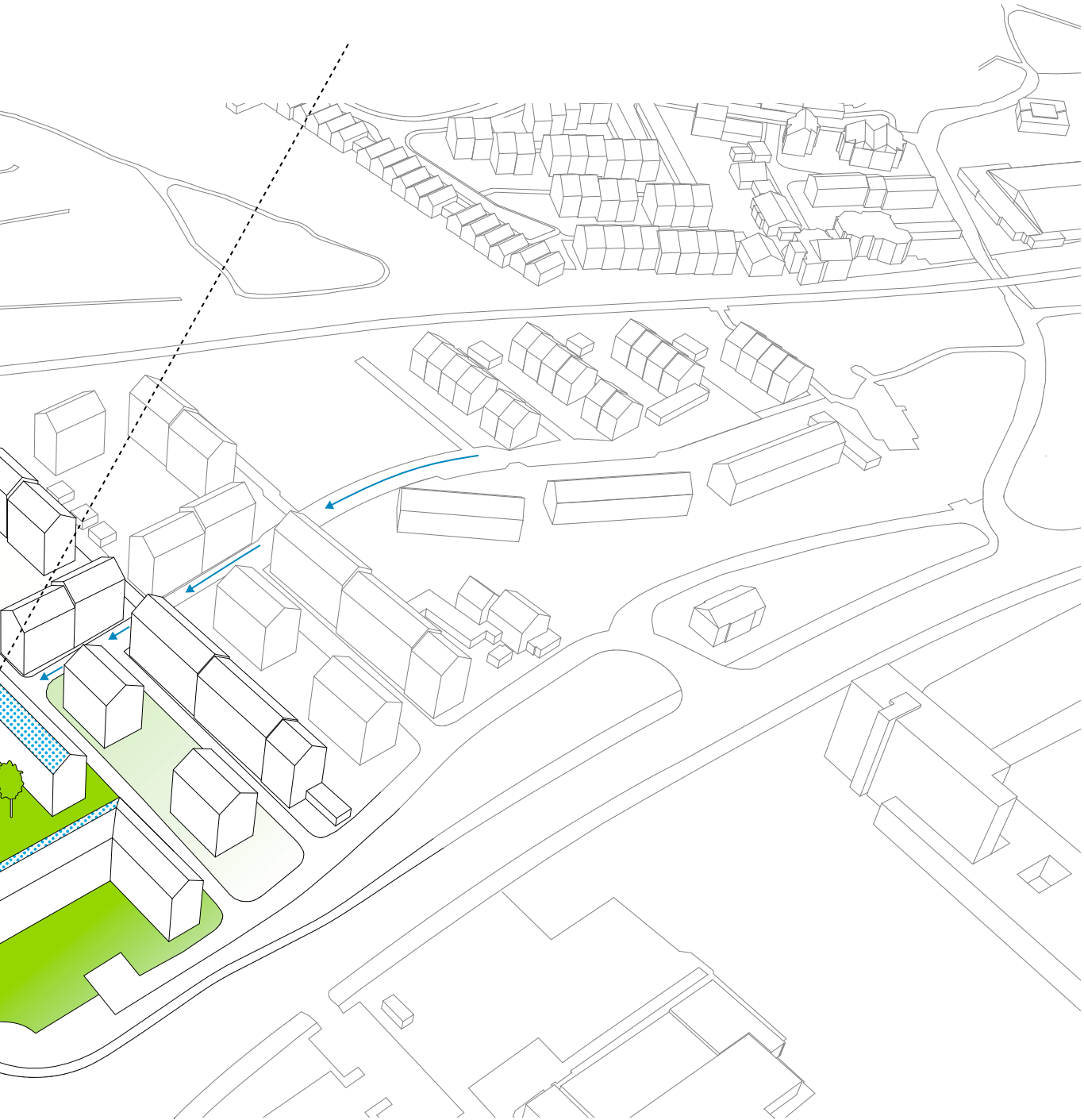
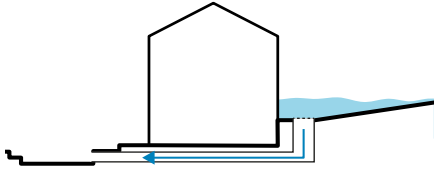
Abb. 126 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet III im IST-Zustand für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalanzenmodell (links) und Abflussbildung über das Kanalanzen- und Oberflächenmodell (rechts) (Dr. Pecher AG 2016)





**Abb. 127** Der Innenhof der Genossenschaftssiedlung wird zu einem Wasserplatz umgestaltet und wertet diesen gestalterisch, funktional und atmosphärisch auf. Das Regenwasser kann im Starkregenfall in den unterschiedlich großen Becken temporär zurückgehalten werden (ILPÖ 2016)

UNTERIRDISCH UMLEITEN







**Abb. 128** Durch den Keller der Zeilenbebauung wird ein Rohr gelegt, so dass im Starkregenfall das Regenwasser sicher durch das Haus hindurch auf den Wasserplatz im Genossenschaftshof geleitet werden kann (ILPÖ 2016)

## Maßnahmenkonzepte

Die Maßnahmenplanung sieht vor, die Überflutungsgefahr zu verringern, indem in der Mitte des Genossenschaftshofs ein Wasserplatz angelegt wird. Dieser soll im Normalfall als Spielplatz und Aufenthaltsort genutzt werden können (Abb. 124) und im Starkregenfall gezielt Regenwasser aus dem örtlich überlasteten Regenwasserkanal aufnehmen und zwischenspeichern. Die Gefahrensituation im Bereich des topografischen Tiefpunkts des Genossenschaftshofs wird dadurch entschärft. Aus hydraulischen und wirtschaftlichen Gründen wird empfohlen, die Entlastung des Regenwasserkanals durch eine Anschlussleitung durch das Kellergeschoss der bestehenden Bebauung vorzunehmen. Andere bauliche Lösungen sind mit einem vergleichsweise höheren Kostenaufwand verbunden. Die Umsetzung der Maßnahme bietet sich insbesondere an, wenn ohnehin bauliche Maßnahmen bzw. Sanierungen an den Gebäuden erfolgen. Hier besteht ein sehr hohes Synergiepotential.

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Überflutungssimulation mit Abflussbildung über das Kanalnetz-Oberflächenmodell macht deutlich, dass der durch den Wasserplatz entstehende Retentionsraum ausreichend dimensioniert sein muss, um eine wirklich kontrollierte Flutung im Bereich des Innenhofs zu gewährleisten (Abb. 125).

Der Hof wird durch den Wasserplatz aufgewertet und bietet den Bewohnern der Siedlung neue Aufenthalts- und Freiraumqualitäten. Der Genossenschaftshof wird zu einem neuen Mittelpunkt in der Nachbarschaft und stärkt die Bindung der Anwohner mit ihrer Umgebung. Langfristig könnte die Genossenschaftssiedlung auf die andere Seite der Düsseldorfer Straße verlagert werden, für die keine Überflutungsgefährdung besteht. Der dadurch neu entstehende Freiraum könnte dann als weiterer Retentionsraum qualifiziert werden und eine Grünverbindung zur Nordbahntrasse bilden.

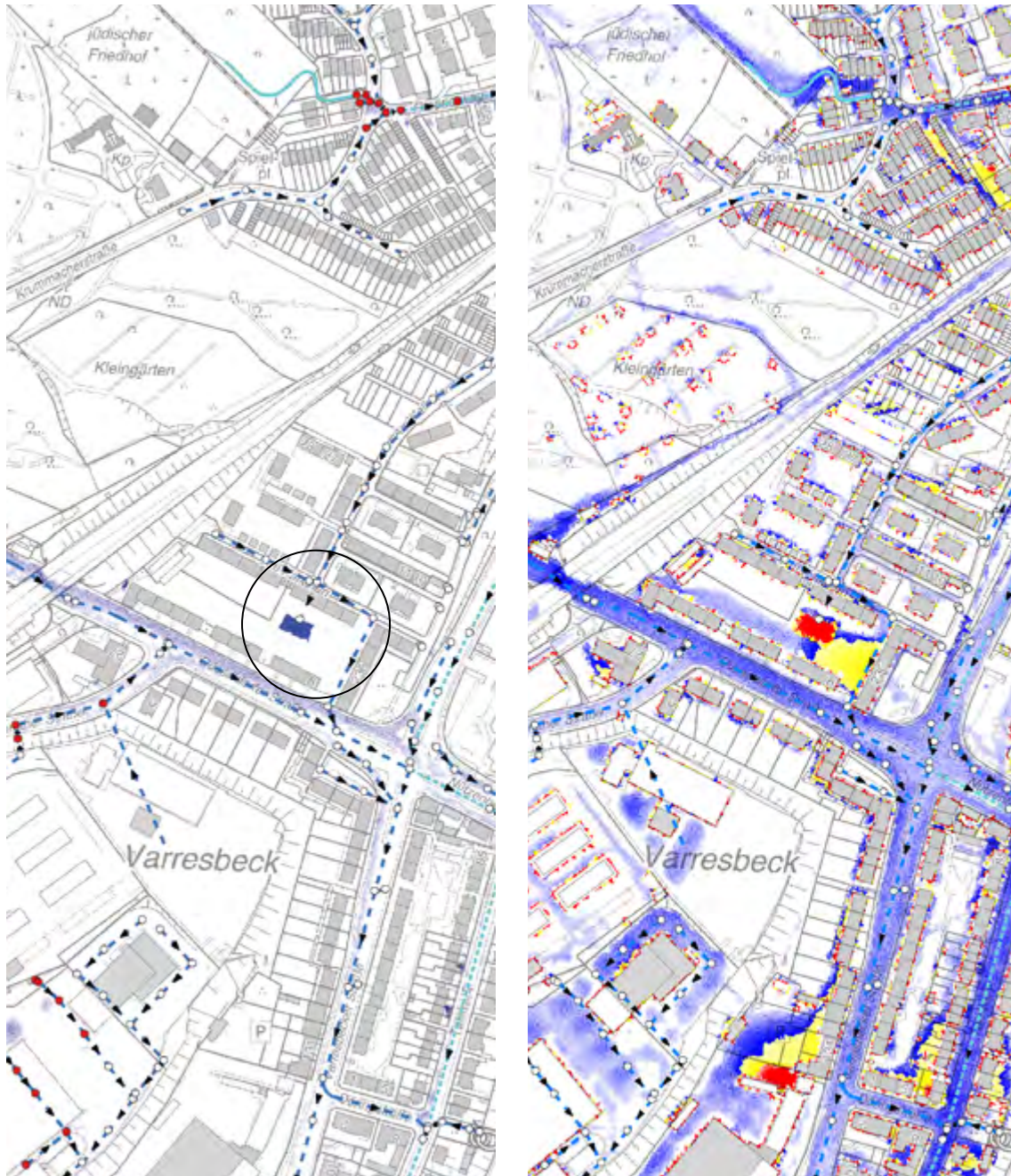
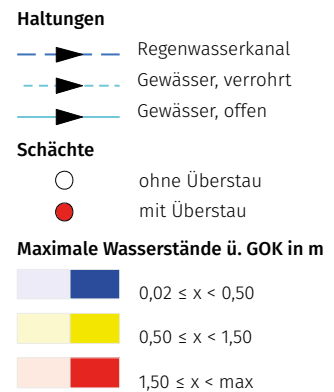


Abb. 129 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet III nach Maßnahmenumsetzung für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (links) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (rechts) (Dr. Pecher AG 2016)



# Fokusgebiet IV Nordbahnwasserpark

## Status quo und Zielsetzung

Das Gebiet besteht aus zwei Teilräumen: Zum einen aus einem Teilbereich der Nordbahntrasse und zum anderen aus einem großen, industriell genutzten Werksgelände. Bei Starkregen kommt es im Regenwasserkanalnetz des Werksgeländes zu Überstau. Neben der Nordbahntrasse befindet sich in diesem Bereich eine größere Brachfläche, die Platz für eine Gestaltung bietet (Abb. 126, 127, 128). Ziel ist es, das Wasser bei Starkregenereignissen von dem Werksgelände auf die Freiflächen der Nordbahntrasse zu verlagern.

## Maßnahmenkonzepte

Da die Straßen auf dem Werksgelände stark verschmutzt sind, kann das sich bereits auf dem Boden befindliche Regenwasser nicht ohne weiteres auf die Freiflächen der Nordbahntrasse weitergeleitet werden. Daher werden die großflächigen Dachflächen der Werksgebäude vom Regenwasserkanalnetz abgekoppelt und das relativ saubere Regenwasser über neu geschaffene Rinnen direkt auf die Freiflächen entlang der Nordbahntrasse geleitet.

Diese werden im Sinne einer multifunktionalen Flächennutzung mit Wasserplätzen und -flächen, Sukzessionsbereichen, Grün- und Naherholungsflächen, sowie Sportplätzen zum Nordbahnwasserpark ausgebaut. Die Maßnahmen auf der Nordbahntrasse sind linear angeordnet und werden je nach Regenereignis sukzessiv aktiviert. Es besteht ein Notüberlauf in das Regenwasserkanalnetz (Abb. 130).

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ausbreitung des Wassers kann laut Überflutungssimulation mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell verringert werden. Für einige Schächte wird jedoch nach wie vor ein Überstau ausgewiesen. Der Überflutungssimulation mit Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell nach zu urteilen, sind deshalb zusätzliche ergänzende Maßnahmen zum Objektschutz zu prüfen (Abb. 131). Die Maßnahmen müssen im Rahmen von Detailplanungen optimiert und ggf. durch zusätzliche Maßnahmen

ergänzt werden.

Die Einbindung und Umgestaltung der Brachflächen an der Nordbahntrasse sollte jedoch in jedem Fall weiterverfolgt werden, da ihr Naherholungswert durch attraktive Sport-, Spiel- und Aufenthaltsmöglichkeiten gesteigert werden kann und sich Synergieeffekte aufgrund der multifunktionalen Nutzung ergeben.



Abb. 130 Blick entlang der Nordbahntrasse Richtung Nord-Osten. Eine große Brachfläche liegt zwischen dem Fabrikgelände der Schaeffler AG und der Nordbahntrasse. Die Fläche bietet das Potential einer wassersensitiven Freiraumgestaltung (ILPÖ 2013)



Abb. 131 Blick entlang der Nordbahntrasse und auf die Brachfläche Richtung Süd-Westen (ILPÖ 2013)

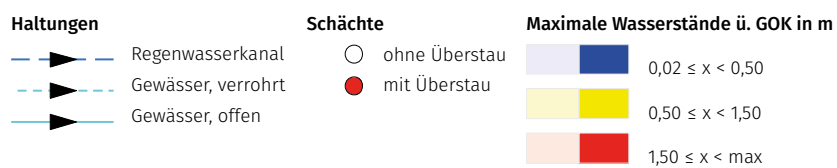
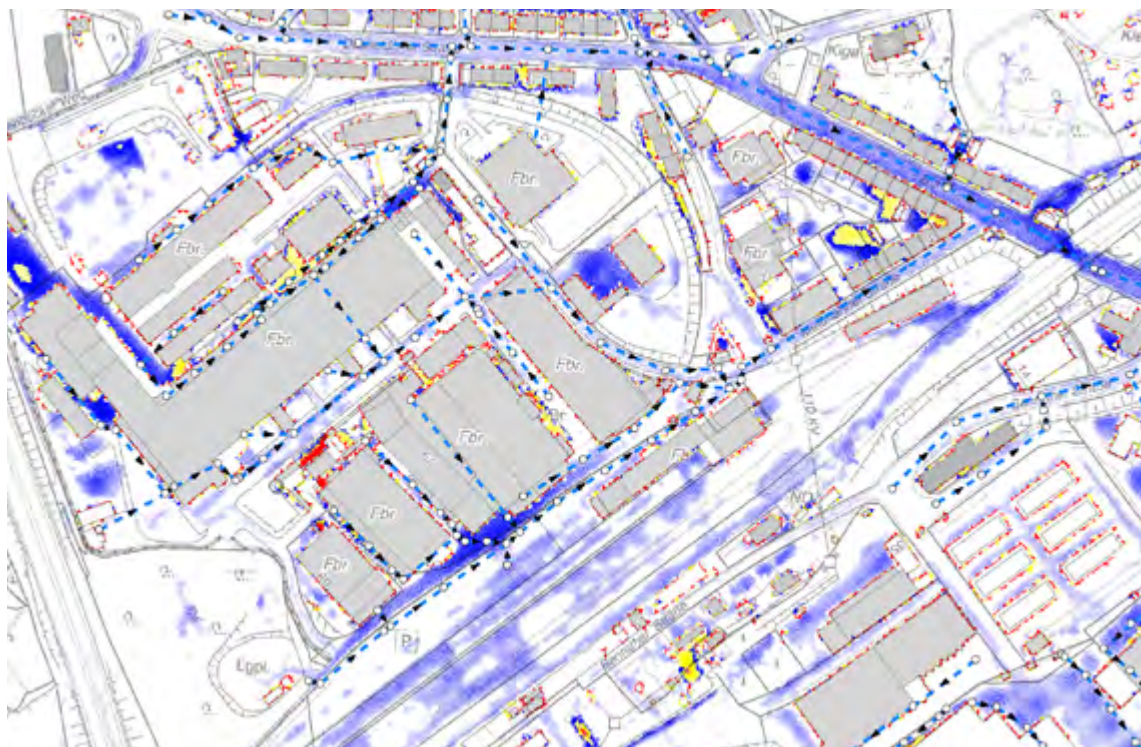
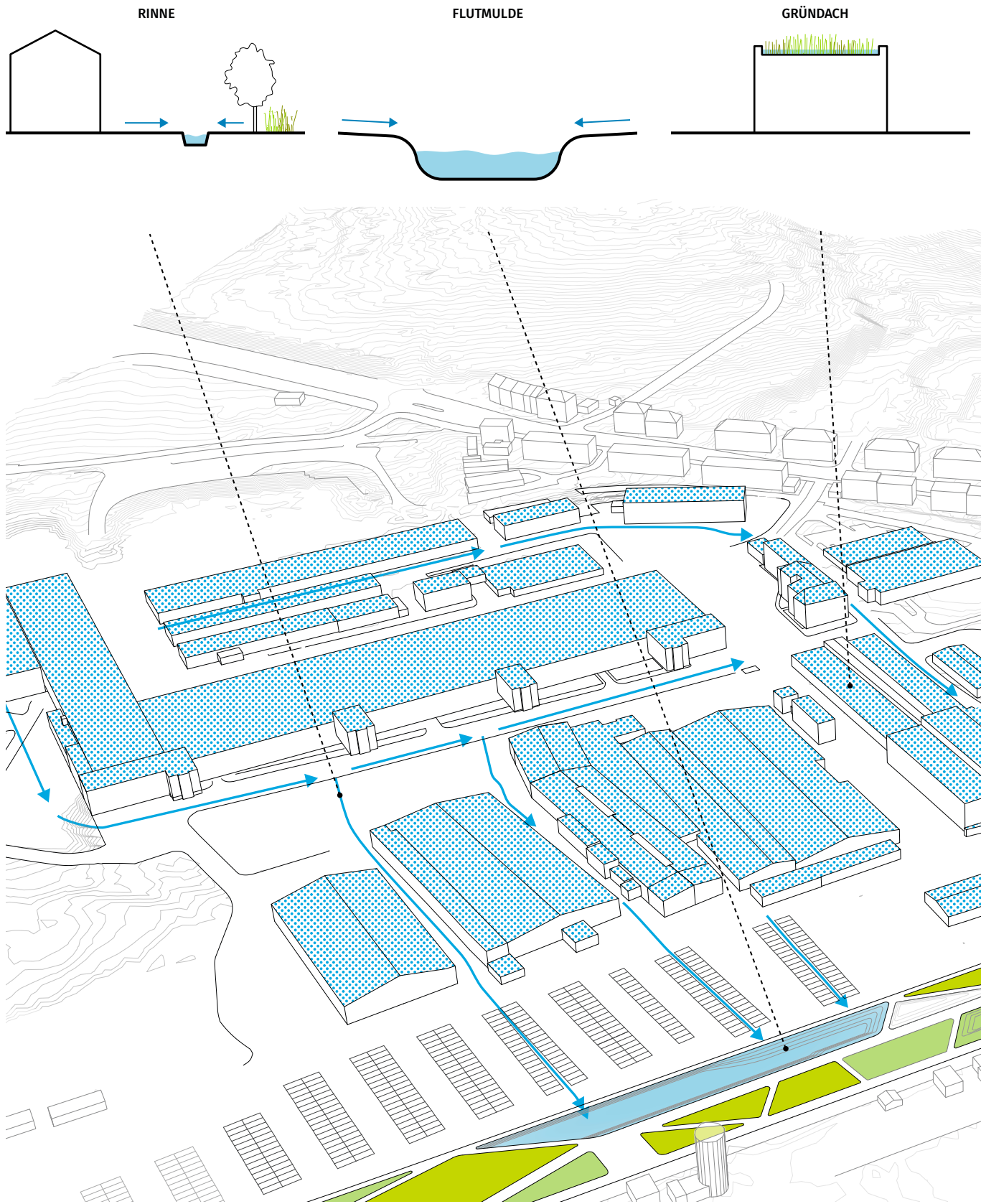
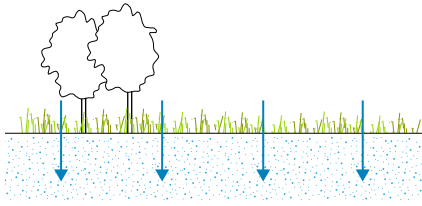


Abb. 132 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet IV im IST-Zustand für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (oben) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (unten) (Dr. Pecher AG 2016)

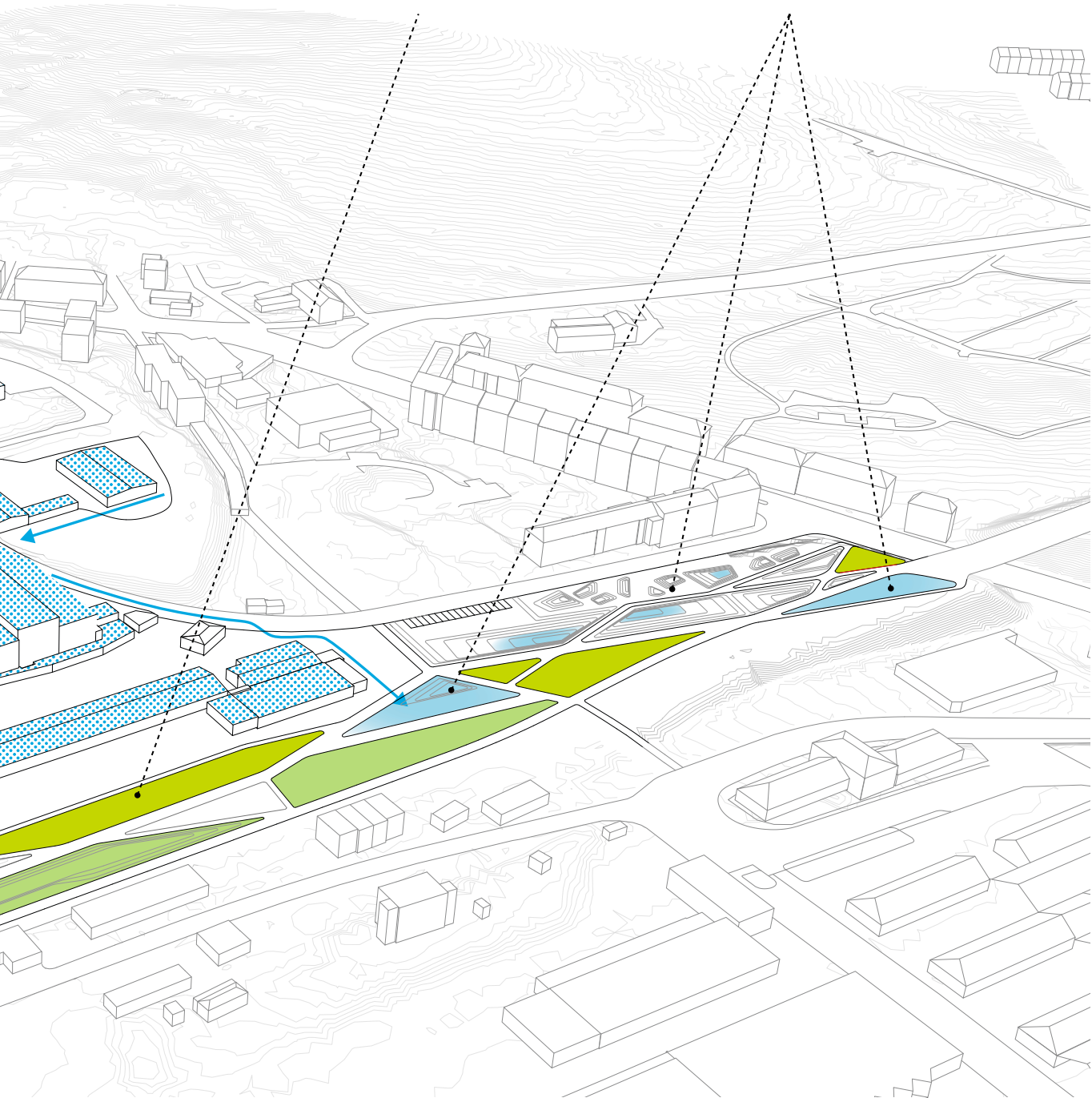


**Abb. 133** Die Dachflächen der Gewerbehallen werden vom Kanalnetz abgekoppelt und das Regenwasser im Regenfall in den Nordbahnwasserpark geleitet. Dieser fungiert im Normalfall als Naherholungsbereich und Sportpark und wird bei Starkregenereignissen geflutet (ILPÖ 2016)

FLÄCHENVERSICKERUNG



WASSERPLATZ



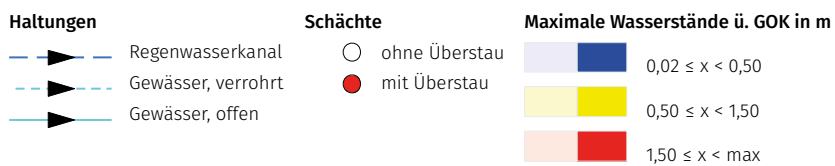
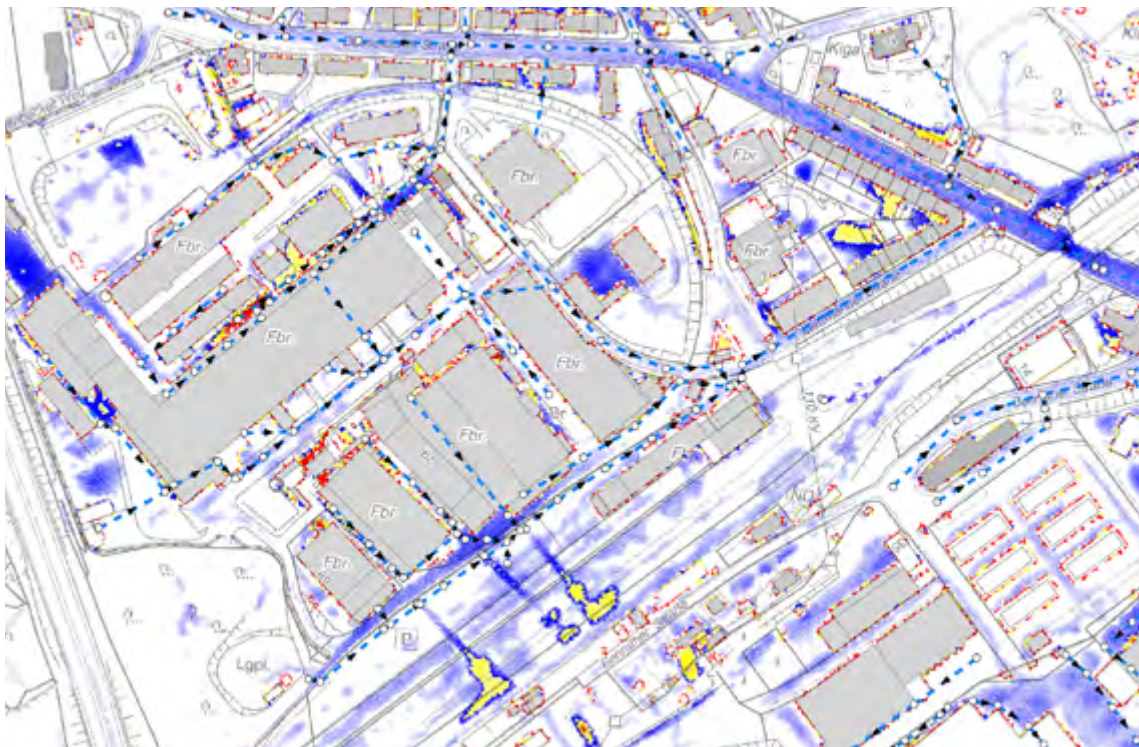
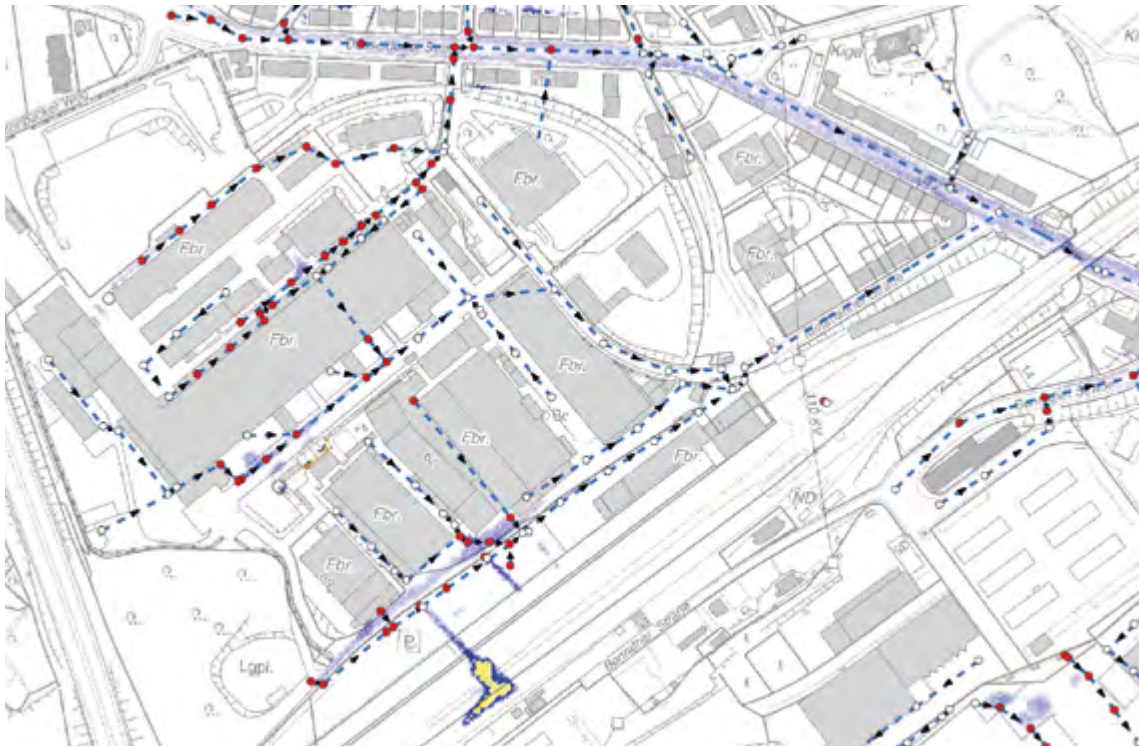


Abb. 134 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet IV nach Maßnahmenumsetzung für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (oben) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (unten) (Dr. Pecher AG 2016)

## 6.3 Zusammenfassung und Fazit

Die Brachflächen, Grünräume und das Straßenbegleitgrün werden im Sinne einer multifunktionalen Nutzung weiterentwickelt und bieten somit die Möglichkeit blau-grüne Infrastruktur in Form von blau-grünen Bändern zur Starkregenvorsorge, Erfüllung von stadtoökologischen Zielen, Freiraumvernetzung und einer Aufwertung der umliegenden Stadtstruktur zu implementieren. Wasser wird in Form von temporären und permanenten Fließwegen zu einem sichtbaren Element in den Quartieren. Das Stadtbild im Modellgebiet erfährt durch die Maßnahmen- und Gestaltungskonzepte insgesamt eine Aufwertung.

Durch die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Überflutungssimulation mit unterschiedlichen Ansätzen der Abflussbildung wird aufgezeigt wie wichtig ein Vergleich ist: je nach Ansatz sind die Auswirkungen unterschiedlich zu bewerten. Dies ist eine wichtige Grundlage für eine schrittweise und iterative Annäherung an eine Maßnahmenkonzeption zur effizienten Überflutungsvorsorge.



# 6. Fazit und Ausblick

## Fazit und Ausblick

Die in diesem Leitfaden vorgestellten wasserwirtschaftlichen Werkzeuge zur Wasserhaushaltsbilanzierung und Analyse des Überflutungs-, Schadens- und Risikopotentials als auch das Instrument des wasserbezogenen städtebaulichen Leitbilds als Basis für integrierte Maßnahmenkonzepte stellen eine wichtige Arbeits- und Entscheidungsgrundlage für die Entwicklung multifunktionaler Flächengestaltungen im Sinne einer wassersensitiven Stadtentwicklung dar. Damit möchten wir einen Weg aufzeigen, wie die Disziplin der Stadt- und Freiraumplanung eine vermittelnde Schlüsselrolle einnehmen könnte, um wasserwirtschaftliche Ziele in städtebauliche Strategien und Planungen zu übersetzen. Neben dem Handlungsbedarf aufgrund von zunehmenden Risiken und Gefahren sollen dabei explizit auch die Chancen und Potentiale in den Vordergrund gerückt werden, die durch Maßnahmen zur Förderung einer ausgeglichenen Wasserbilanz und der Überflutungsvorsorge einen Mehrwert für die Stadtentwicklung schaffen. Voraussetzung dafür ist die Beauftragung von interdisziplinären Projektteams (Wasserwirtschaft + Stadt-/ Landschaftsplanung) sowie die Projektkoordination und -begleitung durch ressortübergreifende Arbeitsgruppen auf Seiten der Verwaltung auf Basis einer horizontalen Finanzierung zwischen den unterschiedlichen Bereichen.

Auf Grundlage der Bilanzierung und Simulation der Bestandssituation aus wasserwirtschaftlicher Sicht können großräumige Strategien auf Ebene der Gesamtstadt bzw. für ausgewählte Wassereinzugsgebiete entwickelt, Fokusgebiete mit Handlungsbedarf identifiziert und priorisiert sowie kleinräumige Maßnahmenkonzepte entwickelt, überprüft und iterativ optimiert werden. Dabei geht es insbesondere darum, die Kosten für unterirdische Infrastrukturbauwerke zu reduzieren bzw. mit Maßnahmen der oberirdischen attraktiven Gestaltung von Freiflächen in Wohnsiedlungen, Industriegebieten, Straßenräumen oder auf Gewerbegrundstücken zu kombinieren und so den (Nutz-)Wert der Grundstücke zu steigern. Beide Aspekte - die Risikovorsorge und Gefahrenabwehr aber auch das Mehrwertdenken und die Stadtgestaltung - müssen ineinander greifen, interdisziplinär zusammengedacht und weiter entwickelt werden, um die für die Umsetzung notwendigen Ressourcen besser zu nutzen.

Das entwickelte Vorgehensmodell kann angewandt werden um Transformations- und Aufmerksamkeitsräume für eine multifunktionale Umgestaltung zu identifizieren, indem Analyseschritte der Fachdisziplinen Wasserwirtschaft und Stadt-/ Freiraumplanung aufeinander abgestimmt und die mit Hilfe der vorhandenen Instrumente und Werkzeuge erzielten Ergebnisse miteinander verzahnt werden. Durch die Verteilung von Zuständigkeiten und den abgestimmten Austausch von Daten und Informationen wird der Kommunikations- und Arbeitsprozess erleichtert. Gleichzeitig wird durch den interdisziplinären Diskurs ein Prozess des Wissensaustauschs angestoßen, der die Entwicklung kreativer Lösungsvorschläge, die über die Eigenlogik der Fachdisziplinen hinausgehen, unterstützt.

Um die Herausforderung, alle an der Planung Beteiligten in den Prozess einzubinden, zu bewältigen, müssen die Daten und Ergebnisse so aufbereitet werden, dass sie für andere Fachdisziplinen verständlich sind und in die eigene Arbeit integrieren werden können. Hier geht es zum einen um einen adäquaten Informationsgehalt (so viel Information wie nötig, so wenig Details wie möglich) als auch um kompatible Datenformate. Die Schnittstellen zwischen den verschiedenen Programmen (z. B. GIS, CAD-Programme, Visualisierungsprogramme, Wasserbilanzierungssoftware, Simulationsprogramme etc.) müssen verbessert werden, um einen Informations- und Genauigkeitsverlust zu vermeiden und den Datenaustausch zu vereinfachen. Über Austauschplattformen, wie z. B. Web-GIS-Systeme können die Daten ressortübergreifend zur Verfügung gestellt werden. Entscheidend ist darüber hinaus, dass entsprechend erstellte Karten nach der ersten Aufstellung fortgeschrieben und die Neuerungen den entsprechenden Akteuren zugänglich gemacht werden.

Mit der Übernahme der Thematiken in die aktuellen DWA-Regelwerke ist auf Seiten der Wasserwirtschaft ein erster Schritt zur Einbindung in routinemäßigen Planungs- und Bauprozesse getan. Die Methoden der Überflutungsanalyse und Wasserhaushaltsbilanzierungen müssen nun mit den Instrumenten der Bauleitplanung verzahnt werden und die Ergebnisse dort Berücksichtigung finden. Die rechtliche Grundlage dafür ist durch §9 (16) des BauGB gegeben: Im Be-

bauungsplan sollen Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses explizit vorgesehen werden.

In Klimaanpassungskonzepten muss der Aspekt eines resilienten, naturnahen Wasserhaushalts stärker integriert werden und die wassersensitive Stadtentwicklung als feste Leitlinie anerkannt werden. Dazu sollten diese Themen bereits in der Ausbildung stärker forciert und gelehrt werden, um sie grundlegend zu etablieren. Das Projekt KliWäss stellt hier Bildungsmaterial für Hochschulen zur Verfügung (<http://de.dwa.de/DWA-Bildungsmaterialien.html>). So kann auch der fehlende Transfer von der Wissenschaft in die Praxis und die Einbindung in die Gesellschaft überkommen werden. Weiterhin helfen Leuchtturm- und Pilotprojekte mit innovativen und attraktiven Maßnahmenumsetzungen, um sowohl Fachleute als auch die Bevölkerung zu sensibilisieren und dienen als praktische Beispiele, um die Verzahnung von Stadtentwässerung, Stadt- und Freiraumplanung und Straßen- und Hochbau weiterzuentwickeln.



# Abbildungsverzeichnis

- Abb. 01 Übersicht über die Teilprojekte des BMBF-Forschungsprojekts SAMUWA und Verortung des Teilprojekts C.1 „Freiraumplanerische Gestaltungsstrategien“, S. 9
- Abb. 02 Starkregenereignis in Münster., 29.07.2014 (Teigelmeister 2014), S. 10
- Abb. 03 Hoch versiegelter Stadtraum, Berlin Friedrichstraße (Brenne 2016), S. 10
- Abb. 04 Komponenten und involvierte Disziplinen der wassersensiblen Stadtgestaltung (eigene Darstellung nach Hoyer et al. 2011:14), S. 11
- Abb. 06 Handlungsfeld naturnaher Wasserhaushalt (ILPÖ 2014), S. 12
- Abb. 05 Trockenheit und Überhitzung in Stuttgart, 04.08.2015 (Deister 2015), S. 12
- Abb. 07 Handlungsfeld Überflutungsmanagement (ILPÖ 2014), S. 12
- Abb. 08 Versickerungs-, Verdunstungs- und Abflussverhältnisse im natürlichen (oben) und urbanen (unten) Kontext (ILPÖ 2016), S. 14
- Abb. 09 Die Hauptkomponenten Abfluss (a), Versickerung (g) und Verdunstung (v) können lokalspezifisch sehr variieren, wie an diesem Beispiel anhand der Städte Euskirchen, Wuppertal und Münster deutlich wird (Karte: Hydrologischer Atlas Deutschland 2016, Tabelle: IWARU 2016), S. 15
- Abb. 10 Trenn- (oben) und Mischsystem (unten) (ILPÖ 2016 nach Penning-Roth 2014), S. 16
- Abb. 11 Mit Trinkwasser gespeiste Brunnenanlage im mittleren Schlossgarten, Stuttgart. Darunter verläuft der ins Mischsystem integrierte Nesenbach (oben Deister 2015, unten Bachmann 2015), S. 17
- Abb. 12 Regenwasserbewirtschaftung nach dem Parzellenprinzip - einzelne Projekte bis hin zu einer flächendeckenden Umsetzung (ILPÖ 2016 nach Beneke 2003), S. 17
- Abb. 13 Verdunstungskühlung, eine geringere Oberflächentemperatur und Schattenwurf tragen zu einer Verringerung der Hitzebelastung an heißen Tagen bei (Baumüller 2016), S. 18
- Abb. 14 Risiko als Schnittmenge von Gefährdung und Vulnerabilität (Dr. Pecher AG 2014), S. 19
- Abb. 15 Maßnahmenbereiche für die Überflutungsvorsorge und den Umgang mit Starkregenfällen (ILPÖ 2016 nach BWK/DWA 2013), S. 20
- Abb. 16 Überflutungsvorsorge als kommunale Gemeinschaftsaufgabe (ILPÖ 2016 nach Hoppe 2015 - Projekt KISS, BWK/DWA 2013), S. 22
- Abb. 17 Schwammstadtprinzip (ILPÖ 2016), S. 24
- Abb. 18 Wasserhaushaltsbilanzierung von drei unterschiedlichen Entwässerungskonzepten auf Grundstücksebene und Abweichungen zum natürlichen Referenzzustand (IWARU 2016), S. 28
- Abb. 19 Benutzeroberfläche WABILA Standalone (IWARU 2016), S. 29
- Abb. 20 Benutzeroberfläche GIS RWB (IWARU 2016), S. 30
- Abb. 21 Stufenkonzept zur Erstellung einer urbanen Gefahrenkarte (ILPÖ 2016 nach LANUV 2010, LANUV 2012), S. 32
- Abb. 22 Mögliche Vorgehensweisen zur Ermittlung der Überflutungsgefährdung (ILPÖ 2016 nach DWA 2013), S. 33
- Abb. 23 Ausschnitt einer stadtgebietsweiten urbanen Gefahrenkarte mit Darstellung von Fließwegen und Oberflächenabfluss sowie unterschiedlichen Nutzungskategorien (Dr. Pecher AG 2015), S. 35
- Abb. 25 Benutzeroberfläche GeoCPM (Dr. Pecher AG 2016), S. 36
- Abb. 24 Die Oberfläche wird in GeoCPM über Dreieckselemente nachgebildet (Dr. Pecher AG 2015), S. 36
- Abb. 26 Ergebnisse werden i. d. R. als maximal während der Simulation aufgetretene Wasserstände dargestellt (Dr. Pecher AG 2015), S. 37
- Abb. 27 Überflutungssimulation für den IST-Zustand für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (links) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (rechts) (Dr. Pecher AG 2016), S. 37
- Abb. 28 Ergebnisse der Überflutungsberechnung mit und ohne Klimatrend (Dr. Pecher AG 2015), S. 38
- Abb. 29 Trockenheits- und Überflutungsvorsorge kann als Impuls für die großräumige Gestaltung flexibler, kostengünstiger Lösungen an der Oberfläche und als Beitrag für lebenswerte und grüne Stadträume genutzt werden (ILPÖ 2015 nach de urbanisten), S. 40
- Abb. 30 Die strategisch-systemare Verknüpfung von Wasser, Stadt und Freiraum erfolgt durch integrierte Maßnahmenkonzepte (ILPÖ 2015), S. 41
- Abb. 31 Vorgehensmodell (ILPÖ 2015), S. 44
- Abb. 32 Vorgehensmodell mit Fokus ausgeglichene Wasserbilanz (ILPÖ 2015), S. 47
- Abb. 33 Lage des Betrachtungsraums im Einzugsgebiet der Emscher (ILPÖ 2014), S. 48
- Abb. 34 Analyse des Einflusses des stadträumlichen Kontextes auf den natürlichen Wasserkreislauf (ILPÖ 2014), S. 49
- Abb. 35 Landwirtschaftlich genutzte Fläche (ILPÖ 2016), S. 50
- Abb. 36 Der derzeit als Abwasserkanal genutzte Lanferbach (ILPÖ 2016), S. 50
- Abb. 37 Ergebniskarte einer Defizitanalyse des urbanen Wasserhaushalts für das Projektgebiet (auf Basis der homogenen Teilräume) (IWARU 2016), S. 51
- Abb. 38 Entwicklungsszenarien für das Berger Feld (S|U, Bergische Universität Wuppertal 2015), S. 53
- Abb. 39 Räumliche Konkretisierung des wasserbezogenen städtebaulichen Leitbilds für das Projektgebiet (ILPÖ 2016), S. 54

- Abb. 40 Durch eine Überlagerung bereits bestehender Planungen und Konzepte werden Bereiche identifiziert für die in Zukunft eine Nutzungsveränderung vorgesehen ist oder die weiter entwickelt werden sollen hinsichtlich ihrer verbindenden Funktion (ILPÖ 2015), S. 54
- Abb. 41 Überlagerung der Ergebniskarten aus Schritt 2 und 3 mit weiteren, das Projektgebiet betreffenden Informationen und daraus resultierende Fokusgebiete (ILPÖ 2015), S. 56
- Abb. 42 Lage der Fokusgebiete im Modellgebiet (Luftbild: Emschergerossenschaft 2013), S. 57
- Abb. 43 Großflächig asphaltierte Parkplätze vor einem Verbrauchermarkt (ILPÖ 2016), S. 58
- Abb. 44 Charakteristisch für das Gebiet sind Gewerbegebäude mit Flachdächern und Stellplatzstreifen entlang der Straßen (ILPÖ 2016), S. 58
- Abb. 45 Summe der Defizite des urbanen Wasserhaushalts im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016), S. 59
- Abb. 46 Abflussdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016), S. 59
- Abb. 47 Grundwasserneubildungsdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016), S. 59
- Abb. 48 Verdunstungsdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016), S. 59
- Abb. 49 Durch Gründächer, Neuschaffung und Umgestaltung von Grünflächen und grünen Straßen zügen, in die weitere RWB-Maßnahmen integriert sind, entsteht ein grün-blaues Gewerbegebiet (ILPÖ 2016), S. 60
- Abb. 50 Die Maßnahmen befördern die Verdunstung und Versickerung im Gewerbegebiet. Gleichzeitig wird es aus städtebaulich-freiraumplanerischer Sicht erheblich aufgewertet, was sich positiv auf den Standortfaktor auswirkt (ILPÖ 2016), S. 62
- Abb. 51 Aufteilungswerte (oben) und Defizite (unten) der Komponenten a, g und v im Fokusgebiet im Bestand und nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 62
- Abb. 52 Summe der Defizite des urbanen Wasserhaushalts im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 63
- Abb. 53 Abflussdefizite im Fokusgebiet nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 63
- Abb. 54 Grundwasserneubildungsdefizite im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 63
- Abb. 55 Verdunstungsdefizite im Fokusgebiet nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 63
- Abb. 56 Die Horster Straße mit beidseitigen Parkieranlagen (ILPÖ 2016), S. 64
- Abb. 57 Der als Abwasserkanal genutzte Lanferbach (ILPÖ 2016), S. 64
- Abb. 58 Muldenartige Grünfläche entlang der Wohnsiedlung (ILPÖ 2016), S. 64
- Abb. 59 Summe der Defizite des urbanen Wasserhaushalts im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016), S. 65
- Abb. 60 Abflussdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016), S. 65
- Abb. 61 Grundwasserneubildungsdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016), S. 65
- Abb. 62 Verdunstungsdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016), S. 65
- Abb. 63 Die Lanferbach-Aue wird zu einem zentralen Element durch die Umgestaltung. In ihr werden gestalterische und wasserwirtschaftliche Maßnahmen gebündelt (ILPÖ 2016), S. 66
- Abb. 64 Durch die Umsetzung der Maßnahmen wird der Lanferbach zum Wassererlebnisraum und ermöglicht direkten Kontakt zum Wasser (ILPÖ 2016), S. 68
- Abb. 65 Aufteilungswerte (oben) und Defizite (unten) der Komponenten a, g und v im Fokusgebiet im Bestand und nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 68
- Abb. 66 Summe der Defizite des urbanen Wasserhaushalts im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 69
- Abb. 67 Abflussdefizite im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 69
- Abb. 68 Grundwasserneubildungsdefizite im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 69
- Abb. 69 Verdunstungsdefizite im Fokusgebiet nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 69
- Abb. 70 Dichte Blockbebauung und versiegelte Straßen charakterisieren die Wohnsiedlung (ILPÖ 2016), S. 70
- Abb. 71 Die Innenhöfe der Blockbebauung sind oft asphaltiert und beherbergen Garagen mit Flachdächern (ILPÖ 2016), S. 70
- Abb. 72 Das derzeit brachliegende Gelände der ehemaligen Bergwerks soll zu einem Biomassepark umgestaltet werden (ILPÖ 2016), S. 70
- Abb. 73 Summe der Defizite des urbanen Wasserhaushalts im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016), S. 71
- Abb. 74 Abflussdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016), S. 71
- Abb. 75 Grundwasserneubildungsdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016), S. 71
- Abb. 76 Verdunstungsdefizite im Fokusgebiet, Bestandssituation (IWARU 2016), S. 71
- Abb. 77 Die Wohnsiedlung und der Biomassepark werden eng miteinander verknüpft: zum einen durch die wasserwirtschaftlichen Maßnahmen, zum anderen durch die Naherholungsfunktion des Parks (ILPÖ 2016), S. 72
- Abb. 78 Die Straßen der Wohnsiedlung bieten sich aufgrund ihres Gefälles als blau-grüne Boulevards an: das Dachwasser der Blockbebauung wird über offene Rinnen zum Biomassepark geleitet. Baumrigolen, über die das Straßenwasser bewirtschaftet wird, werten den Straßenraum auf (ILPÖ 2016), S. 74

- Abb. 79 Aufteilungswerte (oben) und Defizite (unten) der Komponenten a, g und v im Fokusgebiet im Bestand und nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 74
- Abb. 80 Summe der Defizite des urbanen Wasserhaushalts im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 75
- Abb. 81 Abflussdefizite im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 75
- Abb. 82 Grundwasserneubildungsdefizite im Fokusgebiet, nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 75
- Abb. 83 Verdunstungsdefizite im Fokusgebiet nach Maßnahmenumsetzung (IWARU 2016), S. 75
- Abb. 84 Ausgeprägte Topografie in Wuppertal, Bezirk Varresbeck (ILPÖ 2013), S. 78
- Abb. 85 Wohnungsleerstand (ILPÖ 2013), S. 78
- Abb. 86 Vorgehensmodell mit Fokus Überflutungsvorsorge (ILPÖ 2015), S. 79
- Abb. 87 In Teilen verläuft die Varresbeck als Hauptgewässer im gleichnamigen Stadtbezirk noch unverrohrt. An anderen Stellen ist sie in das Regenwasserkanalnetz verflochten (ILPÖ 2013), S. 81
- Abb. 89 Die Topografie im Modellgebiet ist teilweise stark ausgeprägt (ILPÖ 2016), S. 81
- Abb. 88 Die ehemalige Nordbahntrasse wird seit der Stilllegung des Schienenverkehrs als Fuß- und Radwegeverbindung sowie zur Naherholung intensiv genutzt (Geyer 2014), S. 81
- Abb. 90 Verrohrte Varresbeck (ILPÖ 2014), S. 81
- Abb. 91 Lage des Betrachtungsraums im Einzugsgebiet der Wupper (ILPÖ 2014), S. 82
- Abb. 92 Lage des Projektgebiets im Einzugsgebiet der Wupper und Analyse des Einflusses des stadträumlichen Kontextes auf den Wasserkreislauf (ILPÖ 2014), S. 83
- Abb. 93 Bereiche, die aufgrund örtlicher Überstauungen einer Überflutungsprüfung im Zuge einer Ortsbegehung unterzogen wurden (WSW 2014), S. 85
- Abb. 94 D8-Algorithmus – rasterbasierte Ermittlung der Fließrichtung (Dr. Pecher AG 2014), S. 85
- Abb. 95 GIS-basierte Fließwege im Einzugsgebiet (EZG) des Generalentwässerungsplan (GEP) Varresbeck (Dr. Pecher AG 2016), S. 86
- Abb. 96 Überflutungssimulation für das Modellgebiet im IST-Zustand für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell. Als Ergebnis der einzelnen Berechnungen wurden jeweils die maximalen, während der Simulation aufgetretenen Wasserstände ausgewiesen (Dr. Pecher AG 2016), S. 87
- Abb. 97 Überflutungssimulation für das Modellgebiet im IST-Zustand für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell. Als Ergebnis der einzelnen Berechnungen wurden jeweils die maximalen, während der Simulation aufgetretenen Wasserstände ausgewiesen (Dr. Pecher AG 2016), S. 88
- Abb. 98 Ergebniskarte der Risikobewertung im Modellgebiet (ILPÖ 2015), S. 89
- Abb. 99 Bewertungsschema zur Klassifizierung des Überflutungsrisikos (ILPÖ 2016 nach DWA/BWK 2013), S. 89
- Abb. 100 Entwicklungsszenarien für das Modellgebiet (S|U Bergische Universität Wuppertal 2015), S. 90
- Abb. 103 Schematische Schnittdarstellung zur Klassifizierung der Teilräume nach Lage im Einzugsgebiet (ILPÖ 2015), S. 91
- Abb. 101 Bereiche mit hohem Potential für die Überflutungsvorsorge werden den Strategien „Vorbeugen“, „Verlagern“ und „Ableiten“ zugeteilt (ILPÖ 2015), S. 91
- Abb. 102 Bewertungsschema zur Klassifizierung der Teilräume (ILPÖ 2015), S. 91
- Abb. 104 Die verschiedenen Fließwegetypen werden zu „blauen Bändern“ weiterentwickelt und vernetzen die Stadträume. Bereits vorhandene Grün- und Brachflächen werden mit den Rückbaugebieten zu grünen Bändern untereinander verknüpft und schaffen ein neues Wege- und Grünnetz, dass die Quartiere und Stadträume miteinander verbindet. Gemeinsam ergeben sie ein „blau-grünes Netz“ mit Modellgebiet (ILPÖ 2015), S. 93
- Abb. 105 Überlagerung der Ergebniskarten aus Schritt 2 und 3 mit weiteren, das Projektgebiet betreffenden Informationen und daraus resultierende Fokusgebiete (ILPÖ 2015), S. 95
- Abb. 106 Lage der Fokusgebiete im Modellgebiet (Luftbild: WSW 2013), S. 97
- Abb. 107 Der Parkplatz des Gewerbegrundstücks wird bei Starkregenereignissen überflutet und das Regenwasser fließt in das Gebäude (ILPÖ 2013), S. 98
- Abb. 108 Blick auf das Gewerbegrundstück von der Nordbahntrasse aus. Das Kanalnetz verläuft an dem Schachtbauwerk 90° nach rechts. Das führt häufig zu Überstau im Starkregenfall (ILPÖ 2014), S. 98
- Abb. 109 Durch ein Drosselbauwerk in der verrohrten Varresbeck wird die Überflutung von dem Gewerbegrundstück in die natürliche Mulde links neben der Nordbahntrasse verlagert (ILPÖ 2016), S. 98
- Abb. 110 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet I im IST-Zustand für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (links) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (rechts) (Dr. Pecher AG 2016), S. 99
- Abb. 111 Die Überflutungsfläche wird durch ein Drosselbauwerk in die an der Nordbahntrasse angrenzende Freifläche verlagert. Die Nordbahntrasse wird im Bereich der Kreuzung zum Eskesberg aufgeweitet und bietet Aufenthalts- und Verweilraum für die Besucher der Trasse. Die Freifläche wird als Flutmulde zu einem Wassererlebnisraum umgestaltet (ILPÖ 2016), S. 100

- Abb. 112 Die Flutmulde nach der Maßnahmenumsetzung. Das Drosselbauwerk wird um einen Steg erweitert und bietet einen visuellen und hörbaren Eindruck der Flutmulde. Durch das Gitterrost des Steges dringt das rauschende Geplätscher der Varresbeck bis an die Nordbahntrasse hinauf (ILPÖ 2016), S. 102
- Abb. 113 Unkontrollierte Überflutungssituation vor der Maßnahmenumsetzung (ILPÖ 2015), S. 102
- Abb. 114 Kontrollierte Überflutungssituation nach der Maßnahmenumsetzung (ILPÖ 2015), S. 102
- Abb. 115 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet I nach Maßnahmenumsetzung für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (links) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (rechts) (Dr. Pecher AG 2016), S. 103
- Abb. 116 An diesem in einer Senke liegenden Straßeneinlauf (Bereich A) kommt es im Starkregenfall zu Überstau und Überflutung der Straße (ILPÖ 2013), S. 104
- Abb. 117 Der Supermarktparkplatz und das Straßenbegleitgrün (Bereich B) entlang des Otto-Hausmann-Rings bieten das Potential als Retentionsraum genutzt zu werden (Google Street View 2008 ©2016 Google), S. 104
- Abb. 118 Im darunter liegenden Abschnitt (Bereich C) des Otto-Hausmann-Rings befindet sich ein breiter Grünstreifen der als zusätzlicher Retentionsraum genutzt werden kann (Google Street View 2008 ©2016 Google), S. 104
- Abb. 119 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet II im IST-Zustand für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (oben) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (unten) (Dr. Pecher AG 2016), S. 105
- Abb. 120 Durch die Addition von Maßnahmen in Fließrichtung entlang des Otto-Hausmann-Rings wird das Überflutungsrisiko in den Teilbereichen reduziert und vermindert die Akkumulation von Regenwasser für die weiter unten liegenden Gebiete (ILPÖ 2016), S. 106
- Abb. 121 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet II nach Maßnahmenumsetzung für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (oben) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (unten) (Dr. Pecher AG 2016), S. 109
- Abb. 125 Durch den ungünstigen Verlauf des Kanalnetzes kommt es im Starkregenfall zu Überstau (Dr. Pecher AG 2013), S. 110
- Abb. 122 Der Zeilenbau der Genossenschaft steht quer zur Fließrichtung des Regenwasser. Im Starkregenfall kumuliert das Regenwasser aus dem Kanalnetz mit dem oberflächigen Wasser und fließt unkontrolliert am Gebäude entlang in den Innenhof der Genossenschaftssiedlung (ILPÖ 2013), S. 110
- Abb. 123 Der Innenhof der Genossenschaftssiedlung bietet ausreichend Retentionsraum (ILPÖ 2013), S. 110
- Abb. 124 Der Innenhof der Genossenschaftssiedlung, Blick Richtung Osten (ILPÖ 2013), S. 110
- Abb. 126 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet III im IST-Zustand für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (links) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (rechts) (Dr. Pecher AG 2016), S. 111
- Abb. 127 Der Innenhof der Genossenschaftssiedlung wird zu einem Wasserplatz umgestaltet und wertet diesen gestalterisch, funktional und atmosphärisch auf. Das Regenwasser kann im Starkregenfall in den unterschiedlich großen Becken temporär zurückgehalten werden (ILPÖ 2016), S. 112
- Abb. 128 Durch den Keller der Zeilenbebauung wird ein Rohr gelegt, so dass im Starkregenfall das Regenwasser sicher durch das Haus hindurch auf den Wasserplatz im Genossenschaftshof geleitet werden kann (ILPÖ 2016), S. 114
- Abb. 129 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet III nach Maßnahmenumsetzung für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (links) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (rechts) (Dr. Pecher AG 2016), S. 115
- Abb. 130 Blick entlang der Nordbahntrasse Richtung Nord-Osten. Eine große Brachfläche liegt zwischen dem Fabrikgelände der Schaeffler AG und der Nordbahntrasse. Die Fläche bietet das Potential einer wassersensitiven Freiraumgestaltung (ILPÖ 2013), S. 116
- Abb. 131 Blick entlang der Nordbahntrasse und auf die Brachfläche Richtung Süd-Westen (ILPÖ 2013), S. 116
- Abb. 132 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet IV im IST-Zustand für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (oben) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (unten) (Dr. Pecher AG 2016), S. 117
- Abb. 133 Die Dachflächen der Gewerbehallen werden vom Kanalnetz abgekoppelt und das Regenwasser im Regenfall in den Nordbahnwasserpark geleitet. Dieser fungiert im Normalfall als Naherholungsbereich und Sportpark und wird bei Starkregenereignissen geflutet (ILPÖ 2016), S. 118
- Abb. 134 Überflutungssimulation für das Fokusgebiet IV nach Maßnahmenumsetzung für T=30a mit Abflussbildung über das Kanalnetzmodell (oben) und Abflussbildung über das Kanalnetz- und Oberflächenmodell (unten) (Dr. Pecher AG 2016), S. 120



## Tabellenverzeichnis

- Tab. 01 Kategorisierung unterschiedlicher Regenereignisse mithilfe des Starkregenindex (IWARU 2016), S. 22
- Tab. 02 Einschätzung der Wirkungsbereiche und Potentiale verschiedener Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und Überflutungsvorsorge (ILPÖ 2016, nach Uhl 2010, Baumüller und Ahmadi 2016, Sieker 2016), S. 24
- Tab. 03 Beispiel für eine einfache, der Gefährdungsanalyse zugrundeliegenden, Bewertungsmatrix, die je nach Aufgabenstellung angepasst und erweitert werden muss (Dr. Pecher AG 2015), S. 33
- Tab. 04 Flächennutzungen im Einzugsgebiet gemäß FNP 2005, S. 79

# Literaturverzeichnis

**Baumüller, J. und Ahmadi, Y. (2016)**

*Beitrag von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen und freiraumplanerischen Gestaltungselementen zur Verbesserung des Stadtklimas.* Expertise im Rahmen des Forschungsprojektes SAMUWA. Online verfügbar unter: <http://www.samuwa.de/publikationen/> [letzter Zugriff: 06. Juli 2016].

**Becker, C. (2014)**

*Überlagern, Vernetzen, Multicodieren - Die mehrdimensionale Stadt von Morgen.* Impulsvortrag EmscherDialog 2014, Wasser in der Stadt von Morgen - Zukunftsperspektiven durch integrale Wasserwirtschaft, Bochum, 30. April 2014. Online verfügbar unter: <http://www.emscherplayer.de/media/content/publication/000/037/000037213.pdf> [letzter Zugriff: 10. Mai 2016].

**Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (2006)**

*Dezentrale naturnaher Regenwasserbewirtschaftung. Ein Leitfaden für Planer, Architekten, Ingenieure und Bauunternehmer.* Hamburg: BSU.

**Benden, J. (2014)**

*Möglichkeiten und Grenzen einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen.* Bericht Nr. 57. Aachen: Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr.

**Beneke, G. (2003)**

*Regenwasser in Stadt und Landschaft. Vom Stück-Werk zur Raumentwicklung. Plädoyer für eine Umorientierung.* Beiträge zur räumlichen Planung 70. Hannover: Institut für Freiraumentwicklung und Planungsbezogene Soziologie, Universität Hannover.

**Berg, P. et al. (2012)**

*High resolution regional climate model simulations for Germany: part I - validation.* In: *Clim Dyn* (40): 401-414.

**Bertelsmann Stiftung (2016)**

“Statistische Daten.“ *Bevölkerungsprognose – Bevölkerungsstruktur Gelsenkirchen.* Online verfügbar unter: <http://www.wegweiser-kommune.de/statistik/gelsenkirchen+bevoelkerungsprognose+bevoelkerungsstruktur+2012-2030+tabelle> [letzter Zugriff: 28. Juni 2016].

**Bertelsmann Stiftung (2016b)**

“Statistische Daten.“ *Bevölkerungsprognose – Bevölkerungsstruktur Wuppertal.* Online verfügbar unter: <http://www.wegweiser-kommune.de/statistik/wuppertal+bevoelkerungsprognose+bevoelkerungsstruktur+2012-2030+tabelle> [letzter Zugriff: 28. Juni 2016].

**Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V. (2013)**

*Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge.* BWK-Fachinformationen 1/2013. Sindelfingen: BWK.

**Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (2008)**

*Der Wasserkreislauf.* Online verfügbar unter: <http://www.bafg.de>.

**Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im BBR (2015)**

*Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Ergebnisbericht zur fallstudiengestützten Expertise „Klimaanpassungsstrategien zur Überflutungsvorsorge verschiedener Siedlungstypen als kommunale Gemeinschaftsaufgabe.“* Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.

**Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im BBR (2016)**

*Anpassung an den Klimawandel in Stadt und Region. Forschungserkenntnisse und Werkzeuge zur Unterstützung von Kommunen und Regionen.* Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.

**Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2013)**

*Planungsbezogene Empfehlungen zur Klimaanpassung auf Basis der Maßnahmen des Stadtklimalotsen.* BMVBS-Online-Publikation 25/2013. Online verfügbar unter: [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2013/DL\\_ON252013.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2013/DL_ON252013.pdf?__blob=publicationFile&v=2) [letzter Zugriff: 14. Juni 2016].

**BWK-Arbeitsgruppe M 2.3. (2007)**

*Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse.* Merkblatt BWK M3. Sindelfingen: BWK.

**Daldrop-Weidmann, M. (Hrsg.) (1991)**

*Walter Rosson. Die Landschaft muss das Gesetz werden.* Stuttgart: DVA.

**De Meulder, B. und Shannon, K. (2008)**

“Water and the City: the ‘Great Stink’ and Clean Urbanism.” In: De Meulder, B. Shannon, K. (Hg.) *Water urbanism.* Amsterdam: SUN Publishers, 5-9.

**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) e.V. (2005)**

*Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser.* Arbeitsblatt DWA-A 138. Hennef: DWA.

**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) e.V. (2006a)**

*Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung (ISiE)* Arbeitsblatt DWA-A 100. Hennef: DWA.

**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) e.V. (2006b)**

*Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen.* Arbeitsblatt DWA-A 118. Hennef: DWA.

**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) e.V. (2007)**

*Abkopplungsmaßnahmen in der Stadtentwässerung.* DWA-Themen. Hennef: DWA.

**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) e.V. (2013)**

*Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge.* DWA-Themen T1/2013. Hennef: DWA.

- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) e.V. (2015)**  
*Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge – Analyse von Überflutungsgefährdungen und Schadenspotenzialen zur Bewertung von Überflutungsrisiken.* Merkblatt DWA-M 119, Gelbdruck. Hennef: DWA.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) e.V. (2016)**  
*Niederschlagsbedingte Siedlungsabflüsse - Grundsätze und Anforderungen zum Umgang mit Regenwasser.* Arbeitsblatt DWA-A 102, Entwurf. Hennef: Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik (GFA) e.V.
- Deutscher Wetterdienst (DWD) (n.d.)**  
“ Starkregen.“ *Wetterlexikon.* Online verfügbar unter: <http://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.htm?nn=103346&lv2=102248&lv3=102572>. [letzter Zugriff: 14.Juni.2016].
- DIN (2008)**  
*DIN EN 752:2008-04. Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden.* Deutsche Fassung EN 752:2008. Berlin: Beuth Verlag.
- DWA-Arbeitsgruppe ES-2.5. (2008)**  
*Prüfung der Überflutungsvorsorge von Entwässerungssystemen.* Arbeitsbericht. *KA-Abwasser, Abfall.* 55 (9): 972-976. EGLV (n.d.) *Modellprojekt Stadt Herten.* Online verfügbar unter: <http://www.eglv.de/emschergenossenschaft/emscher-umbau/das-neue-emschertal/fortschreibung-des-masterplans/modellprojekt-stadt-herten/> [letzter Zugriff: 17. Juni 2016].
- Emschergenossenschaft und Lippeverband (EGLV) (2016)**  
Verdunstung – die unterschätzte Größe. Newsletter *Regen auf richtigen Wegen.* 2016 (01).
- Geiger, W. und Dreiseitl, H. (2001)**  
*Neue Wege für das Regenwasser: Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten.* München: Oldenbourg Industrieverlag.
- Gelsenkanal (2012)**  
*Abwasser-/ Niederschlagsbeseitigungskonzept der Stadt Gelsenkirchen.* 5. Fortschreibung 2012.
- Graham, S.; Marvin, S. (2001)**  
*Splintering Urbanism: Networked Infrastructures, Technological Mobilities and the Urban Condition.* London/New York: Routledge.
- Grisa, T. M. (2013)**  
*Relabeling Extreme Rainfall Events so the Public Understands Their Severity.* In: Proceedings of the Water Environment Federation, 2013(18), S. 1335–1345.
- Heidenreich, E. (2004)**  
*Fließräume. Die Vernetzung von Natur, Raum und Gesellschaft seit dem 19. Jahrhundert.* Frankfurt: Campus Verlag.
- Henrichs, M., Langner, J. und Uhl, M. (2015)**  
*Nachweis des Niederschlagswasserhaushaltes in Neubaugebieten.* In: IWARU Institut für Wasser.Ressourcen.Umwelt (Hrsg.) *Wasser in der Stadt, Lebensräume - Risiken - Entwicklungen.* Münster: Fachhochschule Münster, 145–151.
- Henrichs, M., Langner, J., and Uhl, M. (2016)**  
*Development of a simplified urban water balance model (WABI-LA).* In: Water Science and Technology. 73 (8). Online verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2016.020> [letzter Zugriff: 17. Juni 2016].
- Hoppe, H.; Kirschner, N.; Kempke, S.; Koch, M.; Behnken, K. und Benden, J. (2013)**  
*Integration der Überflutungsvorsorge in die Stadtplanung.* In: Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Industrie- und Siedlungswasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft e.V. Stuttgart (FEI), *Management des urbanen Wasserhaushalts – mehr als nur Kanalnetzplanung.* Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, München: DIV Deutscher Industrieverlag, Band 217: 31-61.
- Hoyer, J.; Dickhaut, W.; Kronawitter, L.; Weber, B. (2011)**  
*Water sensitive urban design. Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the future.* Hamburg: Jovis.
- IPCC (2014)**  
*Summary for Policymakers.* In: IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC.
- KLAS (2013)**  
*Klimaanpassungsstrategie Extreme Regen – KLAS. Projektbeschreibung.* Online verfügbar unter: [www.klas-bremen.de](http://www.klas-bremen.de) [letzter Zugriff: 08. April 2014].
- Koch, M.; Behnken, K.; Hoppe, H.; Jeskulke, M.; Gatte, D.; Thielking, K.; von Horn, J. (2016)**  
*Weiterentwicklung der KlimaAnpassungsStrategie Extreme Regen in Bremen.* KLAS II. *Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA),* 9(7): 402–407.
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) (2010)**  
*Auswertung von Überflutungsereignissen in NRW und Hinweise zur Bemessung von Entwässerungssystemen vor dem Hintergrund des Klimawandels.* Abschlussbericht zum Forschungsprojekt IF 18 KLIMAWANDEL UND KANALNETZBERECHNUNG (KuK). Online verfügbar unter: [https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/klimaanpassung/dokumente/bericht\\_klimawandel\\_kanalnetz.pdf](https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/klimaanpassung/dokumente/bericht_klimawandel_kanalnetz.pdf). [letzter Zugriff: 08. April 2014].
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) (2012)**  
*Klimawandel in Stadtentwässerung und Stadtentwicklung (KISS).* Abschlussbericht zum Forschungsprojekt. Online verfügbar unter: [http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/KISS\\_Bericht.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/KISS_Bericht.pdf). [letzter Zugriff: 08. April 2014].
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) (2013)**  
*Fachbericht 50: Abschlussbericht Klimawandelgerechte Metropole Köln.* Online verfügbar: <http://www.lanuv.nrw.de/klima/metropole.htm> [letzter Zugriff: 08. April 2014].

**Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) (2015)**

*Kühlleistung von Böden. Leitfaden zur Einbindung in stadtklimatische Konzepte in NRW*. LANUV-Arbeitsblatt 29. Online verfügbar unter: [https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx\\_commercedownloads/40029.pdf](https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_commercedownloads/40029.pdf). [letzter Zugriff: 08. Juni 2016].

**Meßer, J. und Gall, S. (2016)**

*Angepasste Regenwasserversickerung als Kompensation des Eingriffs in die Grundwasserneubildung durch Bebauung*. Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA), 63(1): 22–27.

**Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV NRW) (2011)**

*Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel*. Online verfügbar unter [http://www.umwelt.nrw.de/mediathek/broschueren/detailseite-broschueren/?broschueren\\_id=4621](http://www.umwelt.nrw.de/mediathek/broschueren/detailseite-broschueren/?broschueren_id=4621). [letzter Zugriff: 08. Juni 2016].

**Penning-Roth, C. (2014)**

*Neue Freiraum-Systeme für Platz-Regen. Die Integration von Überflutungsereignissen in die Stadt. Und Freiraumentwicklung am Beispiel Wuppertal*. Nicht veröffentlichte Masterarbeit. TU Berlin.

**Picon, A. (2005)**

*Constructing Landscape by Engineering Water*. In: Institute for Landscape Architecture, ETH Zürich (Hg.) *Landscape Architecture in Mutation*. Zürich, 99–114.

**RAG Montan Immobilien (2012)**

*Biomassepark Hugo, Gelsenkirchen*. Online verfügbar unter: <http://www.rag-montan-immobilien.de/referenzprojekte/umwelt/biomassepark-hugo/> [letzter Zugriff: 22. Juni 2016].

**Schmitt, T. G. (2015)**

*Weiterentwicklung des Starkregenindex zur Verwendung in der kommunalen Überflutungsvorsorge*. gwf Wasser Abwasser (156) Nr. 7-8, 774-781.

**Schmitt, T. G. (2011)**

*Risikomanagement im Überflutungsschutz. Überflutungsvorsorge im Klimawandel als kommunale Gemeinschaftsaufgabe*. *PlanerIn Heft*, 2011(3): 7–10.

**Sieker (2016)**

*Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung*. Online verfügbar unter: <http://www.sieker.de/de/fachinformationen/article/massnahmen-der-dezentralen-regenwasserbewirtschaftung-58.html> [letzter Zugriff: 18. Mai 2016].

**Skinner, R. (2016)**

*Water Sensitive Cities*. Keynote zur 9th International Conference “Planning & Technologies for sustainable Urban Water Management. NOVATECH. Lyon: 28.06.2016.

**Stadt Gelsenkirchen (2016a)**

*Wöchentliche Bevölkerungsstatistiken. Statistiken. Bevölkerung*. Online verfügbar unter: <https://www.gelsenkirchen.de/de/stadtprofil/stadtfakten/statistiken/> [letzter Zugriff: 15. Juni 2016].

**Stadt Gelsenkirchen (2016b)**

*Zukunftsvereinbarung Regenwasser*. Online verfügbar unter: [https://www.gelsenkirchen.de/de/infrastruktur/umwelt/wasser/zukunftsvereinbarung\\_regenwasser.aspx](https://www.gelsenkirchen.de/de/infrastruktur/umwelt/wasser/zukunftsvereinbarung_regenwasser.aspx) [letzter Zugriff: 17. Juni 2016].

**Stadt Wuppertal (2015)**

*Stadtporträt*. Online verfügbar unter: [https://www.wuppertal.de/wirtschaft-stadtentwicklung/standort/daten\\_fakten/index.php?mode=print](https://www.wuppertal.de/wirtschaft-stadtentwicklung/standort/daten_fakten/index.php?mode=print). [letzter Zugriff: 17. Juni 2016].

**Steininger, K.W.; Steinreiber C. und Ritz C. (2005)**

*Extreme Wetterereignisse und ihre wirtschaftlichen Folgen*. Springer Verlag.

**Stokman, A. (2013)**

*Wassersensitive Stadtentwicklung*. In: Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Industrie- und Siedlungswasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft e.V. Stuttgart (FEI), *Management des urbanen Wasserhaushalts – mehr als nur Kanalnetzplanung. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft*, München: DIV Deutscher Industrieverlag, Band 217: 7–23.

**Stokman, A., Deister, L., Dieterle, J. (2013)**

*Internationale Ansätze und Referenzprojekte zu Klimaanpassungsstrategien der Überflutungs- und Trockenheitsvorsorge. Expertise im Rahmen der Fallstudiengestützten Expertise „Klimaanpassungsstrategien zur Überflutungsvorsorge verschiedener Siedlungstypen*. Online verfügbar unter: [http://www.bgmr.de/downloads/Expertise\\_Internationale-Beispiele\\_BBSR\\_Ueberflutungsvorsorge.pdf](http://www.bgmr.de/downloads/Expertise_Internationale-Beispiele_BBSR_Ueberflutungsvorsorge.pdf) [letzter Zugriff: 30. Juni 2016].

**Stokman, A., Hoppe, H., Massing, C., Brenne, F., Deister, L. (2015)**

*Starkregenereignisse als Motor einer wassersensitiven Stadtentwicklung. Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA)*, 62(2): 122–129.

**Uhl, M. (2010)**

*Regenwasserbewirtschaftung im städtebaulichen Kontext*. In: Haass, H. (Hrsg.): *StadtWasser. Wasserkonzepte für die Stadtgestaltung*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 192–206.

**Wikipedia (2016)**

*Einwohnerentwicklung von Gelsenkirchen*. Online verfügbar unter: [https://de.wikipedia.org/wiki/Einwohnerentwicklung\\_von\\_Gelsenkirchen](https://de.wikipedia.org/wiki/Einwohnerentwicklung_von_Gelsenkirchen) [letzter Zugriff: 15. Juni 2016].

## Beteiligte Projektpartner

des Teilprojekts C.1 Freiraumplanerische Gestaltungsstrategien im Verbundprojekt der BMBF-INIS Fördermaßnahme „Die Stadt als hydrologisches System im Wandel - Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts“ (SAMUWA).

### Förderkennzeichen

033W004A

### Teilprojektleitung

# ILPÖ

Universität Stuttgart  
Fakultät für Architektur und Stadtplanung  
Institut für Landschaftsplanung und Ökologie  
[www.ilpoe.uni-stuttgart.de](http://www.ilpoe.uni-stuttgart.de)

#### Leitung

Prof. Dipl.-Ing. Antje Stokman

#### Mitarbeiter

Lisa Deister, M. Sc.  
Dipl.-Ing. Fabian Brenne  
Cecilia Chiesa M. Sc.

#### Studentische Mitarbeit

Eva Sule, Dipl. App. Sc.  
Yassmin Al-Khasawneh  
Mariya Nesheva

#### Eingebettete Abschlussarbeiten

Penning-Roth, Christoph (2014)

*Neue Freiraum-Systeme für Platz-Regen. Die Integration von Überflutungsereignissen in die Stadt. Und Freiraumentwicklung am Beispiel Wuppertal Varresbeck.* Masterarbeit, TU Berlin, betreut durch Prof. Undine Giseke (TU Berlin) und Prof. Antje Stokman (Universität Stuttgart)

Hain, Thomas (2016)

*(Wieder-)Herstellung einer ausgeglichenen Wasserbilanz unter der Berücksichtigung einer wassersensitiven Stadt- und Freiraumentwicklung: Fallbeispiel Gelsenkirchen.* Bachelorarbeit, Universität Stuttgart, betreut durch Prof. Antje Stokman, Dr. Ulrich Dittmer und Lisa Deister, M.Sc.

### Projektpartner



**IWARU**  
Institut für Wasser ·  
Ressourcen · Umwelt

Fachhochschule Münster  
Fachbereich Bauingenieurwesen  
Institut für Wasser·Ressourcen·Umwelt (IWARU)  
AG Siedlungshydrologie und Wasserwirtschaft  
[www.fh-muenster.de/iwaru](http://www.fh-muenster.de/iwaru)

#### Leitung

Prof. Dr.-Ing. Mathias Uhl

#### Mitarbeiter

Dr.-Ing. Malte Henrichs  
Julian Langner, M. Sc.

#### Studentische Mitarbeit

Dennis Kliewer  
Anna Plätzer



Bergische Universität Wuppertal  
Lehrstuhl Städtebau - Urban Scape  
[www.splusu-arch.uni-wuppertal.de](http://www.splusu-arch.uni-wuppertal.de)

#### Leitung

Prof. Dr.- Ing. Tanja Siems

#### Mitarbeiter

M. Sc. Dipl.- Ing. Johannes Geyer

#### Studentische Mitarbeit

Daniel Branchereau



Dr. Pecher AG  
[www.pecher.de](http://www.pecher.de)

#### Mitarbeiter

Dr.-Ing. Holger Hoppe  
Michael Jeskulke, M. Sc.



WSW Wuppertaler Stadtwerke GmbH  
WSW Energie & Wasser AG

#### Mitarbeiter

Dipl.-Ing. Christian Massing  
Dipl.-Ing. Jens Ante



Emschergenossenschaft/ Lippenverband

#### Mitarbeiter

Dr.-Ing. Jürgen Mang

