



Sieker

Die Regenwasserexperten
The Stormwater Experts

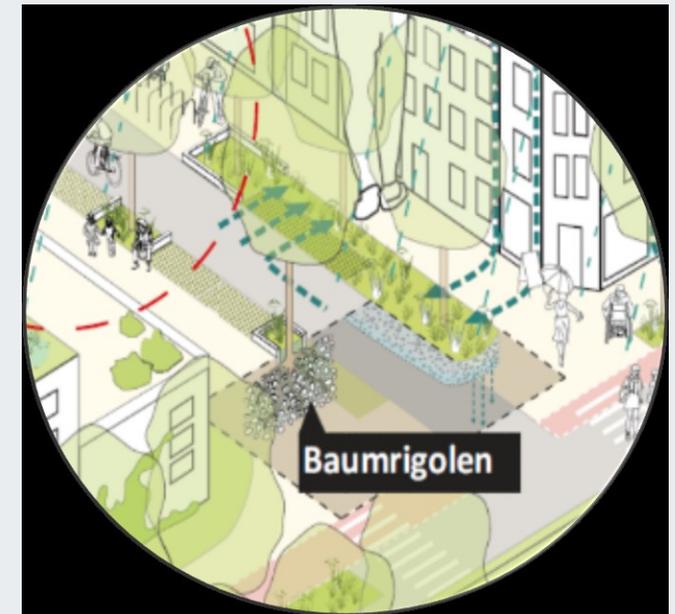
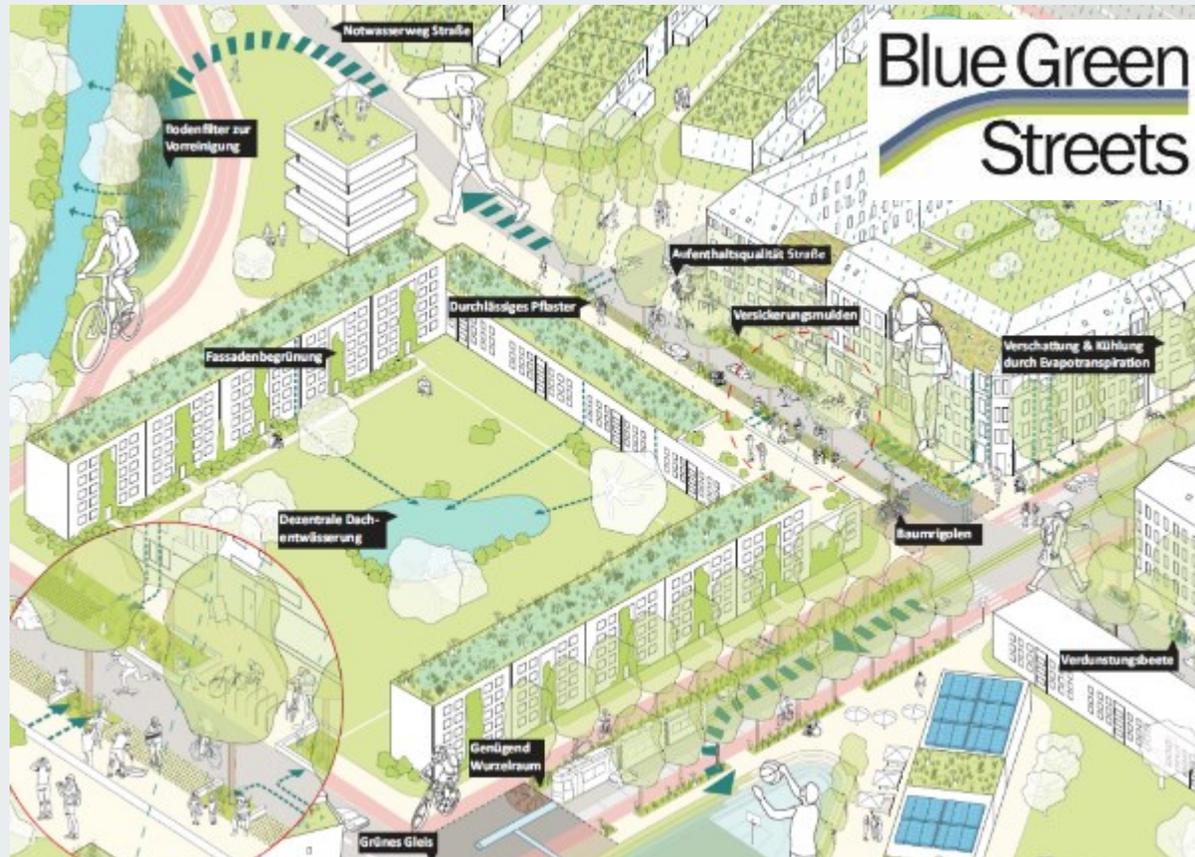
Schadstofffrachten im Regenwasser managen - auch bei Baumstandorten

Baumtage Göttingen
25. September 2023

Dr.-Ing Harald Sommer
Dr.-Ing. Matthias Pallasch



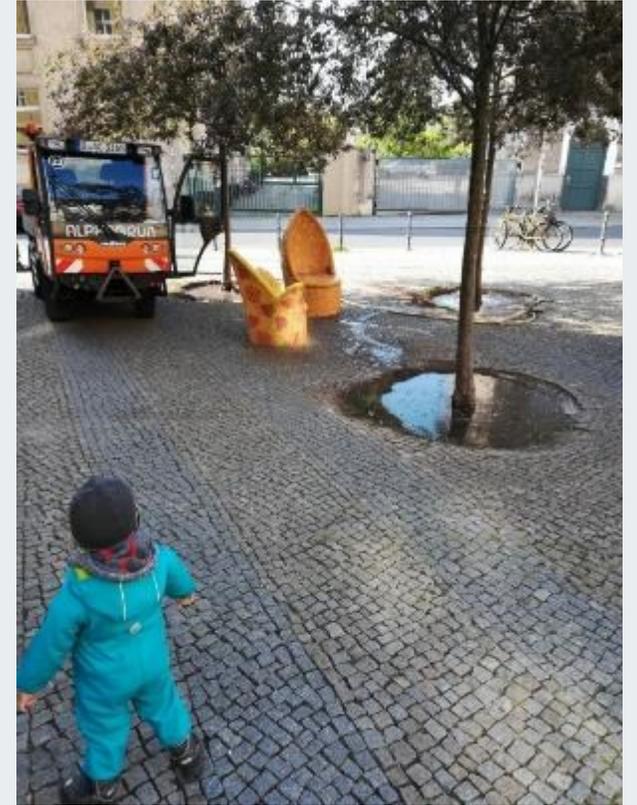
Baum und Regenwasser in der Schwammstadt





Baum und Regenwasser: der Bedarf

Kombination von Bäumen und Regenwasserbewirtschaftung

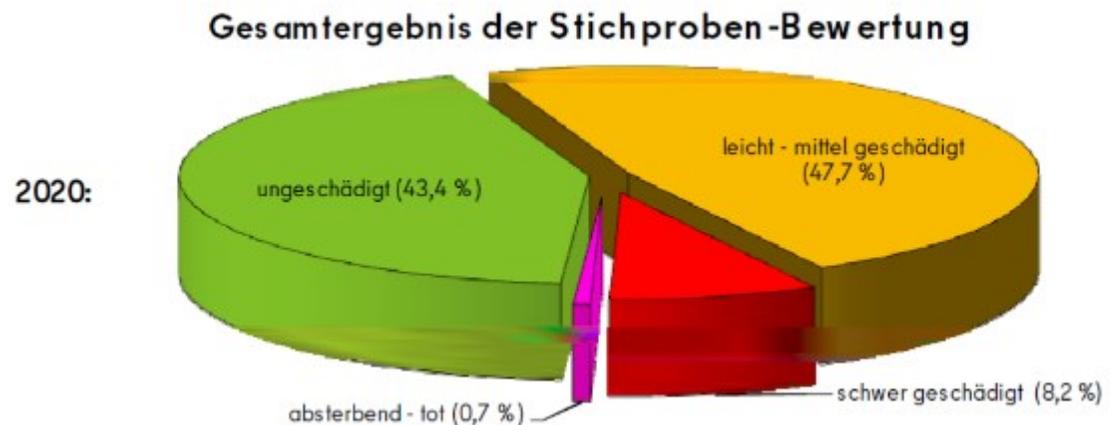
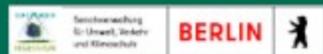




Baum und Regenwasser: der Bedarf



**STRASSENBAUM-ZUSTANDSBERICHT
BERLINER INNENSTADT 2020**
Ergebnisse der Straßenbaum-Zustandserhebung aus
CIR-Luftbildern

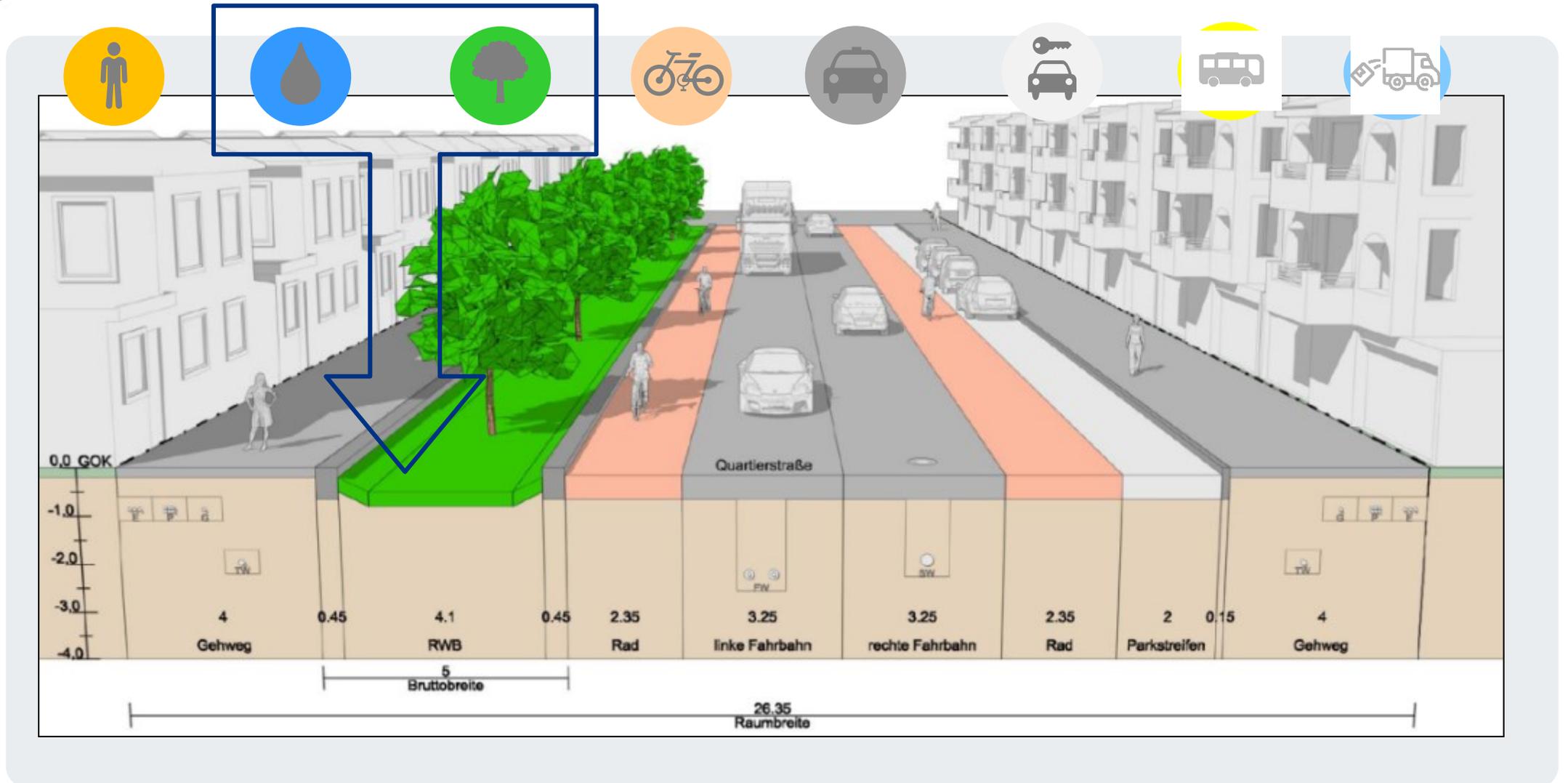


Ursachen

- Bauarbeiten
- Verkehrsunfälle
- Hunde-Urin
- Tausalz
- Pflanzfehler
- **Bodenversiegelung**
- Gasrohrleckagen
- **Bodenverdichtung**
- **Stadtklima**

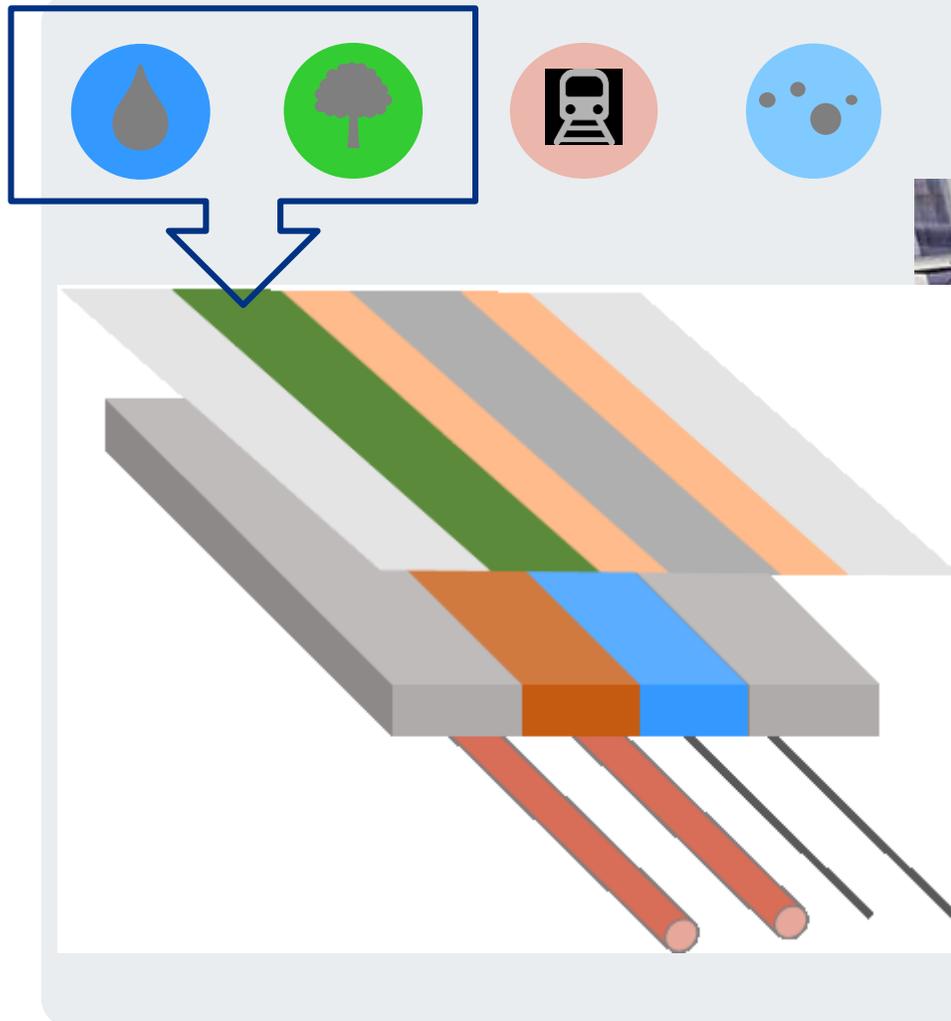


Baum und Regenwasser: die Hürden





Baum und Regenwasser: die Hürden



Quelle: RWE Magazin 02/2016 in Aqua&Gas 2010, S. 1)



Baum und Regenwasser: die Hürden

Neubau



Bestand



**Höhen/Anschlusshöhen | Straßenraumbreite | Leitungen |
Nutzungsansprüche**



Baum und Regenwasser: die Hürden





Flächendargebot: Beispiel Berlin- Hagenauer Straße



Ist-Zustand 2023



Konzept (bgmr/ Sieker; Stand: 2023)



Flächendargebot: Beispiel Graz

Ziel: Durchgängige Wurzelkorridore + Rückhalt in flächigen Speichern



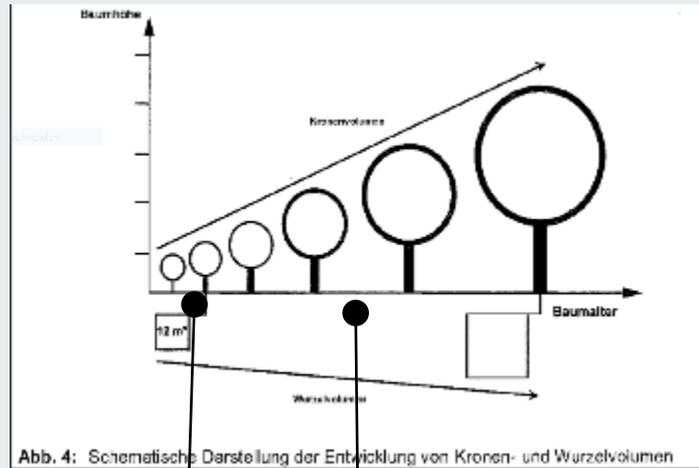
Fotos: www.graz.at © Nana Pötsch

Projekt: Graz Leonardgürtel; 3:0
Landschaftsarchitektur



Baum und Regenwasser: das Potential

Pflanzgrubenvolumen



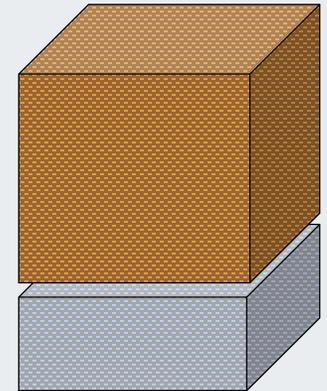
Pflanzgrube mit
Mindestvolumen

Pflanzgrube mit Volumenaufschlag für
wasserwirtschaftliche Nutzung

Rechenbeispiel:

- Wohnstraße: 18 m x 25 m
- 4 Bäume á 12 m³ = 48 m³
- Rigolen (Kies) = 34 m³
- Gesamtvolumen: 21 m³/ Baum

→ **75 % größere Pflanzgrube**

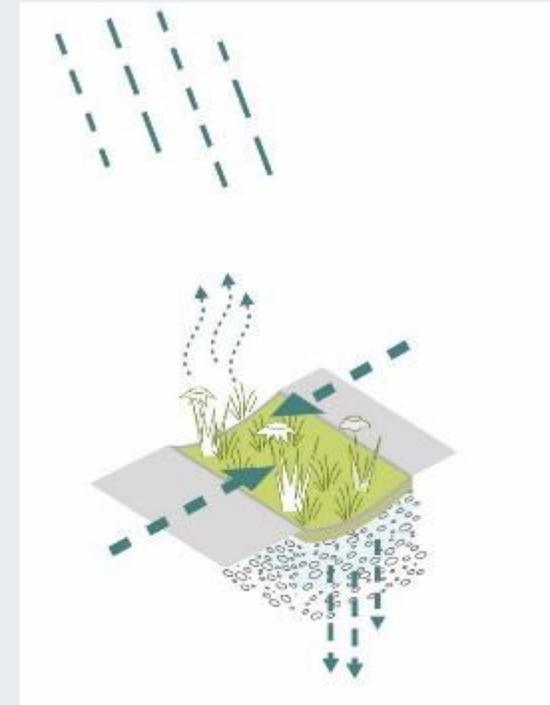


* Annahme: $kF = 7 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$



Baum und Regenwasser: Die Varianten

Bäume an und in Mulden



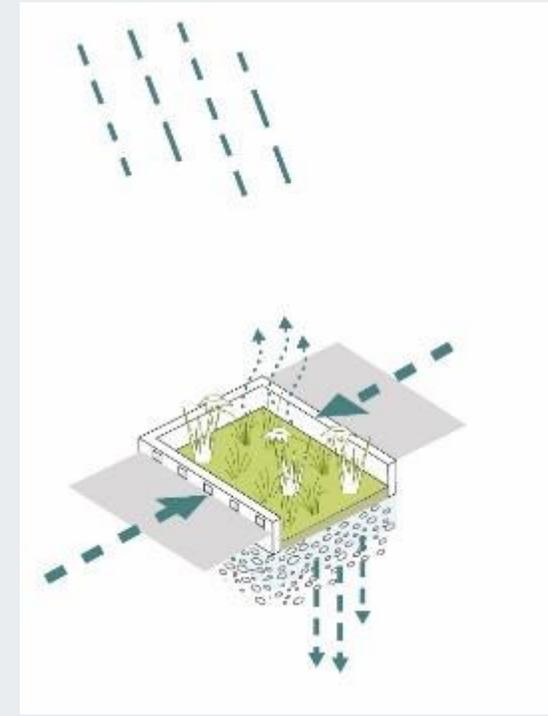
vegetative Optimierung wasserwirtschaftlicher Anlagen





Baum und Regenwasser: Die Varianten

Bäume in Tiefbeeten



vegetative Optimierung wasserwirtschaftlicher Anlagen

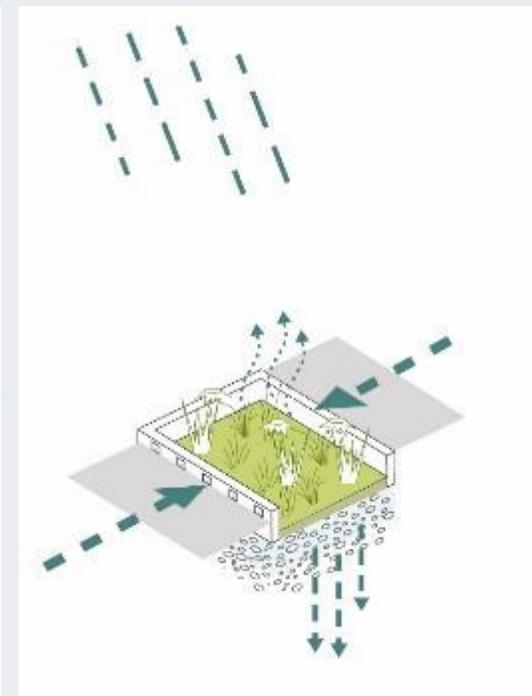
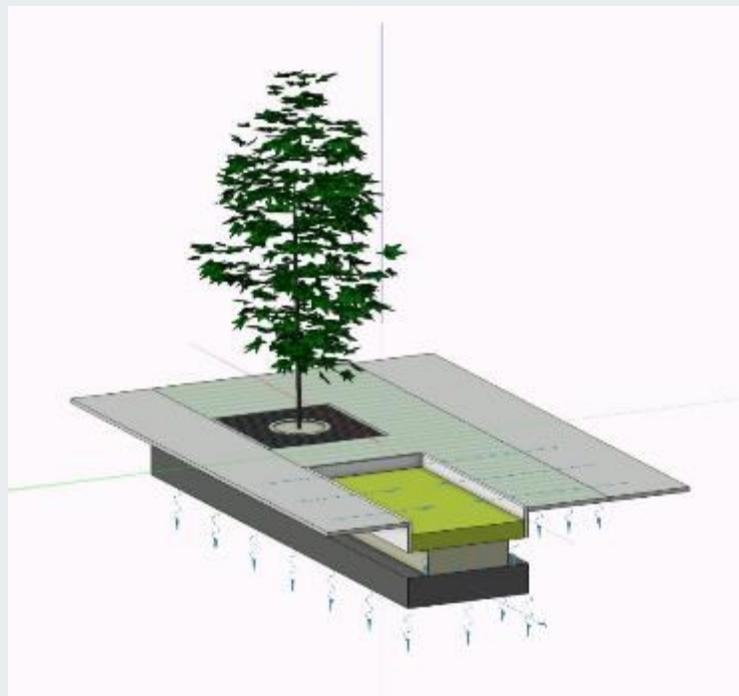




Baum und Regenwasser: Die Varianten

Bäume an Tiefbeeten

Foto: www.graz.at © Nana Pötsch



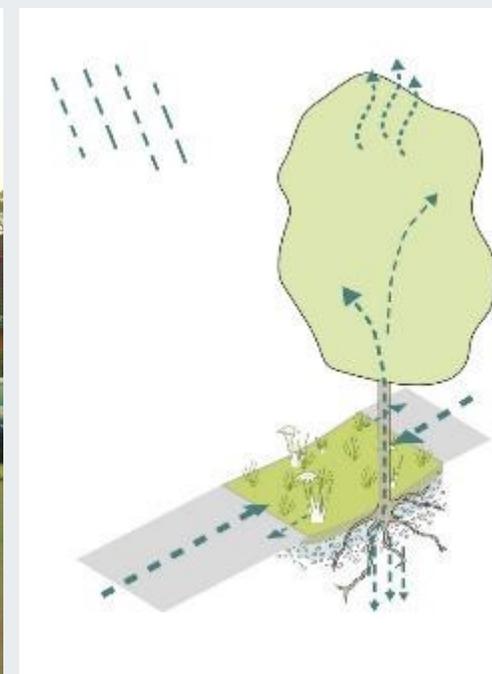
vegetative Optimierung wasserwirtschaftlicher Anlagen





Baum und Regenwasser : Die Varianten

Hydrologisch optimierte Baumstandorte (Neubau)



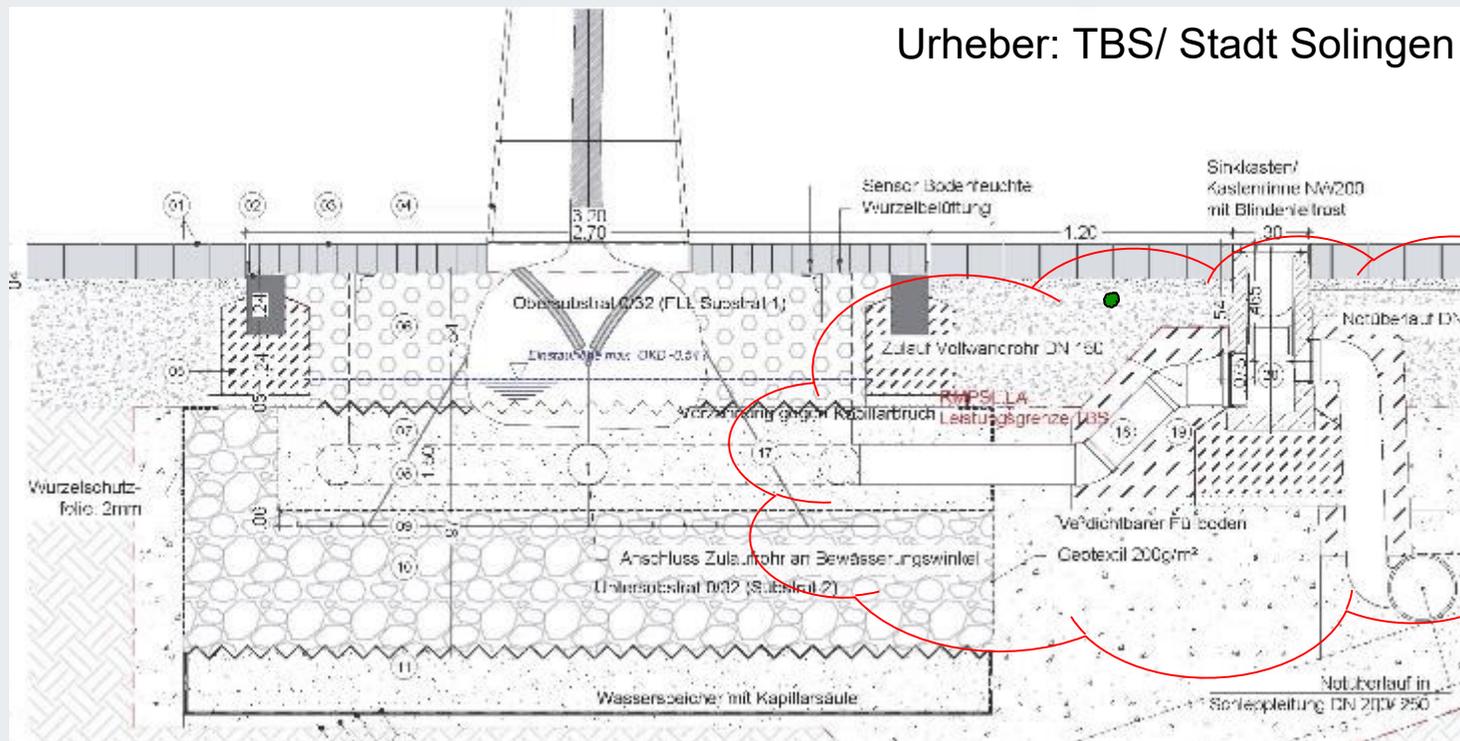
wasserwirtschaftlich Optimierung von Baumscheiben
Neuenhagen bei Berlin





Baum und Regenwasser: Die Varianten

Hydrologisch optimierte Baumstandorte (Neubau)



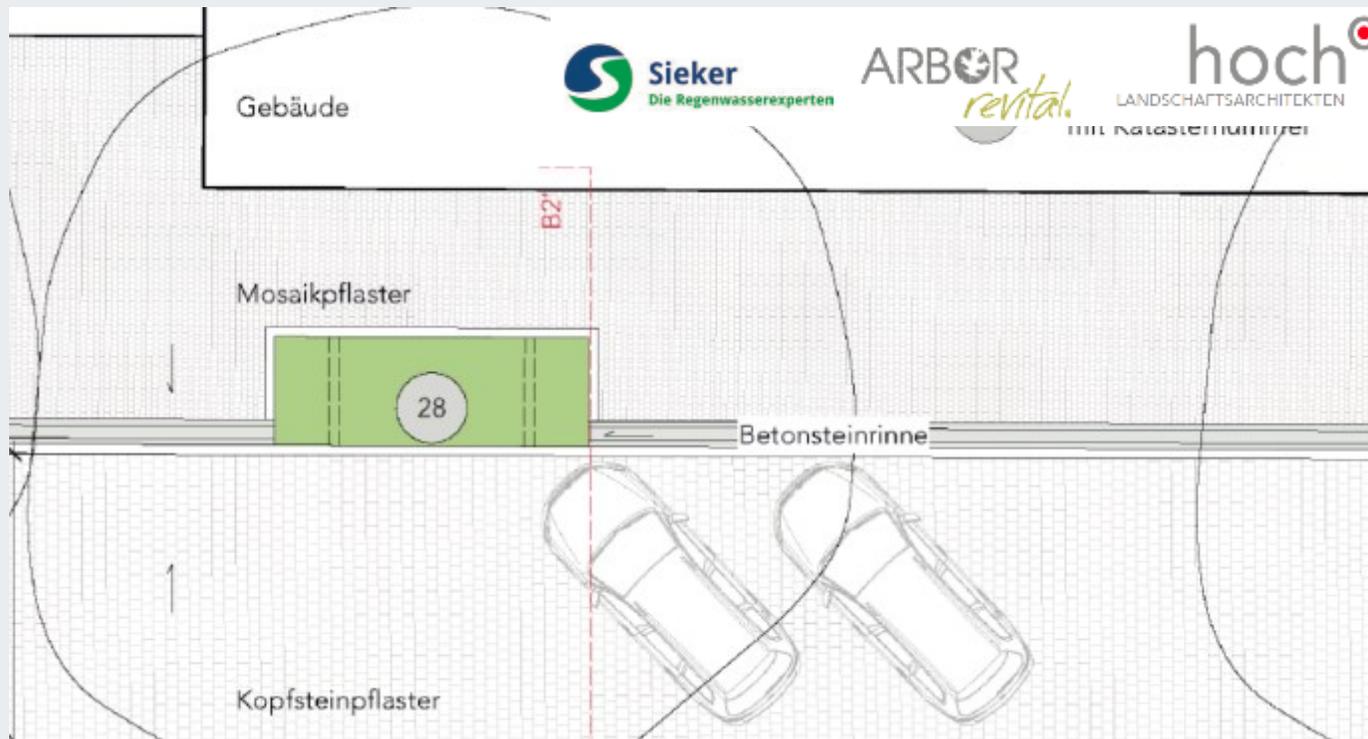
wasserwirtschaftliche Optimierung von Baumscheiben





Baum und Regenwasser: Die Varianten

Hydrologisch optimierte Baumstandorte (Bestand)



**Machbarkeitsstudie
Berlin Neukölln
(Schillerkiez):**

- überwiegend minimalinvasive Maßnahmen
- Potential abhängig von Alter/ Vitalität/ Höhe/ Schadstufe

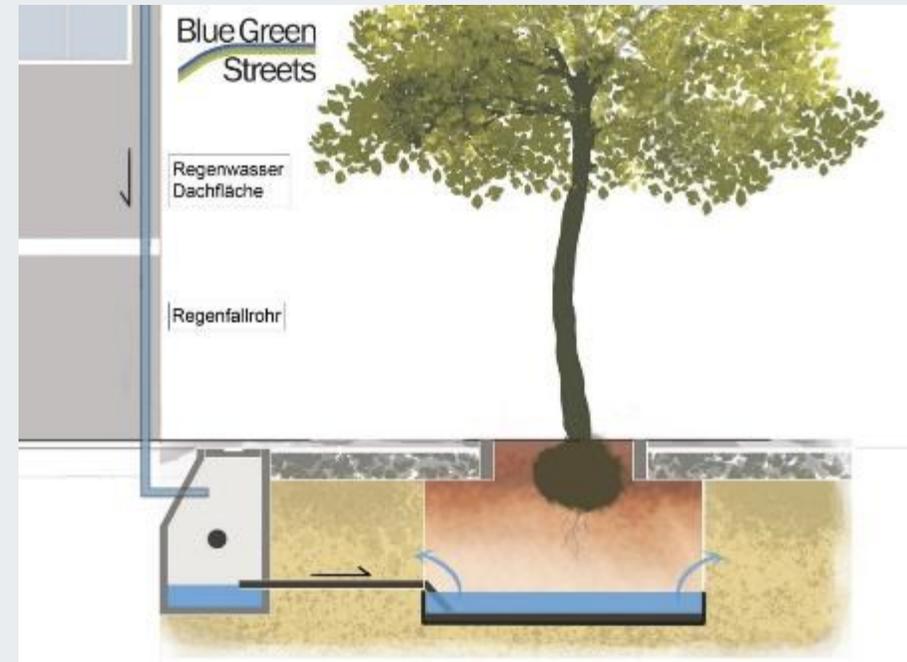


wasserwirtschaftlich Optimierung von Baumscheiben



Baum und Regenwasser: Die Varianten

Überbaute Baumrigolen mit unterirdischem Speicher



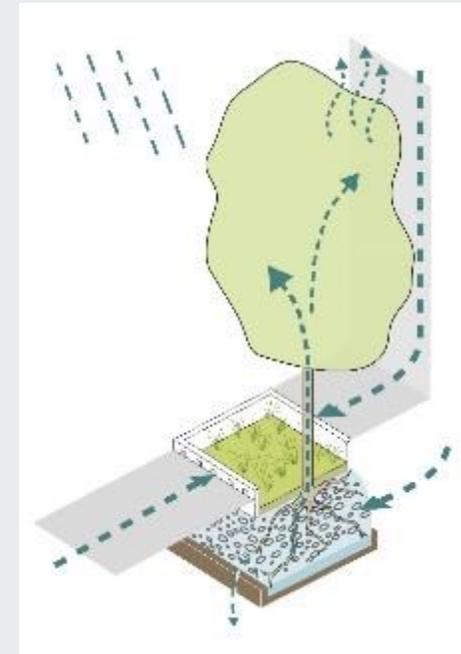
**Wasserwirtschaftlich integrierte Baumstandorte
Hamburg-Harburg**





Baum und Regenwasser: Die Varianten

Offene Baumrigolen mit unterirdischem Speicher



**Wasserwirtschaftlich integrierte Baumstandorte
Leipzig**



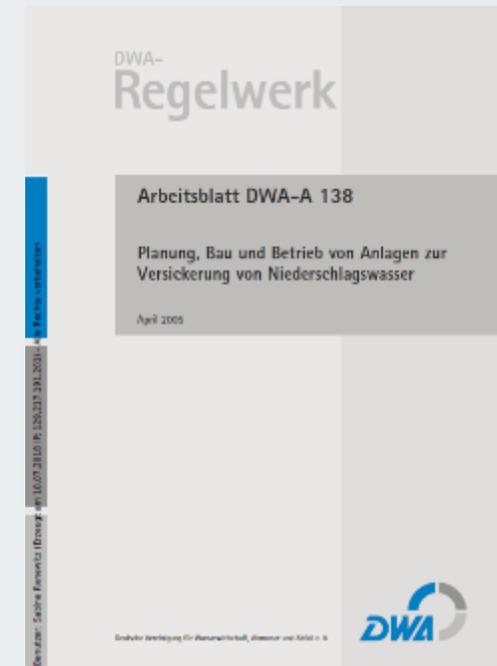


Baum und Regenwasser: aktuelle Entwicklung

Baumrigole ist noch nicht Gegenstand aktueller Normung

Baumrigole?! Nicht genehmigungsfähig

<https://www.npridik.de/>



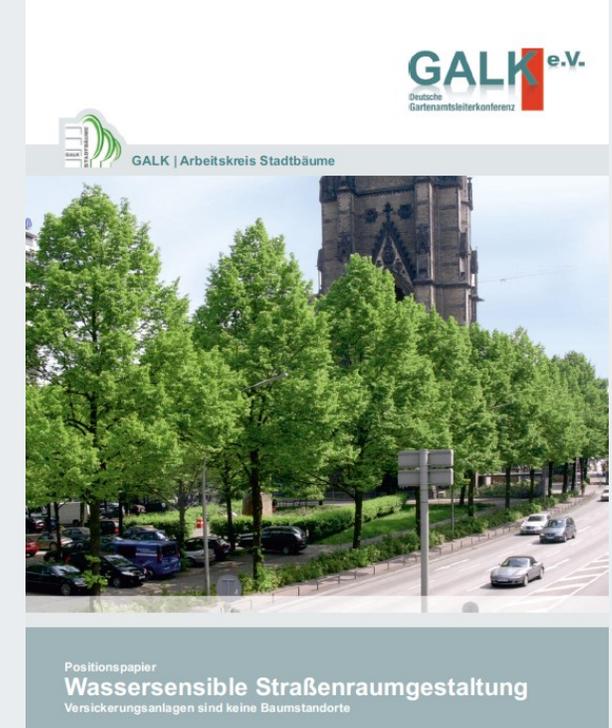


Baum und Regenwasser: aktuelle Entwicklung

Kontroverse Diskussion zum Thema Baumrigole



- Tausalz
- Staunässe
- Sonstige stoffliche Belastung



Grundsatzkritik !



Baum und Regenwasser: aktuelle Entwicklung

Fachübergreifender Diskurs über planerische Lösungen notwendig
Beispiel Tausalz

Verzicht auf Tausalz (Differenzierter Winterdienst)

Durchspülungseffekte nutzen

Alternative Taumittel (Formiate)

Zulauf- und Sickerwasserlenkung

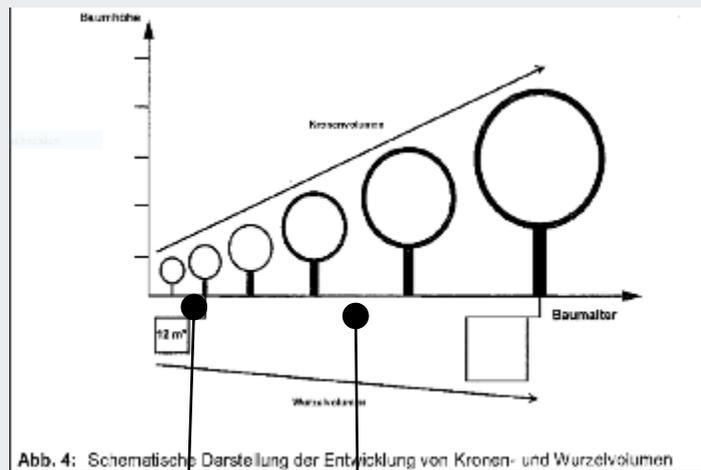
Baumartenauswahl

Standortdifferenzierung



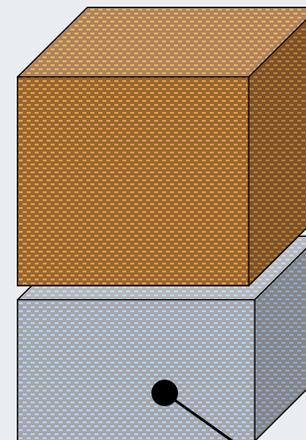
Baum und Regenwasser: aktuelle Entwicklung

Fachübergreifender Diskurs über planerische Lösungen notwendig Beispiel Staunässe



Pflanzgrube mit
Mindestvolumen

Pflanzgrube mit
Volumenaufschlag für
wasserwirtschaftlicher Nutzung



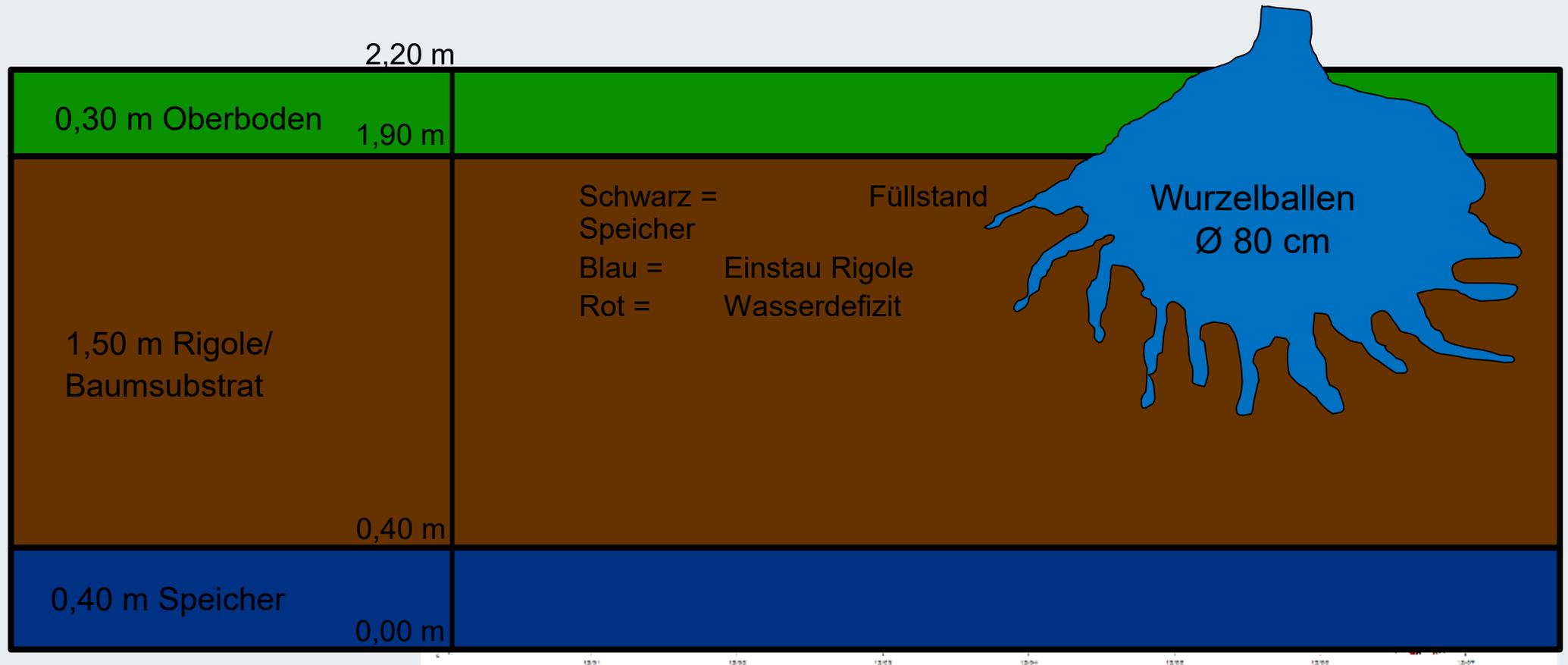
→ 75 % größere Pflanzgrube

Wasserschwankungsbereich



Baumrigolen: aktuelle Entwicklung

Langzeitsimulation zur Überprüfung der Staunässebildung



7 Jahre



Baum und Regenwasser: aktuelle Entwicklung

Fachübergreifender Diskurs über planerische Lösungen notwendig Beispiel Stoffbelastung Wasser

Hochdifferenzierte Flächenbetrachtung in wasserwirtschaftlicher Norm (A-102)

Belastungshotspots beachten

Viele Behandlungsverfahren bekannt

Flächenart	Flächenspezifizierung	Flächen- gruppe (Kurz- zeichen)	Belastungs- kategorie
Dächer (D)	Alle Dachflächen $\leq 50 \text{ m}^2$ und Dachflächen $> 50 \text{ m}^2$ mit Ausnahme der unter Flächengruppe SD1 oder SD2 fallenden	D	I
Hof- und Wege- flächen (VW), Verkehrsflächen (V)	<ul style="list-style-type: none"> – Fuß-, Rad- und Wohnwege, – Hof- und Wegeflächen ohne Kfz-Verkehr in Sport- und Freizeitanlagen, – Hofflächen ohne Kfz-Verkehr in Wohngebieten, wenn Fahrzeugwaschen dort unzulässig, – Garagenzufahrten bei Einzelhausbebauung, – Fußgängerzonen ohne Marktstände und seltenen Freiluftveranstaltungen 	VW1	
	<ul style="list-style-type: none"> – Hof- und Verkehrsflächen in Wohngebieten mit geringem Kfz-Verkehr (DTV ≤ 300 oder ≤ 50 Wohneinheiten), z. B. Wohnstraßen mit Park- und Stellplätzen, Zufahrten zu Sammelgaragen, – Park- und Stellplätze mit geringer Frequentierung (z. B. private Stellplätze) 	V1	
	<ul style="list-style-type: none"> – Marktplätze; – Flächen, auf denen häufig Freiluftveranstaltungen stattfinden, – Einkaufsstraßen in Wohngebieten 	VW2	
	<ul style="list-style-type: none"> – Hof- und Verkehrsflächen außerhalb von Misch-, Gewerbe- und Industriegebieten mit mäßigem Kfz-Verkehr (DTV 300 bis 15.000), z. B. Wohn- und Erschließungsstraßen mit Park- und Stellplätzen, zwischengemeindliche Straßen- und Wegeverbindungen, Zufahrten zu Sammelgaragen – Park- und Stellplätze mit mäßiger Frequentierung (z. B. Besucherparkplätze bei Betrieben und Ämtern) – Hof- und Verkehrsflächen in Misch-, Gewerbe- und Industriegebieten mit geringem Kfz-Verkehr (DTV ≤ 2.000), mit Ausnahme der unter SV und SWV fallenden 	V2	II



Belastung von Niederschlagswasser

n.a. = not available.
 No data.
 <5 data.
 5-15 data.
 >15 data.

Table 4
 Representative average concentration of 22 pollutants in 12 types of surface runoff

Parameter	Unit	Rainwater	Roof runoff					Runoff of trafficked areas						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Gardens, grassed areas, cultivated land	Roof runoff, tiles, concrete, fiber cement, bitumen, glass without zinc gutters and downpipes	Roof runoff, tiles, concrete, fiber cement, bitumen, glass with zinc gutters and downpipes	Green roof (intensive or extensive)	Copper roof	Aluminium roof	Zinc roof	Pedestrian and cycle way, yard	Car park	Service road	Main road	Motorway	
Physico-chemical parameters														
1	EC	µS/cm	50	141	141	71	141	141	141	n.a.	n.a.	n.a.	470	414
2	pH	-	5.0	5.7	5.7	7.5	5.7	5.7	5.7	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
Sum parameters														
3	TSS	mg/l	12	43	43	n.a.	43	43	43	7.4	150	150	163	153
4	BOD ₆	mg/l	2	12	12	n.a.	12	12	12	n.a.	11	11	11	32
5	COD	mg/l	19	66	66	n.a.	66	66	66	70	70	70	105	107
Nutrients														
6	P _{tot}	mg/l	0.09	0.22	0.22	n.a.	0.22	0.22	0.22	n.a.	0.18	0.18	0.29	0.20
7	NH ₄	mg/l	0.80	3.39	3.39	1.30	3.39	3.39	3.39	n.a.	0.1	0.1	0.9	0.5
8	NO ₃	mg/l	1.54	2.78	2.78	0.59	2.78	2.78	2.78	n.a.	2.78	2.78	5.00	2.52
Heavy metals														
9	Cd	µg/l	0.7	0.8	0.8	0.1	0.8	0.8	1.0	0.8	1.2	1.6	1.9	3.7
10	Zn	µg/l	80	370	1851	468	370	370	6000	585	400	400	407	345
11	Cu	µg/l	11	153	153	58	2600	153	153	23	80	86	97	65
12	Pb	µg/l	9	69	69	6	69	69	69	107	137	137	170	224
13	Ni	µg/l	2	4	4	3	4	4	4	n.a.	n.a.	14	11	27
14	Cr	µg/l	3	4	4	3	4	4	4	n.a.	n.a.	10	11	13



Belastung von Niederschlagswasser

Table 4
Representative average concentration of 22 pollutants in 12 types of surface runoff

Parameter	Unit	Rainwater		Roof runoff				Runoff of trafficked areas					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Gardens, grassed areas, cultivated land	Roof runoff, tiles, concrete, fiber cement, bitumen, glass without zinc gutters and downpipes	Roof runoff, tiles, concrete, fiber cement, bitumen, glass with zinc gutters and downpipes	Green roof (intensive or extensive)	Copper roof	Aluminium roof	Zinc roof	Pedestrian and cycle way, yard	Car park	Service road	Main road	Motorway
Main ions													
15	Na mg/l	2.14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	18	n.a.	108	194
16	Mg mg/l	0.18	n.a.	n.a.	7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	5
17	Ca mg/l	7.50	10	10	78	10	10	10	n.a.	n.a.	n.a.	31	37
18	K mg/l	0.56	n.a.	n.a.	7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4	n.a.	2	5
19	SO ₄ mg/l	5.46	46.71	46.71	n.a.	46.71	46.71	46.71	n.a.	n.a.	n.a.	15	39
20	Cl mg/l	2.26	7.74	7.74	n.a.	7.74	7.74	7.74	n.a.	n.a.	n.a.	106	159
Organic substances													
21	PAH µg/l	0.39	0.44	0.44	n.a.	0.44	0.44	0.44	1.00	3.50	4.50	1.65	2.61
22	MOH mg/l	0.38	0.70	0.70	n.a.	0.70	0.70	0.70	0.16	0.16	0.16	4.17	4.76

n.a. = not available.
 No data.
 <5 data.
 5-15 data.
 >15 data.

Dachflächen: Mecoprop, Diuron (Herbizide, Fungizide)



Belastung an Verkehrsflächen

BlueGreenStreets Kehrversuche



Abb. 10: Kehrlichtbeprobung an der Hochstraße in Berlin-Wedding (links), Aufbringung und Siebung der Kehrproben ($0\ \mu\text{m}$ bis $> 1000\ \mu\text{m}$) (mittig und rechts, Fotos: Daniel Geisler)



Belastung von Verkehrsflächen

BlueGreenStreets Kehrversuche

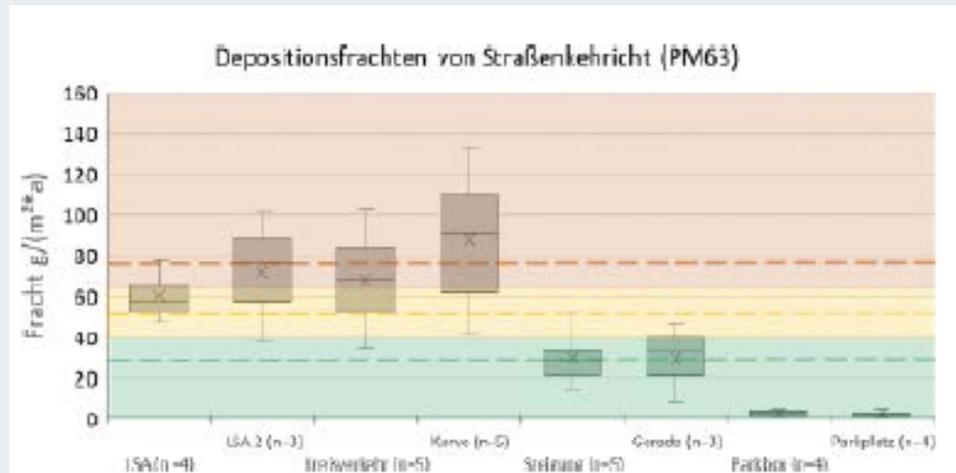


Abb. 11: Straßenlokation Lichtsignalanlage, Kreisverkehr, Kurve, Steigung und Gerade (horizontale Achse), jährliche Depositionsfrachten von PM63 für verschiedene Straßenraumstandorte bei ähnlichen Verkehrsstärken in Berlin-Wedding (vertikale Achse) und Belastungskategorien inklusive mittleren flächenspezifischen Stoffabträgen für Niederschlagswasser aus DWA-A 102-2 [19] (grün: Kategorie I, orange: Kategorie II, braun: Kategorie III)





Reifen- und Straßenabrieb in Deutschland (TRWP*)

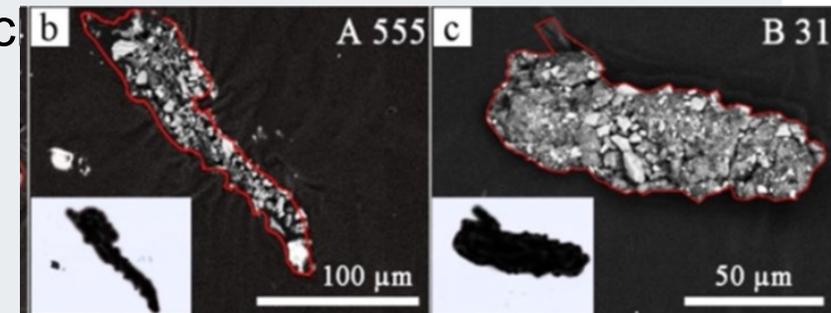
- Etwa 110 mg/km Reifenabrieb produzieren PKW und 900 mg/km LKW (~1.3 kg/(cap*a)).
- Reifen sind Mischungen aus natürlichem und synthetischem Gummi, Ruß, Metallen usw.
- Sie formen in Kontakt mit der Straße spontan Konglomerate mit dem Straßenbelag und Staub, sog.
*TRWP: Tyre and Road Wear Particle
- Konglomerate bestehen aus 50 % Reifenabrieb + 50 % Straßenabrieb → ca. 1.8 g/cm³.
- Weniger als 10 % des Reifenabriebs ist kleiner als 10 µm (PM10).



bei 300 KFZ/d und 1



esc



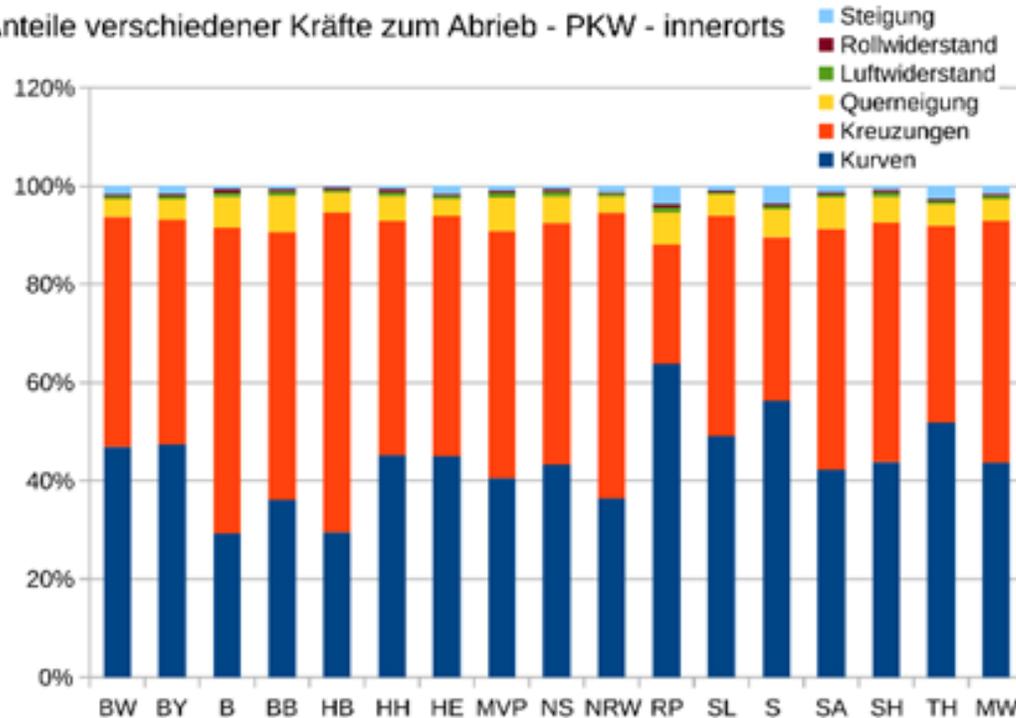
40 000 km run length, 7000 g weight of the new tyre
Wagner et al. 2018. In: Water research 139, 83–100. DOI: 10.1016/j.watres.2018.03.05
Sommer et al. 2018. In: Aerosol Air Qual. Res. 18 (8). DOI: 10.4209/aaqr.2018.03.0099



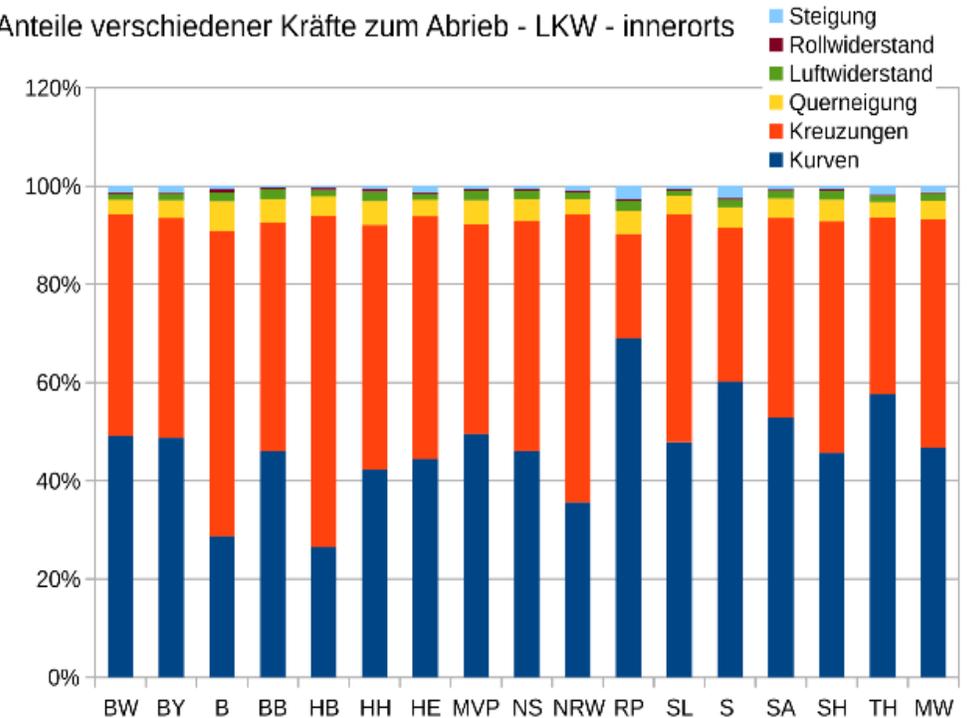
Hotspots | Kurven und Kreuzungen

Sowohl Reifenabrieb als auch AFS63

Anteile verschiedener Kräfte zum Abrieb - PKW - innerorts



Anteile verschiedener Kräfte zum Abrieb - LKW - innerorts



- Kreuzungen und Kurven sind die wichtigsten Faktoren
- Nebenstraße bei 300 KFZ/d und 10 m Länge -> geschätzt ca. 6 g/10 m/a



Dezentrale RWBehandlung, Randbedingungen für Auswahl und Leistungsfähigkeit

- Allgemein
 - Angeschlossene Fläche
 - Volumenstrom (Vollstrom, Teilstrom), Verweilzeit/Volumen Anlage
 - Dichte der Partikel/Flüssigkeit
 - Verhältnis Angeschlossene Fläche/Füllvolumen
 - Vorreinigung durch Kehrmaschinen
- Integration
 - Verfügbarkeit Oberfläche
 - Verfügbarkeit unterirdischer Raum
- *Weitere Anforderungen*
 - *Stadtklima/Wasserbilanz*
 - *Starkregenrückhalt*





Versickerungsanlagen

dezentrale „Bodenfilter“





Stoffbelastung Oberboden Versickerungsanlagen

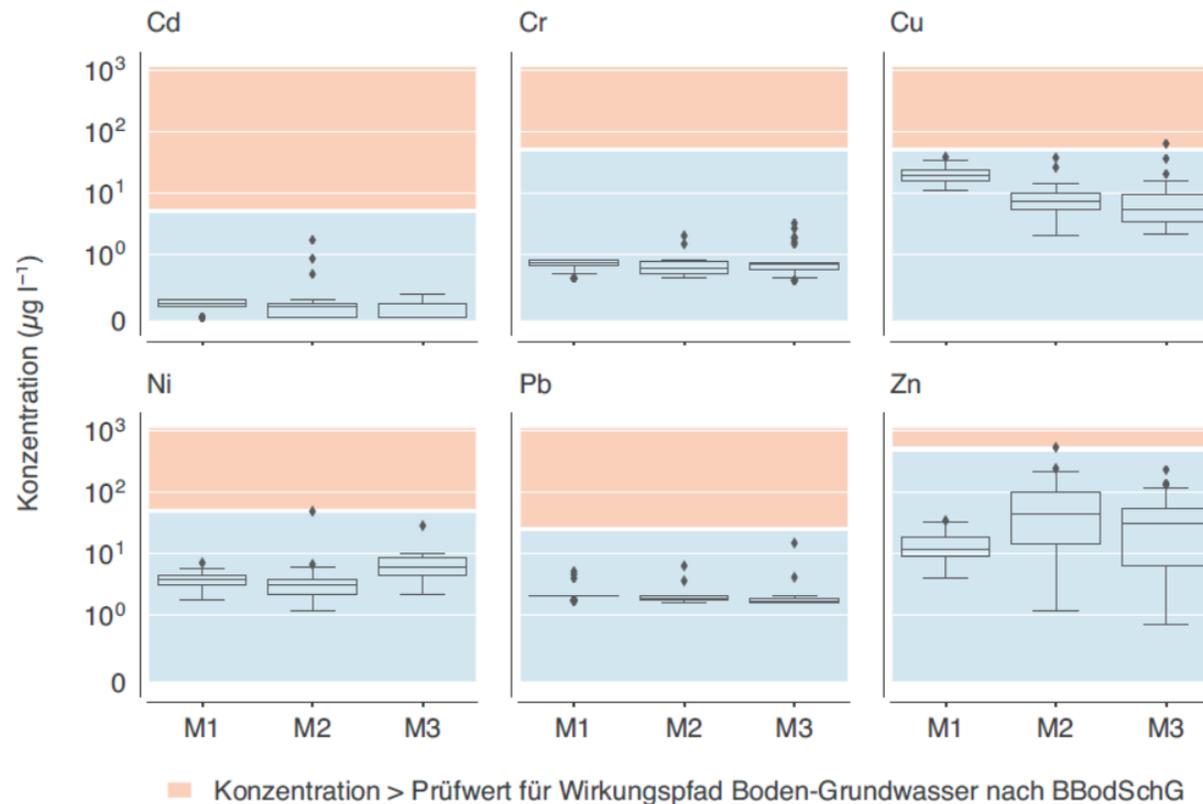


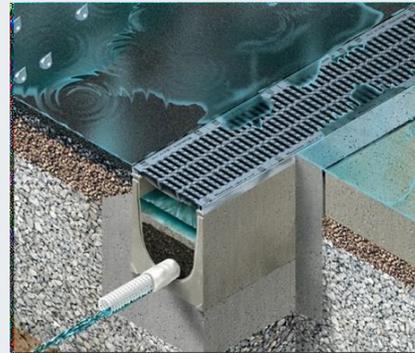
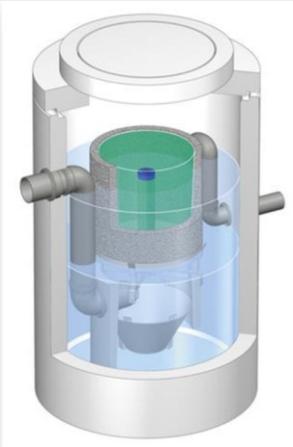
Abbildung 19: Bewertung der Sickerwasserkonzentrationen anhand der Prüfwerte der BBodSchV (1999). Werte im blauen Bereich liegen unterhalb, Werte im roten Bereich oberhalb der Prüfwerte nach BBodSchV (1999). Zur verbesserten Anschaulichkeit ist die Y-Achse logarithmisch skaliert.

Björn Kluge (Berlin), Matthias Pallasch (Hoppegarten), Daniel Geisler und Sven Hübner (Berlin)

**Messergebnisse
LEIREV/KONVERT**
Im Auftrag des LANUV NRW



Dezentrale/Semizentrale RW-Behandlung - Überwachung



Sedimentation
Sedimentation mit Filtration
Kleine Sensoren mittels LoRaWAN
www.watergridsense40.de



WaterGridSense 4.0

GEFÖRDERT VOM
 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Übertragung DWA-A 102 RWBehandlung technisch, Auswahl

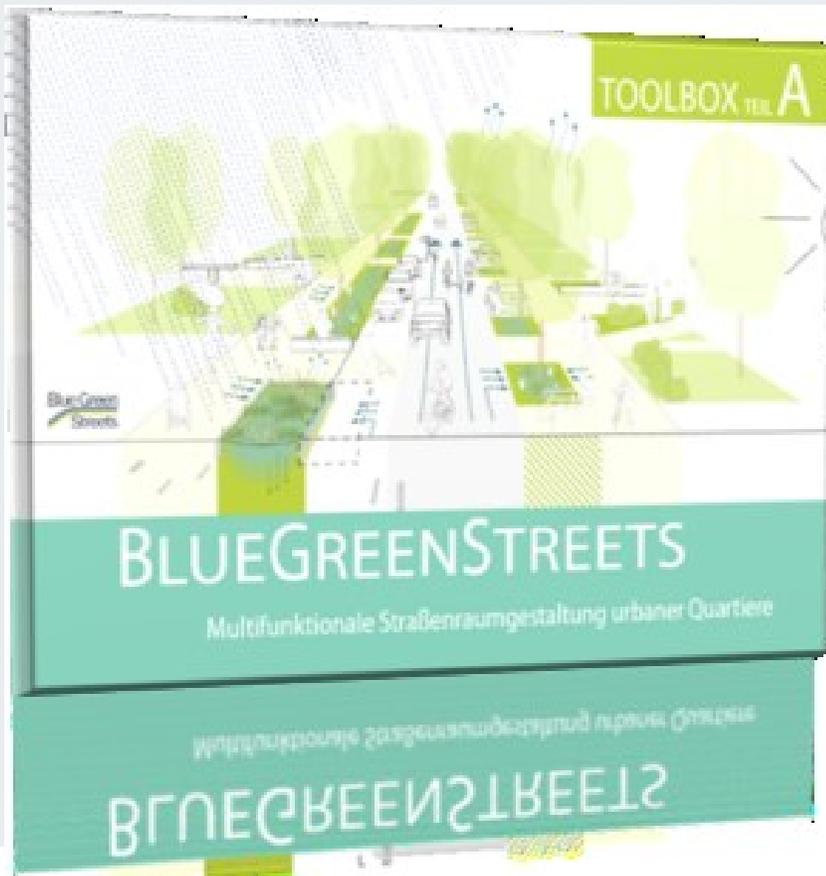
Maßnahme	Anteil behandeltes Wasser [%]	Stoffrückhalt AFS [%]	Stoffrückhalt AFS 63 [%] (Für A 102)	Quelle Angabe	Stoffrückhalt Reifenpartikel <63 [%] Ergänzung A 102
Mulde	99	99	99	nach RISA 2013 sowie VKU 2013	99
Mulden-Rigolen-Element, kompakt	99	88	95	nach RISA 2013 sowie VKU 2013	99
Versickerungsrinne mit Substrat	99	95	80		80
Schacht mit Wirbelabscheider und Filter	80	95	80	nach A 102 Seite 43	80
Schacht mit Filter	80	95	80	nach A 102 Seite 43	80
Sedimentationsstrecke	80	88	80		80
Straßenablauf mit Filter und Sedimentation	80	70	55	Angabe vom Hersteller; Messung	55
Straßenablauf mit Sedimentation	80	60	30	DSWT	30
Becken mit Bodenfilter	95	98	95	nach RISA 2013 sowie VKU 2013	95
Becken ohne Filter	95	50	20	nach RISA 2013 sowie VKU 2013	40
Kläranlage	95	98	95		95

abschätzung
in situ nur
60-70%?



Stand der Technik

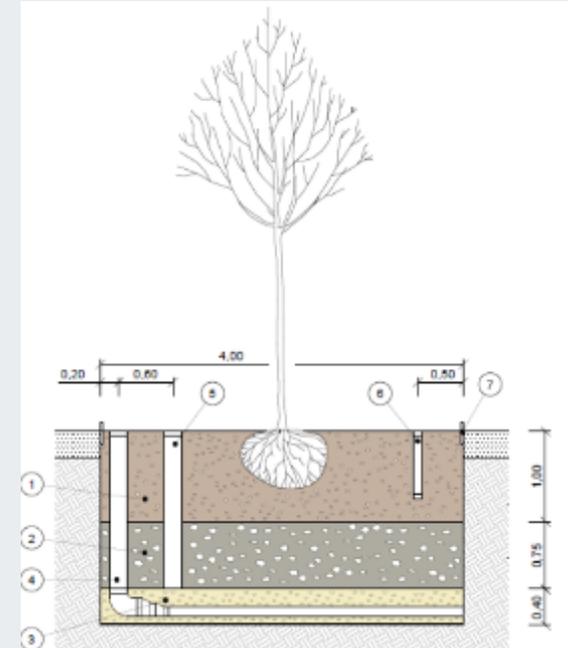
BlueGreenStreets - Toolbox





Aktuelle Forschung

Demonstrationsanlage Pillnitz (LfULG Sachsen)

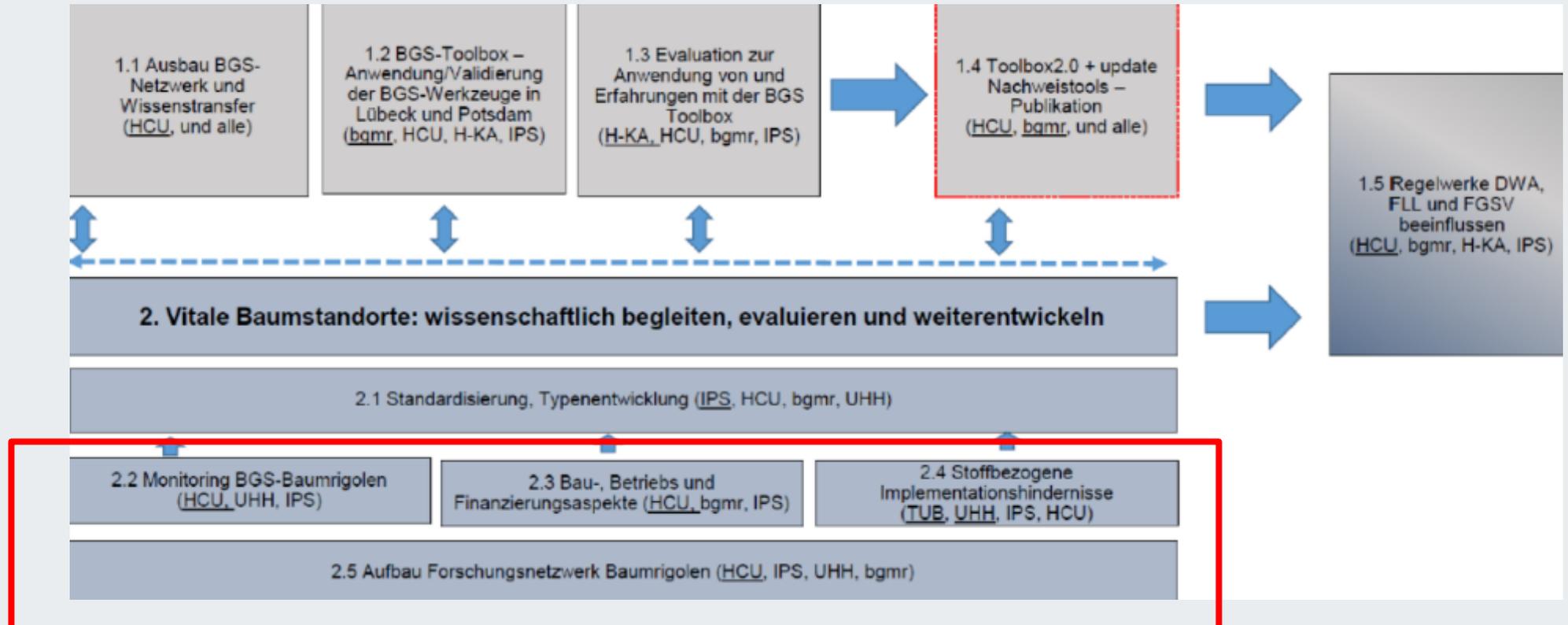


**36 Baumrigolen // 3 Bauweisen // 4 Arten // 3
Wiederholungen**



Aktuelle Forschung

BMBF-Förderprojekt zur Erarbeitung von Standards und Austausch mit den regelgebenden Fachverbänden und Fachleuten: BlueGreenStreets 2.0





Baumstandorte Berlin-Rummelsburg 25 Jahre





Vielen Dank!

Weitere Fragen: h.sommer@sieker.de

