

Deckung des Wasserbedarfs der Schwammstadt im Sommer

**Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Abfalltechnik**

**Prof. Dr.-Ing. Stephan Köster
Dr.-Ing. Maike Beier**



**ÖWAV-/TU Wien-Seminar „Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser“
am 21./22. Februar 2023, Wien**

Inhalt

- 1. Einleitung**
- 2. Grundannahmen & städtische Bilanzräume**
- 3. Wasserbedarf einer Schwammstadt (im Sommer)**
- 4. Ansätze und Wege zur Deckung des Wasserbedarfs**
- 5. Zusammenfassung und Ausblick**

Einleitung

- Städte im Klimawandel
- Entwicklung zu einer Schwammstadt
- Absicherung der Wasserversorgung in Städten
- Bereitstellung von „Stadtwasser“



Sponge City

Städte im Klimawandel

- Das Stadtklima verändert sich vielerorts wahrnehmbar.
 - Wetterextreme nehmen zu und Städte gelten in diesem Zusammenhang als besonders vulnerable Räume.
- Die Prognosen zur Klimaentwicklung in Städten sind immer in lokalen Kontexten zu bewerten.
 - In welcher Klimazone liegt die Stadt? Welche Wetterextreme traten bereits auf bzw. sind für die Zukunft zu erwarten?
- Allgemein festzuhalten ist, dass der Klimawandel mit seinen Extremen Städte erheblich treffen wird und aus diesem Grund die Entwicklung und Einrichtung klimaangepasster und resilienterer Städte unabwendbar sind.

Entwicklung zu einer Schwammstadt

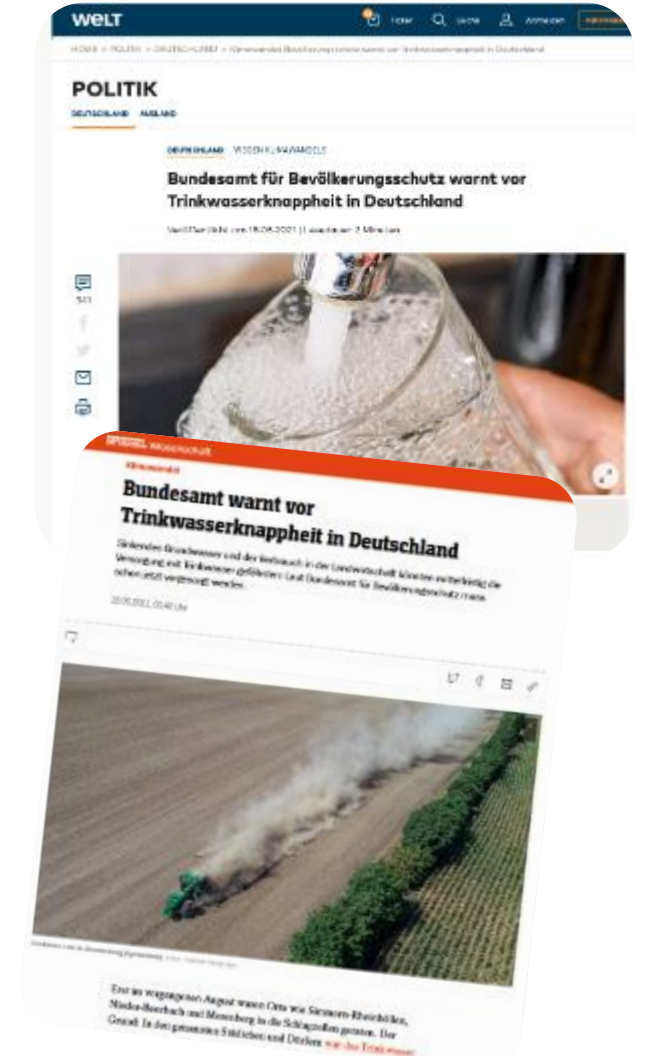
Merkmale einer blau-grünen Schwammstadt

- Entsiegelte, wasserspeichernde, multifunktionale und multi-materielle Strukturen
- Ausstattung mit viel Stadt- und Gebäudegrün
- Blaue Elemente: urbane Gewässer

- Die Schwammstadt ist ein Stadtentwicklungsansatz, um bestehende und zukünftige Stadträume zu einer Stadt mit hoher bzw. gesteigerter Lebensqualität zu transformieren.
- Die kommunale Klimaanpassung ist noch vielfach von dem Ziel getrieben, eine verbesserte städtische Überflutungsvorsorge zu ermöglichen.
- Eine Schwammstadt kann aber deutlich mehr, wenn man ihre Potentiale ausschöpft und sie konsequent technisch ausdefiniert.

Absicherung der Wasserversorgung in Städten

- Bedingt durch den Klimawandel kommt es oftmals zu einer abnehmenden (Trink-)Wasserverfügbarkeit.
- Für die Zukunft ist ein steigender städtischer Wasserbedarf zu unterstellen: u.a. Versorgung BGI.
- Bisher gibt es kaum Verlautbarungen zur konzeptionellen bzw. praktischen Ausgestaltung einer Regenwassernutzung im Schwammstadtkontext.



Screenshots: spiegel.de, welt.de

Nutzung von Regenwasser

Regenwasser kann Wasserbedarfe bedienen, die durch die öffentliche Trinkwasserversorgung nicht abgedeckt werden können bzw. bietet eine Versorgung für Wassernutzungen, die eine Inanspruchnahme von Trinkwasser(-qualität) nicht erfordern.

Bewässerung

- Bewässerung Park-, Grünanlagen und einzelne Bäume
- Bewässerung von Bepflanzung an und um Straßen
- Wohngebäude: Gründach-/Fassadenbewässerung/Garten- und Hofbewässerung
- Urbane Nahrungsmittel-erzeugung
- Versorgung von Kleingartenkolonien

Stadt-/Quartierskühlung

- uU einhergehend mit Bewässerungsmaßnahmen
- (temporäre) Wasserkörper zur Reduzierung des UHI Effect

Reinigungsmaßnahmen

- Straßenreinigung
- Reinigung Kanalisation
- Staubkontrolle

Sonstige

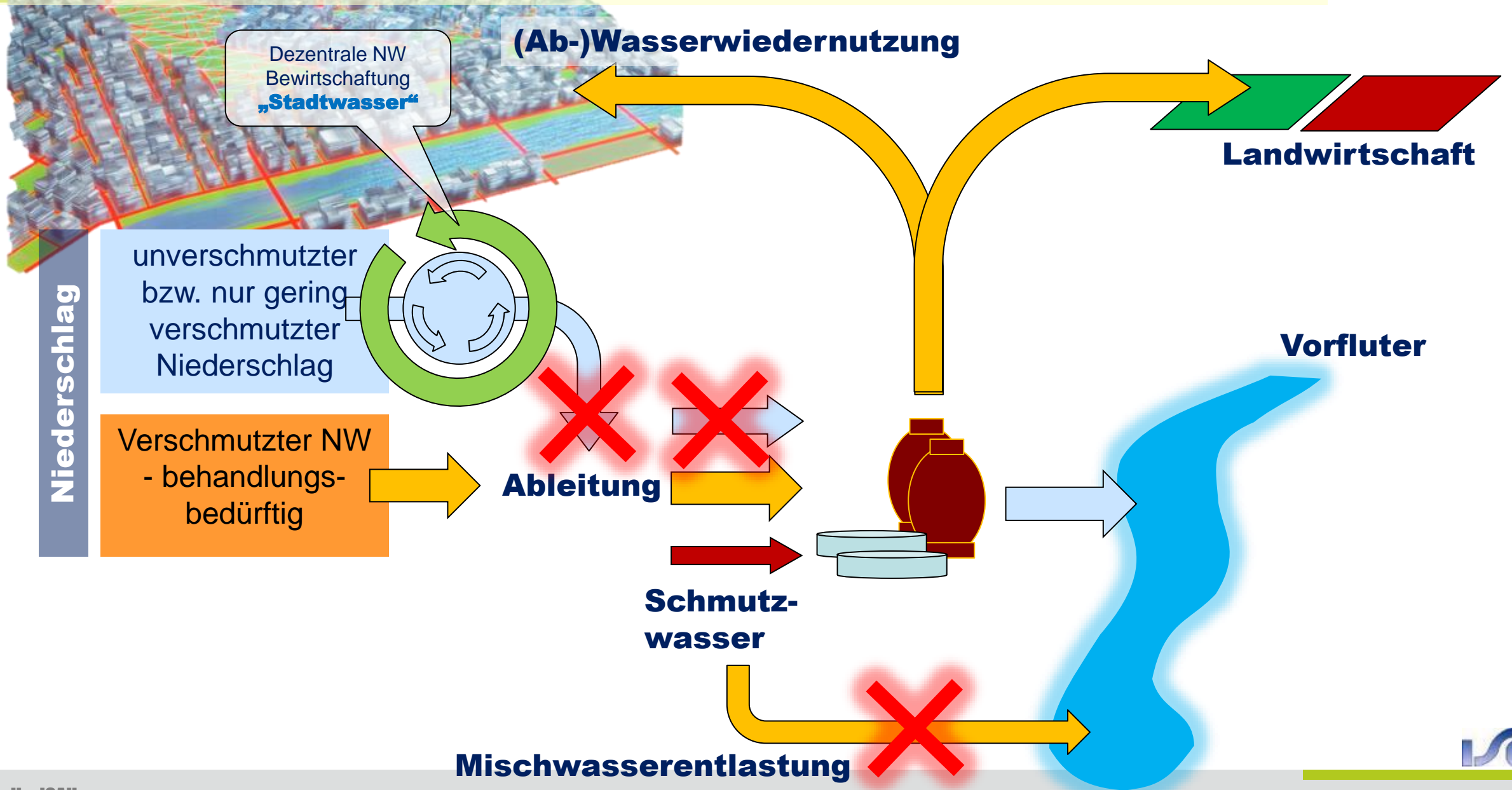
- Bereitstellung von Wasser zur Speisung urbaner Gewässer
- Alimentierung urbaner Habitate

Grundannahmen



- Elemente einer urbanen Wasserkreislaufwirtschaft
- Qualitätsorientierte Niederschlagsbewirtschaftung

Elemente einer urbanen Wasserkreislaufwirtschaft



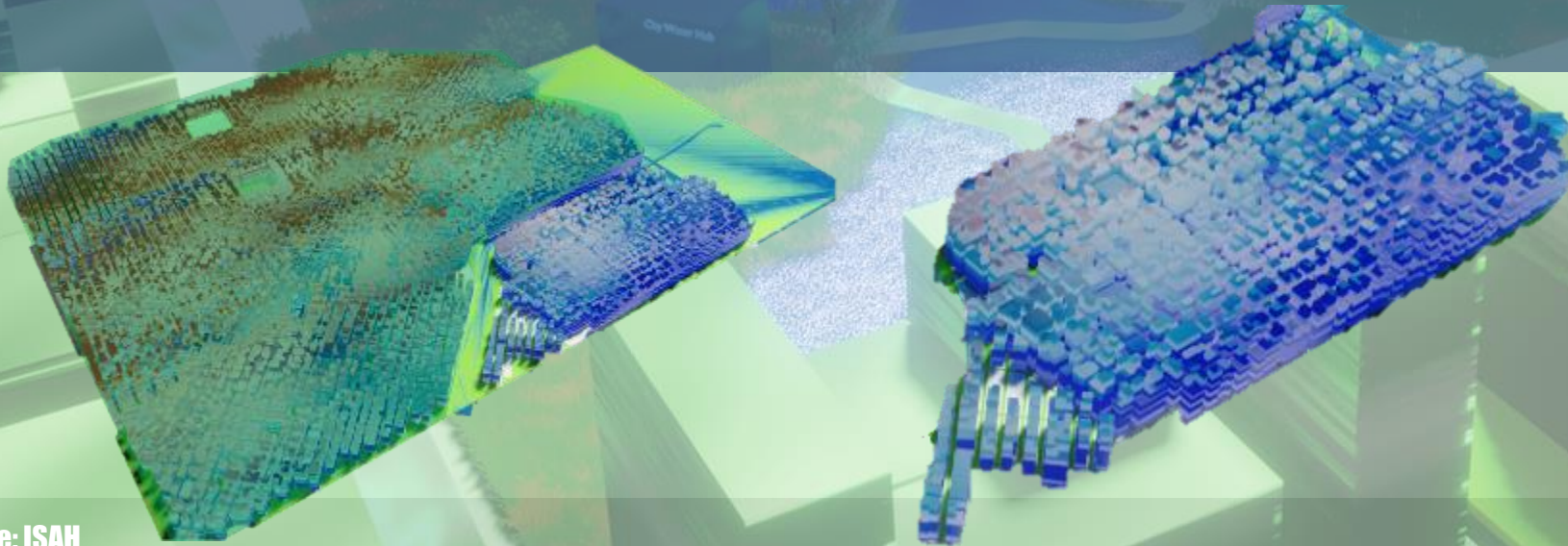
Wasserbilanzen (in städtischen Quartieren)

- Bilanzraum „Stadtquartier“
- Hydrologische Größen in einer Schwammstadt

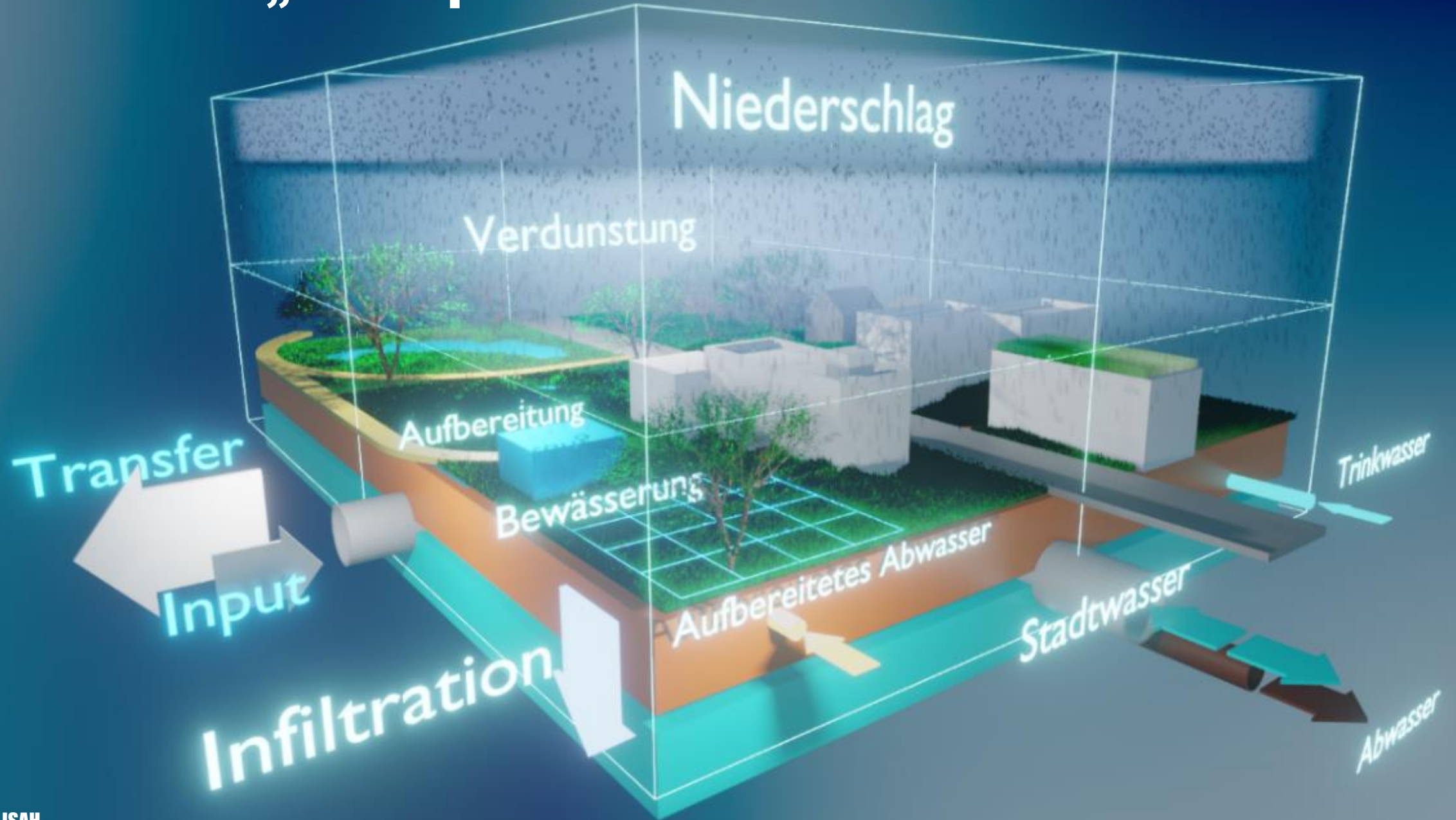


Bewirtschaftung / Quartiersspezifische Wasserbilanzen

- Quartiersbezogene Wasserbilanzräume: den Wasserbedarfen wird ein (potentielles) zeitlich, räumlich und qualitativ differenziertes Stadtwasserangebot gegenübergestellt.
- Für die Bilanzräume wird eine Bestandsaufnahme durchgeführt: Flächenanalyse, die das Potential an unverschmutzten und gering verschmutzten Niederschlägen aufzeigt und die Festlegung von Fließwegen und Sammelpunkten unterstützt.



Bilanzraum „Stadtquartier“



Hydrologische Größen in einer Schwammstadt

P = Niederschlag
I = Leitungsgebundenes Wasser
F = Sonstiges freigesetztes Wasser
E = Evapotranspiration
r = Abfluss
ΔS = (delta) gespeichertes Wasser
ΔA = Netto-Feuchteadvektion

E_{Precipitation}

E_{City Water}

E_{Drinking Water}

r_{pol. Rainwater Drainage System}

r_{unpol. rainwater Soil & GW}

r_{Irrigation Water Soil}

$$P + I + F = E + r + \Delta S + \Delta A$$

$\left[\frac{mm}{h} \right]$

I_{Drinking Water piped}

I_{Rainwater piped}

I_{City Water basis}

I_{City Water basis+}

I_{City Water quality+}

I_{Water Reuse piped}

S_{unpol. RW SPC Element}

S_{unpol. RW Drainage System}

S_{unpol. RW Soil & Groundwater}

S_{treated RW – City Water Hub}

S_{City Water basis}

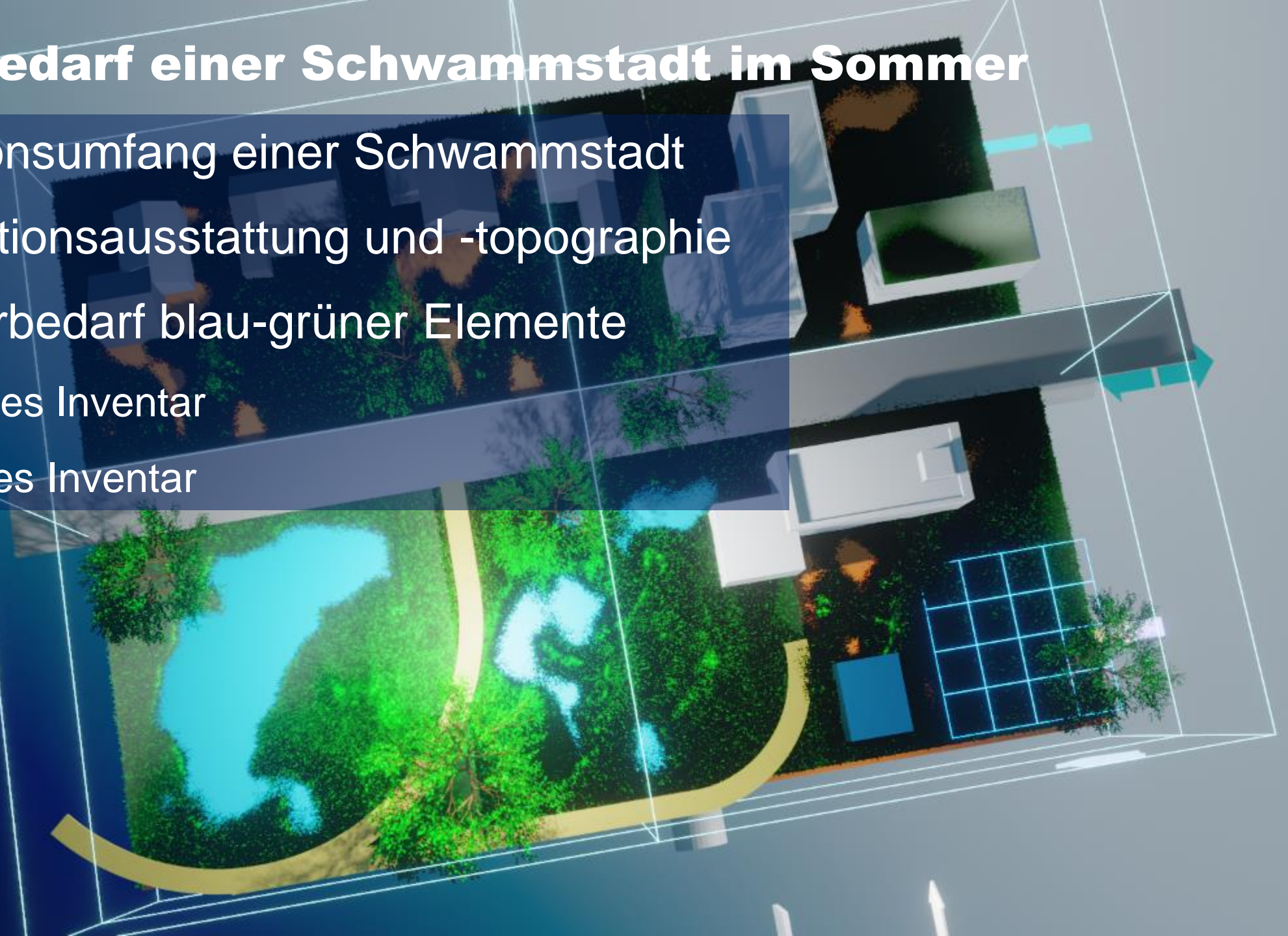
S_{City Water basis+}

S_{City Water quality+}



Wasserbedarf einer Schwammstadt im Sommer

- Funktionsumfang einer Schwammstadt
- Vegetationsausstattung und -topographie
- Wasserbedarf blau-grüner Elemente
 - Grünes Inventar
 - Blaues Inventar



(Erwünschter) Funktionsumfang einer Schwammstadt

- Überflutungsvorsorge
- Steigerung Wasserdargebot in Stadt (Bewässerung/Stadtreinigung)
- Hitzevorsorge im urbanen Quartier.
 - Hitzepläne zeigen deutlich die positive Wirkung städtischen Grüns durch Beschattung, Verringerung der Wärmespeicherung sowie Abkühlungseffekte durch Verdunstung und induzierte Kaltluftströme.
 - Beispielsweise durchgrünte Hinterhöfe zeigen ein gegenüber versiegelten Flächen hohes Abkühlungspotential. Aber eben nur bei funktionalem Grün, d.h. bei entsprechend guter Wasserversorgung
- Steigerung der Lebensqualität
- Verbesserte Wasserqualität
- Urbane Habitate
- Energie-Effizienz,...

Wasserbedarf einer Schwammstadtinfrastruktur

- In der Schwammstadt entsteht eine blau-grüne Infrastruktur (horizontal/vertikal) – biologische Systeme/Habitate/Funktionen
 - Unterschiedlicher / standortgerechter Pflanzenbesatz mit individuellen Erhaltungs- und Bewässerungsbedürfnissen
- Hinsichtlich des grünen Inventars einer Schwammstadt lässt sich allgemein festhalten, dass „wärmere Temperaturen sich in erster Linie durch einen erhöhten Wasserbedarf und einen spürbar größeren Aufwand zur Erhaltung von Grünanlagen äußern“ (Dworak et al. 2021).
- Bewässerungs- bzw. Wasserbedarfs-Richtwerte bspw. aus der DIN 18919:2016-12 oder der DIN 1989-100 helfen mit Blick auf langanhaltende Dürreperioden nicht ausreichend weiter.

Wasserbedarf blau-grüner Elemente

Pflanzenart	Bewässerungsbedarf
Rasen/Grünfläche	30 L/m ² , 4 x Monat
Bodendecker, Stauden, Gräser	3 L/Pflanze, 8 x Monat
Hochstämme StU 20 bis 25 cm	100 L/Pflanze, 3 x Monat
Hochstämme Stu 50 bis 70 cm	400 L/Pflanze, 3 x Monat
Fassadenbegrünung Bodengebunden	100 L/Pflanze, 1 x Monat
Fassadenbegrünung, Wandgebunden	2 L/m ² , täglich
Heister, Solitärsträucher bis 175 cm	50 L/Pflanze, 3 x Monat

Abschätzungen für Prinzenstraße/Operndreieck in Hannover nach DIN 18919:2016-12

Beeinflussende Faktoren:

**Bodentypabhängig, Pflanzentyp/-größe, Sonnen-Exposition, Wasserkonkurrenz
(Wasserbedarf Baum)**

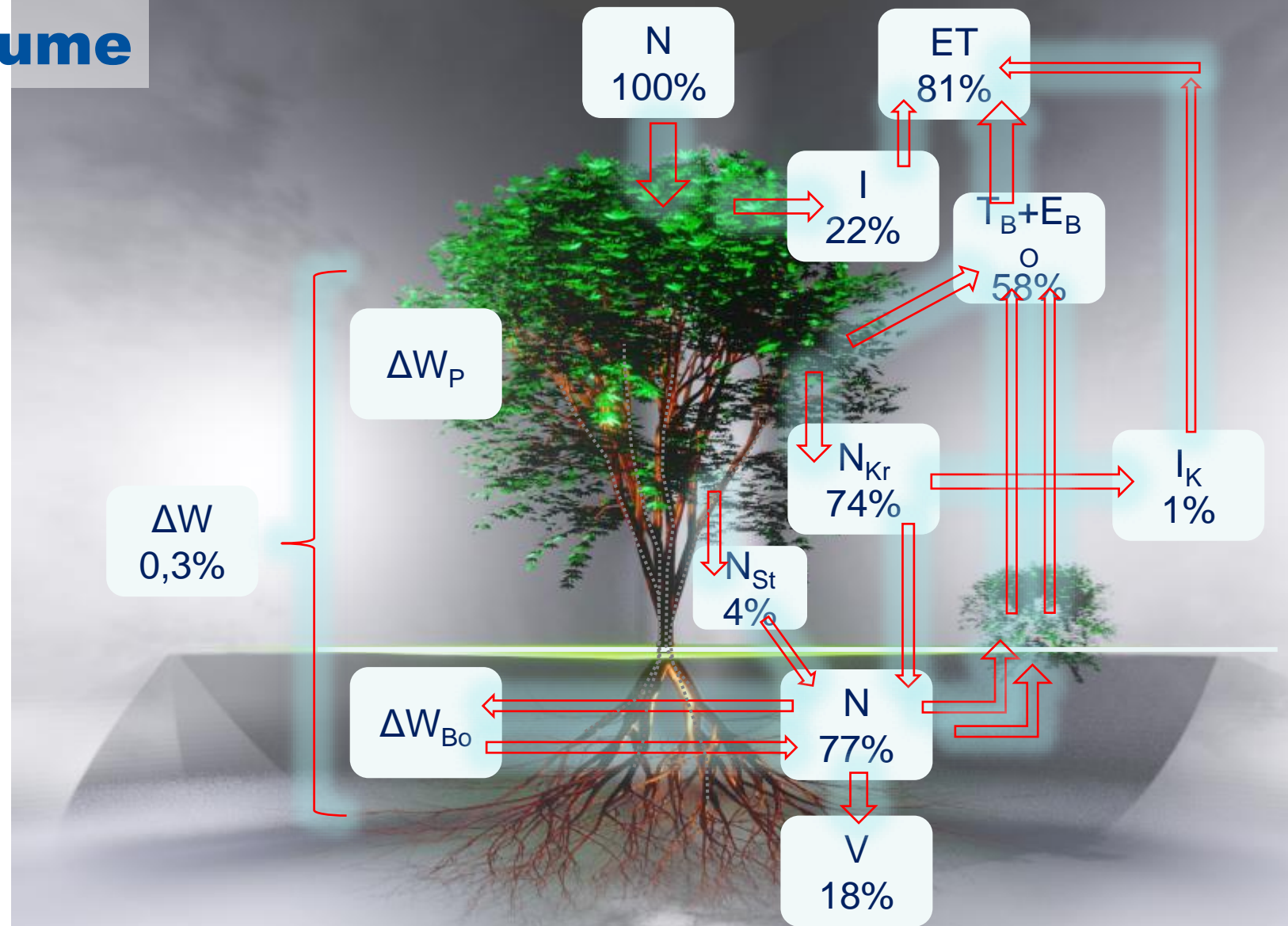
Wasserbedarf einer Schwammstadt: Exkurs Bäume

- (Große/alte) Stadtbäume haben einen hohen Wasserbedarf.
- Die Bäume entziehen dem Boden erhebliche Mengen an Feuchtigkeit, sodass die Böden an den Baumstandorten besonders trocken sein können (Kuhlemann et al. 2021).
 - Bäume weisen ferner mehrere Strategien wie Austrocknungsvermeidung, Austrocknungstoleranz sowie Dürreflucht auf (Röhrig 2016).
 - „Niederschlagsarmut bedingt noch keinen Trockenstress bei Bäumen. In temperierten Regionen ist die Kopplung mit hoher Evaporation und vor allem mit Bodentrockenheit notwendig“ (Röhrig 2016).
- Die Versickerungsleistung trockener Böden bzw. die Aufnahmegeschwindigkeit des Bodens sinkt bei Bewässerung bzw. Niederschlag.

Grünes Inventar: Bäume

Das Bild beschreibt den komplexen Wasserhaushalt von Bäumen in der Vegetationsperiode (Röhrig 2016).

N = Freilandniederschlag
 N_{Kr} = Kronentraufe
 N_{St} = Stammablauf
 N_{Bo} = Infiltration
ET = Evapotranspiration
 E_{Bo} = Evaporation der Bodenoberfläche
I = Interzeption Baumschicht
 I_K = Interzeption Krautschicht
 T_B = Bestandstranspiration
V = Versickerung
 ΔW = Ges. Wasservorrat im Ökosystem
 ΔW_p = Wasservorrat Phytomasse
 ΔW_{Bo} = Wasservorrat im Boden

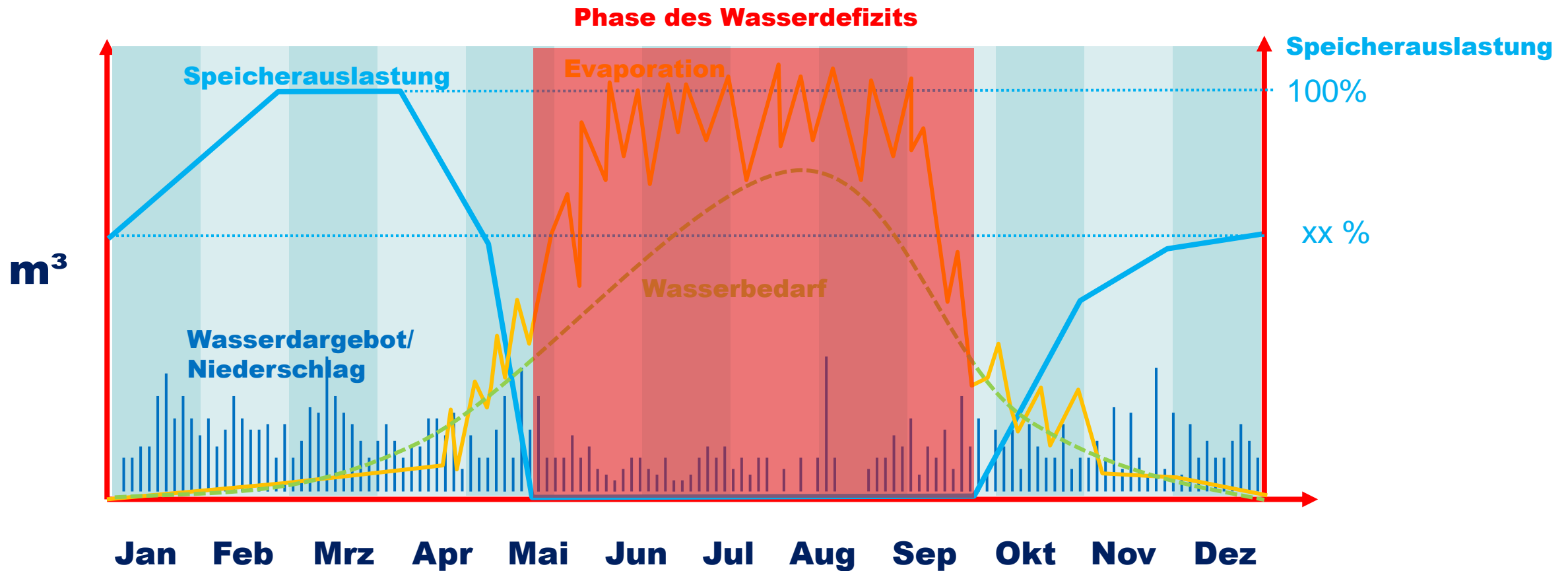


Vegetationsausstattung und -topographie

- **Pflanzenbesatz: Bäume, Sträucher, Rasen**
 - Welche Resilienz der Pflanzen / der Schwammstadtelemente liegt gegenüber Trocken- und Hitzestress vor?
 - Gerade mit Blick auf den Sommer bzw. Hitze- und Dürreperioden ist der Wasserbedarf unter besonderer Beachtung der Evapotranspirationsraten der Elemente der blau-grünen Infrastrukturen (BGI) zu beachten.
- Regulierung Bodenfeuchte
- Resultierend: Bewässerungsstrategie/-management

Wasserbedarf blau-grüner Elemente

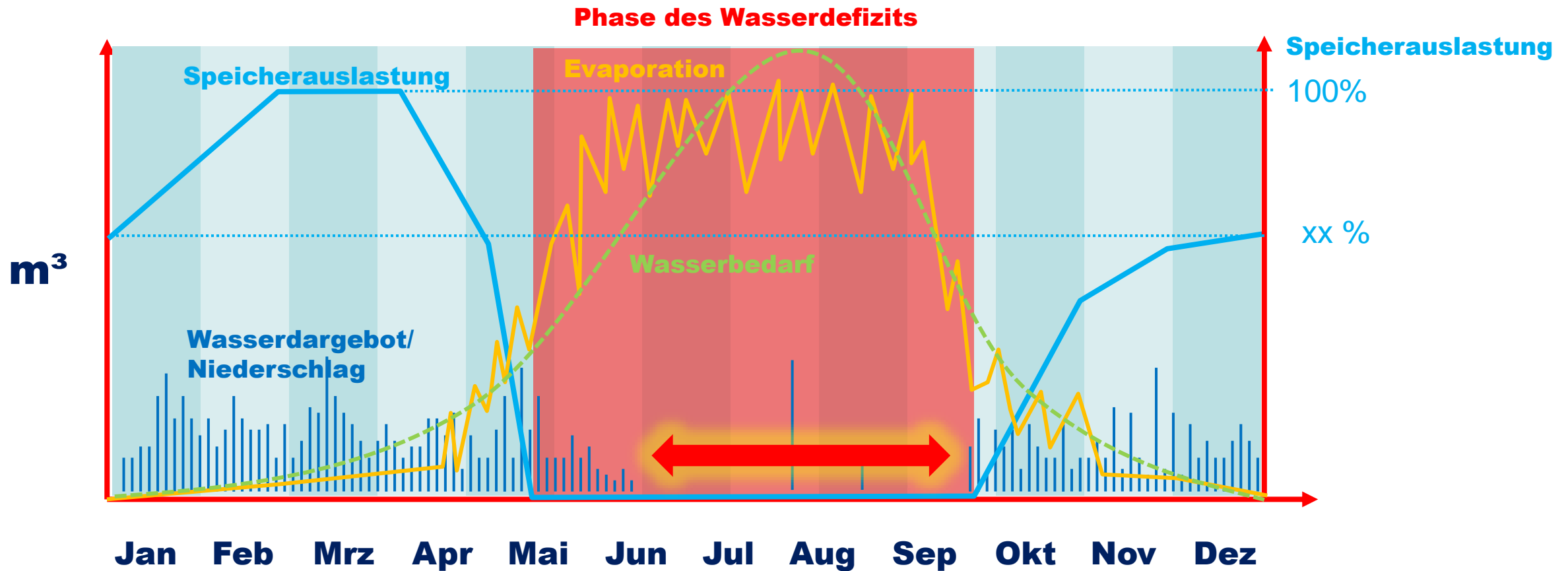
Sommer



Art der Darstellung inspiriert von Darstellung aus dem BMBF Verbundvorhaben TransMiT, Masterarbeit Julia Heisrath, 2021

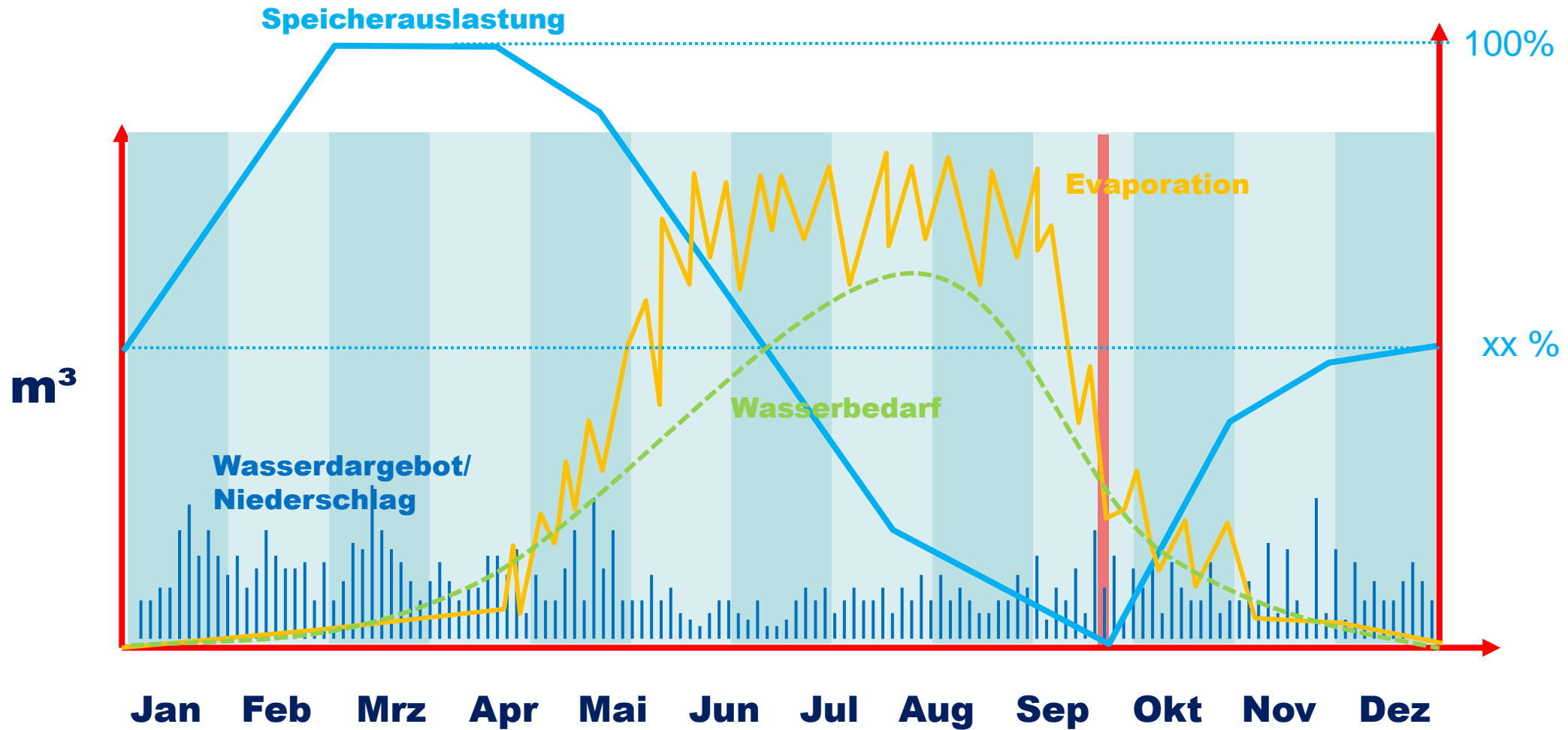
Wasserbedarf blau-grüner Elemente

Dürre-/Hitzeperiode



Wasserbedarf blau-grüner Elemente

Vergrößerter Speicherraum



Blaues Inventar

- Mit Blick auf das blaue Inventar einer Schwammstadt sind insbesondere die Verdunstungsraten zu beachten.
- Urbane (Oberflächen-)Gewässer weisen – beeinflusst durch Beckenmorphologie, Luftfeuchte und Dauer der Sonneneinstrahlung – teils erhebliche Verdunstungsraten auf und unterstützen damit die Kaltluftströme bzw. den Luftaustausch.

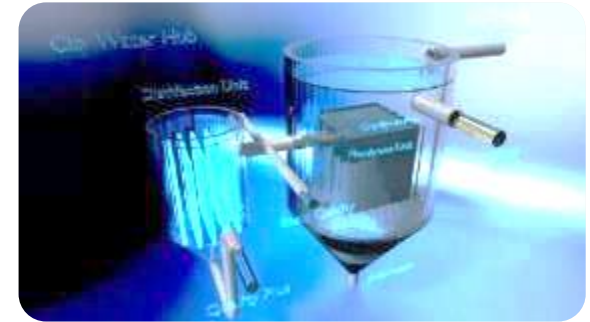
Stadtwasserkonzept

- Infrastrukturentwicklung und -anpassung
- Aufbereitung und Verteilung: City Water Hubs



Stadtwasserkonzept

- Die Schwammstadt zu einer **komplementären Wasserversorgungsinfrastruktur** weiter zu entwickeln
- Wichtiger Baustein des urbanen Wasserkreislaufs: **das Stadtwasserkonzept**
 - Das Stadtwasserkonzept greift die Forderung der Nationalen Wasserstrategie unmittelbar auf, „...das Wasserangebot und den städtischen Wasserbedarf zu analysieren und darauf aufbauend Versorgungskonzepte zu entwickeln...“ und skizziert einen konkreten Umsetzungspfad.



Entwässerungsinfrastruktur

Dachflächenabfluss

Straßenablauf

Abfluss aus
Schwammstadtelement

Häusliches Schmutzwasser

Stadtwasserkanal

Unverschmutzter / gering verschmutzter Niederschlag

Abwasserkanal

Schmutzwasser & behandlungsbedürftiger Niederschlag

Wasserspeicher
City Water Hub

Grundwasser

Entwässerungs- infrastruktur

verbindet die Anforderungen der Siedlungswasserwirtschaft mit den Zielgrößen der klima-angepassten Stadtentwicklung

Abwasserkanal

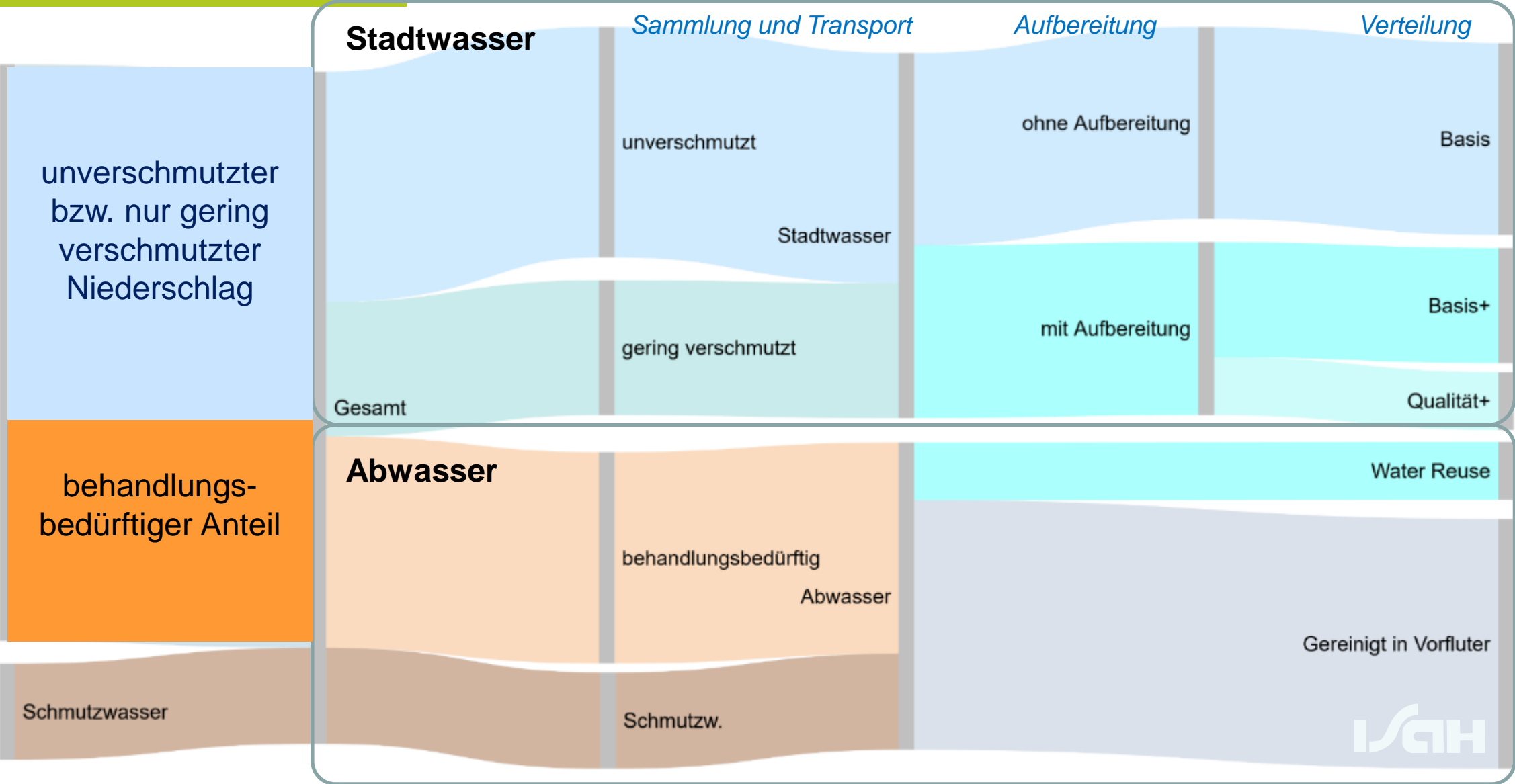
Stadtwasserkanal

Unverschmutzter / gering verschmutzter Niederschlag

Teilstrecken mit versickerungsfähigen Rohrmaterialien

Grundwasser

Entflechtung vs. Abkopplung



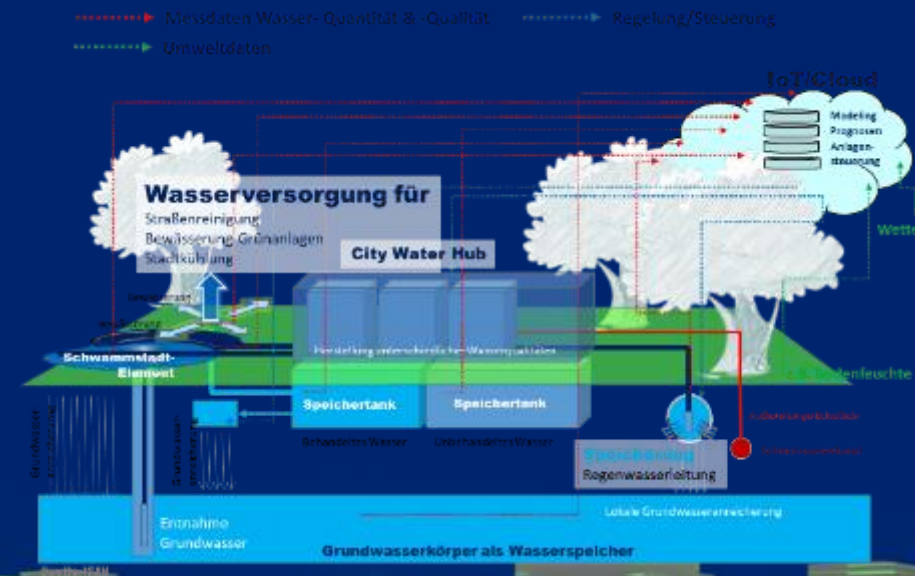
Sammlung und Transport

Abwasserreinigung



Aufbereitung und Verteilung

- Nutzung niedrigerenergetischer Verfahren, z.B. schwerkraftgetriebene Membranen und UV-Desinfektion.
- Nutzung lokaler Energiequellen: Photovoltaik, Wind und Abwärme.
- Wasserverteilung: kleinräumige Verteilungsinfrastrukturen (z.B. für die Parkbewässerung) und Zapfstellen an den CWH oder weiter entlegene Abgabepunkte, die mit den CWH verbunden sind.
- Weitertransport z.B. mittels LKW für anderweitige Bewässerungsmaßnahmen wie die des Straßengrüns.



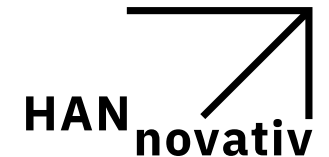
Zusammenfassung und Ausblick

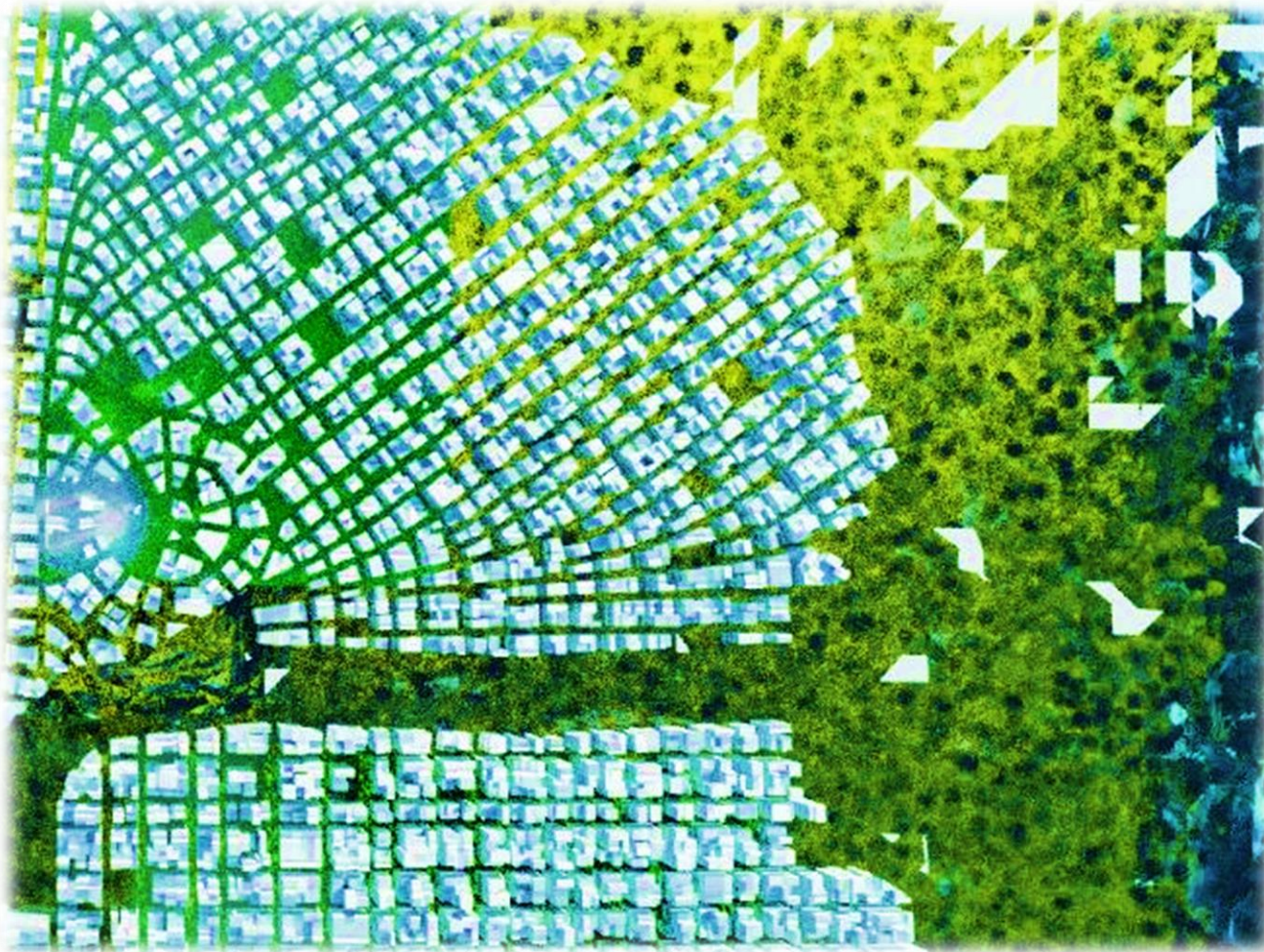
- Die neuartige Regenwasserbewirtschaftung in der Schwammstadt wird die städtische Wasserversorgung in Zeiten eines sich verschärfenden Klimawandels dauerhaft und nachhaltig absichern und sogar verbessern.
- Werden unverschmutzte und gering verschmutzte Niederschläge in eine komplementäre Stadtwasserversorgungsinfrastruktur überführt, ließen sich städtische Wassermehrbedarfe in Zeiten des Sommers und der Dürre abdecken bei zeitgleicher Entlastung der öffentlichen Trinkwasserversorgung.
- Hohe Dringlichkeit, nun zeitnah infrastrukturelle Weichenstellungen vorzunehmen.

Unsere Projekte zum Thema

Das hier vorgestellte Konzept wurde und wird maßgeblich im Kontext der folgenden Forschungsprojekte entwickelt und umgesetzt:

- **KEYS** Smart Technologies for Sustainable Water Management in urban Catchments as Key Contribution to Sponge Cities (BMBF FKZ 02WCL1459A)
- **TransMiT** Ressourcenoptimierte Transformation von Misch- und Trennentwässerungen in Bestandsquartieren mit hohem Siedlungsdruck (BMBF FKZ 033W105A) und Verstetigungsphase **TransKOM**
- **DIGNIS** Digital gesteuerte Niederschlagsnutzung in Städten (Volkswagenstiftung, Nds. Ministerium für Wissenschaft und Kultur)
- **Restart: #HANnovativ** Smart Cities: Stadtentwicklung im digitalen Zeitalter (BM für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen)
- **Campus Water Hub** Nachhaltigkeitsprojekt an der Leibniz Universität Hannover





Deckung des Wasserbedarfs der Schwammstadt im Sommer



zukunft
SEIT 1909
denken



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

koester@isah.uni-hannover.de

beier@isah.uni-hannover.de

Referenzen

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hg.) (2021): Nationale Wasserstrategie. Entwurf des Bundesumweltministeriums. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/langfassung_wasserstrategie_bf.pdf, zuletzt geprüft am 11.02.2022.
- Dworak, Thomas; Lotter, Franziska; Hoffmann, Peter; Hattermann, Fred; Bausch, Thomas; Günther, Wolfgang (2021): Folgen des Klimawandels für den Tourismus in den deutschen Alpen- und Mittelgebirgsregionen und Küstenregionen sowie auf den Badetourismus und fluss-begleitende Tourismusformen. Wassersparende Außenanlagen. Hg. v. Umweltbundesamt (TEXTE, 117/2021). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/folgen-des-klimawandels-fuer-den-tourismus-in-den>, zuletzt geprüft am 31.01.2023.
- Kabisch, N.-K.; Beier, M.; Köster, S. (2021): Qualitätsbasierte Entwässerung von Niederschlagswasser. Potenzialanalyse am Beispiel der Stadt Hildesheim. In: Korrespondenz Abwasser 68 (9), S. 709–721.
- Köster, Stephan (2022): Ansätze zur Weiterentwicklung des Schwammstadt-konzeptes im In- und Ausland. DWA Dialog 2022. DWA. Berlin, 26.09.2022.
- Köster, Stephan (2021): How the Sponge City becomes a supplementary water supply infrastructure. In: Water-Energy Nexus 4, S. 35–40. DOI: 10.1016/j.wen.2021.02.002.
- Köster, Stephan; Beier, Maike (2021): Weiterentwicklung der Schwammstadt zu einer komplementären Wasserversorgungsinfrastruktur. In: gwf Wasser | Abwasser 162 (11), S. 85–92.
- Kuhlemann, Lena-Marie; Tetzlaff, Doerthe; Smith, Aaron; Kleinschmit, Birgit; Soulsby, Chris (2021): Using soil water isotopes to infer the influence of contrasting urban green space on ecohydrological partitioning. In: Hydrol. Earth Syst. Sci. 25 (2), S. 927–943. DOI: 10.5194/hess-25-927-2021.
- Röhrig, Ernst (2016): Waldökologie. Einführung für Mitteleuropa. Springer Spektrum (Springer eBook Collection).