

# Anforderungen und Kenngrößen für Böden und Substrate

Neue Herausforderungen bei der Strassenentwässerung – Recherche zum Stand des Wissens (im Auftrag von AWEL und TBA Zürich)

Michael Burkhardt, OST – Ostschweizer Fachhochschule,  
Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), Rapperswil

Beatrice Kulli, Andrea Saluz  
ZHAW – Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil

Basel, 11. Juli 2022

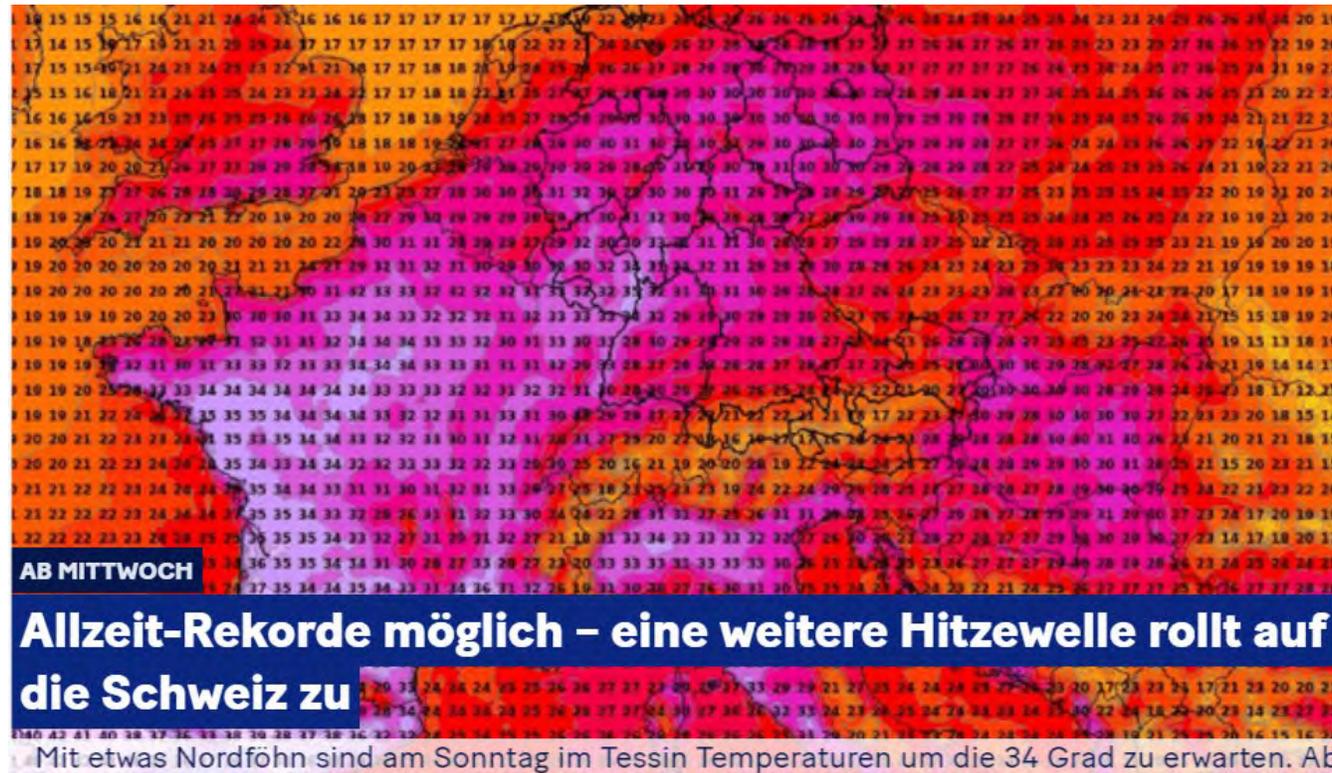
# Gliederung

1. **Herausforderungen im urbanen Raum**
2. Belastungen im Regenabwasser
3. Eigenschaften von Böden
4. Substrate als Bodenersatz
5. Schlussfolgerungen

# Klimawandel - Hitze

## ■ Der Klimawandel ist Realität

- Hitze, Wassermangel, Starkregen, Überschwemmungen etc.



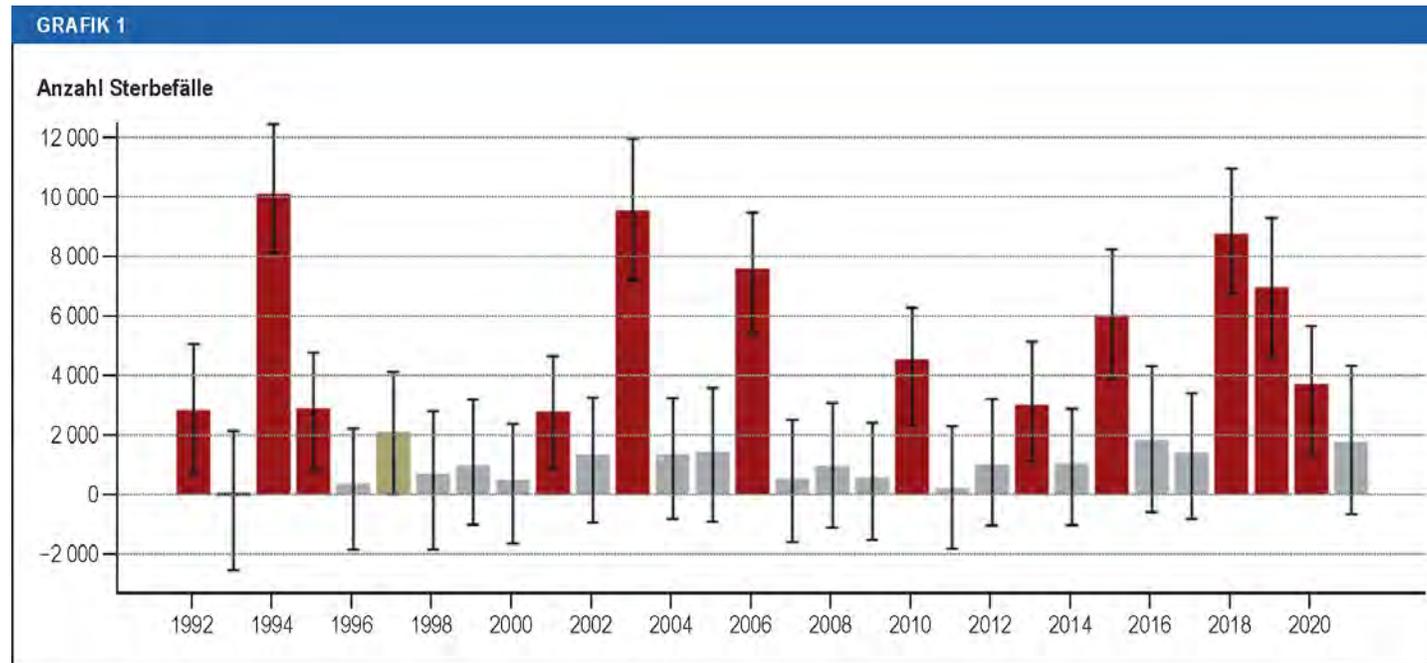
Sonntag,  
10. Juli 2022

<https://www.20min.ch/>

# Gefährdung der Gesundheit

## ■ Übersterblichkeit durch Hitze (**BAG**)

- Präventionsmassnahmen zum Schutz der Gesundheit



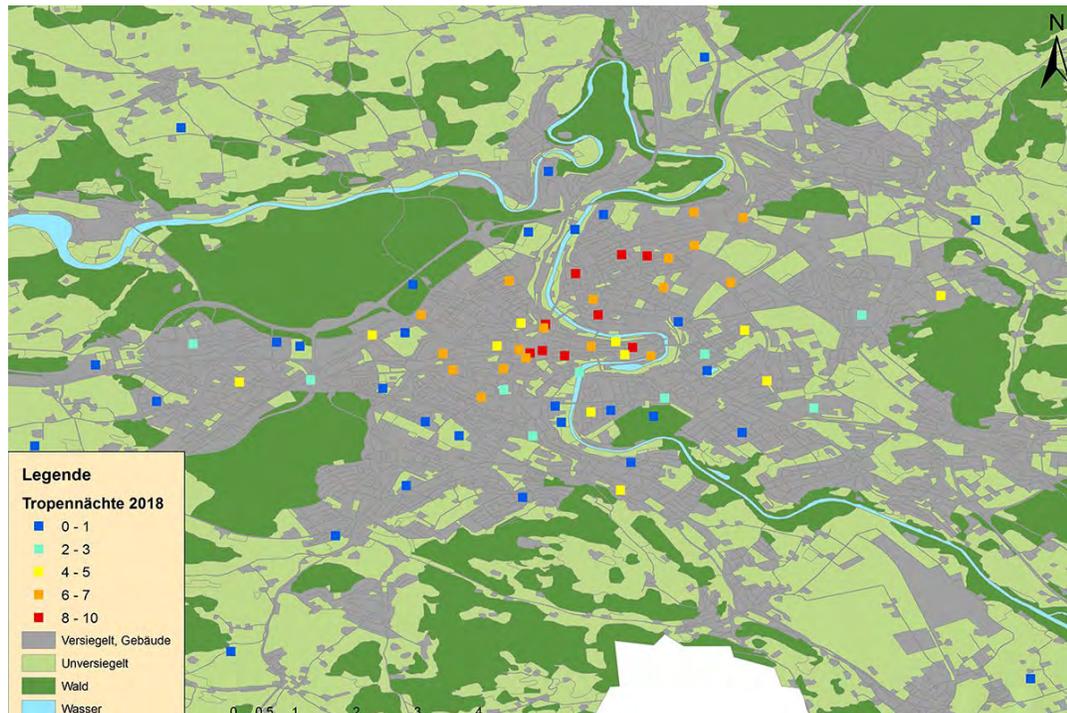
**Geschätzte Anzahl hitzebedingter Sterbefälle für den Zeitraum 1992–2021 in Deutschland.** Jahre mit einer signifikanten Anzahl hitzebedingter Sterbefälle (Signifikanzniveau 5 %) sind rot hervorgehoben. Jahre mit grenzsignifikanter Anzahl hitzebedingter Sterbefälle (Signifikanzniveau 10 %) sind beige hervorgehoben. Die geschätzten Anzahlen hitzebedingter Sterbefälle inklusive 95%-Konfidenzintervallen sind außerdem in *Tabelle* und *eTabelle* gelistet.

Winklmayr, C. et al. (2022): Hitzebedingte Mortalität in Deutschland zwischen 1992 und 2021. Dtsch Arztebl Int, 119(26): 451-7

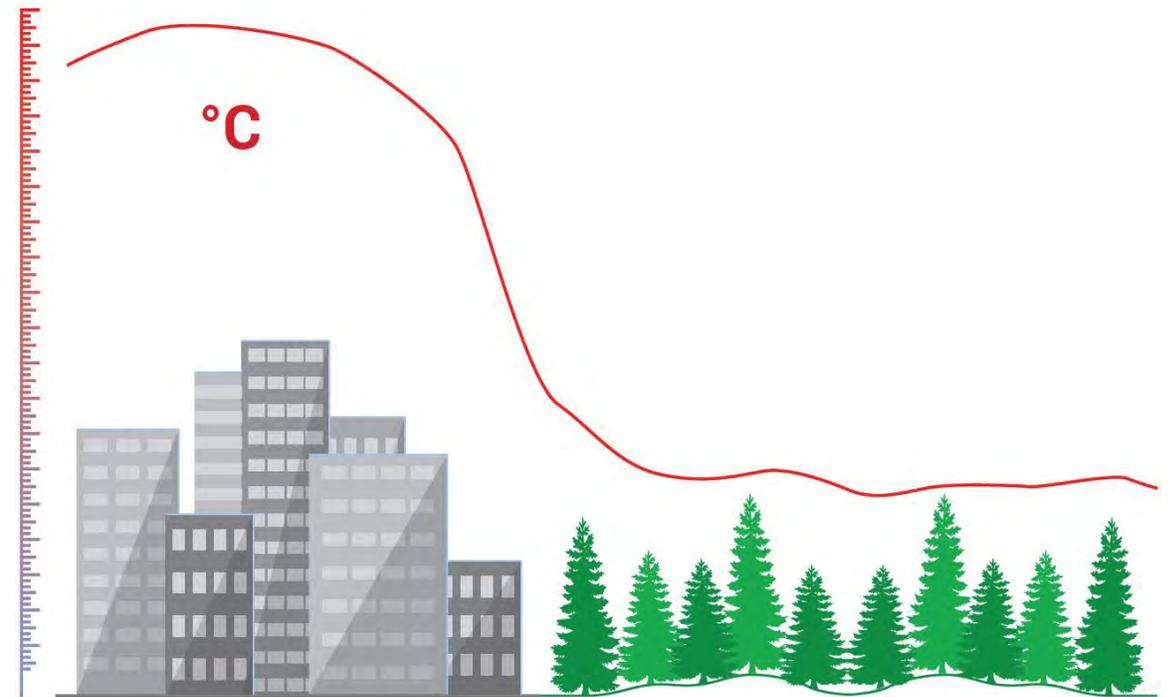
# Wirksame Hitzeminderung durch Grün

## ■ Tropennächte Basel (Messungen)

■ Verdunstung, Schatten, Aufenthaltsqualität etc.



[www.uniaktuell.unibe.ch/unibe/portal/uniaktuell/content/e1036084/e1086367/index\\_ger.html](http://www.uniaktuell.unibe.ch/unibe/portal/uniaktuell/content/e1036084/e1086367/index_ger.html)



<https://gruenstattgrau.at/urban-greening/leistungen-von-begruenung/>

# Hitzeminderung durch Beschattung

## ■ Zwei wirksame Lösungen

- Grün braucht Blau: 2–5 L Wasser pro m<sup>2</sup> Kronenfläche (10 m Durchmesser 150–400 L/Tag)



# Blau-grüne Infrastruktur (BGI)

## ■ Massnahmen gegen Erhitzung<sup>1,2</sup>

- Grünflächen
- Beschattung
- Sichtbares Wasser
- Einsatz heller Baumaterialien

### Verhindern, dass Städte zu Öfen werden

Weitere Möglichkeiten zur Anpassung finden sich auf städtebaulicher Ebene. Nicht nur Zürich, auch Städte in der Grösse von Bern weisen an heissen Tagen häufig markant höhere Temperaturen auf als ihre ländliche Umgebung. Ein Grund ist, dass sich die in Städten verbauten Materialien schneller aufheizen und die Wärme länger speichern. Dieser als «Städtische Hitzeinsel» (Urban Heat Island) bekannte Effekt hängt auch von der Bebauungsdichte sowie vom Anteil an versiegelten Böden, offenen Plätzen, Grünflächen und dem Pflanzenbestand ab. In



1 Jacobshagen, N. (2020): Hitzeschutz für die Schweiz. UniPress 179/2020

2 Ragetli, M.S., Rösli, M. (2021): Hitze-Massnahmen-Toolbox 2021: Ein Massnahmenkatalog für den Schutz der menschlichen Gesundheit vor Hitze. SwissTPH, Basel. Im Auftrag des BAG

# Gliederung

1. Herausforderungen im urbanen Raum
- 2. Belastungen im Regenabwasser**
3. Eigenschaften von Böden
4. Substrate als Bodenersatz
5. Schlussfolgerungen

# Schadstoffe in Platz- und Strassenabwasser

## ■ Partikuläre Stoffe

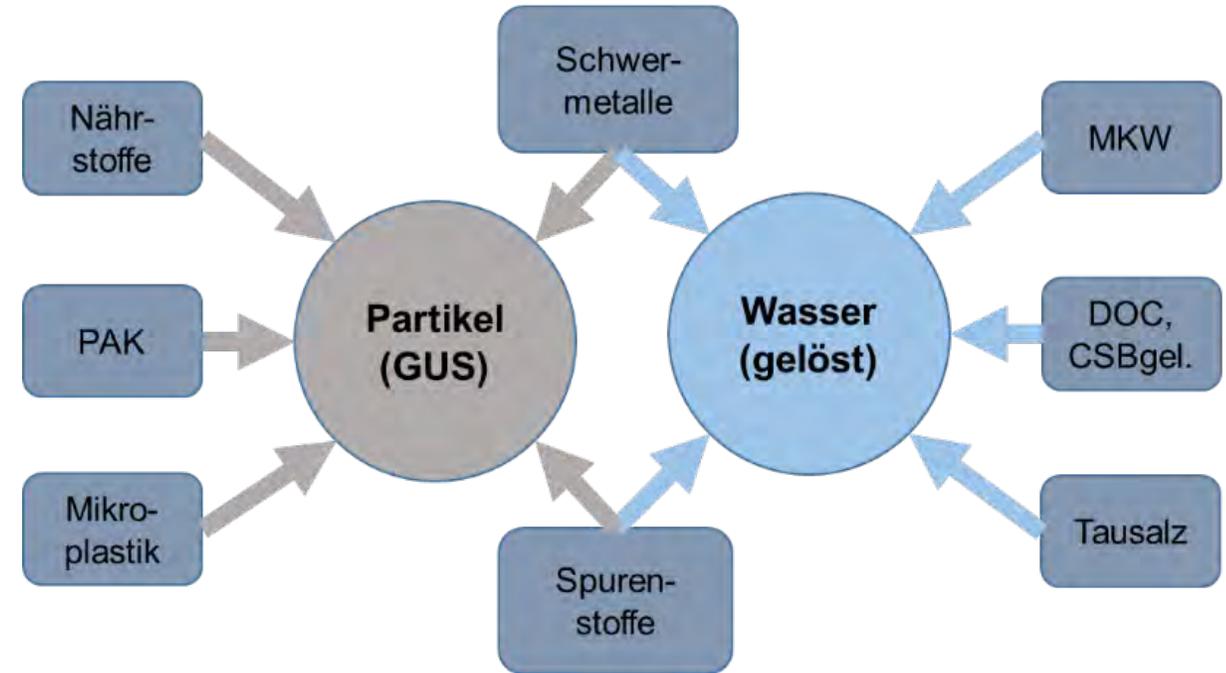
- Ungelöste Stoffe (GUS;  $>0.45 \mu\text{m}$ )
- GUS ist Summenparameter für alle Partikel (z.B. Russ, Boden, Abrieb)
- Binden gelöste Stoffe, sind selber Schadstoffe oder setzen solche frei

## ■ Gelöste Stoffe

- Spurenstoffe, Schwermetalle, Kohlenwasserstoffe, Tausalz etc.

## ■ Hinweis zur GSchV

- Es gibt keine Anforderungswerte für Regenwasser
- Strassenabwasserbürtige Spurenstoffe und Tausalz fehlen



# Strassenverkehr: Emission von Schwermetallen

## Schwermetalle

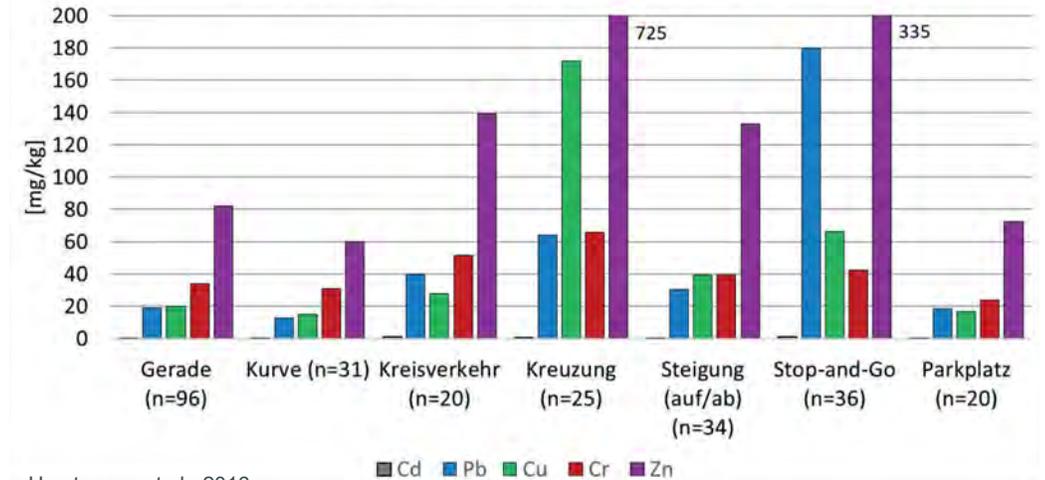
- Fahrverhalten (Stop-and-Go, Kreuzung)
- Verkehrsdichte (Anzahl Fahrzeuge, DTV)
- Zink ist Indikatorstoff (allenfalls noch Kupfer)

## Bedeutung partikulärer Stoffe

- Ton- und Schlufffraktion (<0.06 mm) bindet >60 % der Schwermetalle

## Hinweis

- Schwermetalle liegen meistens nicht gelöst, sondern gebunden/partikulär vor.



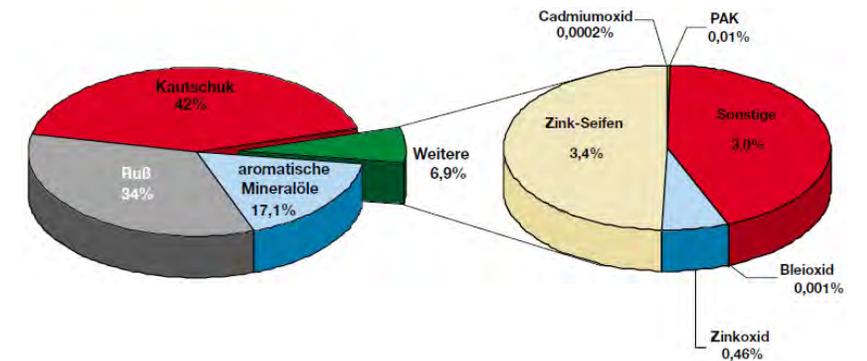
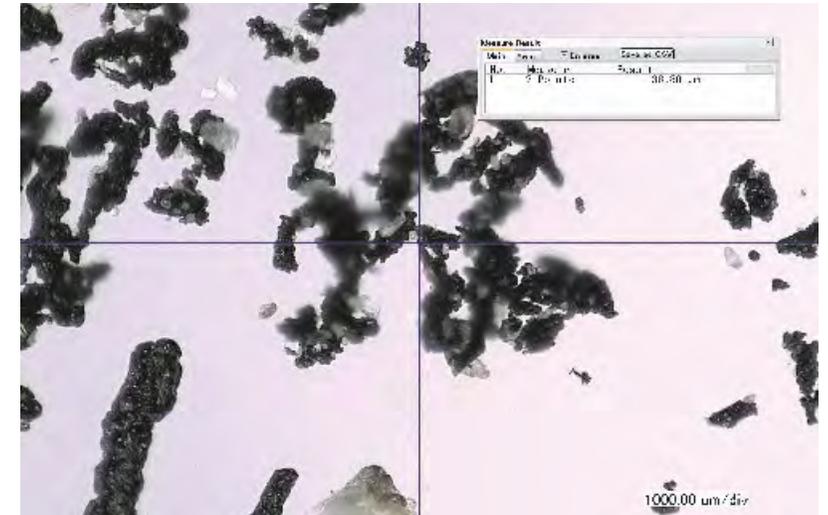
Horstmeyer et al., 2016

Kornfraktion	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
	%	%	%	%	%
> 600 µm	11	1	< 1	6	8
60-600 µm	18	18	12	14	26
6-60 µm	72	81	87	80	67

DWA, 2010

# Strassenverkehr: Emission von Pneuabrieb (Mikroplastik)

- **Primäremission (ca. 10'000 t/a Abrieb in CH)**
  - Akkumulation auf Strassen, Flächen und Boden
  - Reduktion der Emissionen durch Verkehrsberuhigung (weniger, langsamer)
  - Reduktion der Belastung durch Strassenreinigung
- **Sekundäremission (Schwermetalle, Spurenstoffe)**
  - Vulkanisationsbeschleuniger (Benzothiazol, Mercaptobenzothiazol u.a.)
  - Weichmacher und Stabilisatoren (z.B. Nonylphenol, DEHP, Bisphenol A)
  - Antioxidationsmittel 6PPD (N-(1,3-dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamin)



Krämer, S. et al. (2006): Ökobilanz eines PKW-Reifens. Continental AG, S. 42

# Strassenverkehr: Sekundäremission von gelösten Spurenstoffen

## ■ Antioxidationsmittel 6PPD in Pneus

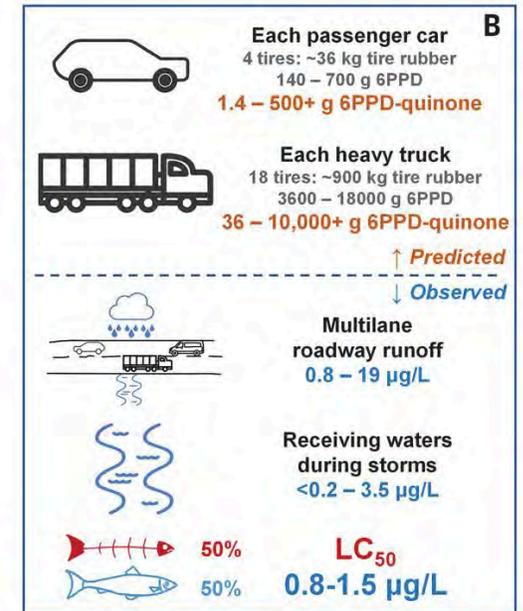
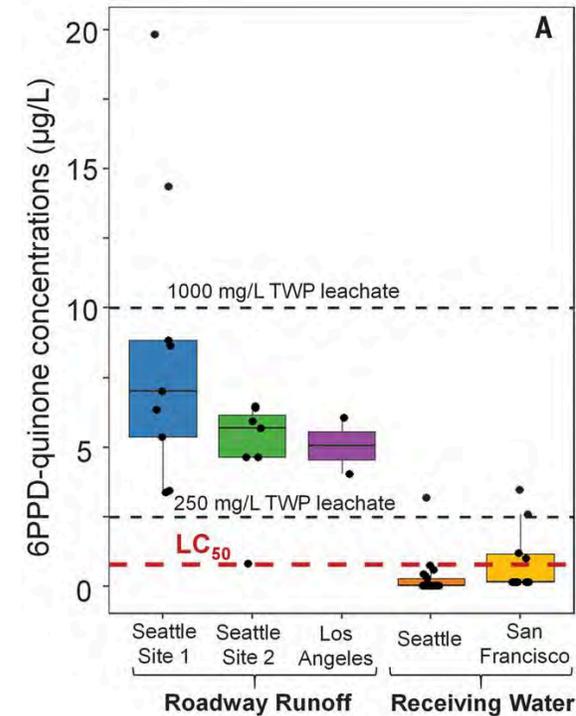
- Seit Jahrzehnten eingesetzt (0.4-2.0%)
- 6PPD-Quinon: entsteht durch Oxidation (Ozon)

## ■ Vorkommen und Wirkung von 6PPD-Quinon

- Im Strassenabwasser <math><0.3 - 19 \mu\text{g/L}</math>
- Toxizität  $\text{LC}_{50}$  bei  $0.8 \pm 0.16 \mu\text{g/L}$
- Lethale Wirkung auf junge Lachse

## ■ Hinweis

- Vorkommen von 6PPD-Quinon im Strassenabwasser unklar



Tian, Z. et al (2020) A ubiquitous tire rubber-derived chemical induces acute mortality in coho salmon. Science 371, 185-189.

# Übersicht zum Umweltverhalten von Schadstoffen

## ■ Partikuläre Stoffe (GUS)

- Teils abbaubar, binden Stoffe, verursachen Trübung
- Rückhalt: Sedimentation, Filtration (Kolmation)

## ■ Anorganische Stoffe (Kupfer, Zink, etc.)

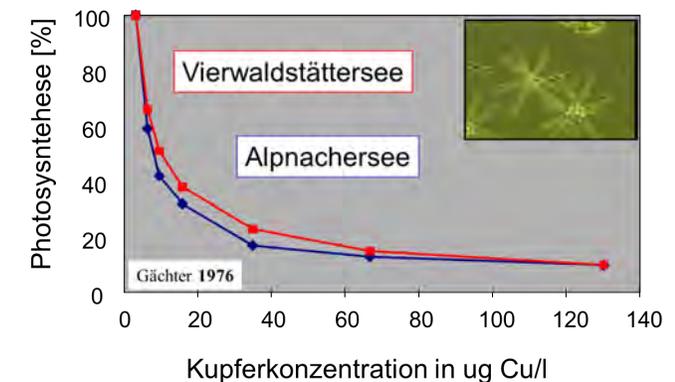
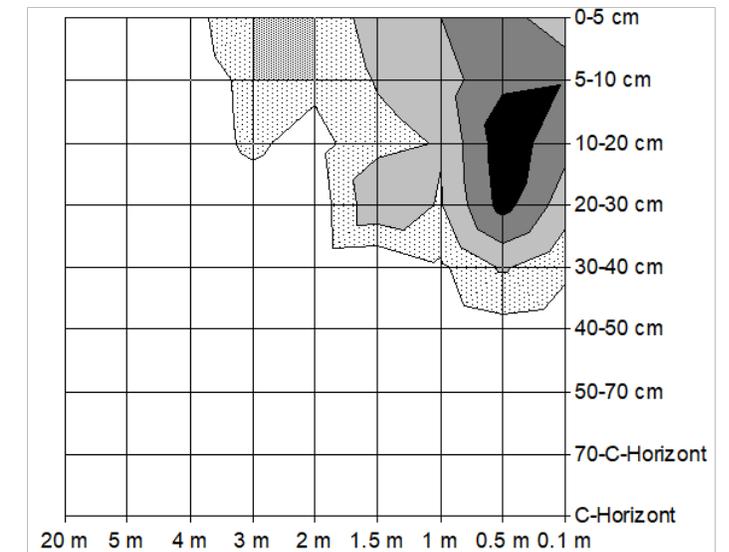
- Nicht abbaubar, meist ungelöst, nur gelöst toxisch
- Rückhalt: Adsorption, Filtration, Fällung (pH-Wert)

## ■ Organische Spurenstoffe

- Teils langsam abbaubar, teils sehr toxisch
- Rückhalt: Adsorption, biologischer Abbau

## ■ Hinweis

- Rückhaltemechanismen sind bekannt (planbar)



# Planung gemäss VSA-Belastungsklassen<sup>1</sup>

- **Belastungen durch Parkplätze, urbane Platzflächen und Strassenverkehr**
  - Tausalz ist nicht vorgesehen

Herkunftsfläche	Belastungsklasse	Hinweise zur Belastung
<p><b>Parkplätze mit häufigen Fahrzeugwechseln</b>, z.B. bei Einkaufszentren, Sport- und Freizeitanlagen, Bahnhöfen, Spitälern</p> <p><b>Urbane Platzflächen</b>, z.B. Marktplätze, Plätze mit vielen Festen, häufigem Publikumsverkehr, aber wenig motorisiertem Verkehr</p>	<p><b>mittel bis hoch</b> (je nach Belastung)</p>	<p><b>Stoffabbau:</b> Bei durchlässig gestalteten Plätzen werden organische Stoffe in der Bodenpassage teilweise abgebaut.</p> <p><b>Belastungsklassierung:</b> Klassierung ist in Absprache mit der kantonalen Fachstelle zu klären.</p>
<p><b>Strassen:</b> Effektive Belastung ist zu berechnen</p>	<p><b>gering:</b> &lt;5'000 DTV <b>mittel:</b> 5'000 – 14'000 DTV <b>hoch:</b> &gt; 14'000 DTV</p>	<p><b>Emissionen:</b> Abhängig von DTV, Verkehrsregime und Ausprägung des Strassenraums.</p> <p><b>Verfrachtung:</b> Quer zur Strasse entstehen meist exponentiell abnehmende Bodenbelastungen.</p>

VSA (2019): Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter. VSA; Glattbrugg

# Planung gemäss VSA-Belastungsklassen<sup>1</sup>

## ■ Belastungen durch Dach/Fassade (gemischtes Einzugsgebiet)

- Leicht erhöhter Anteil: 5 - 10 % der gesamten Kontaktfläche
- Erhöhter Anteil: Bei Versickerung >50 m<sup>2</sup> Dachfläche und >250 m<sup>2</sup> Fassadenfläche

Herkunftsfläche	Belastungs- klasse	Hinweise zur Belastung
<b>Unbeschichtete Metallfläche:</b> Leicht erhöhter Anteil	mittel	-
<b>Unbeschichtete Metallfläche:</b> Erhöhter Anteil	hoch	<b>Fläche:</b> Gesamtfläche aller Metallinstallationen in Kontakt mit Niederschlagswasser.
<b>Beschichtete Metallfläche:</b> Erhöhter Anteil	mittel	<b>Dauerhaftigkeit der Beschichtung:</b> Ist über gesamte Lebensdauer durch Hersteller zu belegen.
<b>Pestizidhaltige Materialien:</b> Erhöhter Anteil	mittel (gering, hoch)	<b>Materialien:</b> Folien, Bahnen, Anstriche, <u>Putze</u> etc., die auswaschbare Pestizide enthalten. <b>Klassierung "gering":</b> Ist durch Hersteller zu belegen.

VSA (2019): Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter. VSA; Glattbrugg

# Grundwasserschutz durch geplante Versickerung<sup>1</sup>

## ■ Versickerung (sofern zulässig)

- Fläche: Entwässerungs-/Versickerungsfläche  $A_E/A_V < 5$  (Ort-des-Anfalls)
- Bewilligungspflichtige Anlage: Entwässerungs-/Versickerungsfläche  $A_E/A_V > 5$  (Aufkonzentrierung)

## ■ Behandlung (Anlage)

- Mit Bodenpassage: VSA-Vorgaben
- Ohne Bodenpassage: Anforderungsstufe

## ■ Fazit

- Was unterscheidet Boden von Substrat?

Versickerung		Art der zu entwässernden Fläche					
Gewässerschutzbereich $A_U, S1-S3, S_h, S_m, \text{üB}$ gemäss Gewässerschutzkarte	Bodenpassage (Aufbau gemäss Modul DA Kap. 1.3)	Dach- und Fassadenflächen			Platz- und Verkehrsflächen		
		Belastungsklasse des Niederschlagsabwassers gemäss Tabelle B6			Niederschlagsabwassers gemäss Tabelle B7 und B8		
		gering	mittel	hoch	gering	mittel	hoch
übrigen Bereich üB	mit	+	+	+ <sup>2</sup>	+	+	+ <sup>2</sup>
	ohne	+	+	B <sub>erhöht</sub>	B <sub>standard</sub> <sup>3</sup>	B <sub>standard</sub>	B <sub>erhöht</sub>
Bereich A <sub>U</sub>	mit	+	+	+ <sup>2</sup>	+	+	+ <sup>2</sup>
	ohne	+	B <sub>standard</sub> <sup>1</sup>	B <sub>erhöht</sub>	B <sub>standard</sub> <sup>4</sup>	B <sub>standard</sub>	B <sub>erhöht</sub>
S3, S <sub>h</sub> , S <sub>m</sub>	mit	+	-	-	+	-	-
	ohne	-	-	-	-	-	-
Schutzareal/S2/S1	nicht relevant	-	-	-	-	-	-

Legende	
+	Versickerung zulässig
B <sub>standard</sub>	Versickerung zulässig mit Behandlung in Anlage der Anforderungsstufe «standard» oder «erhöht»
B <sub>erhöht</sub>	Versickerung zulässig mit Behandlung in Anlage der Anforderungsstufe «erhöht»
-	Versickerung nicht zulässig

Informationen zu Behandlungsanlagen und Anforderungsstufen siehe Kap. 7 im vorliegenden Modul.

VSA (2019): Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter. VSA; Glattbrugg

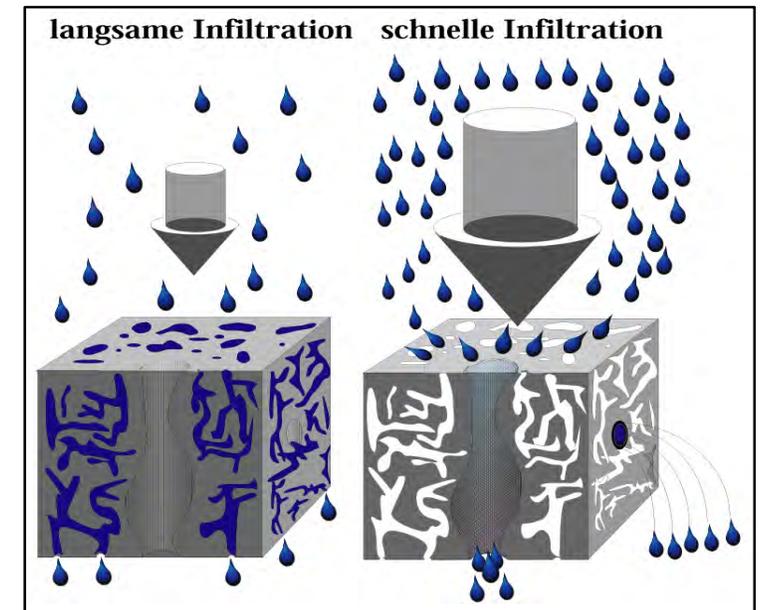
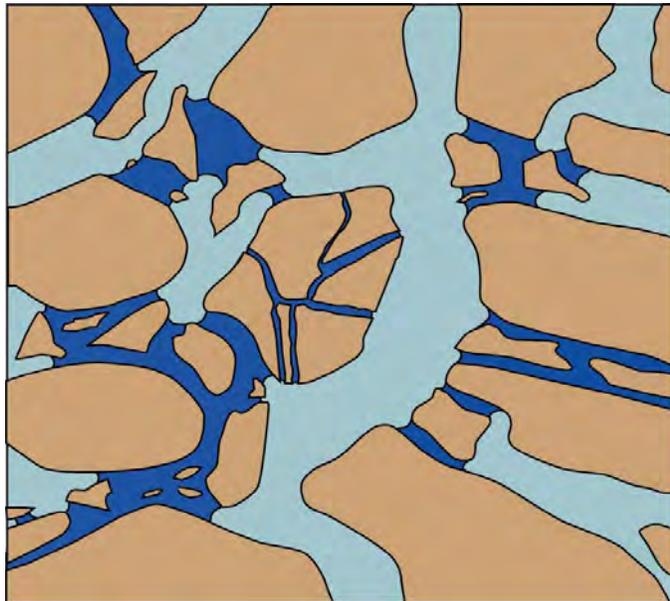
# Gliederung

1. Herausforderungen im urbanen Raum
2. Belastungen im Regenabwasser
- 3. Eigenschaften von Böden**
4. Substrate als Bodenersatz
5. Schlussfolgerungen

# Welche Eigenschaften zeichnen natürliche Böden aus?

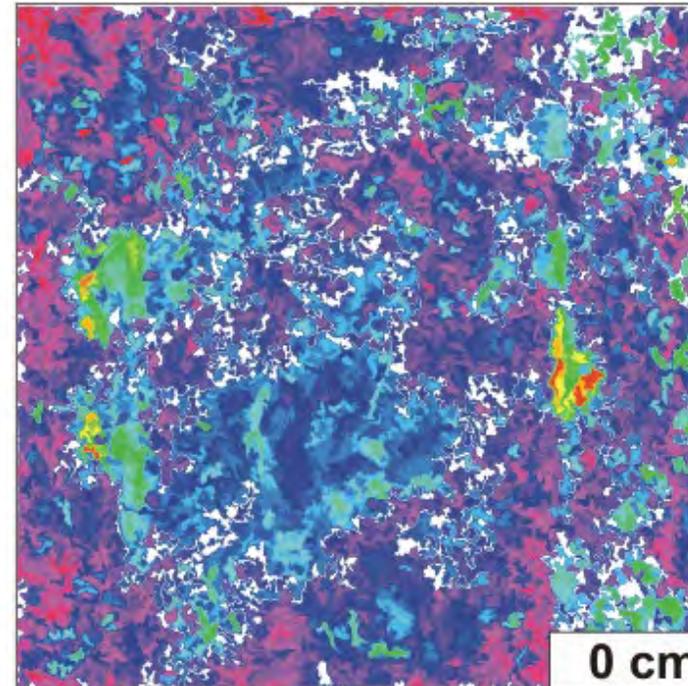
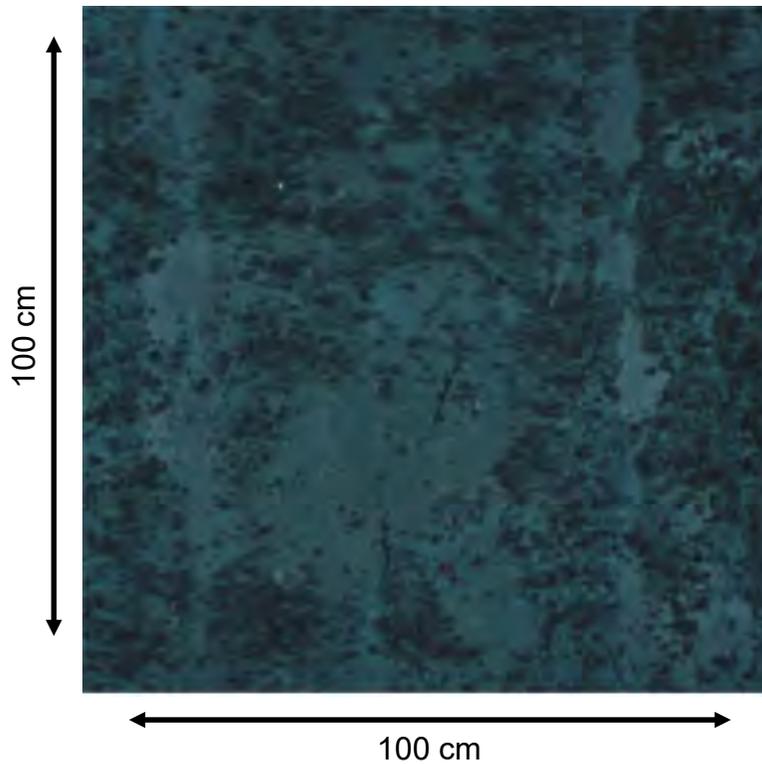
## ■ Räumliche Heterogenität, zeitliche Variabilität

- Mehrphasensystem: Fest, flüssig, gasförmig
- Reaktor: Physikochemische, biologische Stoffumwandlung
- Lebensraum: Biologische Aktivität, Pflanzenstandort



# Heterogenität und Dynamik

- **Visualisierung von Fließwegen (Farbstoff Brilliant Blue, adsorbierend)**
  - Ungleichmässige Infiltration und Stoffverlagerung
  - Präferentieller Transport – punktuell schnelles Fliesen



Parabraunerde aus Löss

# Grundgerüst von Böden (räumliche Heterogenität )

## ■ Mineralisches Grundgerüst (Textur, Korngrösse)

- Feinboden (Bodenart, <2 mm): Ton (<0.002 mm), Schluff (0.002–0.05 mm), Sand (0.05–2 mm)
- Grobboden (Skelett, >2 mm): Kies, Steine etc.

## ■ Organische Substanz (dunkle Farbe)

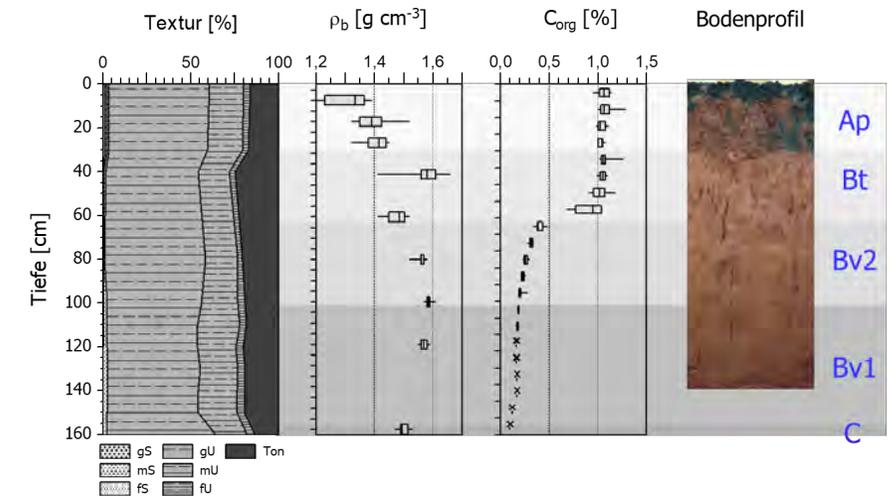
- Humoser Anteil: Pflanzenreste (abbaubar)

## ■ Räumliche Anordnung (Struktur)

- Einzelkorngefüge: Primärteilchen (Rohböden)
- Aufbaugesüge: Sekundärporen (Ton, Humus)

## ■ Charakteristische physikalische Kenngrössen

- Bodenart, Skelett, organische Substanz
- Lagerungsdichte (Raumvolumen)



# Wasser- und Lufthaushalt (zeitliche Dynamik)

## ■ Porengrößen

- Feinporen:  $< 0.2 \mu\text{m}$
- Mittelporen:  $0.2\text{-}10 \mu\text{m}$
- Grobporen: eng  $> 10 \mu\text{m}$ , weit  $> 50 \mu\text{m}$

## ■ Wasserhaushalt für Pflanzen

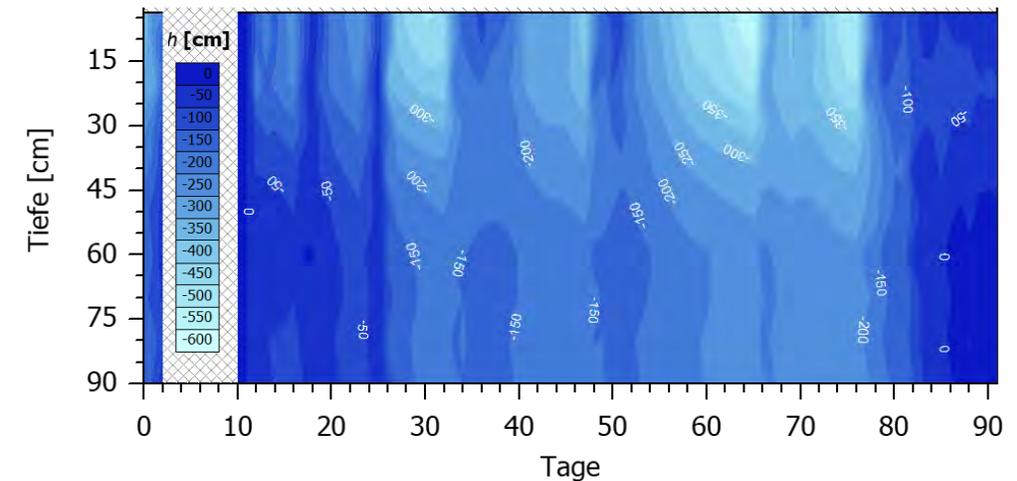
- Feldkapazität (FK): Haftwasser (pF 2.5)
- Nutzbare Feldkapazität (nFK):  
pflanzenverfügbares Wasser (pF 1.8-4.2)
- Luftkapazität: GPV – FK

## ■ Charakteristische hydraulische Kenngrösse

- Gesättigte Wasserleitfähigkeit ( $k_f$ ): Strukturstabile Grobporen (Sand, Skelett)

Saugspannung in cm WS		< 60	60 bis < 300	300 bis < 15 000	$\geq 15\ 000$
pF-Wert		< 1,8	1,8 bis < 2,5	2,5 bis < 4,2	$\geq 4,2$
Porenäquivalent in $\mu\text{m}$		> 50	50 bis > 10	10 bis > 0,2	$\leq 0,2$
Bodenwasser		schnell bewegliches	langsam bewegliches	pflanzenverfügbares	nicht pflanzenverfügbares
		Sickerwasser		Haftwasser	
Kennwerte	trockene Böden <sup>1)</sup>	Luftkapazität		nutzbare Feldkapazität	Totwasser
			Feldkapazität		
Kennwerte	nasse Böden <sup>2)</sup>	Luftkapazität	nutzbare Feldkapazität		Totwasser
			Feldkapazität		
Porenbezeichnung		weite Grobporen	enge Grobporen	Mittelporen	Feinporen
		Gesamt-Porenvolumen			

[www.gd.nrw.de/bo\\_bb\\_boden-und-klimawandel.htm](http://www.gd.nrw.de/bo_bb_boden-und-klimawandel.htm)



# Wasser- und Lufthaushalt von Böden

## ■ Stoffverhalten im Boden (Rückhaltevermögen)

- GUS: Oberflächen- (Deckschicht) und Raumfiltration (Kolmation)
- Gelöste Stoffe: Adsorption an Tonmineralen und organischer Substanz
- Organische Substanz, Spurenstoffe und Pflanzenreste: Mikrobieller Abbau bei Sauerstoffzufuhr
- Schwermetalle: Fällung ab  $\text{pH} > 8$  (immobil)

## ■ Charakteristische chemische Kenngrößen

- KAK: Bindung gelöster Stoffe an Ton und  $C_{\text{org}}$
- pH-Wert: SM-Fällung, Pflanzen, Bodenleben



# Makroporenfluss – Präferenzieller Fluss

## ■ Voraussetzungen

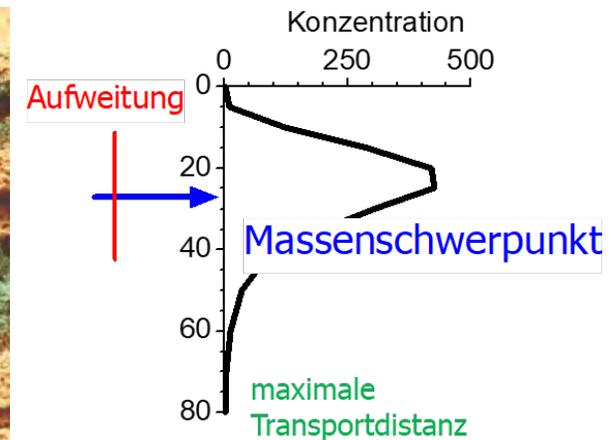
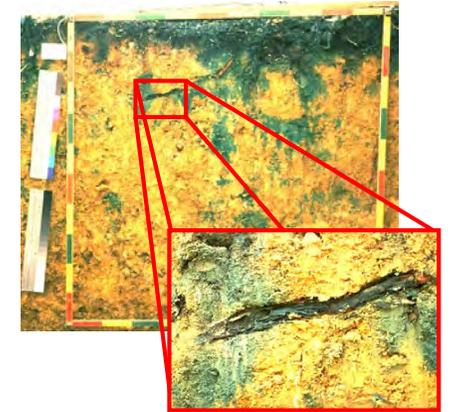
- Konnektive Makroporen (geogen, biogen)
- Hohe Niederschlagsintensität (Schwellenwert)
- Inhomogene Infiltration
- Lokale Wassersättigung (teilgesättigter Boden)

## ■ Merkmale

- Kleinräumig (nicht alle Makroporen beteiligt)
- Stofftransport unabhängig von Stoffeigenschaften
- Geringer Massenausstrag (<1 %)

## ■ Fazit

- Wahrscheinlichkeit und Stoffmenge gering
- Aber: je grösser  $A_E/A_V$ , desto wahrscheinlicher



# Versickerungsflächen mit Bepflanzung

## ■ Ziele der Bepflanzung mit Bäumen

- Kühlung: Evapotranspiration und Schattenwurf
- Sickerwasser: Reduktion durch Interzeption und Evapotranspiration um 20–60 %
- Biodiversität: Bäume mit Unterwuchs

## ■ Bepflanzung von Versickerungen

- Ansaat, Stauden und Pflanzmatten
- Bäume gemäss DWA-A 138-1 möglich (gemäss VSA nicht vorgesehen)

## ■ Empfehlungen

- Belastungsklasse "gering": Bäume vorsehen
- Bevorzugt flachwurzelnde Bäume



# Ausführung der Bodenpassage: "Natürlicher" Boden

## ■ Bodenpassage (>0.5 m): Stoffrückhalt, Pflanzenstandort

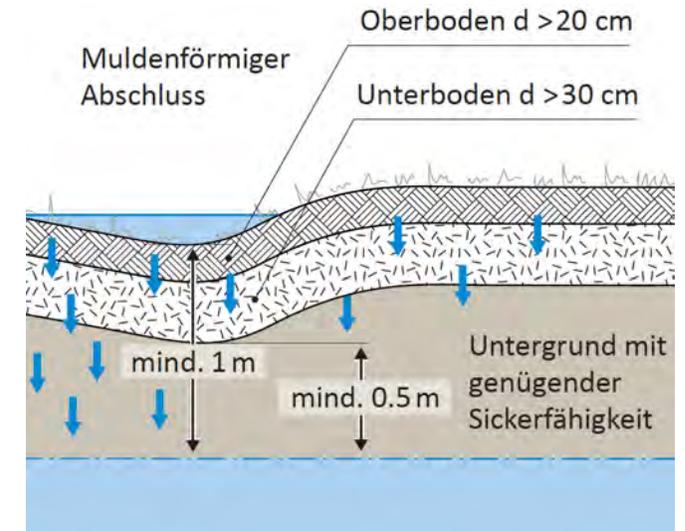
- Tonfraktion (10–20 %): Adsorption gelöster Stoffe (teilweise Spurenstoffe)
- Oberboden (>0.2 m, 2–4 %  $C_{org}$ ): Filtration GUS, Adsorption gelöster Stoffe, mikrobieller Abbau
- Unterboden (>0.3 m): Filtration GUS, Adsorption gelöster Schwermetalle

## ■ Anstehender Boden: Grundwasserschutz

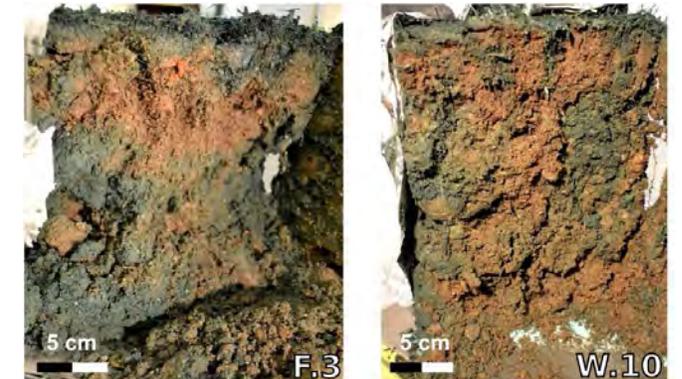
- Untergrund (C-Horizont): >0.5 m
- Grundwasserflurabstand (HW): >1 m u. GOK

## ■ Präferentiellen Transport

- Wahrscheinlichkeit gering
- Aber: Bodenbildung führt zu Makroporen



VSA (2019): Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter. VSA, Glattbrugg



Bork et al., 2021

# Abschätzung wesentlicher Bodenparameter im Feld

## ■ Deutsche Bodenkundliche Kartieranleitung (BKA)

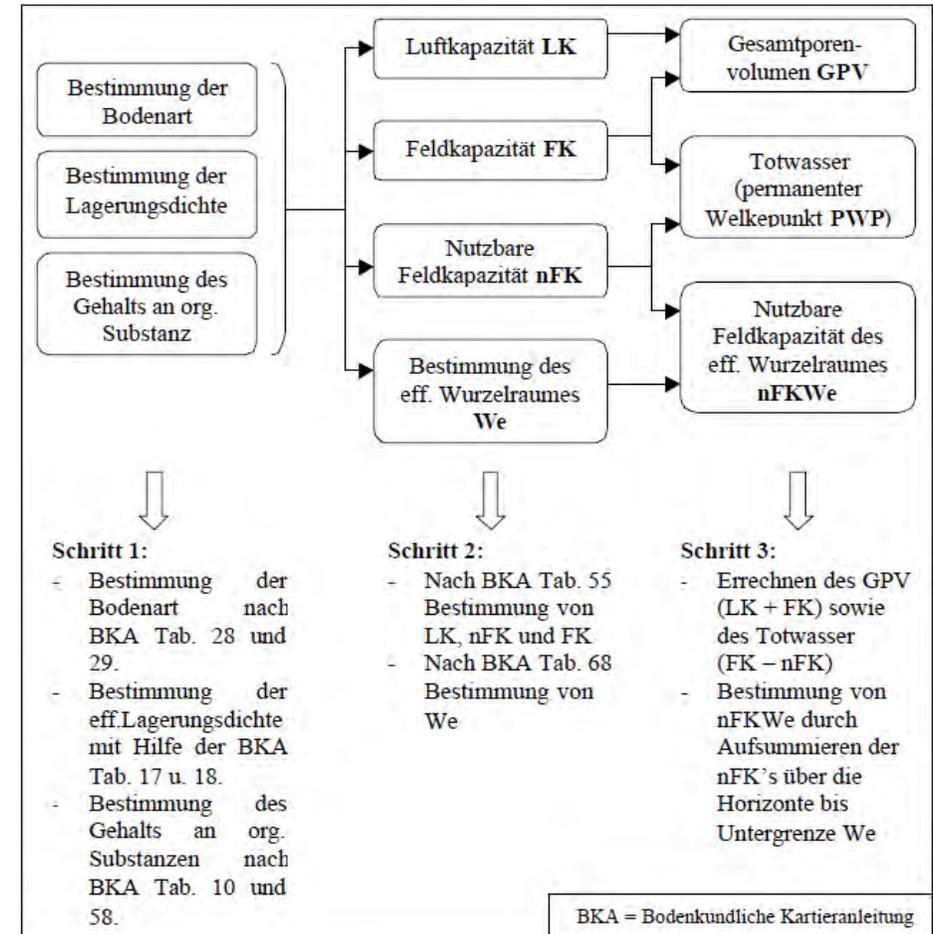
- Vergleichbare Methodik fehlt in CH

## ■ Systematische Vorgehen im Feld

- Bodenart (Feinboden, Skelett): Fingerprobe
- Lagerungsdichte: Ausrollbarkeit u.a.
- Gehalt organische Substanz: Farbe (Umrechnung auf Humus)

## ■ Fazit

- Einfache Methodik zur Einbaukontrolle



# Gliederung

1. Herausforderungen im urbanen Raum
2. Belastungen im Niederschlagsabwasser
3. Eigenschaften von Böden
4. **Substrate als Bodenersatz**
5. Schlussfolgerungen

# Welche Eigenschaften zeichnen Pflanzsubstrate aus?

## ■ Technisches Produkt: Räumliche Homogenität, zeitliche Variabilität

- Mehrphasensystem: Fest, flüssig, gasförmig (=Boden)
- Reaktor: Wenig physikochemische, biologische Stoffumwandlung (≠Boden)
- Lebensraum: Wenig biologische Aktivität, gezielte Bepflanzung (≠Boden, anfangs)

**Kiessand (0/45):**  
Wasserfluss ungleichmässig

**Sand:**  
Wasserfluss gleichmässig



Leistungstexte zur Ausschreibung von Straßbaumsubstraten für das Stadtbaumprojekt der LWG Veitshöchheim

nicht-überbautes Stadtbaumsubstrat gem. nachfolgenden Spezifikationen liefern;  
Eigenschaften des Substrats, bezogen auf die Gesamtfraktion (gemessen bei Verdichtung 80% D<sub>90</sub>):  
Körnung 0/16 mm;  
Bei Schüttstoffgemischen soll die Körnungslinie gemäß den FLL-Empfehlungen für Baumpflanzungen, Pflanzgrubenbauweise 1 in folgendem Kornverteilungsbereich liegen:  
Schlammkorngehalt: 10 – 25 Masse-%;  
Sandkorngehalt (0,063 – 2 mm): 35 – 55 Masse-%;  
Kieskorngehalt (>2 mm): 30 – 55 Masse-%;

zusätzliche Forderungen:  
Wassergehalt bei Anlieferung < W<sub>p</sub>;  
Gesamtporenvolumen (GPV) >40 Volumen - %;  
Luftkapazität (bei pF 1,8) >20 Volumen - %;  
Luftkapazität (bei WK max) >10 Volumen - %;  
maximale Wasserkapazität (WK max) 35 – 45 Volumen - %  
Wasserdurchlässigkeit 0,0001 bis 0,005 cm/s  
pH-Wert 6,5 – 8,0  
Salzgehalt (gemessen in wässr. Lösung) <150 mg / 100 g TM, alternativ Salzgehalt (gemessen in Gipslösung) <100 mg / 100 g TM  
Anteil organischer Substanz 2,5 – 3,5 Masse-%

Untersuchungsmethodik gemäß FLL-Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil II

Für die Substratmischung sind folgende Komponenten zulässig:  
poröses wasserspeicherndes Mineralgranulat 0/2 bis 0/4 mm (z.B. Porflthsand, Bimssand, Lavasand, Ziegelsand (nur aus Produktionsrückständen, nicht aus Bauschuttzubereitung) oder ähnliches);  
Rundkies 0/16 mm  
Natursand (Flusssand) 0/2 bis 0/4 mm/ Splitt 0/4mm  
schluffiger Unterboden  
gütesicherter reifer Grüngutkompost 0/12 bis 0/15 mm

# Merkmale von Pflanzsubstraten

## ■ Kennzeichen von FLL-Substraten

- Wenig Fein-/Mittelporen (Kapillaraufstieg, nFK)
- Wenig Grobmaterial

## ■ Empfehlungen Substratanforderung (vgl. Boden)

- Durchlässigkeit:  $k_f > 10^{-5}$  m/s
- Feldkapazität: >25 %, >15 % Luftkapazität
- $C_{org}$ : 2-4% (überbaut: 1-2%)

## ■ Empfehlungen mineralische Komponenten

- Natürliche und RC-Materialien (schadstoffkontrolliert)
- Ton-/Schlufffraktion (nFk): 10-20%

## ■ Bemerkung

- Basisrezeptur "simple-as-possible"

Nr.	Eigenschaft	Anforderungen		Prüfung nach
		Pflanzgrubenbauweise 1	Pflanzgrubenbauweise 2	
1	Körnung <sup>1)</sup>	0/11 bis 0/32 mm ≥ 30 Masse-% d = 0,063 – 2,0 mm	0/16 bis 0/32 mm	DIN 18123 oder DIN EN 933-1 DIN EN 933-4 DIN EN 932-3
<b>Korngrößenverteilung</b> (siehe auch Abschnitt 6.3.2)				
<b>Bodenluft-/Bodenwasserhaushalt</b> (siehe auch Abschnitte 6.3.3, 6.3.4, 6.3.5)				
2	Wasserdurchlässigkeit $k_f$ <sup>2)</sup>	≥ 5,0 x 10 <sup>-6</sup> m/s (entspricht ≥ 5,0 x 10 <sup>-4</sup> cm/s bzw. ≥ 0,3 mm/min)		Anhang A.1, Abschnitt 5.2
3	Wasserkapazität	≥ 25 Vol.-%		Anhang A.1, Abschnitt 5.1
4	Luftkapazität	bei max. Wasserkapazität ≥ 10 Vol.-% oder bei pF 1,8 ≥ 15 Vol.-%		Anhang A.1, Abschnitt 6
<b>Bodenchemie</b> (siehe auch Abschnitte 6.3.6, 6.3.7, 6.3.8, 6.3.9)				
5	Bodenreaktion – pH-Wert	pH 5,0 – pH 8,5		VDLUF A 5.1.1 (ungesiebte Probe, mind. 3-fache Einwaage)
6	Organische Substanz	1 – 4 Masse-%	1 – 2 Masse-%	DIN EN 13039 (gemessen an der ungesiebten Probe)
7	Salzgehalt	150 mg/100 g (im Wasserauszug)  100 mg/100 g (in gesättigter Gipslösung)		VDLUF A 10.1.1 (mg/100g), Umrechnung in g/l) (ungesiebte Probe, mind. 3-fache Einwaage)
8	Nährstoffgehalt	Deklaration nach Düngemittelverordnung, Nährstoffzugabe erst bei der Pflanzung		
<b>Tragfähigkeit, Verdichtung</b> (siehe auch Abschnitt 6.4.2)				
9	Verformungsmodul $E_{v2}$	keine Anforderung	≥ 45 MN/m <sup>2</sup>	Statisch nach DIN 18134 TP BF-SiB, Teil B, 8.3
10	Verdichtungsgrad $D_{vr}$	83 % – 87 %	≤ 95 %	DIN 18125-2

<sup>1)</sup> Als Hilfe für die Wahl einer geeigneten Lieferkörnung dienen die in Abb. 7 und 8 dargestellten Korngrößenverteilungsbereiche.

<sup>2)</sup> Die Wasserdurchlässigkeit soll 5,0 x 10<sup>-4</sup> m/s (entspricht ≤ 5,0 x 10<sup>-2</sup> cm/s bzw. ≤ 30 mm/min) nicht überschreiten.

FLL (2016): Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate.

# Pflanzkohle in Substraten (Bodenhilfsstoff)

## ■ Wesentliche Merkmale

- Hohes Wasserspeichervermögen (=Mittelporen)
- Wurzelwachstum zur Pflanzkohle (Lenkung)
- Nährstoffe durch Konditionierung/Kompostierung
- pH-Wert ist temporär alkalisch (pH 9)

## ■ Besonderheiten

- Fördert Begleitflora (Aufwuchskörper)
- Bindet CO<sub>2</sub> langfristig (vor allem in der Tiefe)
- Schadstoffbindung: Nicht zu erwarten (≠ Aktivkohle)

## ■ Empfehlung

- Qualität einsetzen (mind. EBCAgro) – sonst meiden



1	132,00	m <sup>3</sup>	<p>Pflanzkohle aus naturbelassener Biomasse Premiumqualität zertifiziert nach dem European Biochar Certificate und hergestellt nach dem PYREG®-Verfahren Ausgangsmaterial: unbehandeltes Waldholz</p> <p>Beladen und Belebt mit flüssigen Nährstoffkomplex mit wertvollen Aminosäuren, Carbonsäuren (insbesondere Milchsäure), Mineralien, Zuckern und Spurenelementen hergestellt aus Weide- und Wiesengräsern in der EU, energie- und klimaneutral, frei von genveränderten Material und Chemikalien, 100% pflanzlich (vegan) Zugelassen für den biologischen Landbau</p> <p>Deklaration: Pflanzkohle (&gt;80%C) aus naturbelassenem Holz) mit organischem NPK-Dünger flüssig   Gesamtnährstoffe NPK 1+0,5+2 Organische Substanz: 85%</p>
---	--------	----------------	---

# Vielversprechendes Substrat: Stockholmer Rezeptur

## ■ Stockholmer Basisrezeptur

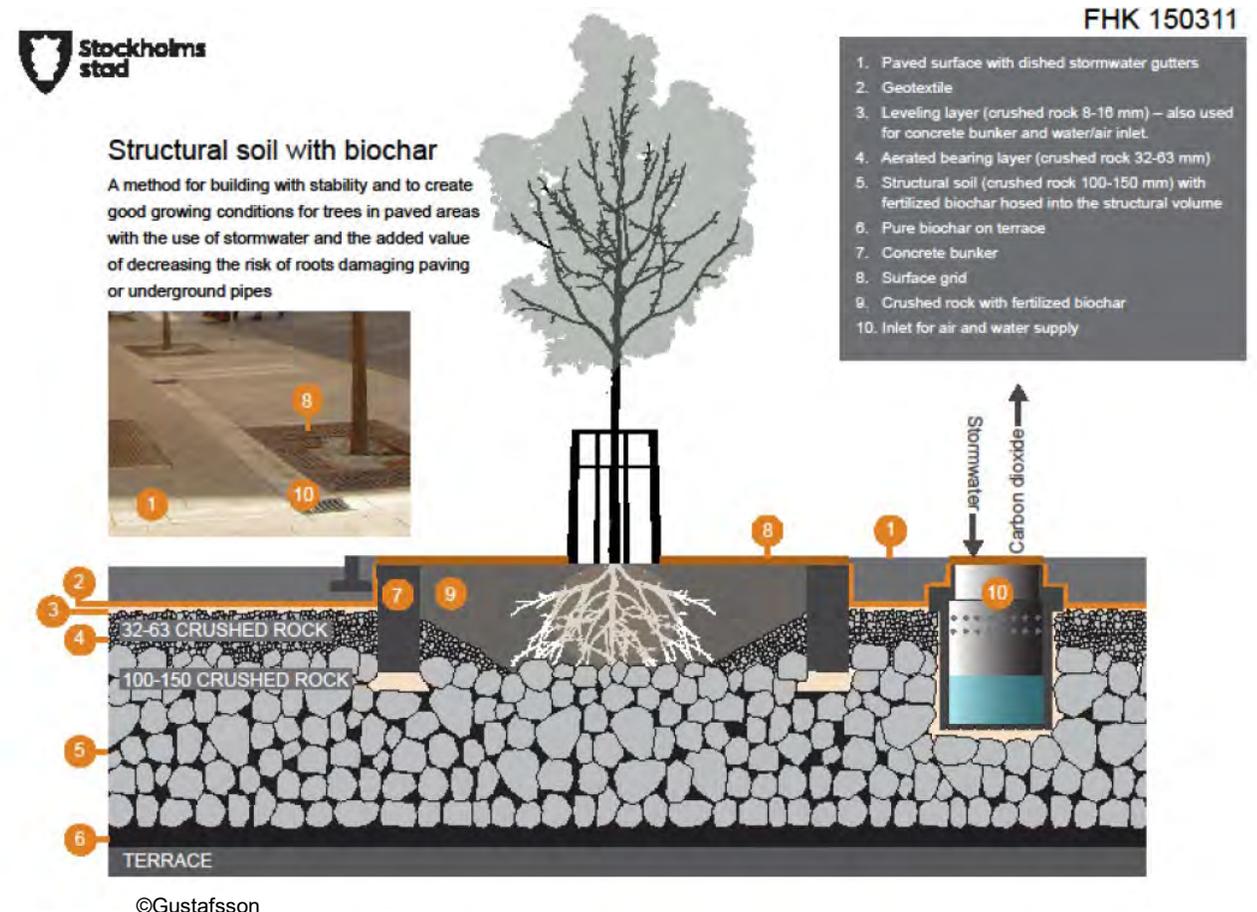
- Grobmaterial (85 %, 100/150 mm): Wasser-/Luftdurchlässigkeit, Durchwurzelbarkeit, Tragfähigkeit
- Kompostierte Pflanzenkohle (15 %): Wasser-/Nährstoffspeicher, Filter für Partikeleintrag

## ■ Einbau des Substrats

- Unterlage reine Pflanzenkohle
- Kohle in Grobmaterial eingeschlämmt
- Kiesige Trag-/Belüftungsschicht (32/90)

## ■ Besonderheit

- Vor Ort eingebaut, hohe Tragfähigkeit



# Adsorbersubstrate (Filtermaterialien)

## ■ Merkmale (Einzelkomponenten, Mischadsorber)

- Komponenten (1–5 mm) wie Zeolithe, granuliert Eisenhydroxide, granuliert Aktivkohle u.a.
- Schadstoffe an Oberfläche und in Poren gebunden

## ■ Stoffliche und hydraulische Leistungsfähigkeit

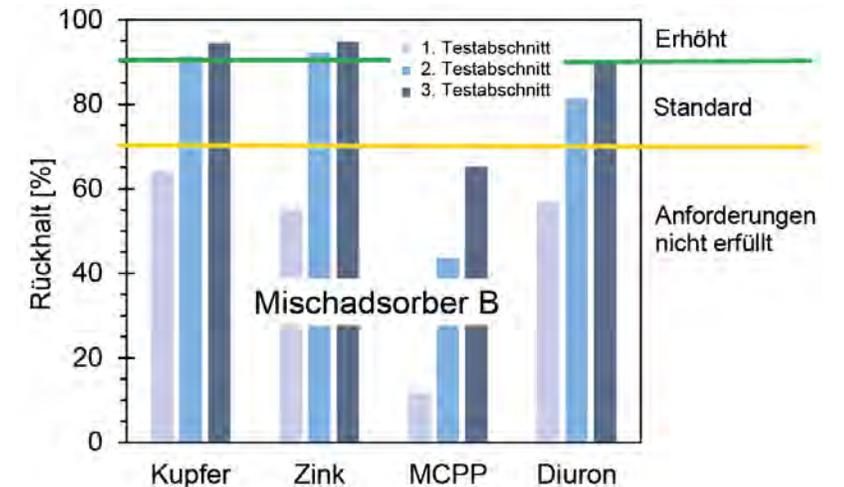
- Anforderungen festgelegt: Merkblätter und Richtlinien beachten (VSA)

## ■ Bauweise

- Rinnen, Schacht, Auflageschicht u.a.

## ■ Hinweise

- Entsorgung des Filtermaterials gemäss Abfallrecht
- FLL-Substrate erfüllen die Anforderungsstufen nicht



# Barrierekonzept für mittlere und hohe Belastungen

## ■ 1. Stufe: Behandlungsanlage

- Belastung abschätzen und reduzieren (inkl. Tausalz)
- Anforderungsstufe festlegen

## ■ 2. Stufe: Pflanzgrube mit Baum (Baumrigole)

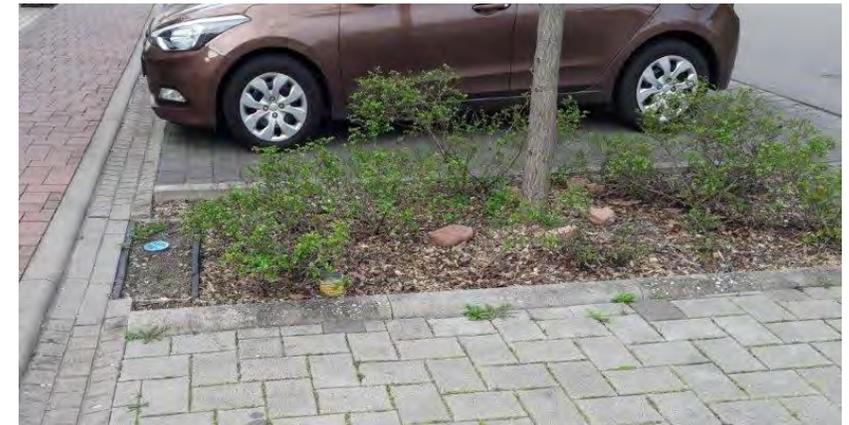
- Volumen:  $>24 \text{ m}^3$  Substrat ( $2\text{-}4 \text{ m}^3$  max. Wasservorrat), davon  $>3 \text{ m}^3$  direkter Wurzelraum
- Baumscheibe:  $>6 \text{ m}^2$  offen oder teildurchlässig
- Tiefe:  $>1.5 \text{ m}$  Grube,  $>0.5 \text{ m}$  Untergrund

## ■ 3. Stufe: Standortgerechte Bepflanzung

- Kritisch: Trocken, hohe Salzlast ( $A_E/A_V$  1, teils  $<5$ )
- Unkritisch: Feucht, geringe oder hohe Salzlast ( $A_E/A_V \geq 5$ , teils  $<5$ )



©MEACLEAN



©Funke Kunststoffe

# Gliederung

1. Herausforderungen im urbanen Raum
2. Belastungen im Niederschlagsabwasser
3. Eigenschaften von Böden
4. Substrate als Bodenersatz
5. **Schlussfolgerungen**

# Schlussfolgerungen

## ■ Schadstoffe und Belastungen

- Emissionen: stets vermeiden und vermindern (Winterdienst, Verkehr etc.)
- Geringe Belastung: Bodenpassage und Pflanzsubstrat (ohne Bodenpassage) sind ebenbürtig
- Mittlere/hohe Belastung: 2-stufiges Barrierekonzept (Adsorber- mit Pflanzsubstrat)

## ■ Böden und Pflanzsubstraten

- Einfache Kontrollparameter festlegen: nFK,  $S_{spez}$ , Korngrößen etc.
- Steinige Substrate mit wenigen Bestandteilen und Pflanzenkohle vorteilhaft
- Adsorbersubstrate brauchen Leistungsnachweis

## ■ Versickerung

- Grosse Anschlussfläche: Gegen Wassermangel und Tausalz (auswaschbar)
- Präferenzieller Fluss durch Planung minimieren (Anschlussfläche, Bepflanzung)
- Flachwurzeln Bäume und Stauden einsetzen (Leitfaden Berlin)

# Auswahl Empfehlungen zu Kenngrössen (Planungshilfe)

## ■ Physikalische Kenngrössen

- Schlämmkorn (<0.05 mm): 10–20 %, ggf. mit Pflanzenkohle kompensieren
- Siebfraktion (>0.05 mm): >60 %, davon Sand >40 %, >10 % Grobfraktion (>2 mm)
- Organische Substanz: 2–4 %
- Lagerungsdichte: Lagenweiser Einbau, Boden nicht befahren

## ■ Hydraulische Kenngrösse

- Wasserleitfähigkeit:  $k_f$   $10^{-5}$  bis  $10^{-4}$  m/s (36 bis 360 L/m<sup>2</sup> h)

## ■ Chemische Kenngrössen

- $KAK_{pot}$ : >10 cmol<sub>c</sub>/kg (Nährstoff-/Schadstoffbindung)
- pH-Wert: 6.5-8.5 (Pflanzenstandort, SM-Immobilisierung)

Schwammstadt im Strassenraum: Planungshilfe zum Umgang mit Platz- und Strassenabwasser bei geringer Belastung

**Blaugrüne Gestaltungselemente**  
Die Eigenart der verschiedenen blauen Flächen im urbanen Raum wird durch Oberflächenabfluss, Kunst durch Regenwasser, erhöhte Bodenqualität und die Erhaltung der Fläche für die Biodiversität deutlich zu erkennen. Die Planung von Regenwasser im urbanen Raum ist ein zentraler Bestandteil der nachhaltigen Stadtentwicklung. Die Planung von Regenwasser im urbanen Raum ist ein zentraler Bestandteil der nachhaltigen Stadtentwicklung.

**Merkmale einer Regenwasser-Planungshilfe**  
Durch die Verlagerung der Regenwasser-Planungshilfe von der Fläche zum Strassenraum wird die Regenwasser-Planungshilfe von der Fläche zum Strassenraum verlagert.

**1. Sind die Regenwasser-Planungshilfe**  
Die Regenwasser-Planungshilfe ist ein zentraler Bestandteil der nachhaltigen Stadtentwicklung.

**2. Sind Regenwasser-Planungshilfe**  
Die Regenwasser-Planungshilfe ist ein zentraler Bestandteil der nachhaltigen Stadtentwicklung.



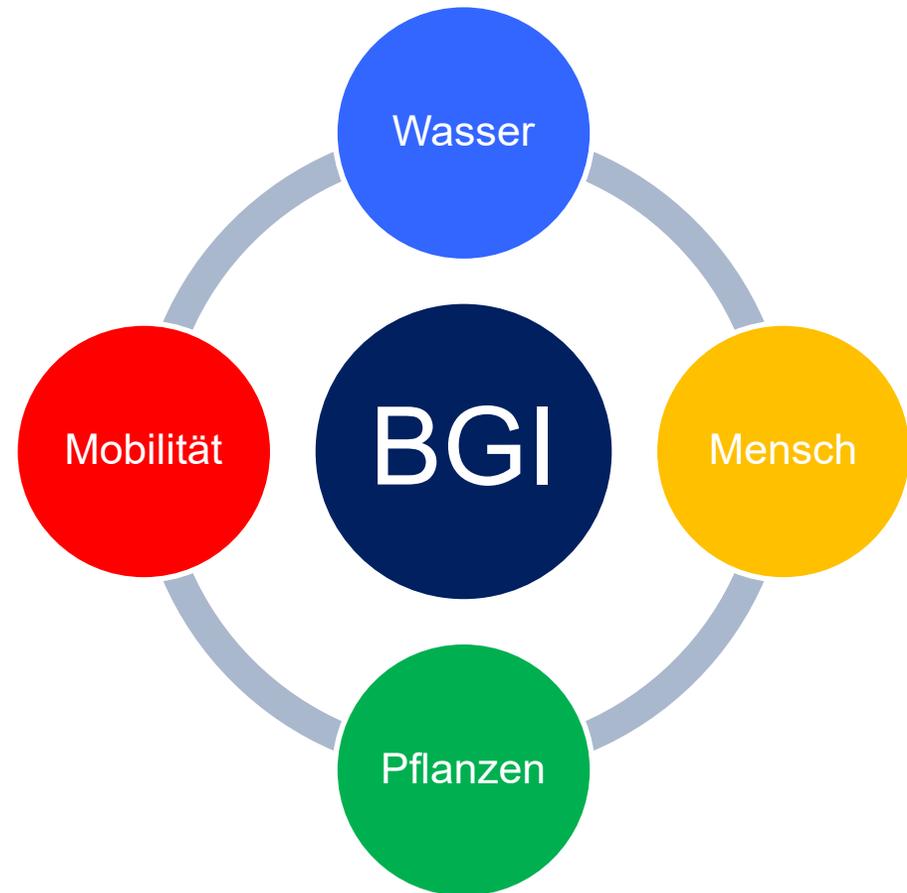
# Ausblick: Blau-grüne Infrastruktur

## ■ Integrale Planungsaufgabe

- Grünämter
- Tiefbau und Verkehr
- Boden- und Gewässerschutz
- Gesundheitsschutz

## ■ Klimaanpassung bedeutet

- Denk- und Arbeitsweisen anpassen (zusammenarbeiten)
- Zielsetzungen überprüfen (neue Gewichtung)
- Neue Wege einschlagen (unkonventionell)



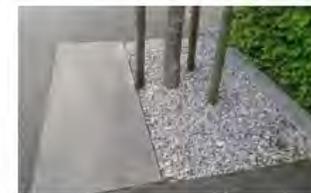
Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit

E- Mail: michael.burkhardt@ost.ch



## Neue Herausforderungen bei der Strassenentwässerung – Recherche zum Stand des Wissens –

Technischer Bericht



### Autoren

Michael Burkhardt, OST – Ostschweizer Fachhochschule, Rapperswil

Beatrice Kulli, Andrea Salaz, ZHAW – Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil

### Im Auftrag von:

Kanton Zürich, Baudirektion, Tiefbauamt, Christoph ~~Abegg~~, Projektleiter Umwelt  
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Stefan Schmid, Sektionsleiter

4. August 2022

# *Flächensysteme für die Stadt von Morgen: Aktive Gestaltung des Wasserhaushalts und des Stadtklimas*



*Flächensysteme für die Stadt von Morgen:  
Aktive Gestaltung des Wasserhaushalts und des Stadtklimas*

- Wie ist die Situation?
- Welche Lösungsansätze gibt es?
- Welche Lösungen bieten wir?

# Die urbane Flächenbebauung steht vor enormen Herausforderungen.

Gestörter Wasserhaushalt  
Grundwasserknappheit  
Grundwasserverschmutzung  
Hitzestress

Luftverschmutzung  
Lärmbelastung  
Lokale Überflutungen  
Kosten für Abwassersysteme

» Die zunehmende Flächenversiegelung wird zum Kernproblem



Herausforderungen der urbanen Flächenbebauung

# Starkregen





Schweiz: Heftige Unwetter verwüsten Ortschaften ...  
spiegel.de



Unwetter in der Schweiz - «Hochwassergefahr ...  
srf.ch



Gar kein Sommer? So schlimm sind die Unwetter ...  
de.euronews.com



Unwetter in Schweiz und Deutschland, Tot...  
nzz.ch



Hagel bis 5 Zentimeter - Heftige Unwetter zogen a...  
srf.ch



Unwetter in der Schweiz: Grösste Hochwassergef...  
nzz.ch



Unwetter in Italien und der Schweiz: Sturzfluten un...  
wetter.de



Unwetter in der Schweiz  
luzernerzeitung.ch



Dramatische Unwetter in der Schweiz: "Bei Regen ...  
de.euronews.com



Starke Regenfälle und Gewitter in der ...  
1815.ch



Unwetter in der Schweiz: Das waren die heftigsten Gewitter  
aargauerzeitung.ch



Unwetter Schweiz 2021: Hagel und Sturm kosteten 2 Mrd. ...  
nzz.ch

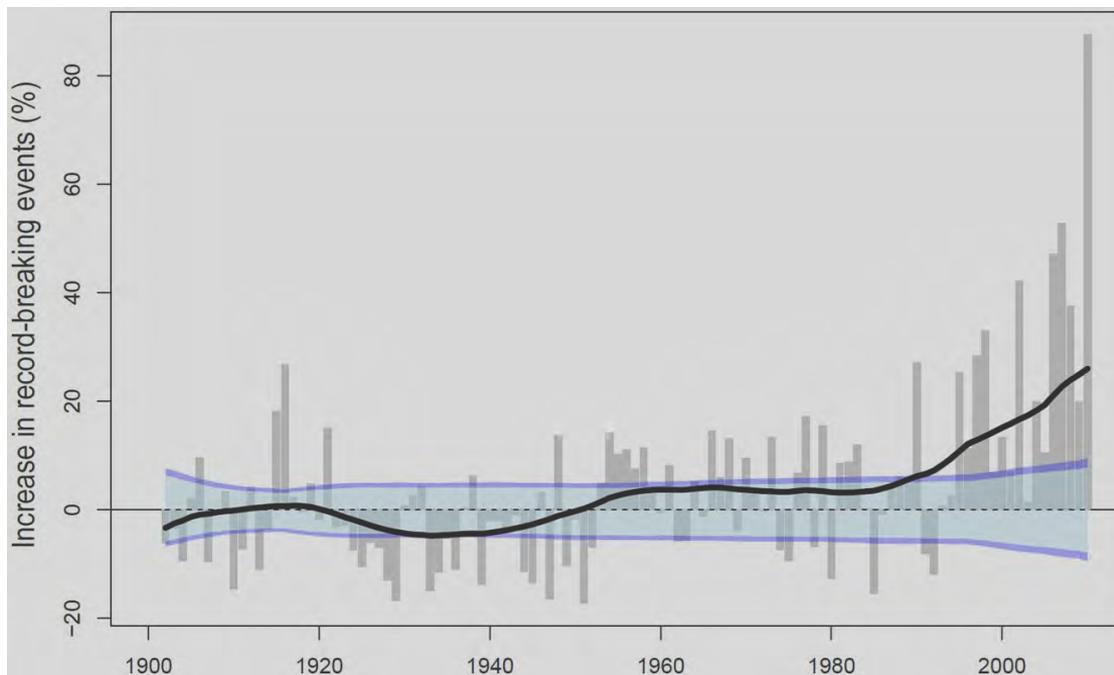


Überschwemmungen und Schäden: Heftige Gewitter ziehen üb...  
blick.ch



Unwetter über der Schweiz - Starkregen sorgt für Erdrutsche i...  
srf.ch

Starkregen:  
weltweite Datenauswertung von Rekord-Regenereignissen

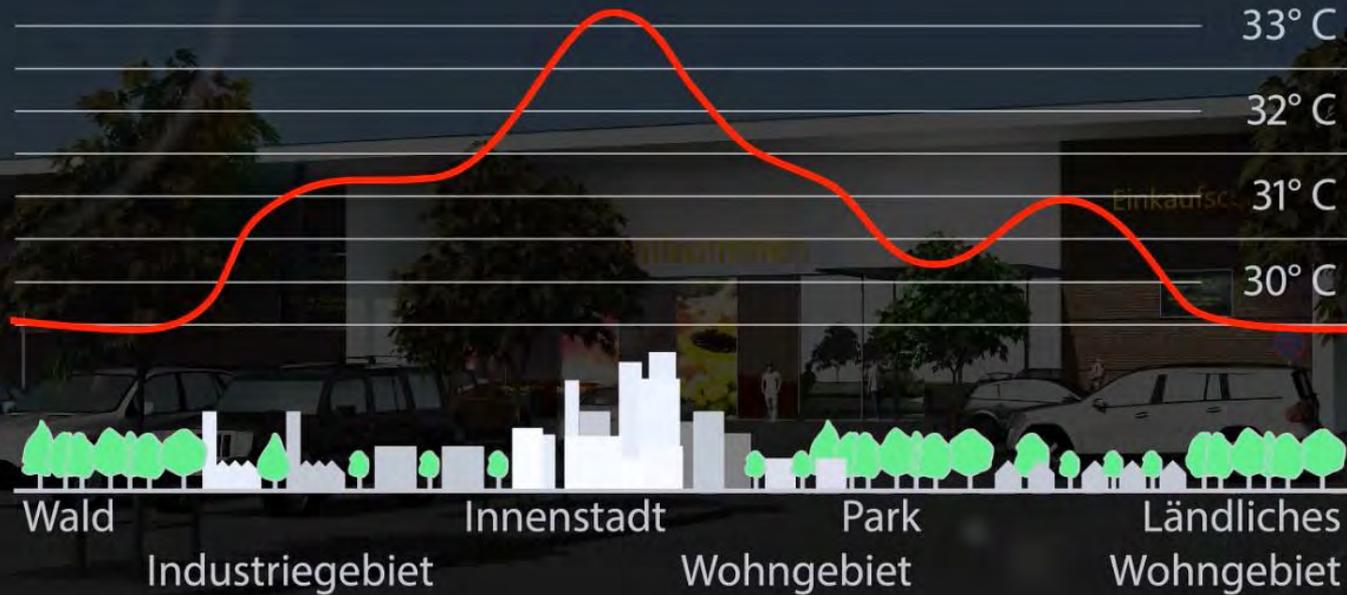


Herausforderungen der urbanen Flächenbebauung

# Überhitzung

# Urban Heat Island Effect

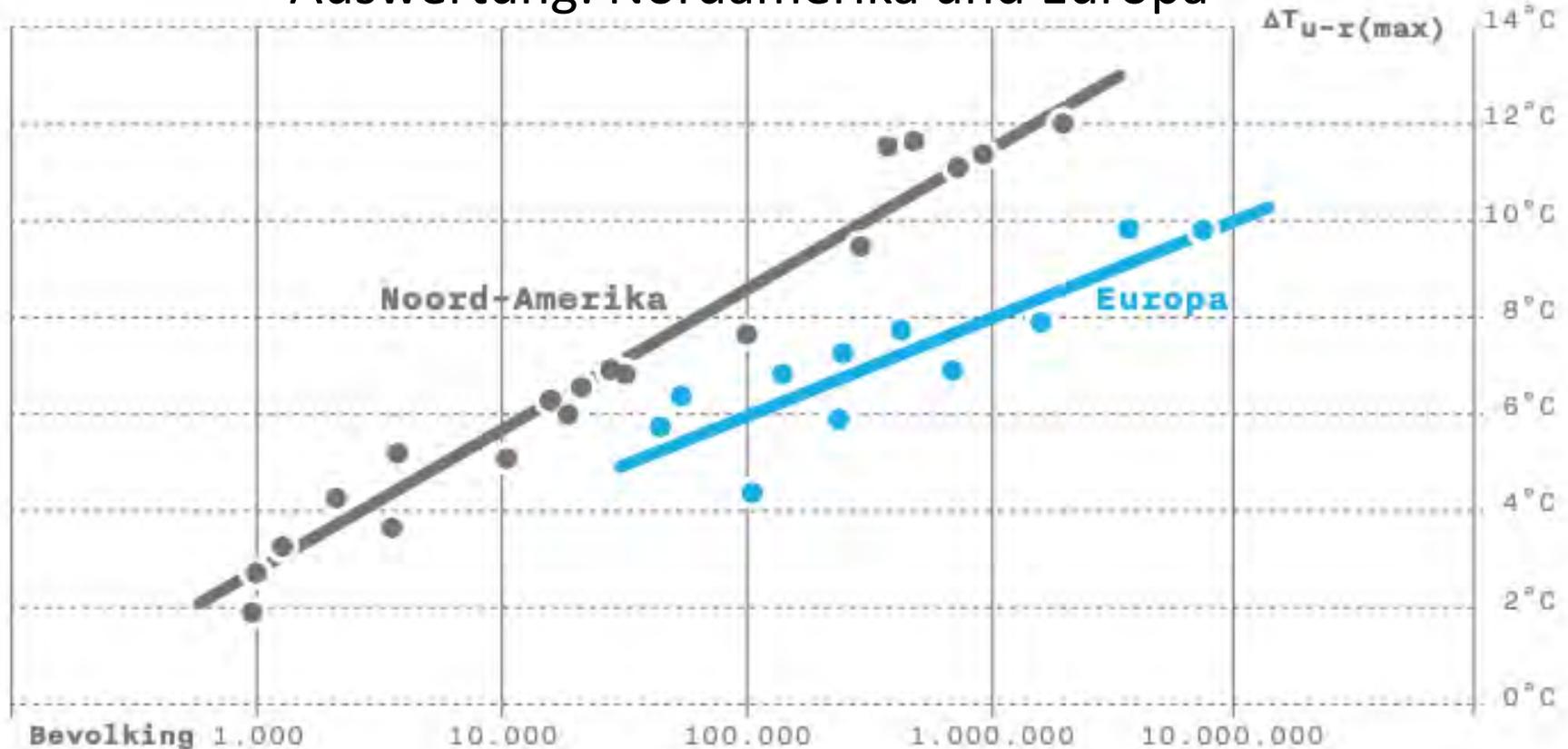
## Überhitzung städtischer Gebiete



**Aufheizen urbaner Räume !**  
**Zunehmende Trockenheit !**  
**Entstehung von Wärmeinseln !**

# Städtische Hitzeinseln

Auswertung: Nordamerika und Europa



TROPENNÄCHTE

# Forscher belegen: Darum schwitzen die Basler in Sommernächten stärker

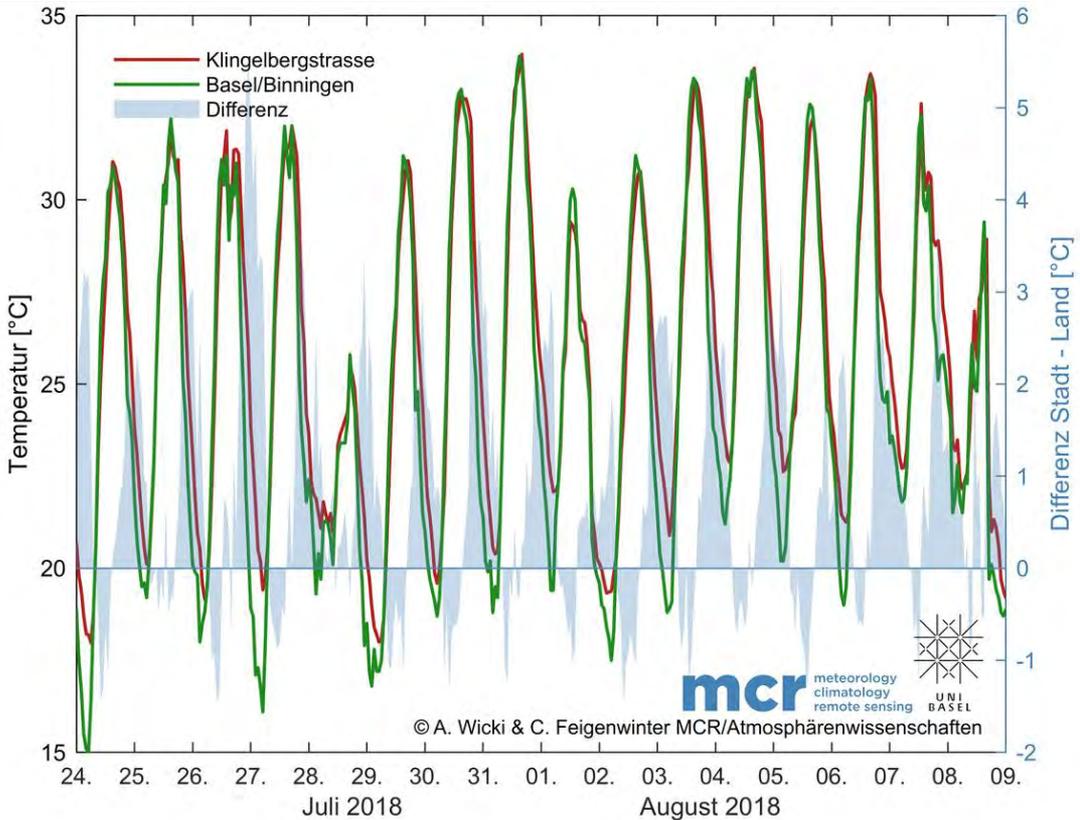
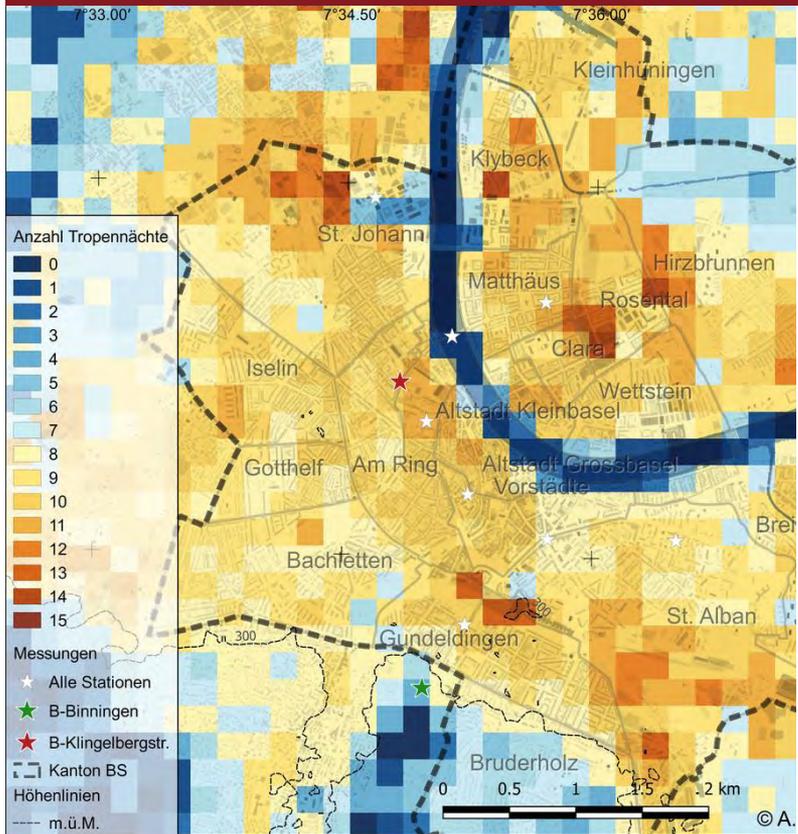
Tropennächte sind in Städten dreimal häufiger als auf dem Land. Dieser Effekt wird spezifisch in Basel erforscht – weil wir eine Wärmeinsel bilden.

---

**Helena Krauser**

24.08.2018, 05.15 Uhr

**Quelle:** <https://www.bzbasel.ch/basel/basel-stadt/forscher-belegen-darum-schwitzen-die-basler-in-sommernachten-starker-ld.1296710>



Quelle: <https://www.bzbasel.ch/basel/basel-stadt/forscher-belegend-darum-schwitzen-die-basler-in-sommernachten-starker-ld.1296710>



In Städten ist es deutlich wärmer als im Umland. Dicht bebaute und versiegelte Flächen heizen sich stärker auf als natürliche; sogenannte Wärmeinseln entstehen. Zudem sind Städte oft nur gering durchlüftet und weisen eine erhöhte Belastung mit Luftschadstoffen auf. Rund 20 Prozent des Siedlungsgebiets der Stadt Zürich sind bereits heute nachts überwärmt. Um dem entgegenzuwirken, wurden in der kommunalen Richtplanung Aspekte des Stadtklimas berücksichtigt und eine Fachplanung zur Hitzeminderung erarbeitet.

## Aktuelle Situation

Innerhalb der Stadt entstehen je nach baulicher Dichte und Struktur unterschiedlich ausgeprägte Wärmeinseln. Besonders kritisch ist die Wärmebelastung in heissen Sommernächten, wenn es in Zentrumsgebieten um bis zu 7 °C wärmer wird als im städtischen Umland.

Die Situation der Überwärmung wird verschärft durch den Klimawandel. Gemäss Prognosen ist in der Schweiz mit einer Zunahme der Jahresdurchschnittstemperatur bis zu 3 °C zu rechnen. In Bezug auf die Hitze sind insbesondere länger andauernde Hitzeperioden problematisch. Aufgrund der starken Aufwärmung am Tag und der eingeschränkten Abkühlung nachts nehmen die Temperaturen kontinuierlich zu. In den wärmsten Nächten sinkt die Temperatur in dicht bebauten Gebieten nicht unter 24 bis 25 °C ab.

Die Anzahl Hitzetage und Tropennächte hat im Vergleich zu den Neunzigerjahren bereits deutlich zugenommen. Seit 2001 treten Hitzetage und Tropennächte jährlich auf und werden tendenziell häufiger. Die Anzahl Hitzetage ist in der Stadt nur wenig höher als auf dem Land, die Anzahl der Tropennächte hingegen ist wegen dem nächtlich stark ausgeprägten Hitzeinseleffekt in der Stadt deutlich höher als auf dem Land.

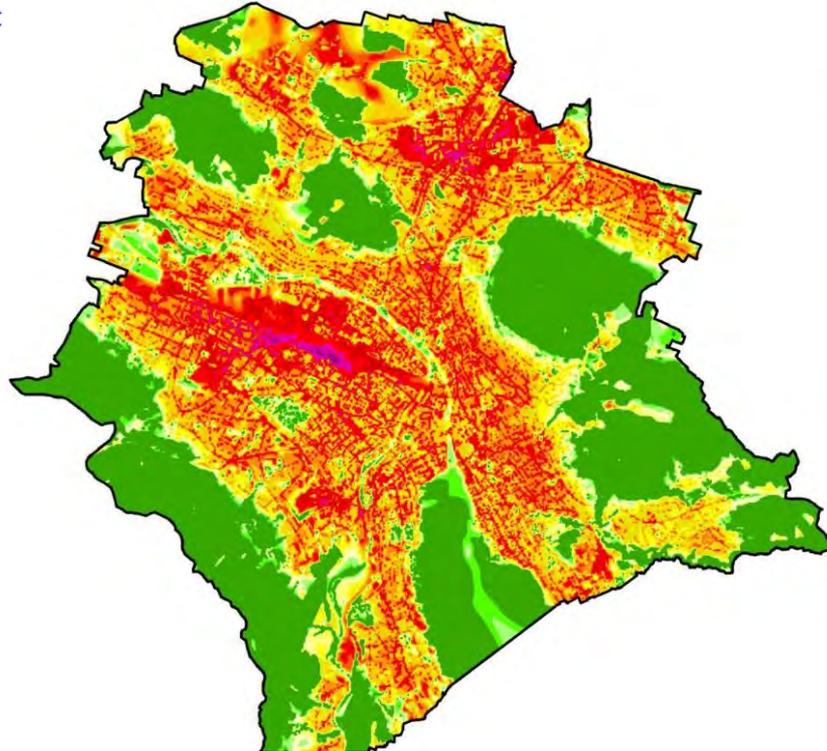


## Stadtklima

Hohe Wärmebelastung im Stadtzentrum

**Quelle:** <https://www.stadt-zuerich.ch/site/umweltbericht/de/index/stadtklima.html>

Urheberrechte und genehmigt durch: "Umwelt - und Gesundheitsschutz Zürich"



Physiologisch Äquivalente Temperatur  
PET [°C, 14 Uhr, 2 m ü. Grund]

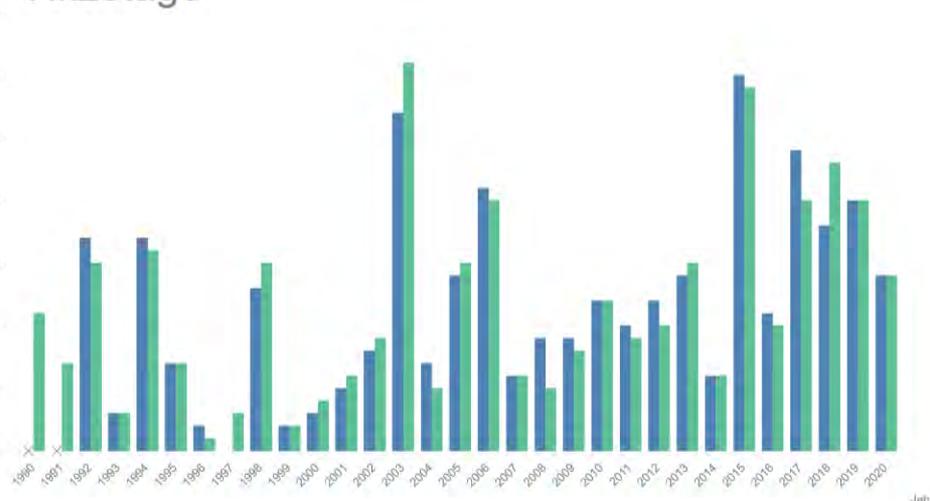


Wie die Prognosen zeigen, ist in Zukunft zudem mit weniger Niederschlag während der Sommermonate zu rechnen. Der zunehmende Kühlbedarf wiederum führt zu mehr Abwärme.

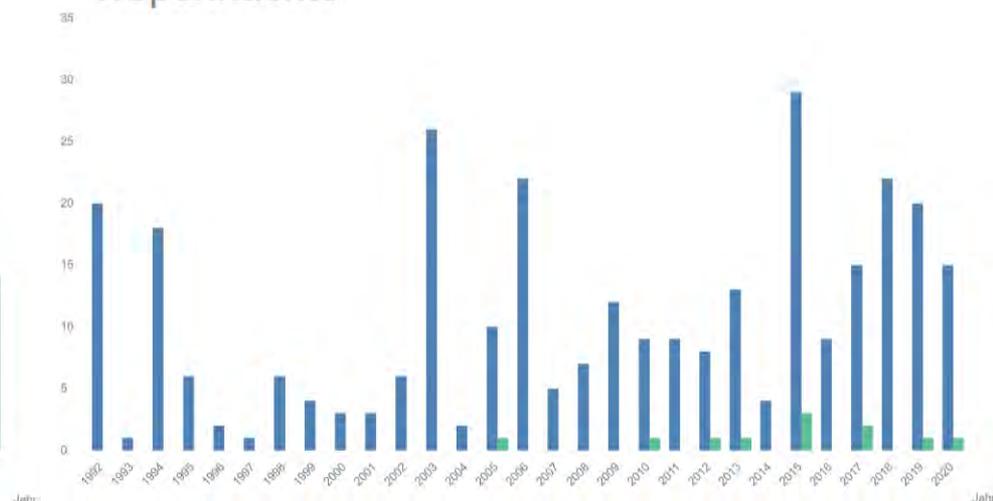
Quelle: <https://www.stadt-zuerich.ch/site/umweltbericht/de/index/stadtklima.html>

Urheberrechte und genehmigt durch: "Umwelt - und Gesundheitsschutz Zürich"

## Hitzetage



## Tropennächte



- Stampfenbachstrasse
- Affoltern

Quelle: <https://www.stadt-zuerich.ch/site/umweltbericht/de/index/stadtklima.html>

Urheberrechte und genehmigt durch: "Umwelt - und Gesundheitsschutz Zürich"



## Ursachen & Belastungen

### Versiegelte Fläche, wärmespeichernde Oberflächen und mangelnde Durchlüftung

Das Stadtklima oder auch Lokalklima ergibt sich aus Veränderungen der natürlichen Landschaft als Folge der Bebauung. Versiegelte Bodenoberflächen, veränderter Wasserhaushalt, weniger Grünflächen und Vegetation, aber auch schlechtere Durchlüftung sowie insbesondere die Wärmespeicherung in Bauten führen zu einer Erwärmung. Hinzu kommen Emissionen von Luftschadstoffen und Abwärme aus Dienstleistung, Gewerbe, privaten Haushalten und Verkehr.

Die Überwärmung bzw. die Anzahl Hitzetage und Tropennächte hängt stark von der Flächennutzung ab. Je mehr wärmespeichernde Oberflächen sich in einem Gebiet befinden, umso stärker heizt es sich am Tag auf und bleibt je nach Durchlüftungssituation auch in der Nacht überwärmt, wenn die gespeicherte Wärme an die Umgebung abgegeben wird.



## Auswirkungen

Das Stadtklima ist für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bevölkerung von zentraler Bedeutung. Die Wärmebelastung in den Sommermonaten und insbesondere während Hitzeperioden stellt ein gesundheitliches Risiko dar.

Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen übereinstimmend, dass während Hitzeperioden vermehrt Hirngefäss-, Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen auftreten, wobei insbesondere ältere Leute, Kleinkinder und bereits anderweitig erkrankte Personen besonders gefährdet sind. So kam es z. B. in den Hitzeperioden 2003 und 2015 bei über 64-Jährigen zu hitzebedingten Sterbefällen in Zürich (Jahr 2015 +4,3 %, 2003 +12,3 %). Hinzu kommen negative Auswirkungen auf das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit. Eine hohe Wärmebelastung in der Nacht kann die Schlafqualität beeinträchtigen, was wiederum dazu führt, dass die Hitzetoleranz am nächsten Tag geringer ist. In der Folge sind Erholung und Regeneration kaum mehr möglich. Auch die Aufenthaltsqualität im Aussenraum nimmt während Hitzeperioden ohne angepasste Massnahmen stark ab mit negativen Auswirkungen auf die Lebensqualität der Bevölkerung in der Stadt. Weitere Auswirkungen des Klimawandels sind im Kapitel [Klimawandel](#) beschrieben.

**Quelle:** <https://www.stadt-zuerich.ch/site/umweltbericht/de/index/stadtklima.html>

Urheberrechte und genehmigt durch: "Umwelt - und Gesundheitsschutz Zürich"



## Massnahmen der Stadt

### Fachplanung Hitzeminderung und Umsetzungsagenda

Seit 2020 verfügt die Stadt Zürich mit der Fachplanung Hitzeminderung über eine Planungsgrundlage, mit deren Hilfe der Faktor Hitze besser in der Stadtplanung berücksichtigt, das bestehende Kaltluftsystem erhalten und einer weiteren Überwärmung der Stadt entgegengewirkt werden kann. Die Fachplanung inklusive Teilpläne und Umsetzungsagenda zeigt differenzierte Handlungsfelder und -ansätze sowie Massnahmen auf, um die Wärmebelastung im Aussenraum zu verringern. Basis dafür bildet die 2018 abgeschlossene Klimaanalyse des Kantons Zürich. Mit dem STRB Nr. 178/2020 zur Fachplanung Hitzeminderung wurden die bisherigen Planungsgrundlagen und -empfehlungen der Klimaanalyse 2011 (STRB 1384/2011) abgelöst.

**Quelle:** <https://www.stadt-zuerich.ch/site/umweltbericht/de/index/stadtklima.html>

Urheberrechte und genehmigt durch: "Umwelt - und Gesundheitsschutz Zürich"

*Flächensysteme für die Stadt von Morgen:  
Aktive Gestaltung des Wasserhaushalts und des Stadtklimas*

- Wie ist die Situation?
- Welche Lösungsansätze gibt es?
- Welche Lösungen bieten wir?

Herausforderungen der urbanen Flächenbebauung

# Verdunstung

A monochromatic, misty landscape photograph. In the center, a large, leafless tree stands prominently. In the foreground, a simple wooden fence is visible. The background shows a hazy horizon with more trees and a soft, diffused light, suggesting a foggy or overcast day. The overall mood is quiet and atmospheric.



Wijk 11  
De Kruisweg



P



# Kühlleistung von Bäumen

Evapotranspiration

- Verdunstung:                    Liter Wasser / Tag
- benötigte Energieleistung: ca. 70 Kilowattstunden pro 100 Liter Wasser
- bis zu 500 l/d entspr. ca. 50 m<sup>2</sup> Verdunstungspflaster



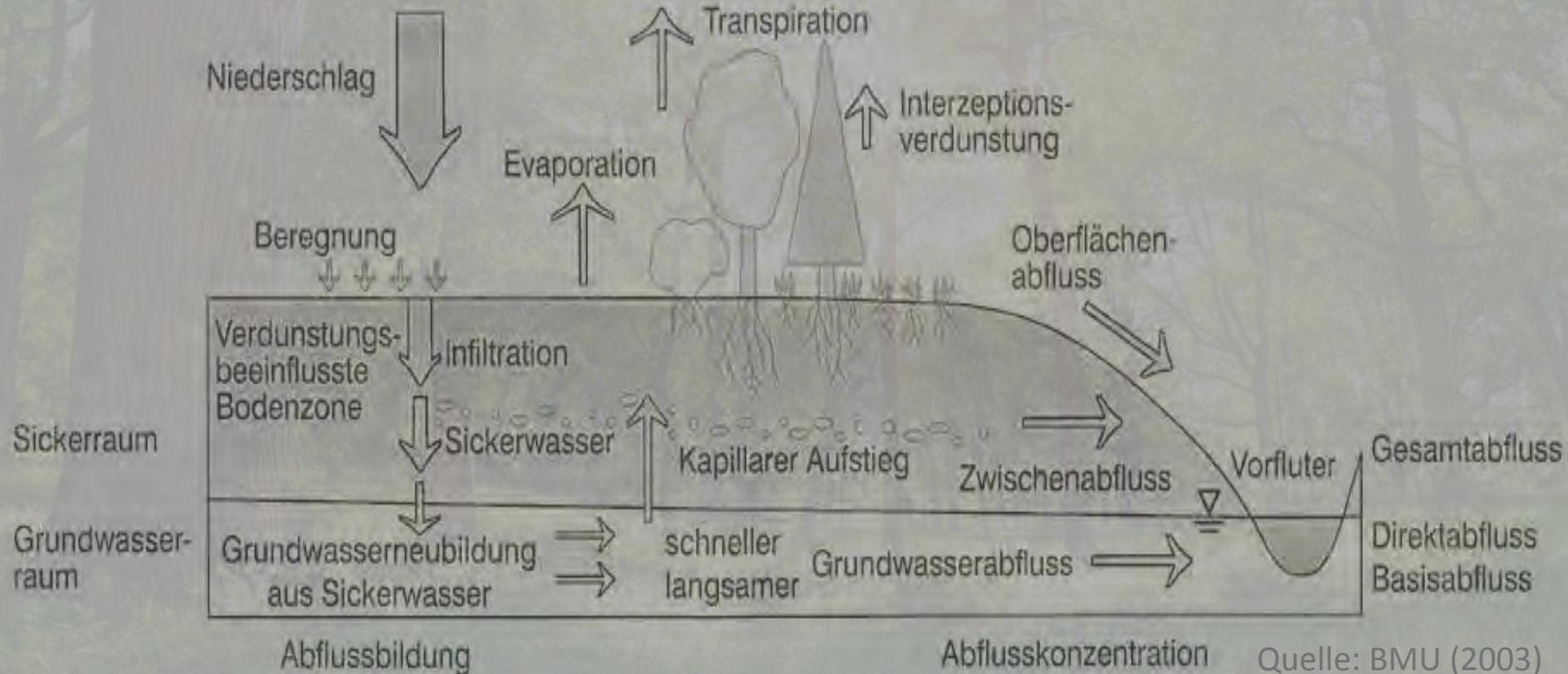
Foto: imago images / Cord

Herausforderungen der urbanen Flächenbebauung

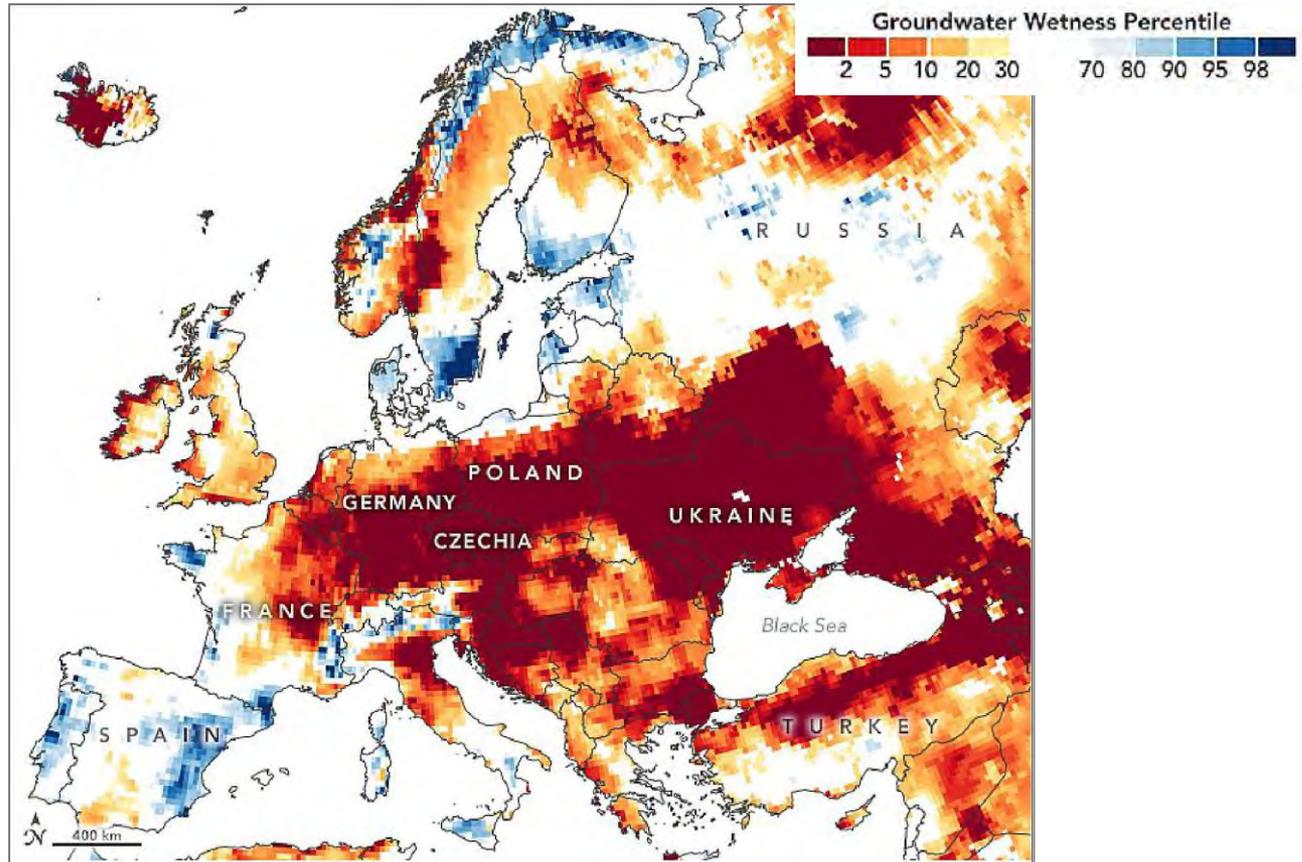
# Natürlicher Wasserhaushalt



# Wasserhaushalt Bilanz



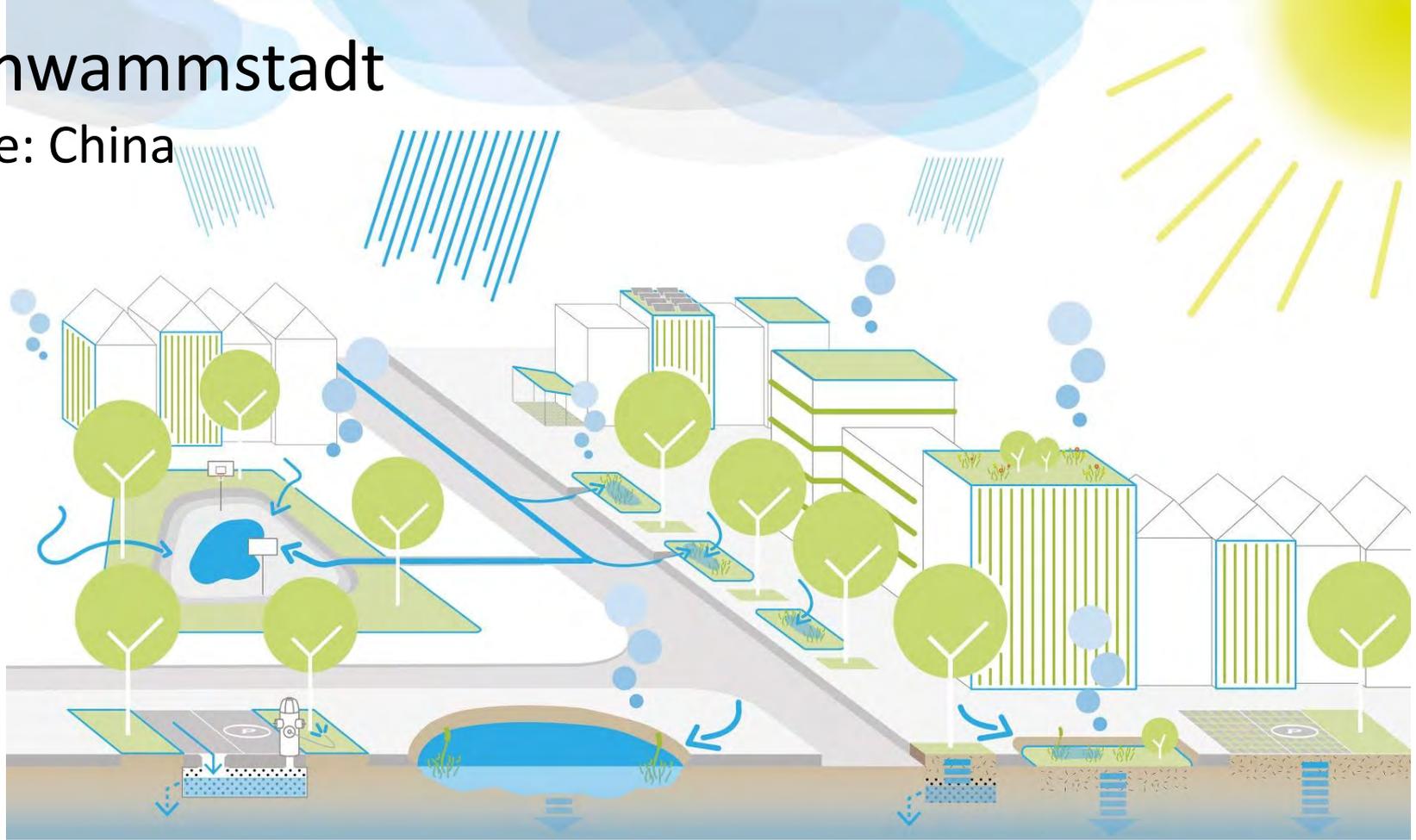
# GRACE-FO: Satelliten-Duo nimmt die Wassermassen der Erde in den Fokus



Quelle: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/grace-fo>

# Schwammstadt

Idee: China



Quelle: <https://www.bauingenieur24.de/fachbeitraege/bauprojekte/siedlungsentwicklung-bessere-wasserspeicherung-durch-schwammstaedte/3324.htm>

# Nationale Wasserstrategie: Ziele und Maßnahmen

„Der Klimawandel ist eine gewaltige Herausforderung für die Wasserwirtschaft und für alle, die Wasser nutzen. Die Sommer werden heißer und trockener. Starkregen wird häufiger, Schnee seltener. Die Grundwasserspiegel sinken, die Bodenfeuchte geht zurück. Die Trockenheit bedroht Ackerpflanzen und unseren Wald. Wasserstraßen sind immer öfter nicht mehr schiffbar. Nutzungskonflikte verstärken sich.“

„Dazu kommt eine zweite Herausforderung: Die Verunreinigung des Grundwassers, unserer Flüsse und Seen durch Nährstoffe wie Nitrat und Phosphor und diverse andere Stoffe. Diese Einträge gefährden den ökologischen Zustand der Gewässer und machen die Gewinnung und Bereitstellung von Trinkwasser aufwändig und teuer.“

## “Wassersensible Städte bauen

Gemeinsam mit den Kommunen und den Fachverbänden entwickelt das BMU ein Konzept für eine gewässersensible Stadtentwicklung („Schwammstadt“). Wassersensible Städte sind grün und haben viele unversiegelte Flächen, um die Speicherung und Nutzung von Regenwasser zu ermöglichen, Lebensräume für Tiere und Pflanzen zu schaffen und für Abkühlung zu sorgen. Sie werden damit gegen Hitzeperioden und Starkregen gewappnet. Die bestehenden technischen Regeln werden daraufhin überprüft, ob sie zum Erhalt des natürlichen Wasserhaushalts, Klimaanpassung und Stadtnatur beitragen, und wo nötig überarbeitet. “



München | Arabella 26 | 52m | In Planung

<http://hochhauswelten.blogspot.com/2016/05/munchen-arabella-26-52m.html>

Wir leben im Zeitalter der Städte.  
Trockenheit und Hitzestress  
beeinträchtigen das Stadtklima.  
Starkregenereignisse nehmen zu.  
Gerade versiegelte Flächen müssen  
hier ihren Beitrag leisten.

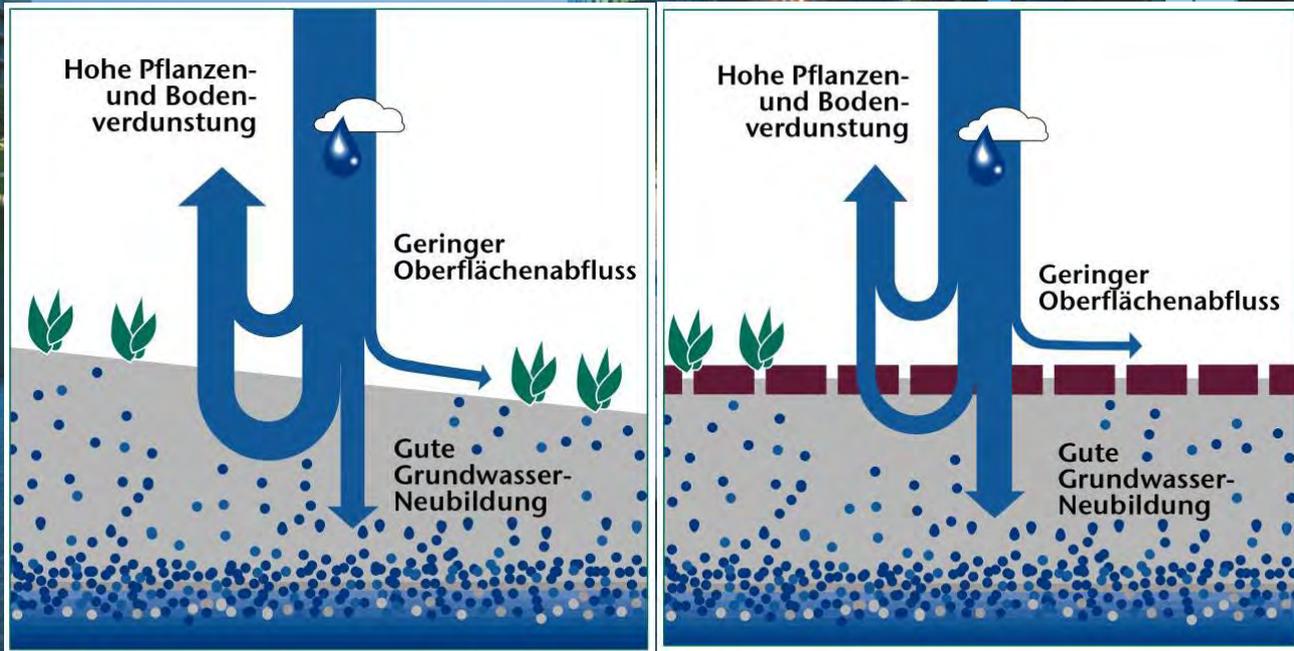


*Flächensysteme für die Stadt von Morgen:  
Aktive Gestaltung des Wasserhaushalts und des Stadtklimas*

- Wie ist die Situation?
- Welche Lösungsansätze gibt es?
- Welche Lösungen bieten wir?

# Wasserhaushalt

Zurück in die Zukunft  
Schäden verringern  
Wasser schützen  
Klima verbessern



# übliche Bauweisen und bekannte Systeme haben Grenzen



- Nutzung?
- Eignung?
- Anwendung?
- Pflege?
- Dauerhaftigkeit!

AFS-Prüfung



Mineralöl-Prüfung



# Bauweise nach allgemeiner Bauartgenehmigung



Niederschlagsabfluss von  
Verkehrsflächen mit Verunreinigungen

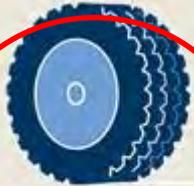
Pflasterbelag  
mit speziellem Fugenmaterial

Spezielles Bettungsmaterial

Gereinigtes Regenwasser

# Mikroplastik

## persönlicher jährlicher Fußabdruck



**~1.230g**  
Reifenabrieb  
(davon 88 % Pkw)



**~230g**  
Abrieb Bitumen  
in Asphalt



**~180g**  
Pelletverluste



**~165g**  
Freisetzung bei  
Abfallentsorgung



**~130g**  
Verwehungen Sport-  
und Spielplätze



**~120g**  
Freisetzung auf  
Baustellen



**~110g**  
Abrieb  
Schuhsohlen



**~100g**  
Abrieb Kunststoff-  
verpackungen



**~90g**  
Abrieb Fahrbahn-  
markierungen



**~80g**  
Faserabrieb bei  
der Textilwäsche

**Σ 1660 g**

**Σ 775 g**



Bisher wurden über 70 Quellen von primärem Mikroplastik identifiziert. Zusätzlich entsteht sekundäres Mikroplastik durch Verwitterung und Fragmentierung von Makroplastik in der Umwelt.



- Wartungs-Intervall: 10 Jahre länger als andere Behandlungen)
- bei Werten  $< 270 \text{ l}/(\text{s} \times \text{ha})$

Regeneriert und gewährleistet dauerhafte Funktion ✓

Auffüllen/Einfegen mit neuem Fugenmaterial  
bis Oberkante Fuge





# Reinigung

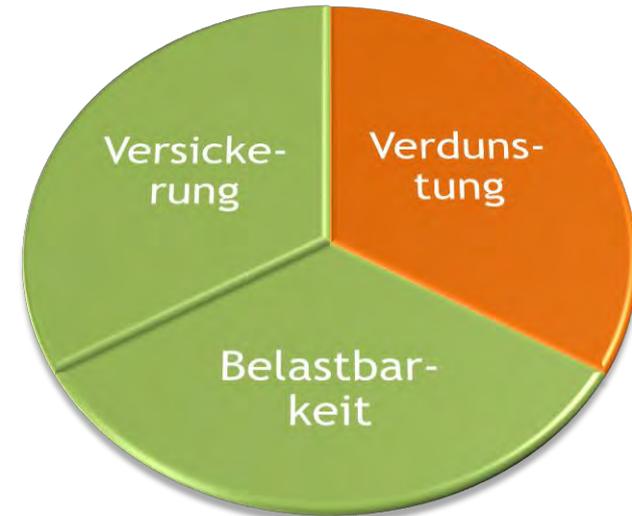
## Spül-Saugverfahren



## (2012) GDM.DRAIN abZ Z-84.1-9, (2014) abZ Z-84.1-28

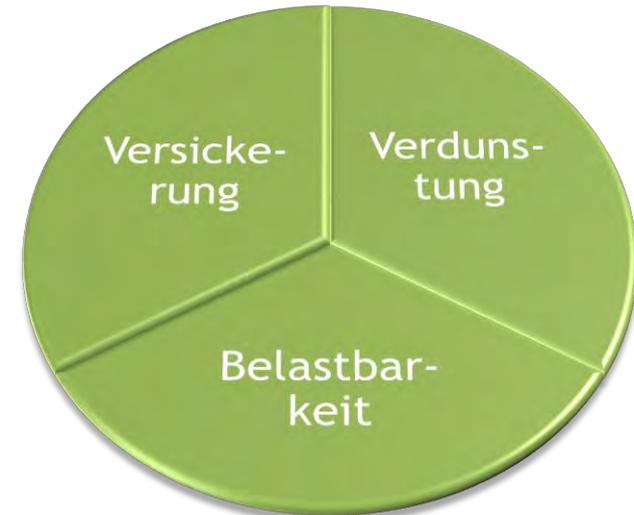


- gefügedichte Betonpflastersteine
- Versickerung über Fugen und Kanalsystem
- Rundumverzahnung + profilierte Unterseite
- anwendbar bis Belastungsklasse Bk1,8





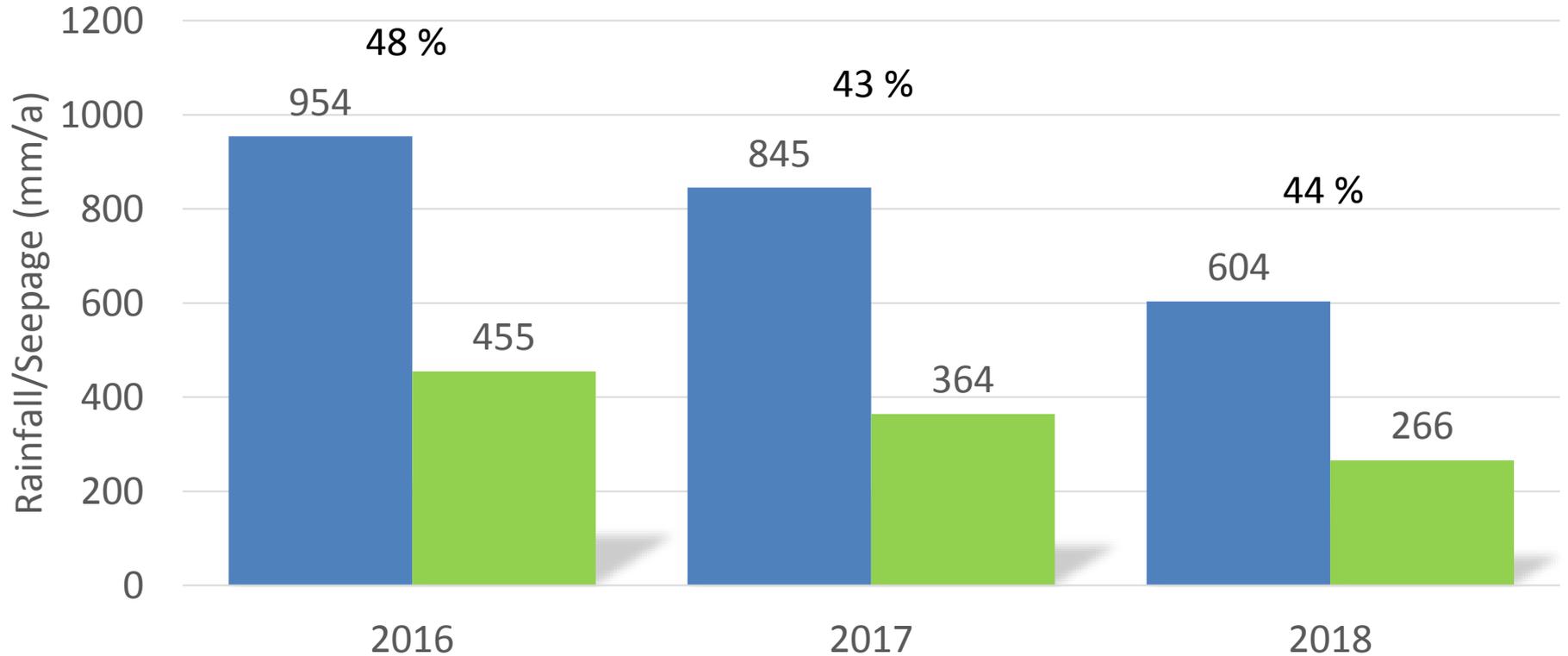
- zweischichtige Betonpflastersteine
- Versickerung über Fugen, Anteil 5 - 10%
- viele Formate und Steindicken
- anwendbar bis Belastungsklasse Bk1,8



# Verdunstung

2016 bis 2018

■ Niederschlag ■ Verdunstung



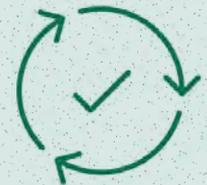
# Der Klimastein

## Drei Schichten für klimapositive Flächen in der Stadt

- 1 Katalysator-Schicht: Die Sichtfläche reflektiert Wärmeeinstrahlung, reduziert Lärmemissionen und neutralisiert Luftschadstoffe. Die Feuchtigkeit gelangt über die Fugen in die Speicher-Schicht und in das Erdreich.
- 2 Speicher-Schicht: Der Kernbereich kann große Mengen Feuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben. So erziele Pflasterflächen eine ähnlich hohe Verdunstungsrate wie eine Wiese.
- 3 Kapillar-Schicht: Der Unterbau ist weniger durchlässig, mehr Feuchtigkeit wird gespeichert und zusätzlich vom Erdreich aufgenommen. Dies führt zu einer erhöhten Verdunstung.



Zudem ist der GDM.KLIMASTEIN ein vollständig kreislauffähiges System, nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip.



Nachhaltiges Bauen

## Was bedeutet Cradle to Cradle?

Wertvolle Rohstoffe sollen nicht verschwendet, sondern unendlich wiederverwendet werden. Die Zertifizierung beurteilt die Kreislauffähigkeit von Produkten und denkt Produktionsprozesse neu.



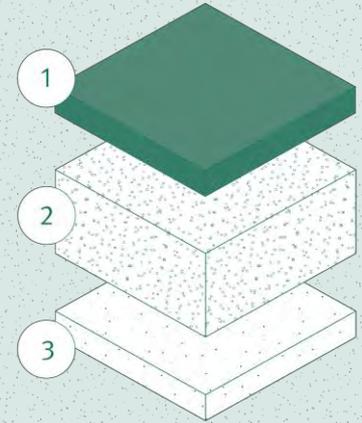
Der Aufbau des Klimasteins ist dreischichtig:

- 1 Katalysator-Schicht
- 2 Speicher-Schicht
- 3 Kapillar-Schicht



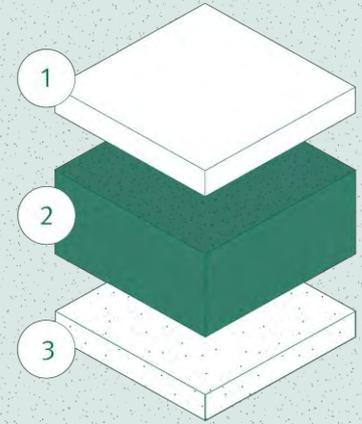
# Die Katalysator-Schicht

Die Katalysator-Schicht reflektiert Wärmeeinstrahlung, reduziert Lärmemission und neutralisiert Luftschadstoffe. Niederschlag versickert über die Fugen und durchfeuchtet die Speicher-Schicht.



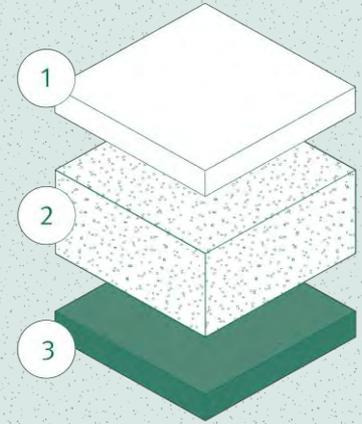
# Die Speicher-Schicht

Der Kernbereich kann große Mengen Feuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben. So erzielen Pflasterflächen eine ähnlich hohe Verdunstungsrate wie eine Wiese.



# Die Kapillar-Schicht

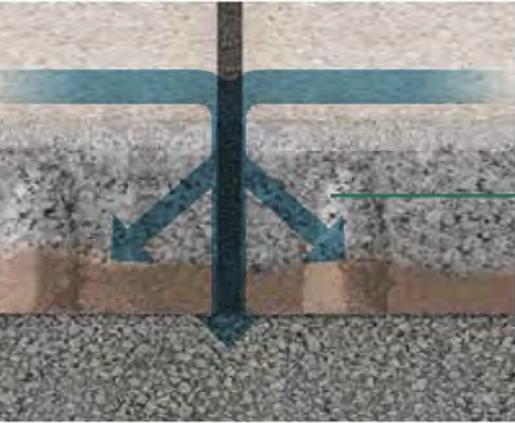
Die Unterschicht ist weniger durchlässig, mehr Feuchtigkeit wird gespeichert und zusätzlich vom Erdreich aufgenommen. Dies führt zu einer erhöhten Verdunstung.



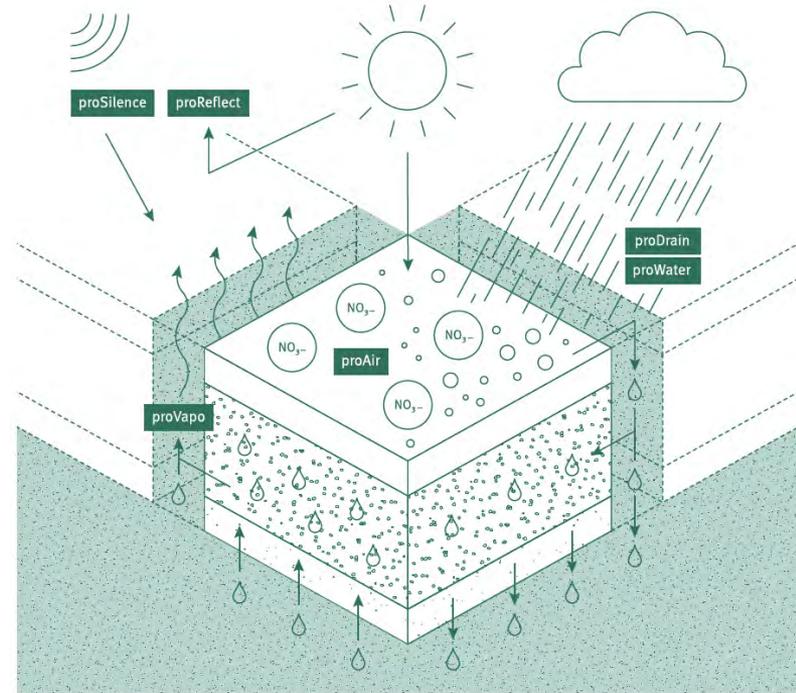
# Der Klimastein

Unsere Innovation

(2022)



In dem Pflastersystem versickert das Regenwasser über Fugen. Die für eine Fugenversickerung erforderliche Fugenbreite beträgt je nach Steindicke zwischen 5 und 9 mm, dabei liegt der flächenbezogene Fugenanteil zwischen 5 und 10 %.



# GDM. KLIMASTEIN proActive abZ



(2022)

## OBERFLÄCHEN

- ferro soft – mikrofein gestrahlt mit minimal angerauten Natursteinkörnungen

## PRODUKTMERKMALE

- TÜV zertifizierte, CO<sub>2</sub> neutrale Produktion
- Cradle to Cradle Gold-Zertifikat
- Produkt- und Umweltdeklaration (EPD)
- scharfkantig mit GODELMANN Kantenschutz
- mit verdeckt angeformten Abstandhaltern/Verbundstabilisatoren
- rutsch- und trittsicher

## FARBEN UND FORMATE



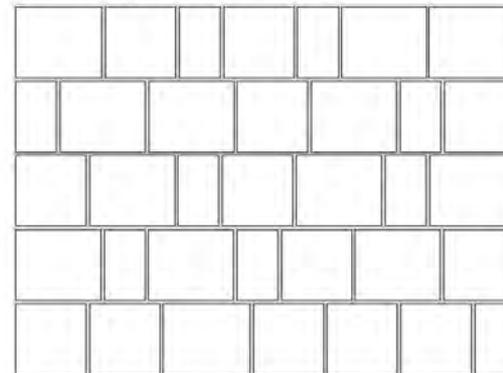
Grau



Beige



Mehrsteinsystem mit 6 mm Fuge



21/17,5/8 cm



17,5/17,5/8 cm



17,5/10,5/8 cm

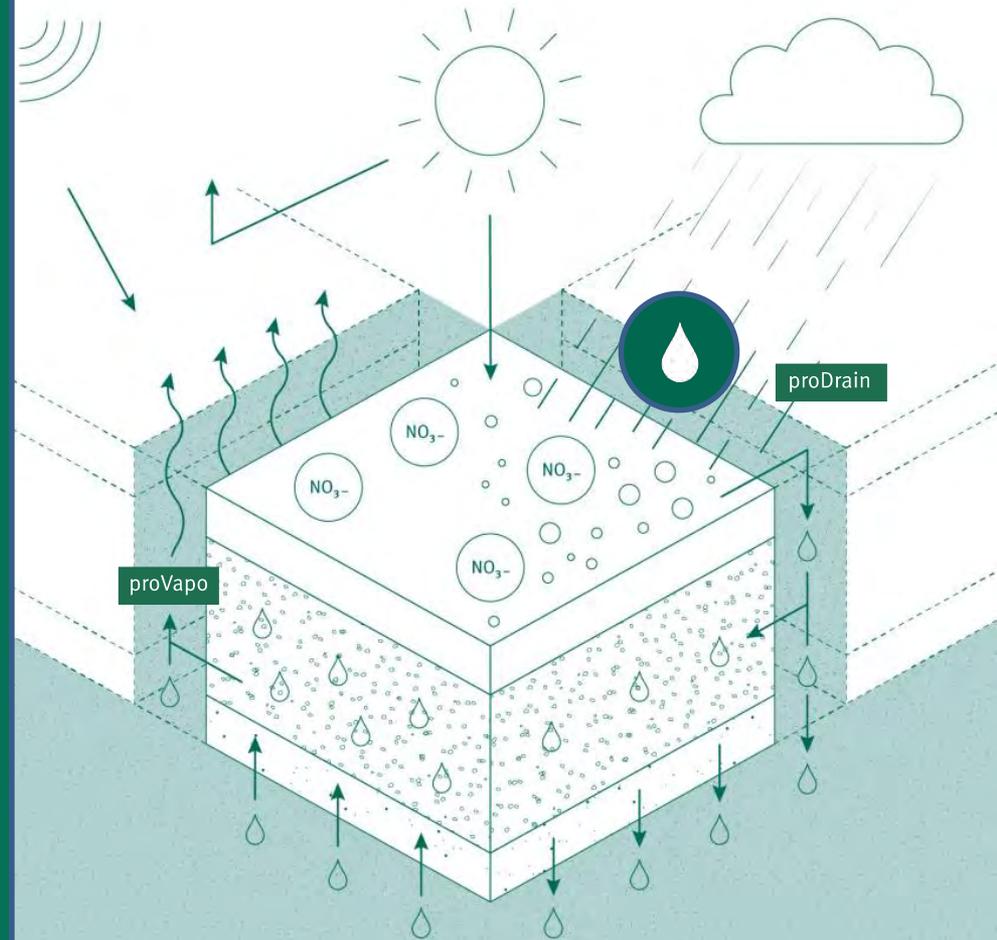
Andere Formate / Farben / Texturen oder objektbezogene Konfiguration auf Anfrage.

# proActive Prinzip:



## proDrain

Dezentrale  
Flächenversickerung hält  
die natürliche Wasserbilanz  
vor Ort weitestgehend  
intakt und entlastet das  
Kanalnetz.

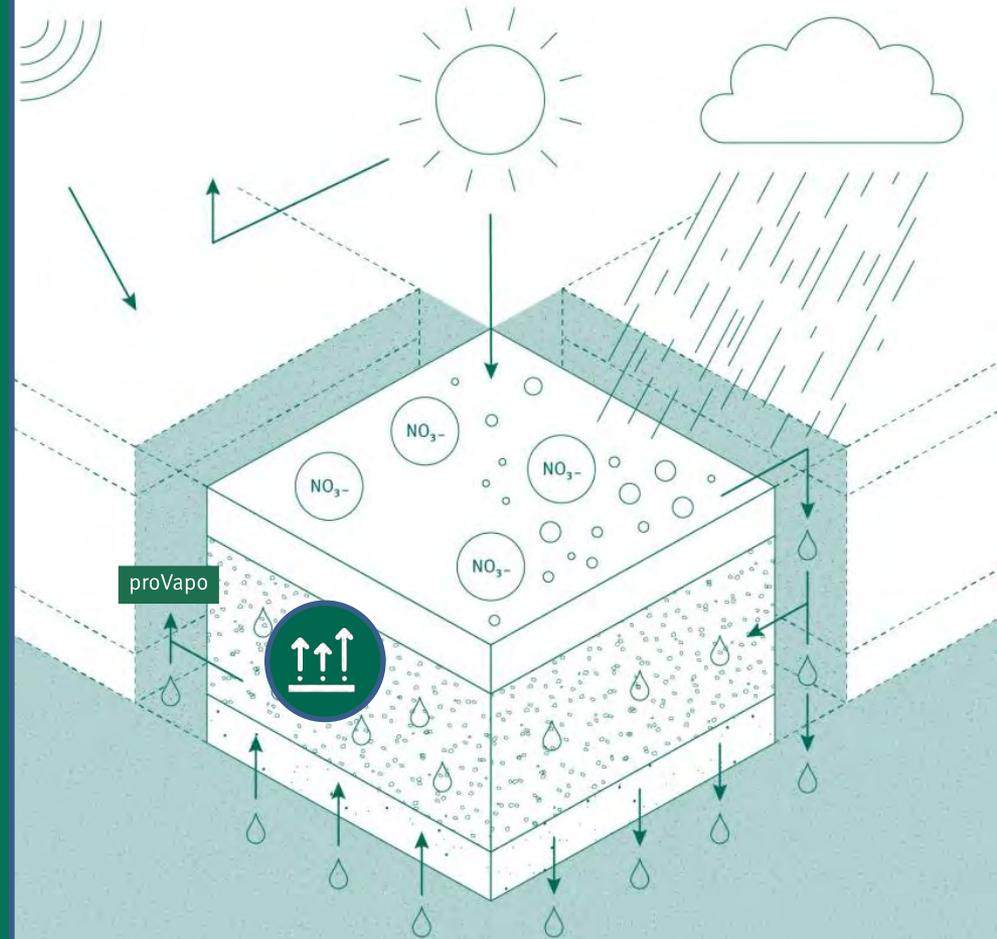


# proActive Prinzip:



proVapo

Verdunstungsaktivität verbessert das Stadtklima: höhere Luftfeuchtigkeit und mehr Abkühlung.

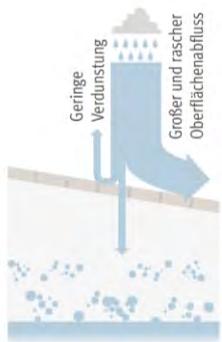


# proDrain / proVapo

Versickerung und Verdunstung

Bei der Erschließung neuer Siedlungsgebiete ist es zentrales Ziel, dass die kleinräumige Wasserbilanz nach der Erschließung möglichst ähnlich der Wasserbilanz der natürlichen, unbebauten Fläche ist.

## VERSIEGELTER BODEN



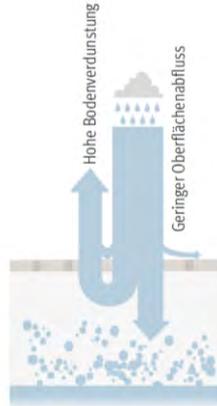
Minimale Grundwasserneubildung

## NATÜRLICHER BODEN



Gute Grundwasserneubildung

## GDM.KLIMASTEIN proActive abZ



Gute Grundwasserneubildung

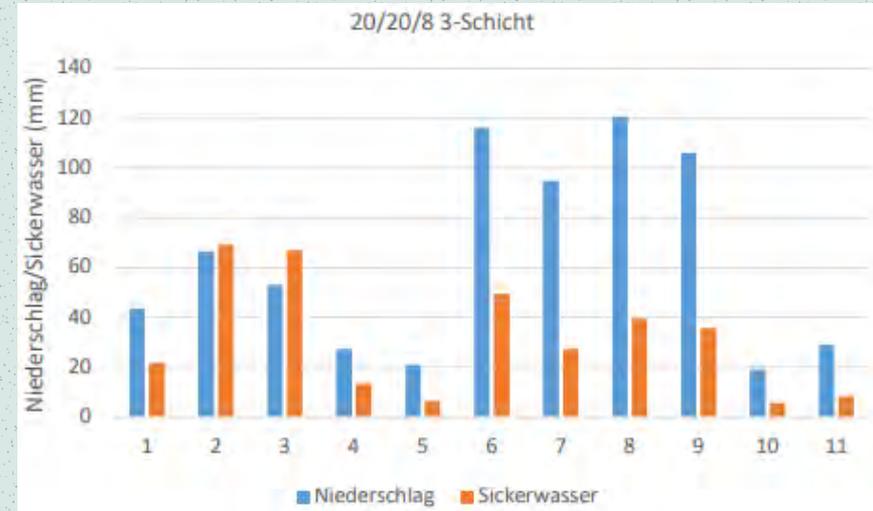
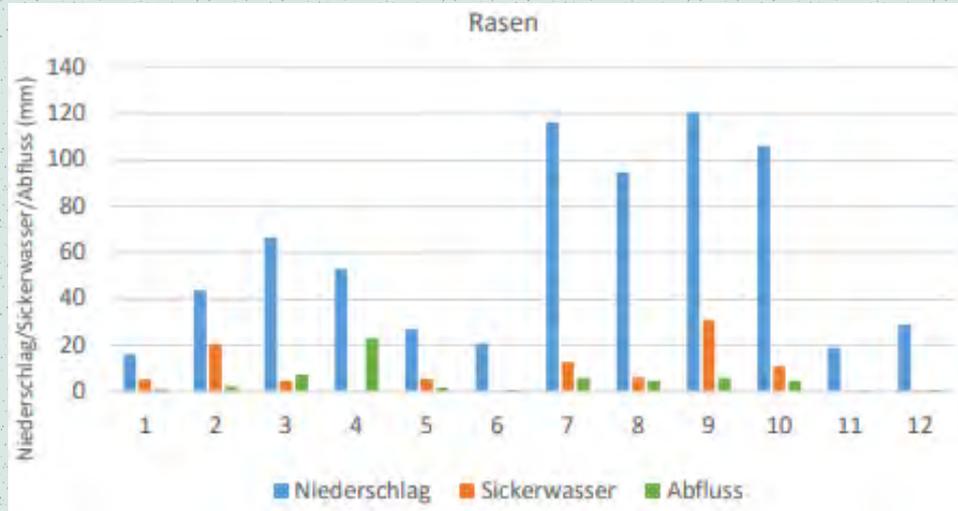


proDrain  
Dezentrale Flächenversickerung hält die natürliche Wasserbilanz vor Ort weitestgehend intakt und entlastet das Kanalnetz.



proVapo  
Verdunstungsaktivität verbessert das Stadtklima: höhere Luftfeuchtigkeit und mehr Abkühlung.

## Niederschlag und Sickerwasser





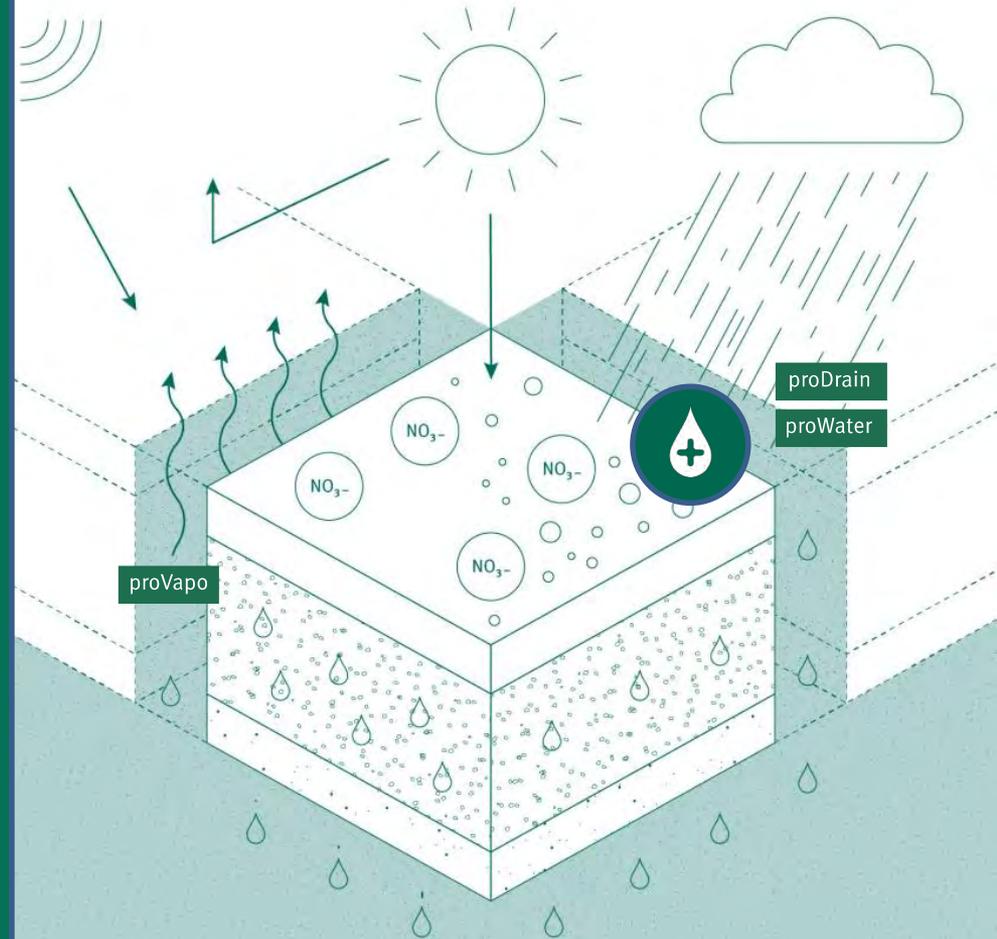
Verdunstungs-  
grad wie eine  
Wiese.

# proActive Prinzip:



## proWater

Das Fugenmaterial filtert Schadstoffe aus dem Niederschlagswasser von Verkehrsflächen:  
Grundwasserschutz.



# proWater

Gewässerschutz



proWater

Das Fugenmaterial filtert Schadstoffe aus dem Niederschlagswasser von Verkehrsflächen: Grundwasserschutz.



DIBt-Bauartzulassung

Der GDM.Klimastein proActive abZ wird mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Z-84.1-29 eingesetzt als **„Flächenbelag zur Behandlung und Versickerung von Niederschlags-abflüssen von Verkehrsflächen“**.

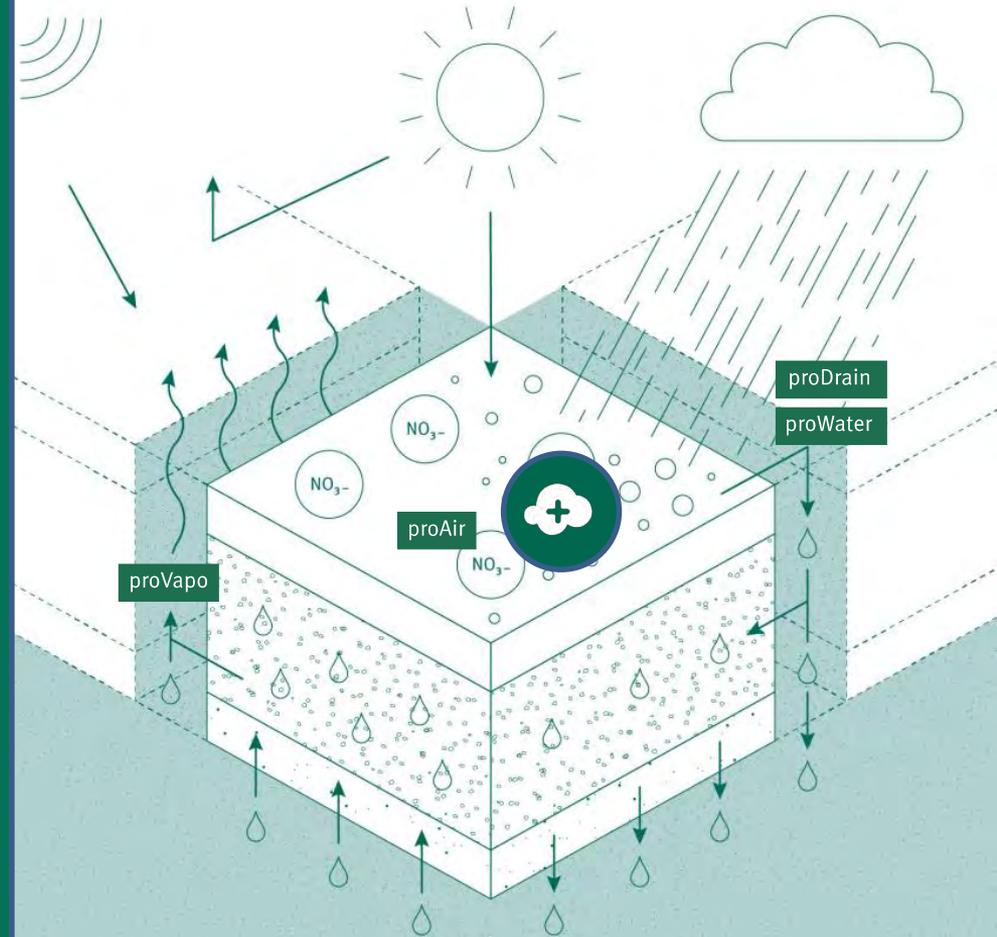


# proActive Prinzip:



proAir

Dank modifizierter  
Betonrezeptur trägt die  
Fläche zur Reduktion von  
Luftschadstoffen bei.



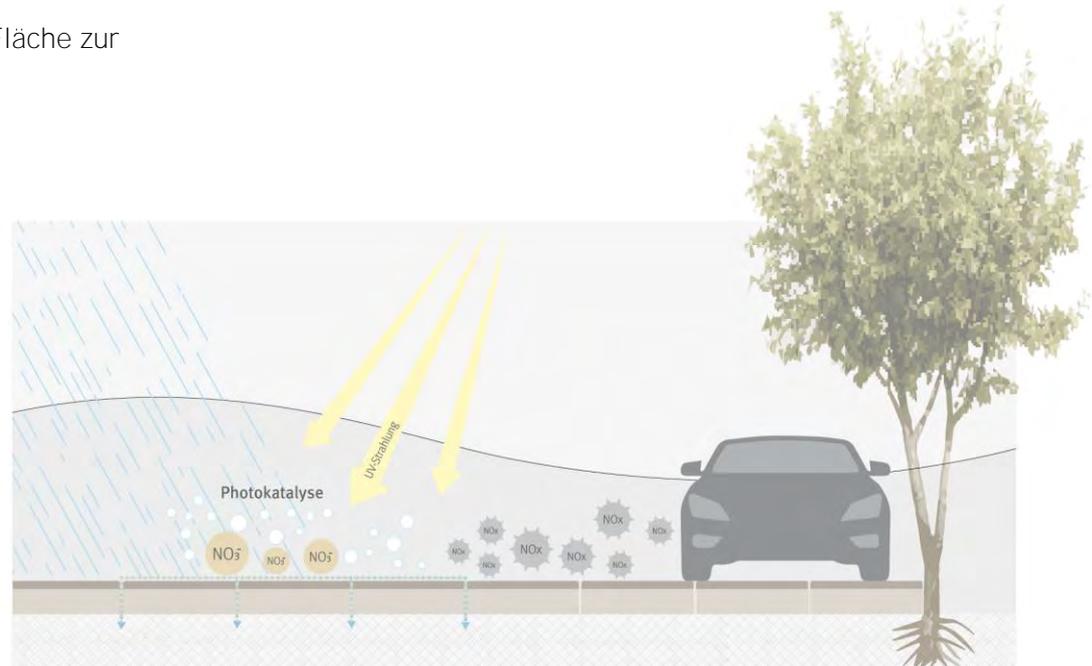
# proAir

Luftreinhaltung



proAir  
Dank modifizierter Betonrezeptur trägt die Fläche zur  
Reduktion  
von Luftschadstoffen bei.

Schädliche Stickoxide aus der Umgebungsluft werden durch photokatalytische Oberflächen in unschädliche Nitratre umgewandelt. Für eine sauberere und gesunde Luft in dicht besiedelten Gebieten.

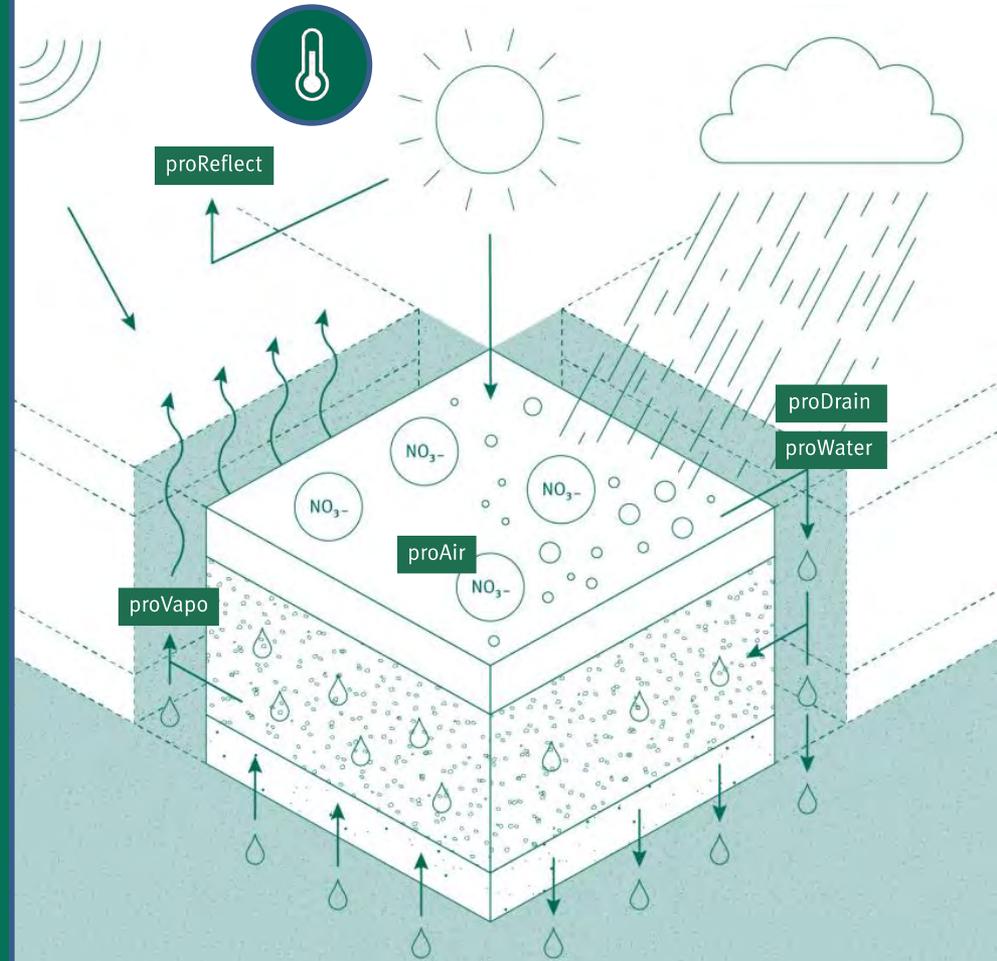


# proActive Prinzip:



## proReflect

Die Oberfläche reflektiert die Wärme der Sonneneinstrahlung und schützt vor Aufheizung.



# proReflect

## Überhitzungsschutz

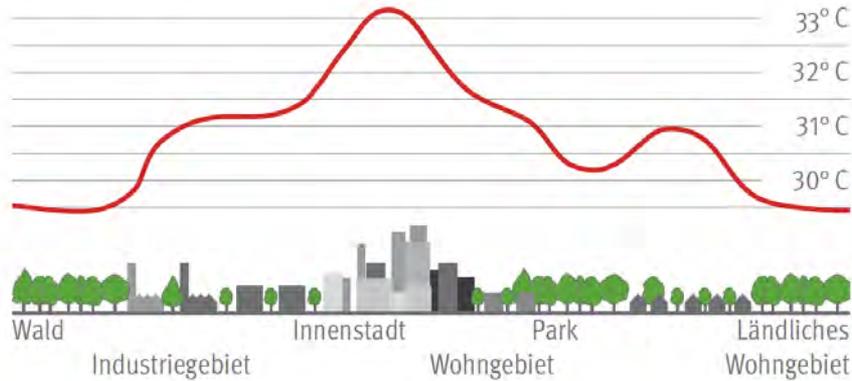


proReflect

Die Oberfläche reflektiert die Wärme der Sonneneinstrahlung und schützt gegen Aufheizung.



### STÄDTISCHE HITZEINSEL



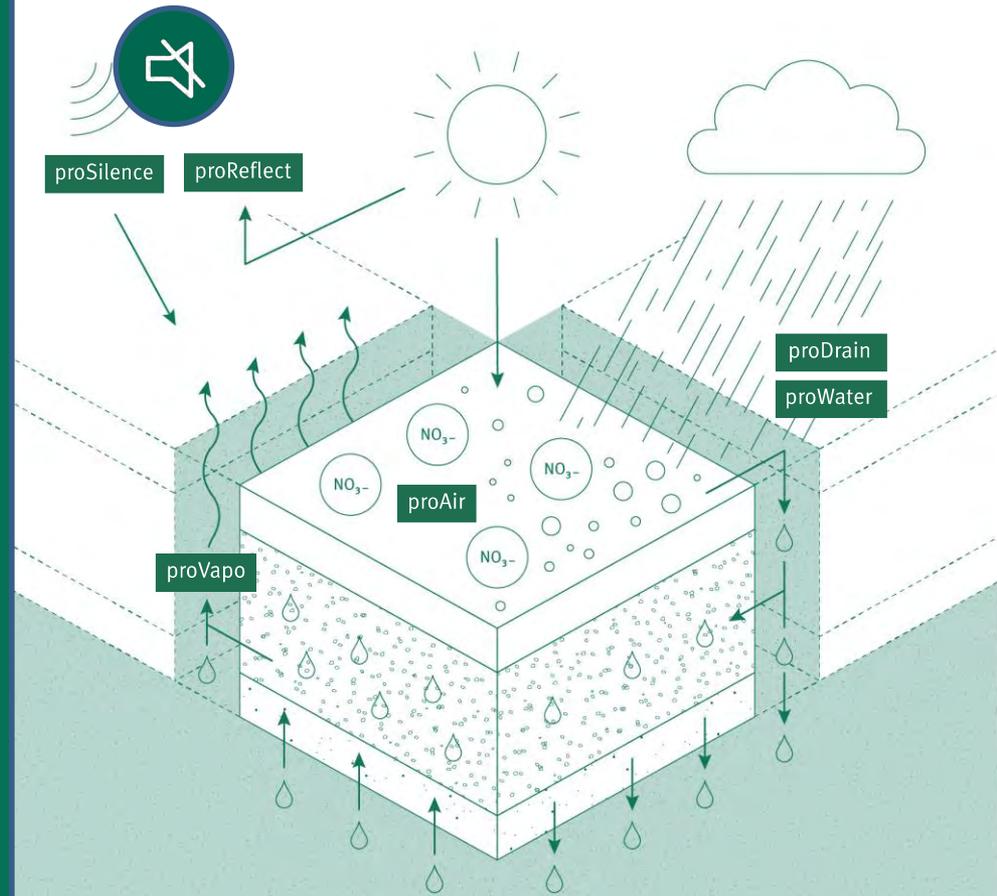
Helle Flächenbeläge können den UHI-Effekt vermindern, denn sie reflektieren das Sonnenlicht und speichern nur wenig Wärme. Für das Rückstrahlvermögen von Oberflächen steht der SRI-Wert, dabei reicht die Skala von schwarz = 0 bis weiß = 100. Der GDM.KLIMASTEIN proActive abZ kann in vielen Farben gefertigt und in jeder Ausführung ein SRI-Wert hinterlegt werden. Dabei ist ein SRI-Wert von > 35 anzustreben.

# proActive Prinzip:



## proSilence

Format, Fase, die Fugenbreite und Oberflächenstruktur, sowie das Verlegemuster garantieren einen besonders leisen Pflasterbelag.



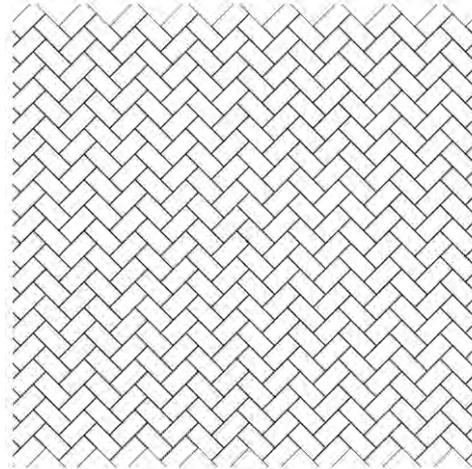
# proSilence

Lärmschutz

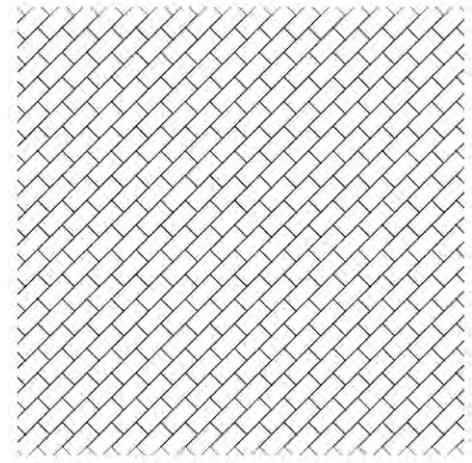


proSilence

Bestimmte Formate, die Fugenbreite und Oberflächenstruktur, sowie das Verlegemuster garantieren einen besonders leisen Pflasterbelag.



Fischgrätverband,  
geeignet bis Belastungsklasse Bk3,2



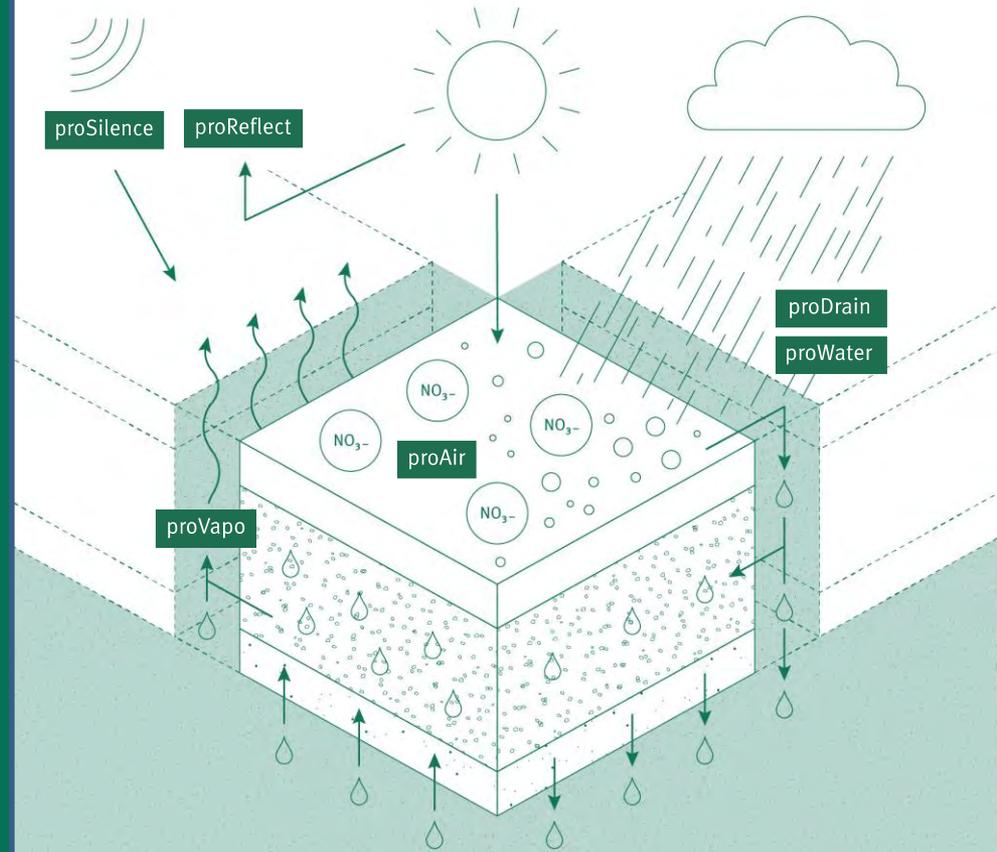
Diagonalverband 45°,  
geeignet bis Belastungsklasse Bk1,8

# proActive Prinzip:



## proCycle

Schont Rohstoffressourcen  
durch Recycling und  
Upcycling (GRC)



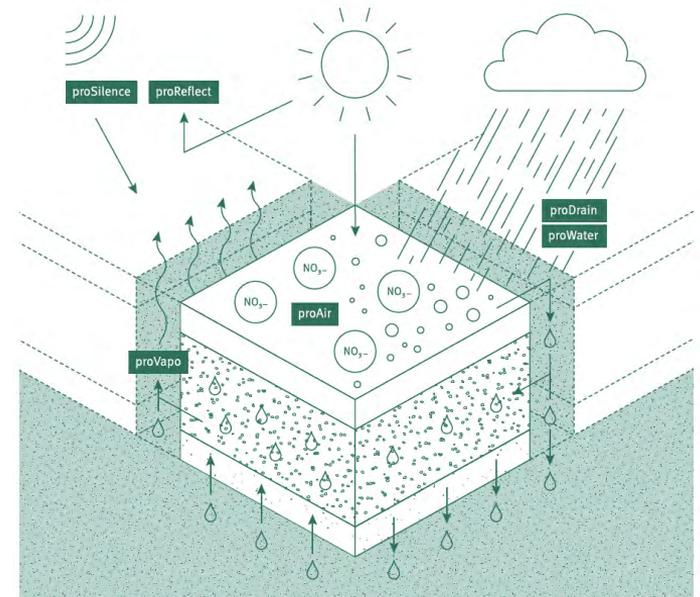
# GDM.KLIMASTEIN proActive abZ



(2022)

Führend in der Ökologie

- 100 % Regenwasserversickerung und Verdunstung - bei 270 l/(s x ha) Abflussbeiwert  $\Psi \approx 0$
- 100 % Grundwasserschutz durch DIBt-geprüften Schadstoffrückhalt
- Stadtklimafreundlich durch erhöhte Verdunstungsrate: > 50 %
- kompensiert lokale Überflutungen
- entlastet Kanalnetz und Klärwerke
- fördert die Grundwasserneubildung
- belebt Bodenfunktionen
- spart Regenwassergebühren und Investitionen für Entwässerungssysteme
- Zusatzeigenschaften für
  - 1 NO<sub>x</sub>-Abbau
  - 2 Reduzierung UHI-Effekt
  - 3 geräuscharme Pflasterbeläge
- kostengünstigste Anlage zur Versickerung und Behandlung von Regenwasser
- Herstellung: ressourcenschonend, CO<sub>2</sub>- und klimaneutral



# STUTTGARTER KLIMASTEIN



Souverän in Technik

- DIBt-geprüfte Sicherheit für Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung
- geeignet für Verkehrsflächen bis Bk1,8 nach RStO 12
- Grundwasserflurabstand: nur 1 m
- erfüllt wasserrechtliche und straßenbautechnische Anforderungen
- Produktdesign: Gestaltungspflaster
- erweiterte Anwendungsbereiche: auch Wasserschutzgebiet, einsetzbar als Retentionsanlage auf Tiefgaragen
- Ebenheit: nur 1% Gefälle
- regenerierbare Funktion und Leistung - Wartungsintervall: 10 Jahre



proDrain



proWater



proVapo



proAir



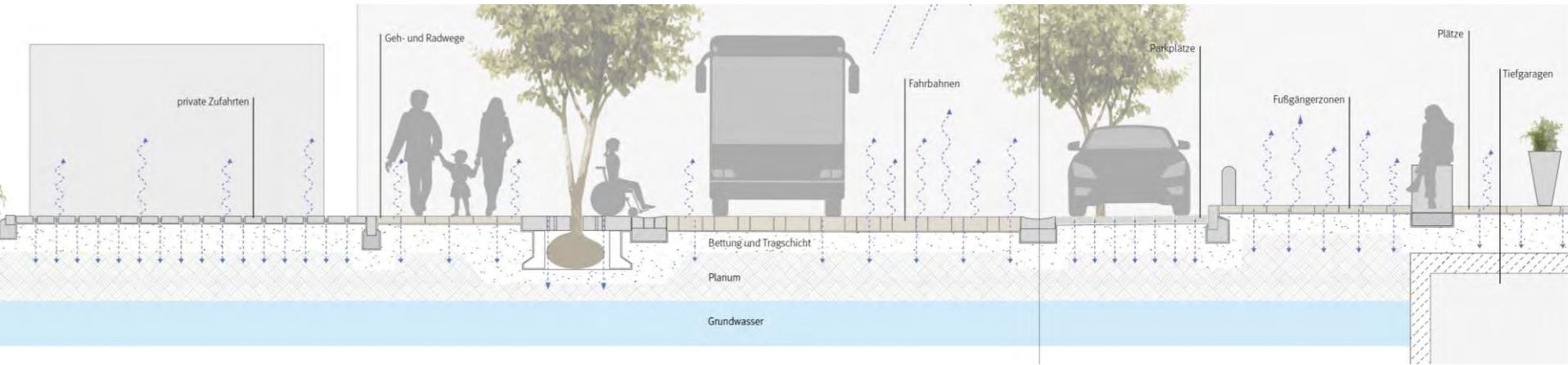
proReflect



proSilence



proCycle





JEDER  
TOPF  
findet seinen Deckel

Klimaschutz ist für unsere Zukunft  
so wichtig wie nichts anderes.

Dazu wollen wir unseren Beitrag leisten.

*Herzlichen Dank*



## Fachtausch Schwammstadt: Schlusswort und Ausblick

11. Juli 2022, Stefan Hasler, Direktor VSA

Fachtausch Schwammstadt: Schlusswort und Ausblick



### Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute

Der VSA setzt sich für saubere und lebendige Gewässer sowie den Schutz und die nachhaltige Nutzung der Ressource Wasser ein.

Schwerpunkte:

- Siedlungsentwässerung
- Abwasserreinigung
- Kanalisation
- Industrie- und Gewerbeabwasser
- Infrastrukturmanagement
- Grundwasserschutz
- Gewässerqualität
- Gewässerökologie
- Revitalisierung
- Integrales Wassermanagement

**Total rund 1500 Mitglieder (-organisationen)**



Category	Count
Gemeinden	316
Ingenieur- und Planungsfirmen	381
Hersteller- und Lieferfirmen	212
Einzelmitglieder	185
Zweckverbände	173
Ehren- / Freimitglieder / Gegenseitig	138
Schulen / Institute	16
Bund / Kantone / Staat	32



**Klimakrise:  
Oberflächenabfluss**



**Klimakrise:  
Hitzeinseleffekt**



**Biodiversitätskrise:  
Artenschwund dämpfen**



**Wohnqualität  
fördern**

Fachaustausch Schwammstadt: Schlusswort und Ausblick



**Multifunktional  
genutzte Flächen**



**Beitrag zu Netto-Null**

## VSA-Projekt «Schwammstadt» Eingebundene Akteursgruppen / Projektorganisation



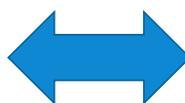
**Begleitgruppe:**  
 Städte / Gemeinden  
 Kantone  
 Verbände (BSLA, EspaceSuisse, FSU, GVRZ, SVGW, VSSG, VSS)  
 Forschung (Eawag, OST, ZHAW, BFH, [WSL])  
 Bund (BAFU, ARE, KBOB)  
 Versicherungsbranche  
 Immobiliengesellschaften  
 Fachleute aus: Siedlungswasserwirtschaft, Stadtgrün,  
 Raumplanung, Landschaftsarchitektur, Naturgefahren,  
 Gewässerschutz, Biodiversität etc.



Fachaustausch Schwammstadt: Schlusswort und Ausblick

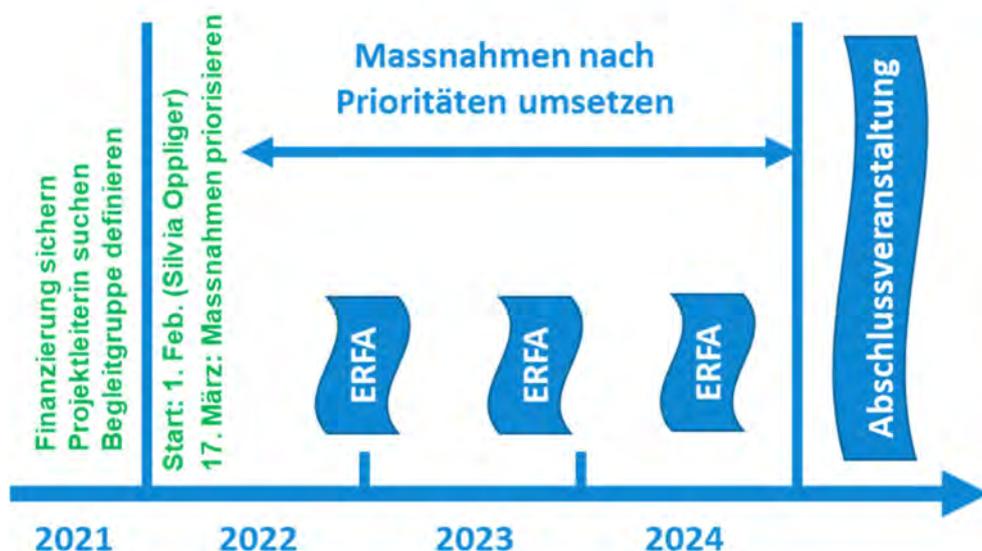
## Welche Ziele verfolgt der VSA mit dem Projekt?

- Massnahmenset bez. «guter Praxis» aufbereiten und Gemeinden zur Verfügung stellen
- Anlaufstelle für Fragen («Plattform»)
- ERFA für Gemeinden und weitere Anspruchsgruppen
- Die für Anpassung an Klimawandel notwendigen Massnahmen in die Breite tragen
- Sektorübergreifende Zusammenarbeit fördern!



5

## Terminprogramm VSA-Projekt «Schwammstadt»



6

## 21 mögliche Projektideen

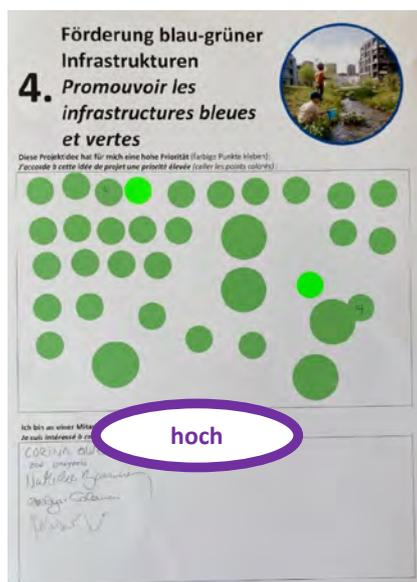
1. Erfahrungsaustausch
2. Kurs «Fachperson Schwammstadt»
3. «Schwammstadt-Aspekte» ➔ GEP-MPH
4. Förderung blau-grüner Infrastrukturen
5. Water-reuse
6. «Best Practice»-Beispiele aufbereiten
7. Einsatzbereite Schwammstadt-Elemente
8. Aktualisierung KBOB-Empfehlung
9. Positionspapier
10. Green-Streets
11. Finanzierung «Schwammstadt»-Massn.
12. Paragraphen-Bestenliste
13. Förderinstrumente für Private
14. Leistungskennzahlen / Benchmark
15. Unterhalt langfristig sicherstellen
16. Ökosystemleistungen aufzeigen
17. Erfolgskontrolle «Schwammstadt»-Massn.
18. Sensibilisierung Öffentlichkeit
19. Gesamtschau ➔ Verankerung in Normen
20. Parzellenübergreifendes Regenwasser-management
21. Nachhaltigkeit



## Priorisierung: Nach Punkten (Y-Achse)

**4. Förderung blau-grüner Infrastrukturen**  
*Promouvoir les infrastructures bleues et vertes*

Diese Projektidee hat für mich eine hohe Priorität (Farbige Punkte kleben).  
*J'accorde à cette idée de projet une priorité élevée (coller les points colorés).*



Ich bin an einem Mitarbeiter interessiert (coller les points colorés).  
*Je suis intéressé(e) à collaborer.*

**hoch**

**11. Finanzierung von „Schwammstadt“-Massnahmen**  
*financement des mesures*

Diese Projektidee hat für mich eine hohe Priorität (Farbige Punkte kleben).  
*J'accorde à cette idée de projet une priorité élevée (coller les points colorés).*

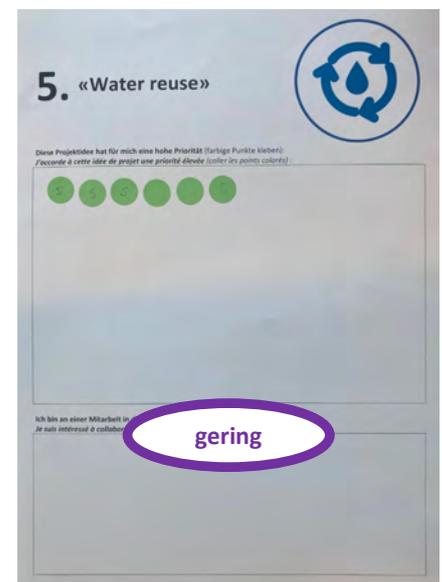


Ich bin an einem Mitarbeiter interessiert (coller les points colorés).  
*Je suis intéressé(e) à collaborer.*

**mittel**

**5. «Water reuse»**

Diese Projektidee hat für mich eine hohe Priorität (Farbige Punkte kleben).  
*J'accorde à cette idée de projet une priorité élevée (coller les points colorés).*



Ich bin an einem Mitarbeiter interessiert (coller les points colorés).  
*Je suis intéressé(e) à collaborer.*

**gering**

# Priorisierung: Nach zeitlicher Dringlichkeit (X-Achse)

## 11. Finanzierung von „Schwammstadt“-Massnahmen

### financement des mesures

**Kurzbeschreibung / Description:**  
 Erarbeitung eines Argumentariums, welche Massnahmen über die Abwassergebühren finanziert werden dürfen (und welche nicht) sowie eines entsprechenden Musterartikels zur juristisch korrekten Verankerung dieser Finanzierung im kommunalen Abwasseregiment.  
 Zudem sollen Vorschläge für Kostenträger von Schwammstadt-Massnahmen zur Verfügung gestellt werden (z.B. wer bezahlt wie viel, wenn wegen Säumen bestehende Leitungen verlegt werden müssen?)

**Welches sind die grössten Herausforderungen in diesem Projekt?**  
 Leq: Quels sont les plus grands défis dans ce projet?  
 - Wie kann man die Kosten der Schwammstadt-Massnahmen auf die richtigen Träger übertragen?  
 - Wie kann man die Kosten der Schwammstadt-Massnahmen auf die richtigen Träger übertragen?  
 - Wie kann man die Kosten der Schwammstadt-Massnahmen auf die richtigen Träger übertragen?

**Inputs zum Projekt / Inputs pour ce projet:**  
 - Liste von Massnahmen  
 - Musterartikel

**hoch**

## 5. «Water reuse»

**Kurzbeschreibung / Description:**  
 Die Nutzung von gereinigtem Abwasser aus Kläranlagen für Bewässerungszwecke ist in der Schweiz gesetzlich nicht zulässig. Die Nutzungsmöglichkeiten moderner ABA sind jedoch mittlerweile so groß, dass das Wasser nach Hygienisierung z.B. für die Bewässerung von Gärten und landwirtschaftlichen Flächen, zur Strassen- oder Platzreinigung oder auch zur Neubildung von Grundwasser und in künstlichen Seen und Tümpeln verwendet werden könnte. Auch als Brauch-, Kühl- oder Prozesswasser in Betrieben und der Industrie könnte es eingesetzt werden. Dieses Wasser stellt immer, z.B. auch während einer mehrmonatigen Trockenperiode zur Verfügung. Gesamtes Niederschlagswasser kann zudem in Wohnungen beispielsweise zur Toiletenspülung oder Wassereinsparung eingesetzt werden. Im Projekt sollen Entscheidungsvorgänge für die Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser und von Niederschlagswasser erarbeitet werden.

**Welches sind die grössten Herausforderungen in diesem Projekt?**  
 Leq: Quels sont les plus grands défis dans ce projet?  
 - Absence de base légale pour l'utilisation des eaux usées épurées  
 - Influence de la culture de la Suisse / France  
 - Rapport coûts/bénéfices du traitement décentralisé des eaux usées

**Inputs zum Projekt / Inputs pour ce projet:**  
 - Beispiele d'utilisation des eaux usées épurées (Blue Factory Fribourg, Überbauung Stockacker Süd Bern, Cooperative d'habitation Equilibre Genève)  
 - Exemples pour l'utilisation centrale des eaux usées (toilettes, pour les routes, canalisations, ...)

**mittel**

## 4. Förderung blau-grüner Infrastrukturen

### Promouvoir les infrastructures bleues et vertes

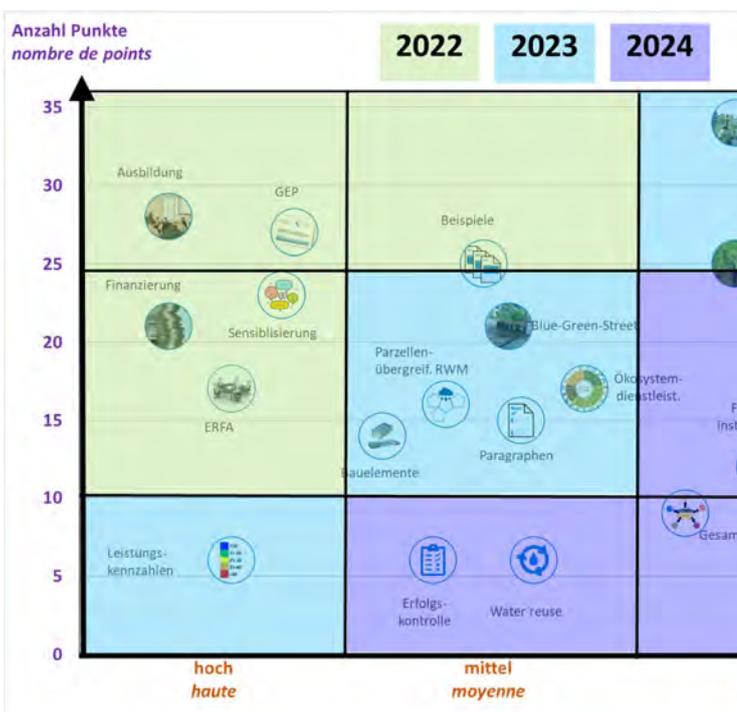
**Kurzbeschreibung / Description:**  
 Durch die Quartiers-Ressorts, Bäche und wieder verfliegende Gewässer sind besonders attraktiv und tragen viel zur Hochqualität und Biodiversität bei. Die Ausdehnung / Realisierung im Stadtgebiet stellt sich jedoch dar und erfordert zum Wasser unterschiedl. von den üblichen Themen sind die Herstellung von blau-grünen Infrastrukturen und der Erhaltung/Sicherung von oberflächennahen Retentionsräumen.  
 Das VSA möchte an kommunalen Beispielen zeigen, wie dies Potential im Interregnum resp. bei Verbänden (Baukanton) vollumfänglich, auch in Blau-Grün, werden könnte.

**Welches sind die grössten Herausforderungen in diesem Projekt?**  
 Leq: Quels sont les plus grands défis dans ce projet?  
 - La place à l'écoulement  
 - La place à l'écoulement

**Inputs zum Projekt / Inputs pour ce projet:**  
 - Schöne Beispiele  
 - Beispiele für die Umsetzung von blau-grünen Infrastrukturen  
 - Beispiele für die Umsetzung von blau-grünen Infrastrukturen  
 - Beispiele für die Umsetzung von blau-grünen Infrastrukturen

**tief**

# Gesamtpriorisierung aller Projekte



## PRIORISIERTE PROJEKTE IM VSA-SCHWAMMSTADTPROJEKT

### I. SENSIBILISIERUNG UND BILDUNG

Öffentlichkeitsarbeit, Erfahrungsaustausch, Aus- und Weiterbildung sowie Bereitstellung von guten Beispielen

### II. GRUNDLAGEN UND RAHMENBEDINGUNGEN

Für Behörden: Anpassung GEP-Musterpflichtenheft, Musterartikel, rechtlicher Rahmen  
 Für Planer: Werkzeuge für Massnahmenvergleiche, Grundlagendaten für Modellierungswerkzeuge

### III. UMSETZUNG UND KONTROLLE

Einsatzbereite Schwammstadtelemente, Unterhalt von blau-grünen Infrastrukturen sowie Erfolgskontrolle

## Projekt «Sensibilisierungsarbeit»

- Aufbau einer Web-Plattform
- Öffentlichkeitsarbeit, z.B.
- Jährliche physische ERFA
- Kürzere virtuelle ERFAs im Rahmen der VSA-Webinar-Reihe
- Ausbildungs- und Weiterbildungskonzept (Ideen):
  - Kurzworkshops in Lehrgängen an Fachhochschulen (Architekten, Ingenieure, Raumplaner, ...)
  - Workshop-Toolbox für „on-demand“-Ausbildung von öffentlichen Verwaltungen
  - Kurs «Fachperson Schwammstadt», modular aufgebaut



OGA-Sonderschau 2022  
«Jeder Tropfen zählt»  
Zukünftiges Wasser- und Bodenmanagement  
der Grünen Branche



Lausanne Jardin  
2024

## GEP-Musterpflichtenheft

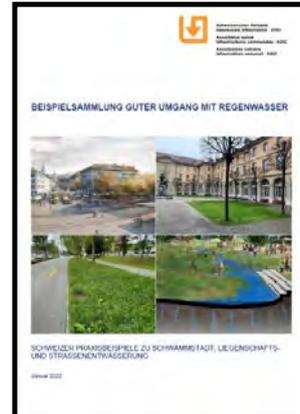
### «Schwammstadt-Aspekte» integrieren:

- Oberflächenabfluss / Überlastfall berücksichtigen
- Potential für Blau-grüne-Infrastrukturen aufzeigen  
z.B. mit einer Karte zum Abkopplungspotential von versiegelten Flächen
- Hinweise zur flächigen Infiltration / Anpassung der Versickerungskarte
- Einbezug des GEP in die übergeordnete Nutzungsplanung verstärken



## «Best Practice»-Beispiele

- Bestehende Beispielsammlungen (SVKI, BAFU, ...) unter die Leute bringen
- Lücken identifizieren
- Zusätzliche Beispiele aufbereiten bzw. Pilotprojekte lancieren
- Identifikation von einigen Beispielen, welche langfristig begleitet werden sollen (Erfolgskontrolle, Erkenntnisse Unterhalt, ...)



Fachaustausch Schwammstadt: Schlusswort und Ausblick

13

## Weitergehende Infos zu Projektideen



Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute

DE FR IT

LOGIN GLOSSAR MITGLIED WERDEN MEDIEN

SCHULUNGEN & VERANSTALTUNGEN PUBLIKATIONEN & PRODUKTE FACHBEREICHE / CC ÜBER DEN VSA



Weitergehende Informationen siehe: <https://vsa.ch/schwammstadt/>

Inputs, Fragen, usw: [silvia.oppliger@vsa.ch](mailto:silvia.oppliger@vsa.ch) / 044 500 37 70

# Leistungsmessung in der Praxis

Bodenpassagen und Baumsustrat unter der Lupe



Fachaustausch Schwammstadt, Basel 11 Juli 2022



## Sickerleistung

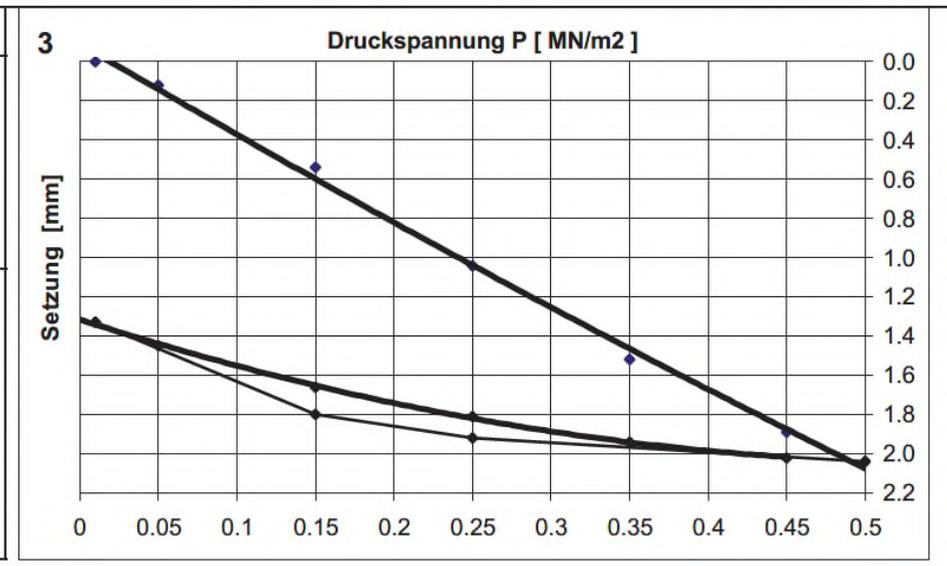
- Erdaufbau
- Baumsubstrat
- Sicker-  
Chaussierung
- Staudensubstrat
- Schotterrasen
- Sickermulde



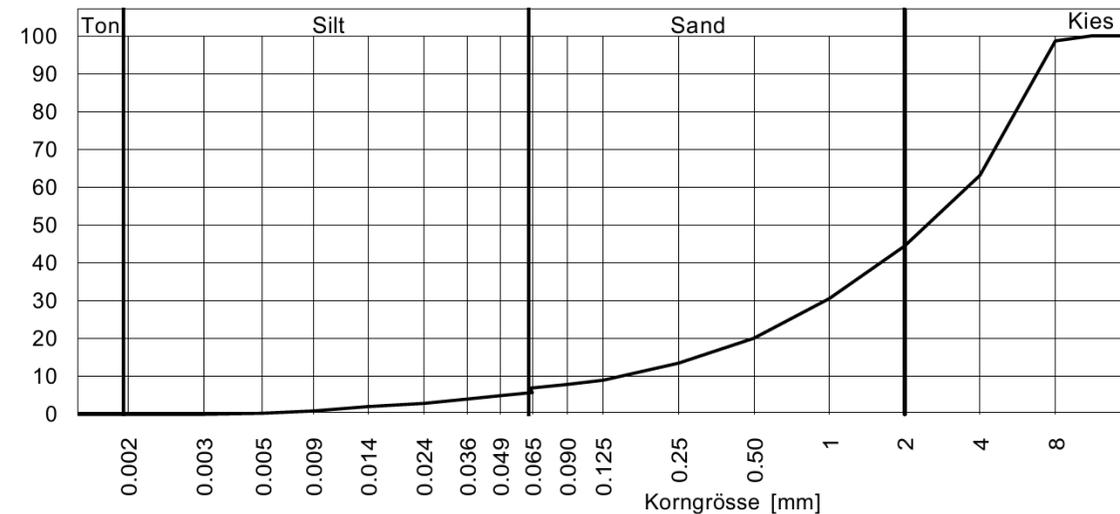
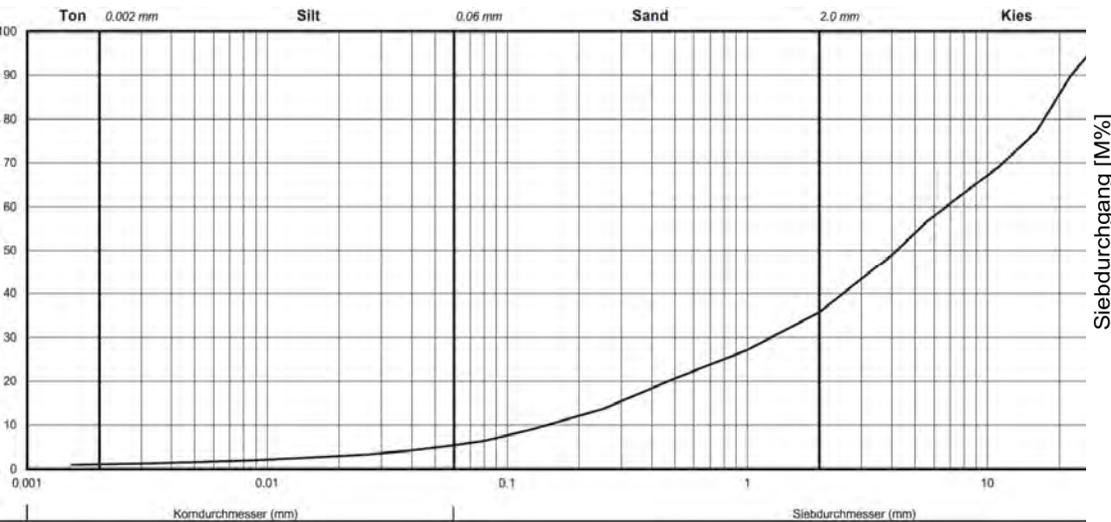


Ver Nr.	Messstelle Profil / Km	Erstbelastung ME 1 Fundationsschicht LS 0.15 - 0.25		Zweitbelastung ME 2 Fundationsschicht LS 0.15 - 0.25		Verhältnis ME2/ME1
3	ME 3	71.43	MN/m <sup>2</sup>	166.67	MN/m <sup>2</sup>	2.3
4	ME 4	61.22	MN/m <sup>2</sup>	136.36	MN/m <sup>2</sup>	2.2

Messwerte Versuch Nr.3					
Erstbelastung p MN/m <sup>2</sup>	Entlastung p MN/m <sup>2</sup>	Zweitbelastung p MN/m <sup>2</sup>	Erstbelastung s mm	Entlastung s mm	Zweitbelastung s mm
0.01		0.01	0.00		1.33
0.05		0.05	0.12		1.45
0.15		0.15	0.54		1.66
0.25	0.01	0.25	1.04	1.33	1.81
0.35	0.15	0.35	1.52	1.80	1.94
0.45	0.25	0.45	1.89	1.92	2.02
0.50	0.50		2.04	2.04	



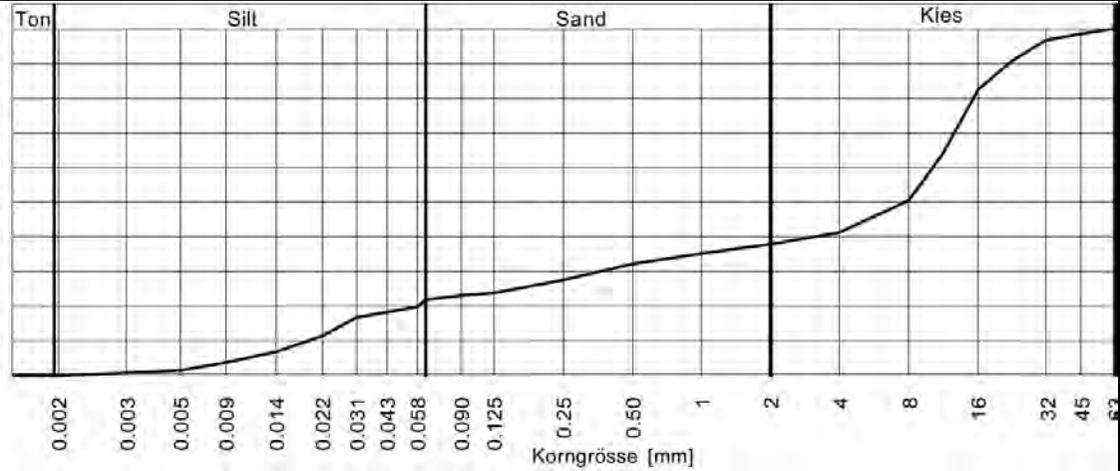
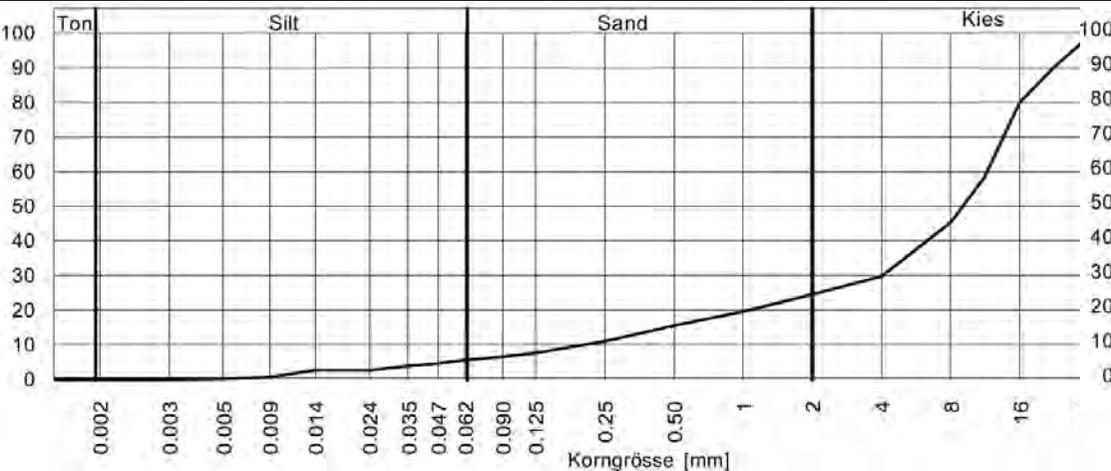
# Me-Werte Baums substrat

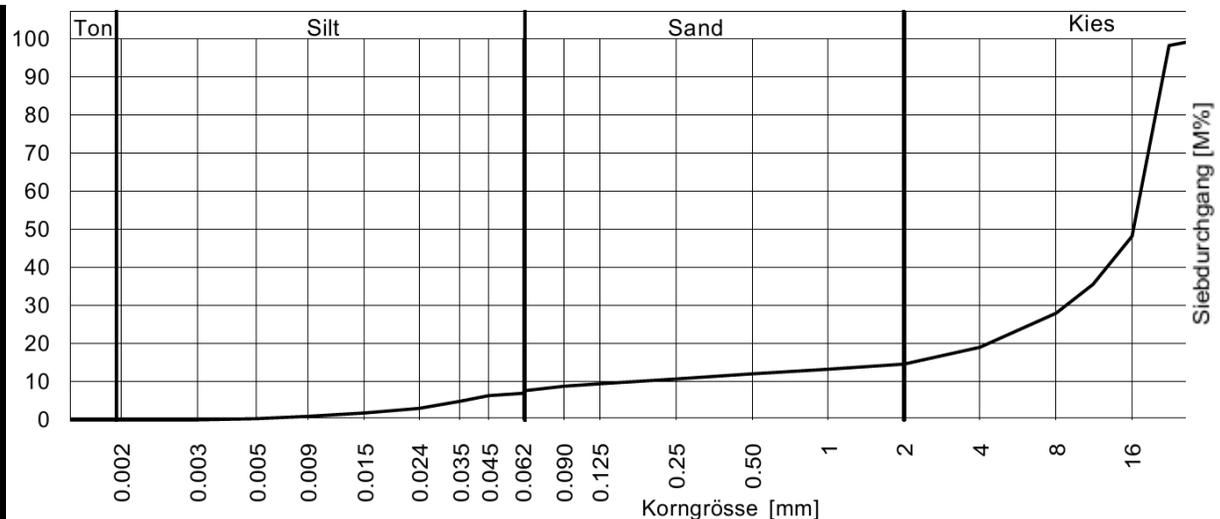


**Sieblinien**

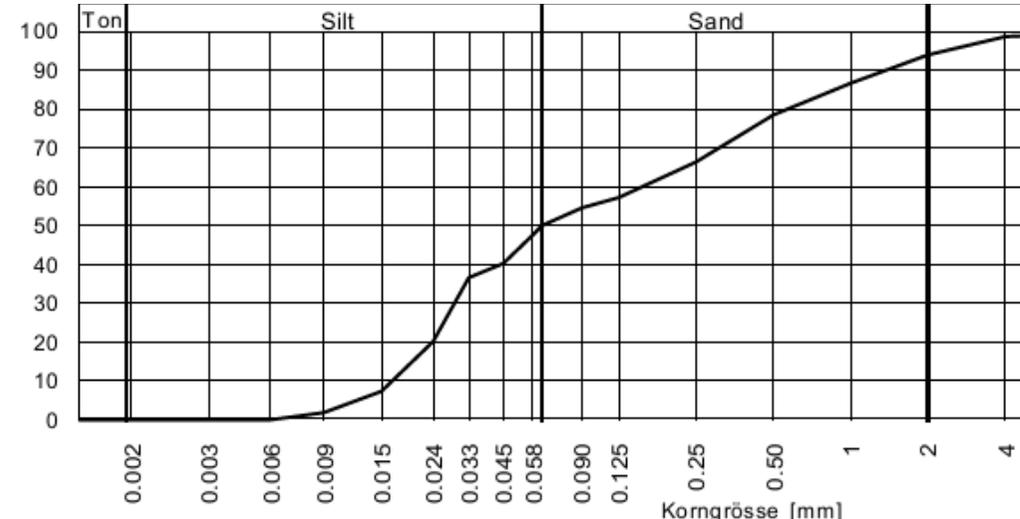
**Staudensubstrat**

**Sickermulde Dachwasser**





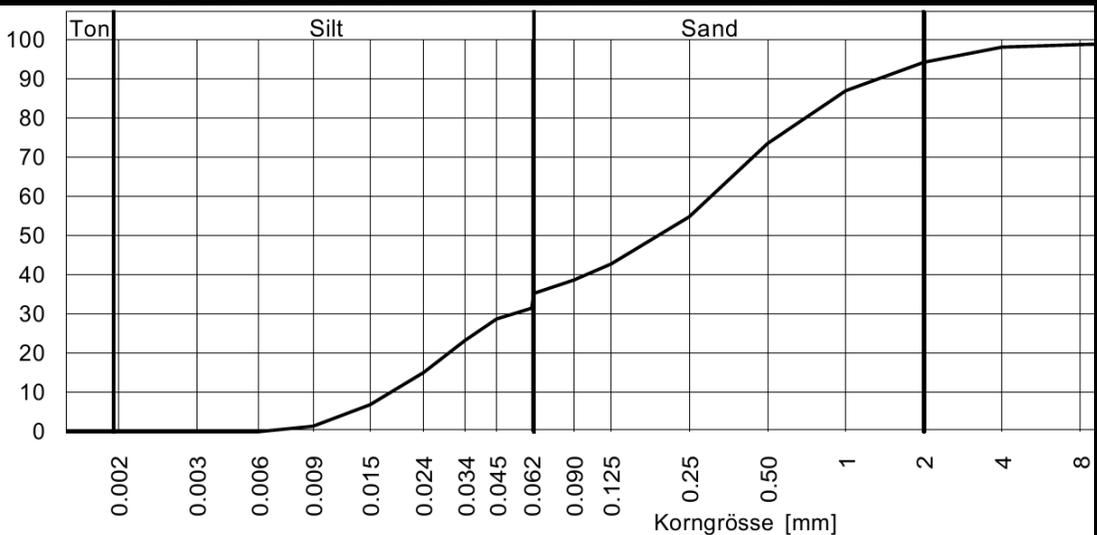
Schotterrasen



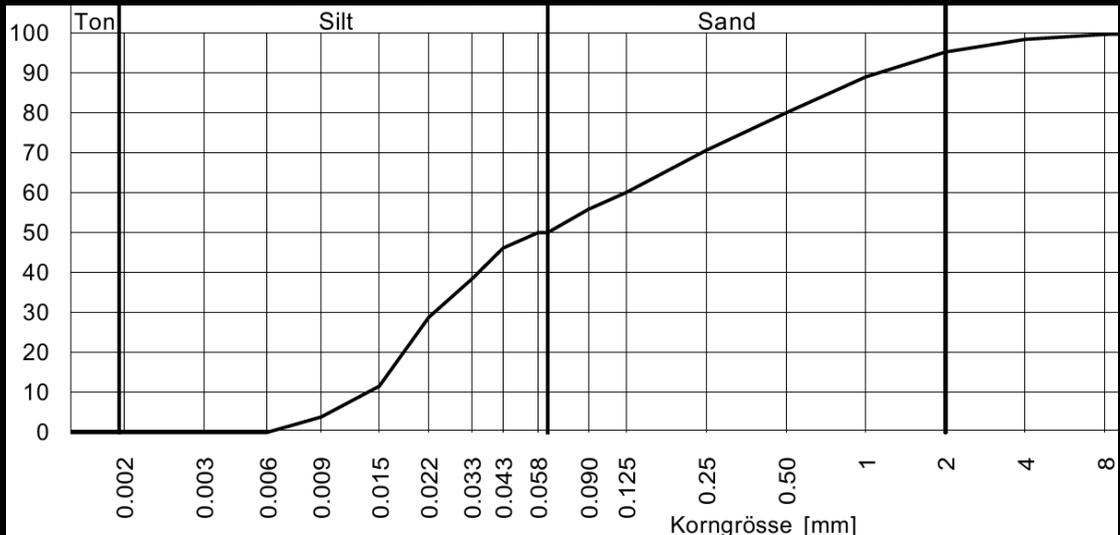
Rasenfeld Margarethenpark

Sieblinien

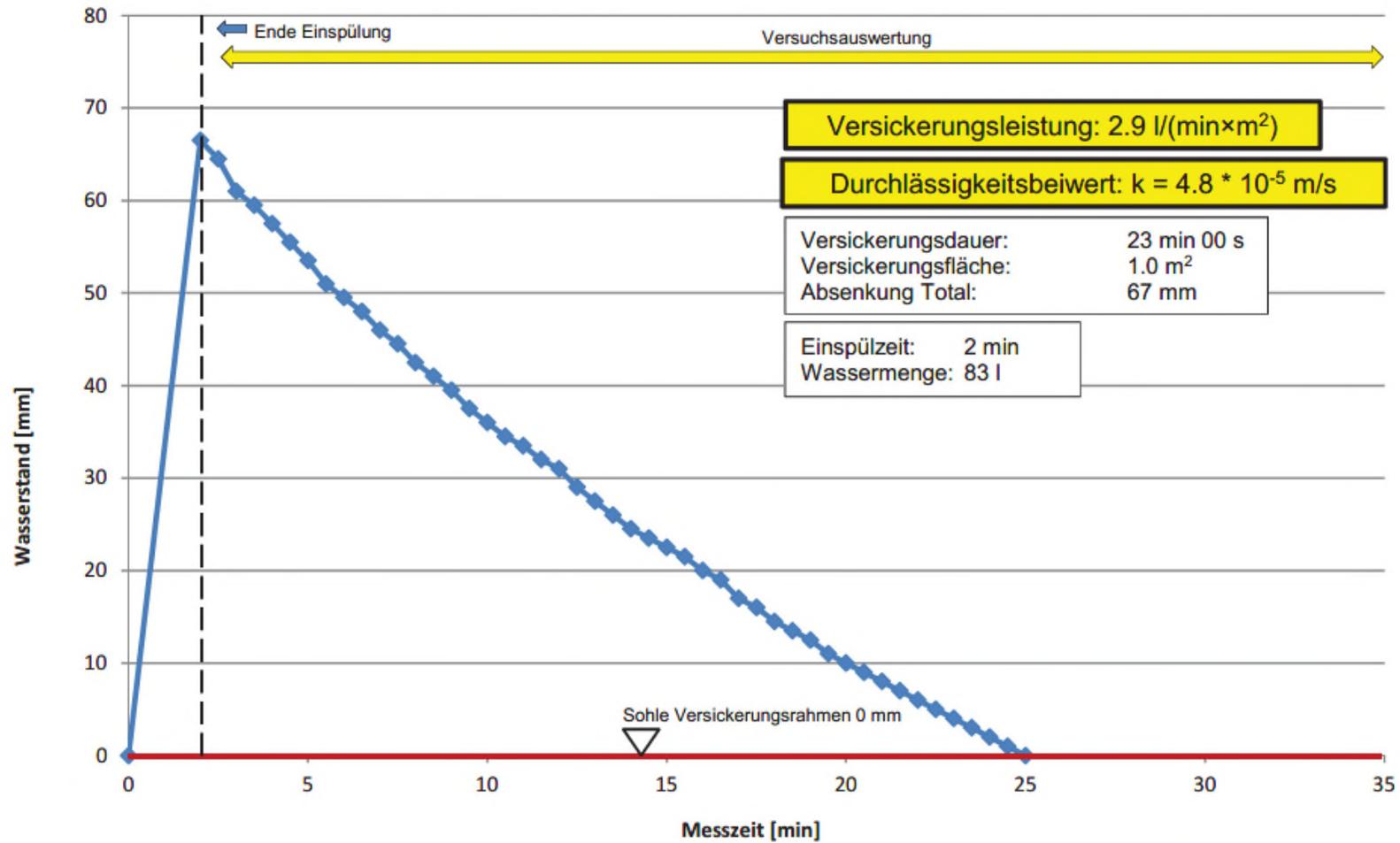
Rasenfeld Schützenmatte 1



Rasenfeld Schützenmatte 2

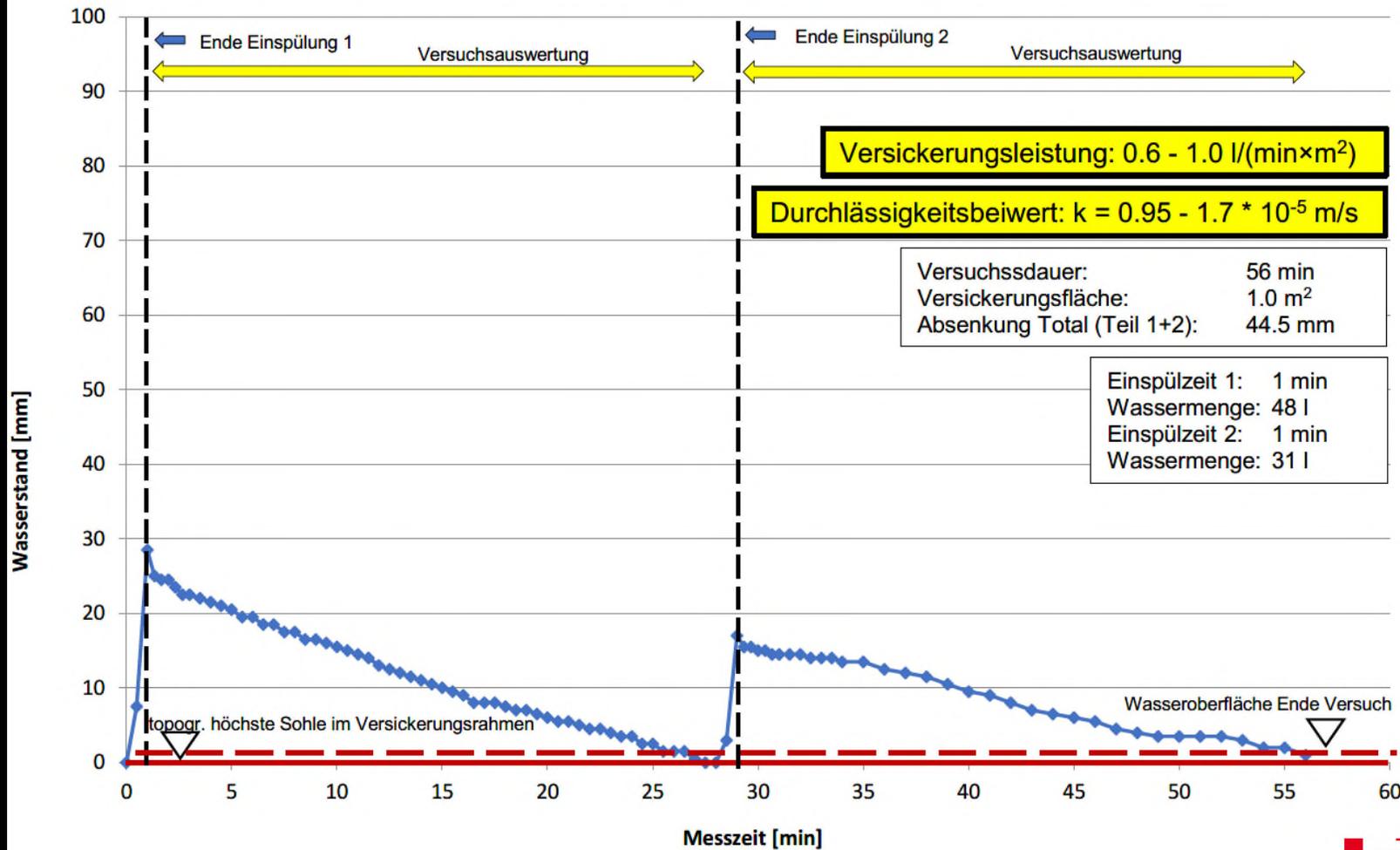


## Versickerungsdiagramm: Versuch 1.2 vom 14.03.2019



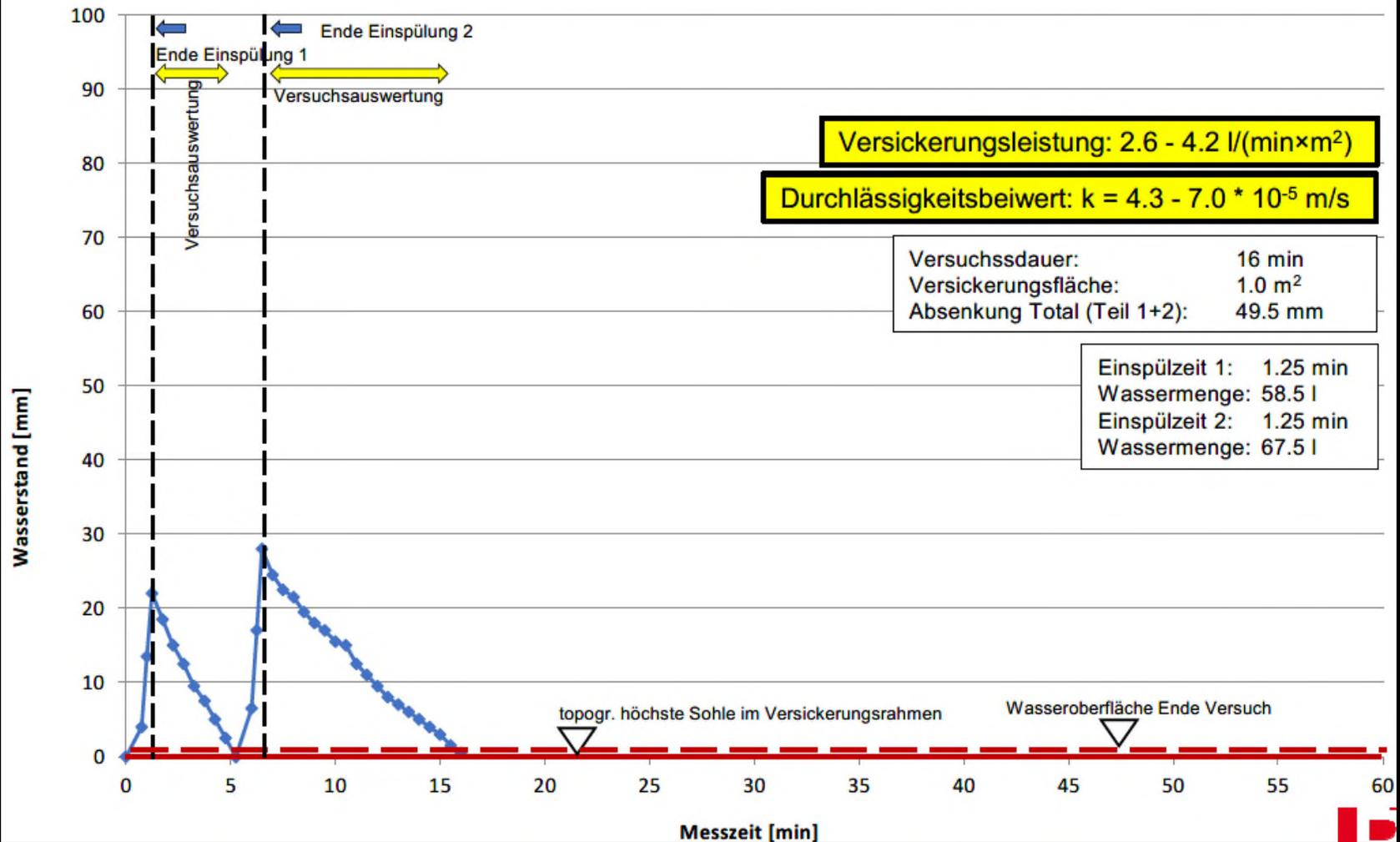
# Baumsubstrat

## Versickerungsdiagramm: Versuch VF2 vom 25.04.2022



## Sicker-Chaussierung

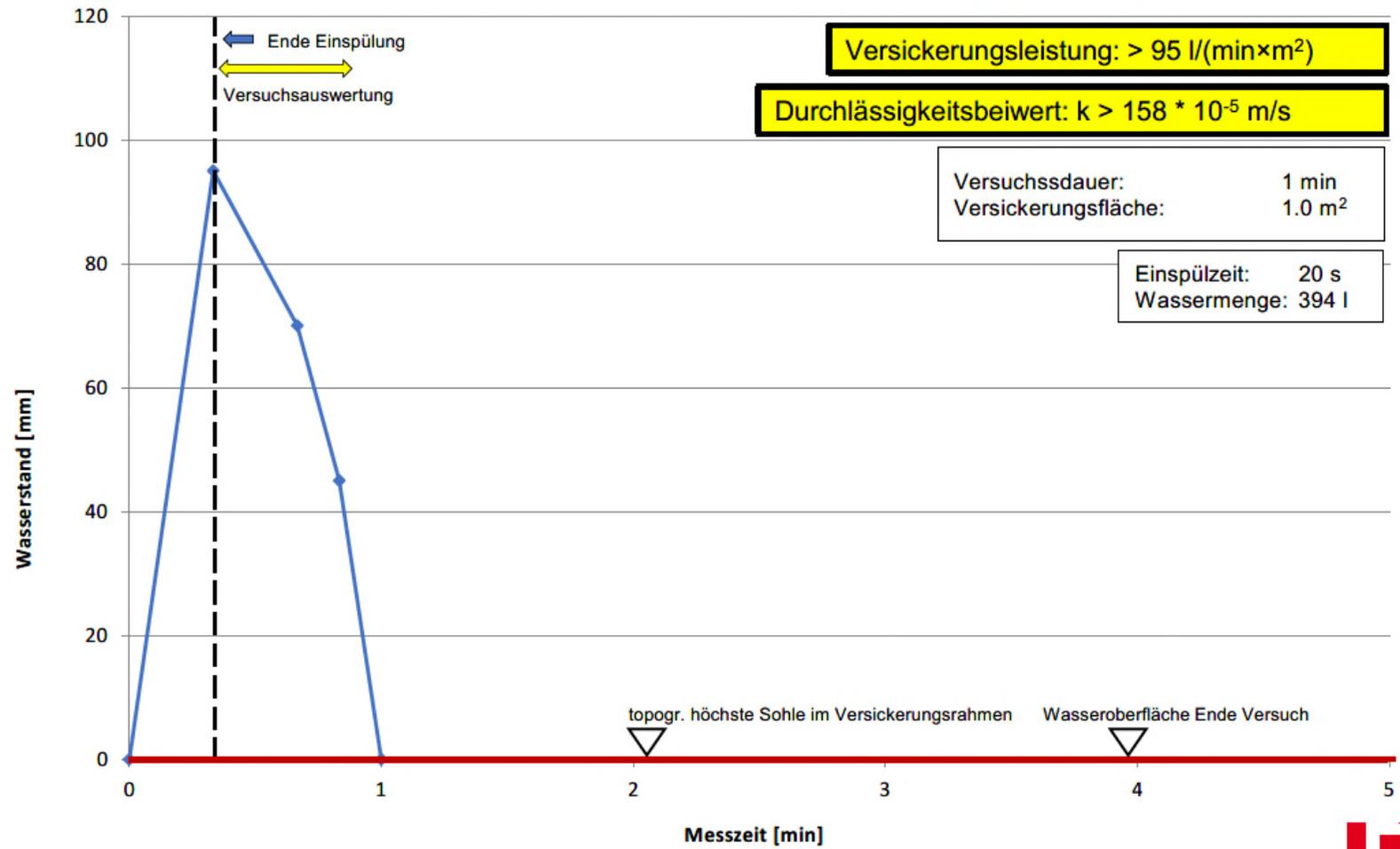
## Versickerungsdiagramm: Versuch VF3 vom 25.04.2022



# Sicker-Chaussierung

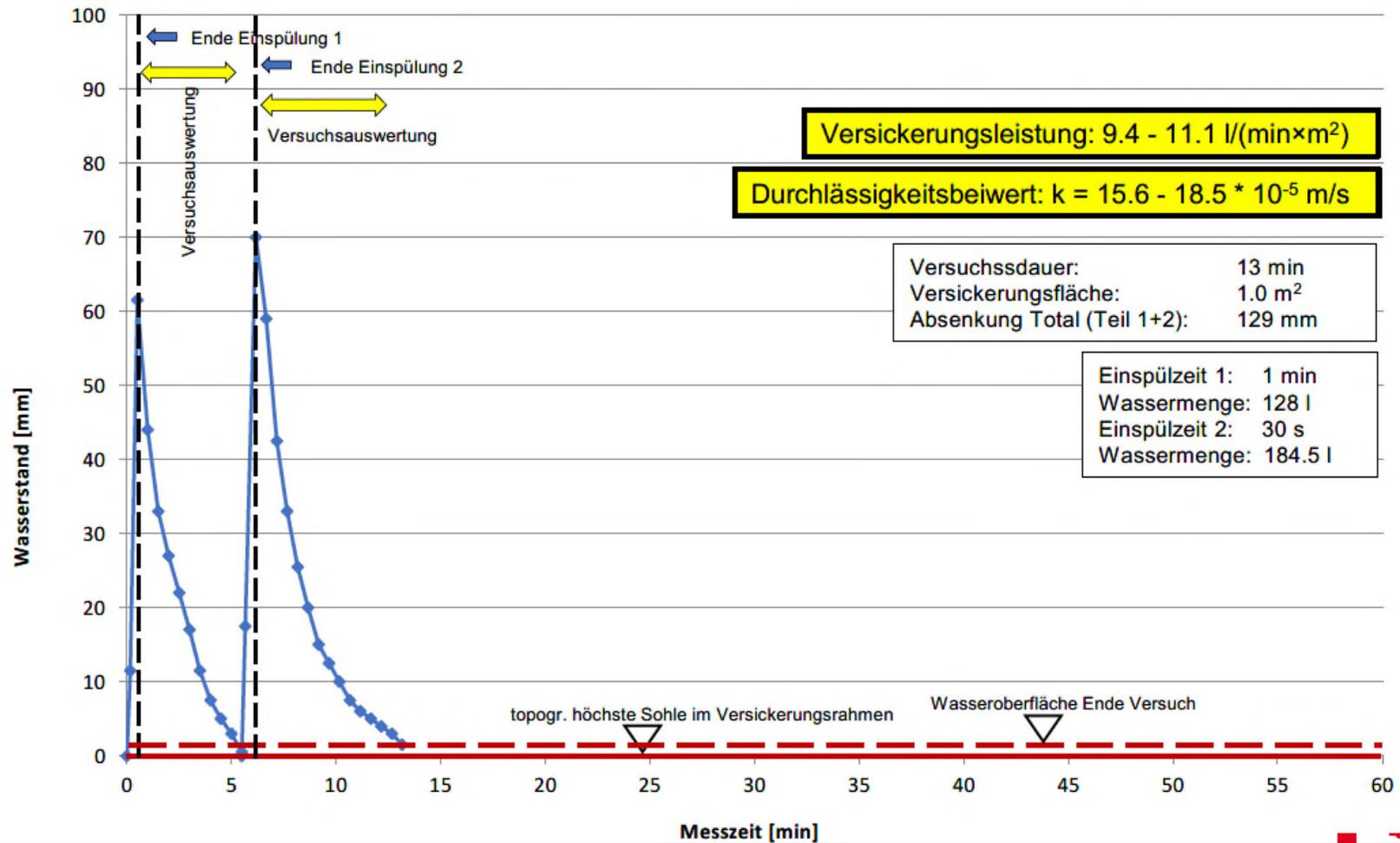
Fachaustausch Schwammstadt, Basel 11 Juli 2022

## Versickerungsdiagramm: Versuch VF5 vom 26.04.2022



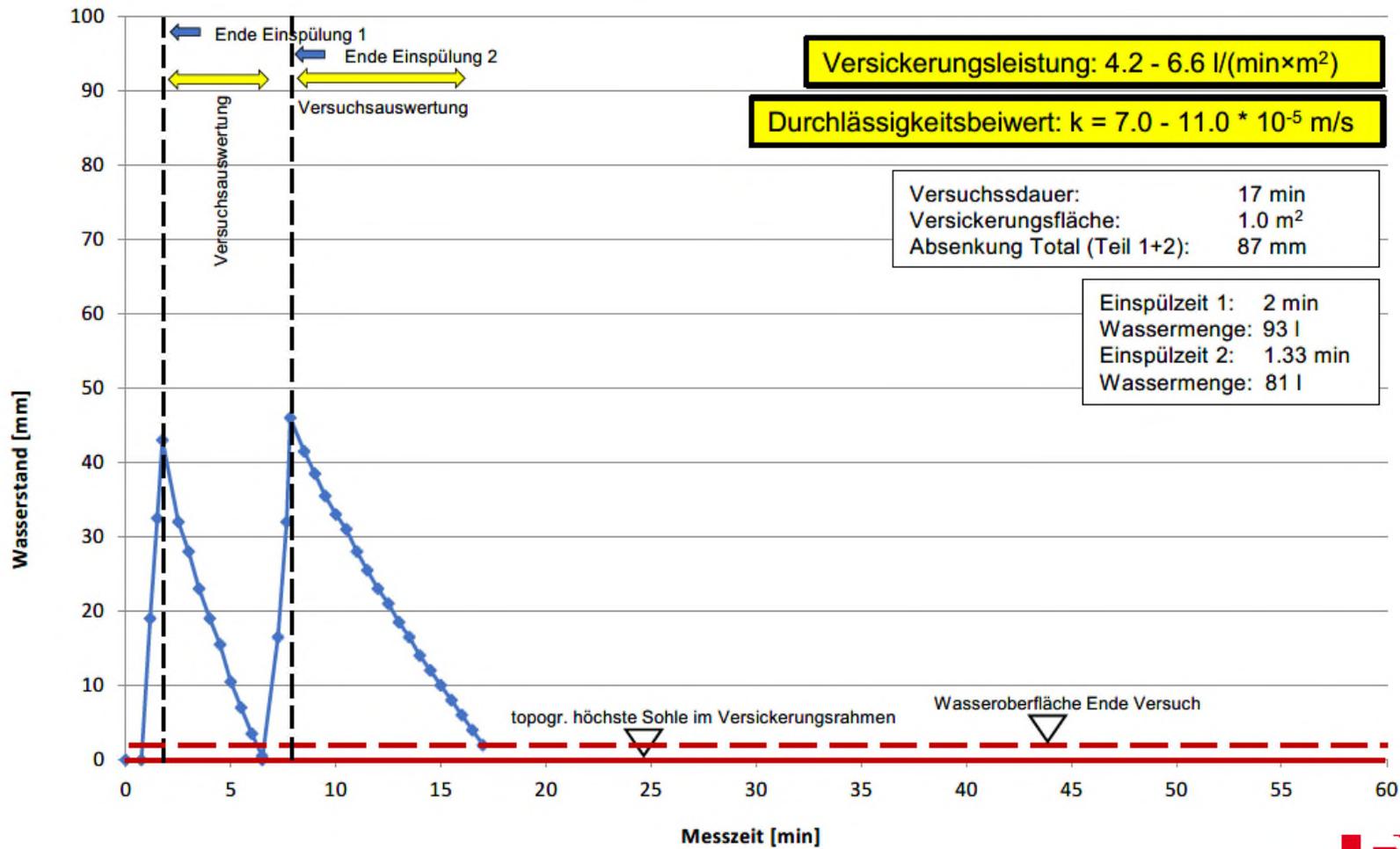
# Staudensubstrat

## Versickerungsdiagramm: Versuch VF6 vom 26.04.2022



# Sickermulde

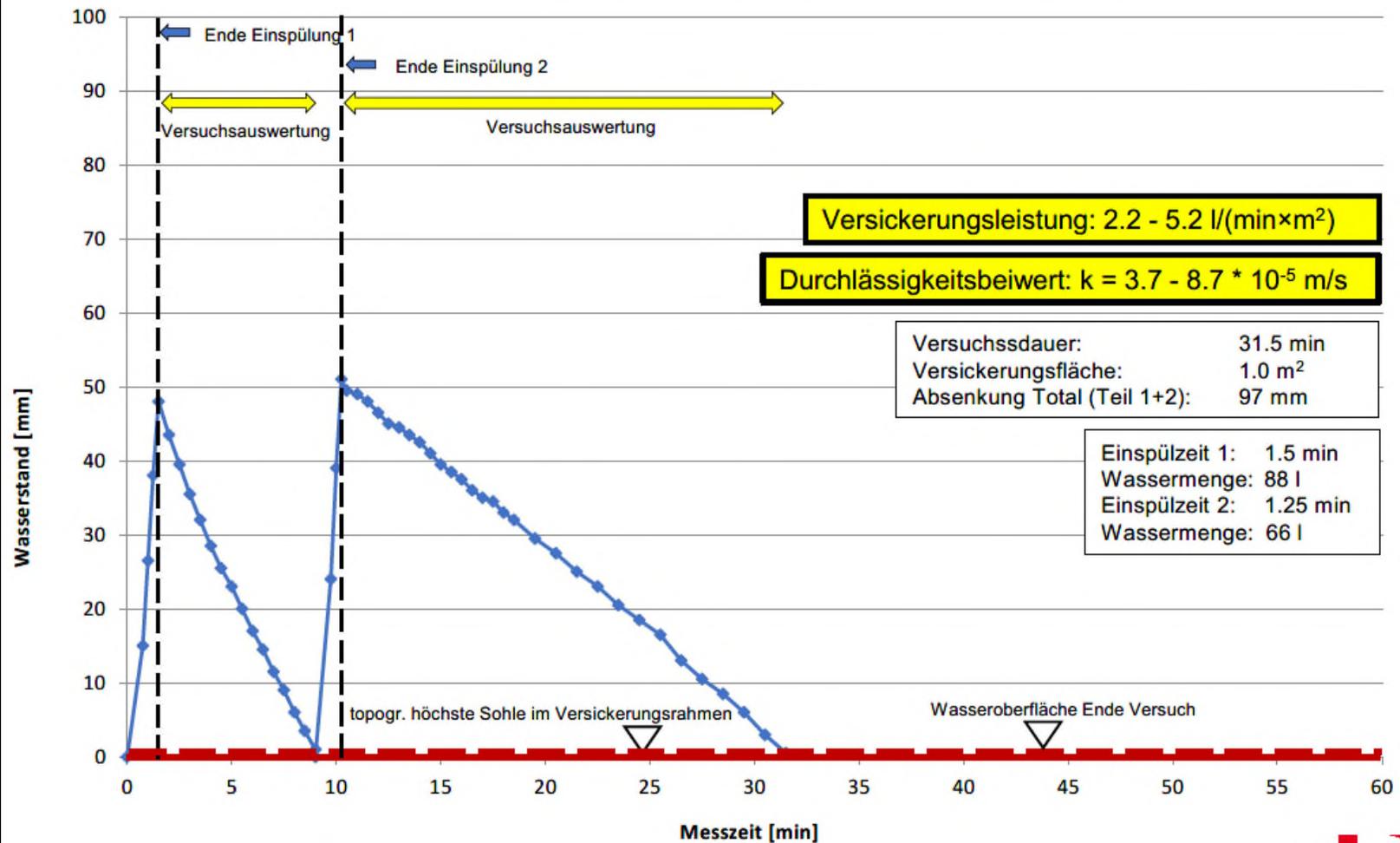
## Versickerungsdiagramm: Versuch VF8 vom 26.04.2022



## Schotterrasen

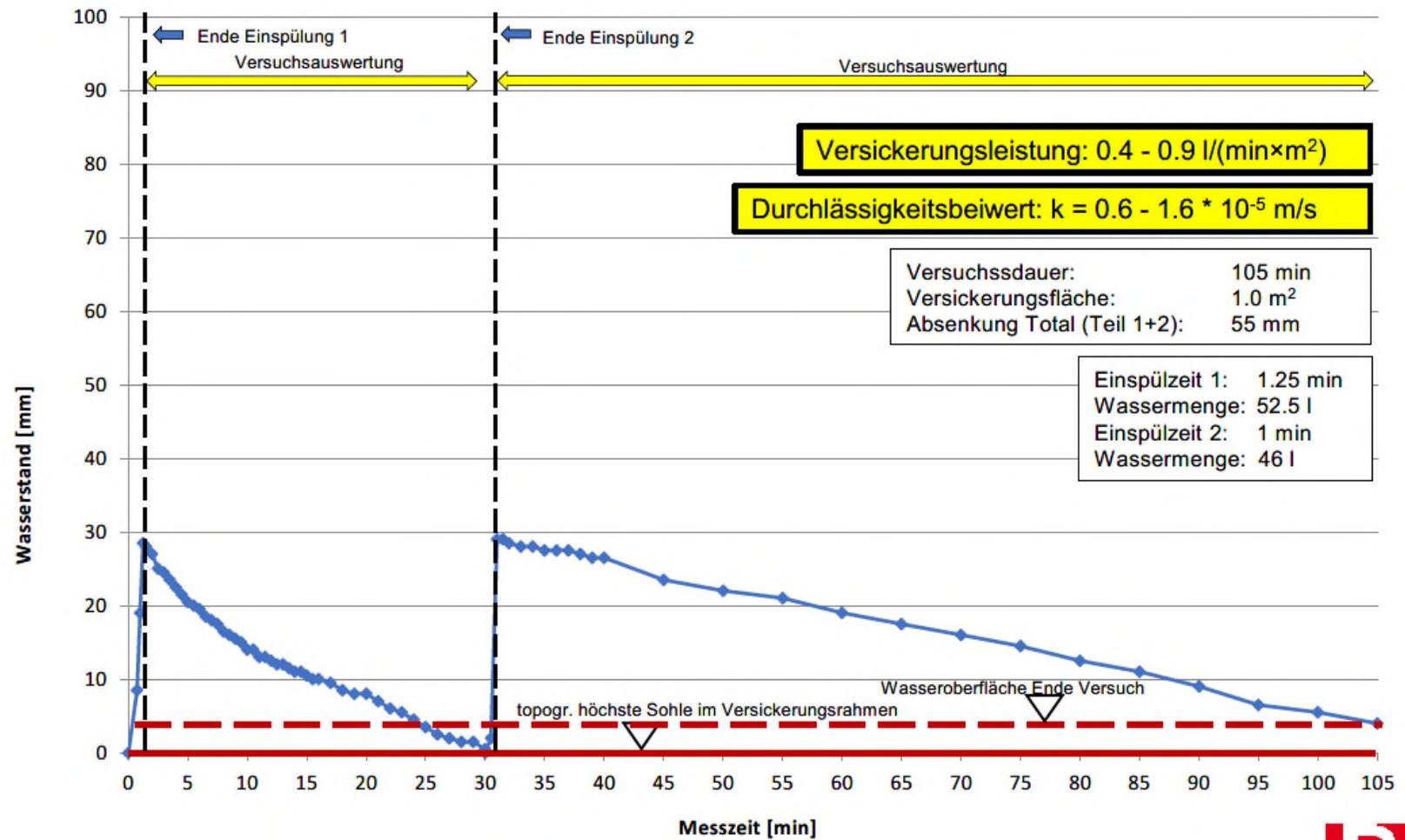


## Versickerungsdiagramm: Versuch VF11 vom 27.04.2022



## Schützenmatte 2

## Versickerungsdiagramm: Versuch VF14 vom 27.04.2022



Margarethenpark

Versuchsfläche		Durchlässigkeit $k_f$ [ $10^{-5}$ m/s]	Versickerungsleistung [l / (min*m <sup>2</sup> )]	Bemerkungen aus Feldversuch
VF 1	Sicker-Chaussierung	3.1 – 4.1	1.9 – 2.5	leichte Vernässungen ausserhalb Messrahmen (möglicherweise lokal leicht undichte Stellen)
VF 2	Sicker-Chaussierung	0.9 – 1.7	0.6 – 1.0	---
VF 3	Sicker-Chaussierung	4.3 – 7.0	2.6 – 4.2	---
VF 4	Sicker-Chaussierung	4.8 – 6.9	2.9 – 4.2	---
VF 5	Staudensubstrat	> 158	> 95	sehr hohe Sickerleistung, verlässliche Messung sehr schwierig, Aufstau mit Feuerwehrschlauch knapp erreicht, total > 390 L in 1min versickert
VF 6	Sickermulde	15.6 – 18.5	9.4 – 11.1	hohe Sickerleistung, Auslaufen unter Messrahmen hindurch, Berechnung Versickerungsfläche mit grossen Unsicherheiten, Aufstau mit Feuerwehrschlauch knapp erreicht, total > 300 L in 13min versickert

Versuchsfläche		Durchlässigkeit $k_f$ [ $10^{-5}$ m/s]	Versickerungsleistung [l / (min*m <sup>2</sup> )]	Bemerkungen aus Feldversuch
VF 7	Schotterrasen	6.8 – 12.8	4.1 – 7.7	---
VF 8	Schotterrasen	7.0 – 11.0	4.2 – 6.6	leichte Vernässungen ausserhalb Messrahmen (möglicherweise lokal leicht undichte Stellen)
VF 9	Schützenmattpark	4.4 – 13.5	2.6 – 8.1	---
VF 10	Schützenmattpark	10.0 – 10.4	6.0 – 6.3	---
VF 11	Schützenmattpark	3.7 – 8.7	2.2 – 5.2	---
VF 12	Margarethenpark	14.7 – 18.0	8.8 – 10.8	leichte Vernässungen ausserhalb Messrahmen (möglicherweise lokal leicht undichte Stellen)
VF 13	Margarethenpark	1.8 – 2.9	1.1 – 1.7	---
VF 14	Margarethenpark	0.6 – 1.6	0.4 – 0.9	---
	Baumsubstrat	3.8 -10.8	2.3 - 6.5	---

Probe	Steilheit [-]	Krümmungszahl [-]	Wassergehalt [%]	Ton- und Siltfraktion [%]	Glühverlust [%]
	$C_u = d_{60} / d_{10}$	$C_k = d_{30}^2 / (d_{10} * d_{60})$	$w_{tot}$	Anteil < 0.063 mm	---
Sicker-Chaussierung	23.9	1.7	7.2	6.9	1.1
Sicker-Chaussierung	25.8	2.1	7.6	8.0	1.1
Sicker-Chaussierung	31.7	2.8	6.7	7.0	0.8
Sicker-Chaussierung	47.5	2.8	7.9	8.9	1.2
Stauden-Substrat	55.4	6.9	6.6	5.6	1.2
Sickermulde	530.4	0.7	9.7	21.9	1.6
Schotterrasen	99.0	25.3	12.3	7.7	1.7
Schotterrasen	138.1	26.2	10.1	9.9	2.4
Schützenmatte	1.1	0.1	25.5	49.3	8.5
Schützenmatte	17.3	0.5	34.2	35.3	8.3
Schützenmatte	9.0	0.3	11.6	50.0	6.9
Margarethenpark	6.4	0.4	11.4	54.2	5.3
Margarethenpark	10.1	0.3	26.1	48.1	6.1
Margarethenpark	9.7	0.3	15.0	50.0	5.2
Baums substrat	80 - 101	2.7 - 3.1	6.4 -10.0	4.0 - 4.8	2.0 - 2.3

# Fazit

- Werte +/- identischer Aufbauten können in sich variieren, Einfluss der Momentaufnahme birgt Unsicherheiten
- Anteil Schlämmkorn beeinflusst die Sickerfähigkeit und Wasserhaltevermögen massgeblich
- Verdichtete Aufbauten besitzen deutlich geringere kf-Werte gegenüber geschütteten Aufbauten
- Die Kolmatierung scheint ein relevanter Faktor zu sein
- Oberbodenaufbauten weisen stark unterschiedliche Durchlässigkeiten und Wasserhaltevermögen auf
- Ein hoher Anteil organischer Bestandteile (Humusanteil) zeigt nur Tendenz zu höherer Wasserspeicherkraft





Fachaustausch Schwammstadt, Basel 11 Juli 2022



Kanton Basel-Stadt

# Schwammstadt VoltaNord

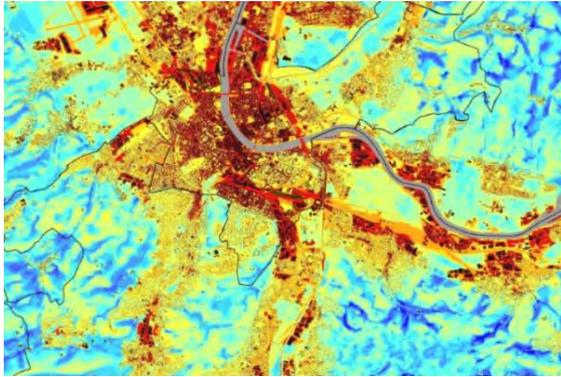
**Fachaustausch BVD vom 11.07.2022**

Frieder Kaiser

Teamleiter, Stv. Fachbereichsleiter

Stadtgärtnerei, Abteilung Grünplanung

# Ausgangslage



© Geo-Net Umweltconsulting

## Städtische Hitzeinsel

2018 gab es 835 Stunden Sonnenschein. Rekord! (Norm 625 Stunden)



© Juri Weiss

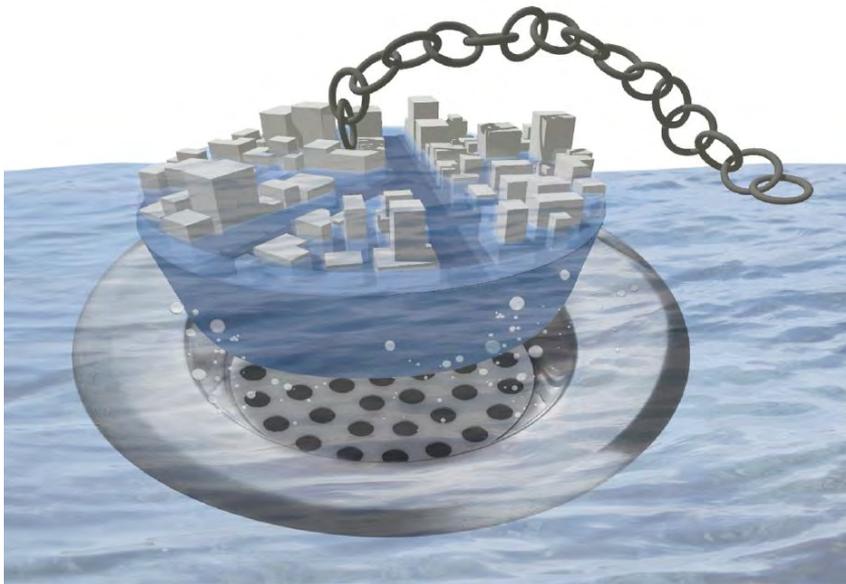
## Trockenheit

Im Sommer deutlich weniger Niederschlag. Trocken- und Dürrephasen!

## Starkregen

Starkregenereignisse nehmen in Anzahl und Intensität zu. Gefahr von Schäden steigt!

# Das Schwammstadt-Konzept ist eine Chance



Weg von der versiegelten  
«mineralischen» Stadt

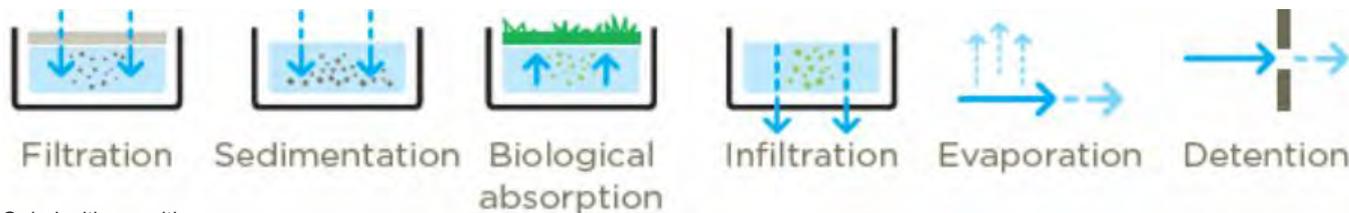


© dreiseitl consulting

Hin zur begrünten,  
klimaangepassten Stadt

# Schwammstadt kurz gefasst

- Regenwasser ist eine willkommene Ressource.
- Es wird in Grünflächen absorbiert, gespeichert, gereinigt und verdunstet oder versickert.
- Durch einen Ausbau von naturnahen Flächen wird die «Widerstandskraft» der Stadt gestärkt und die Stadt klimaangepasst gestaltet.
- Schwammstadt ist ein interdisziplinäres Thema. Es braucht alle Beteiligten am Tisch und Offenheit um gemeinsam neue Lösungen zu erarbeiten.



© dreiseitl consulting

# Schwammstadt als Teil des Stadtklimakonzepts

## Beispiel Blaue Massnahmen

- Der Regenwasserkreislauf wird in der Stadt möglichst geschlossen. Regenwasser ist im Freiraum vorwiegend vor Ort über die Begrünung zu verdunsten oder zwischenzuspeichern, ansonsten wo möglich oberflächlich zu versickern.

## Beispiel Grüne Massnahmen

- Stark frequentierte Plätze, unter Wahrung der Nutzungs- und Funktionsansprüche, mit Bäumen begrünen.
- Strassenräume wenn möglich mit Bäumen begrünen.

Weitere Informationen: [www.stadtklima.bs.ch](http://www.stadtklima.bs.ch)

# Transformationsareal VoltaNord





11.07.2022

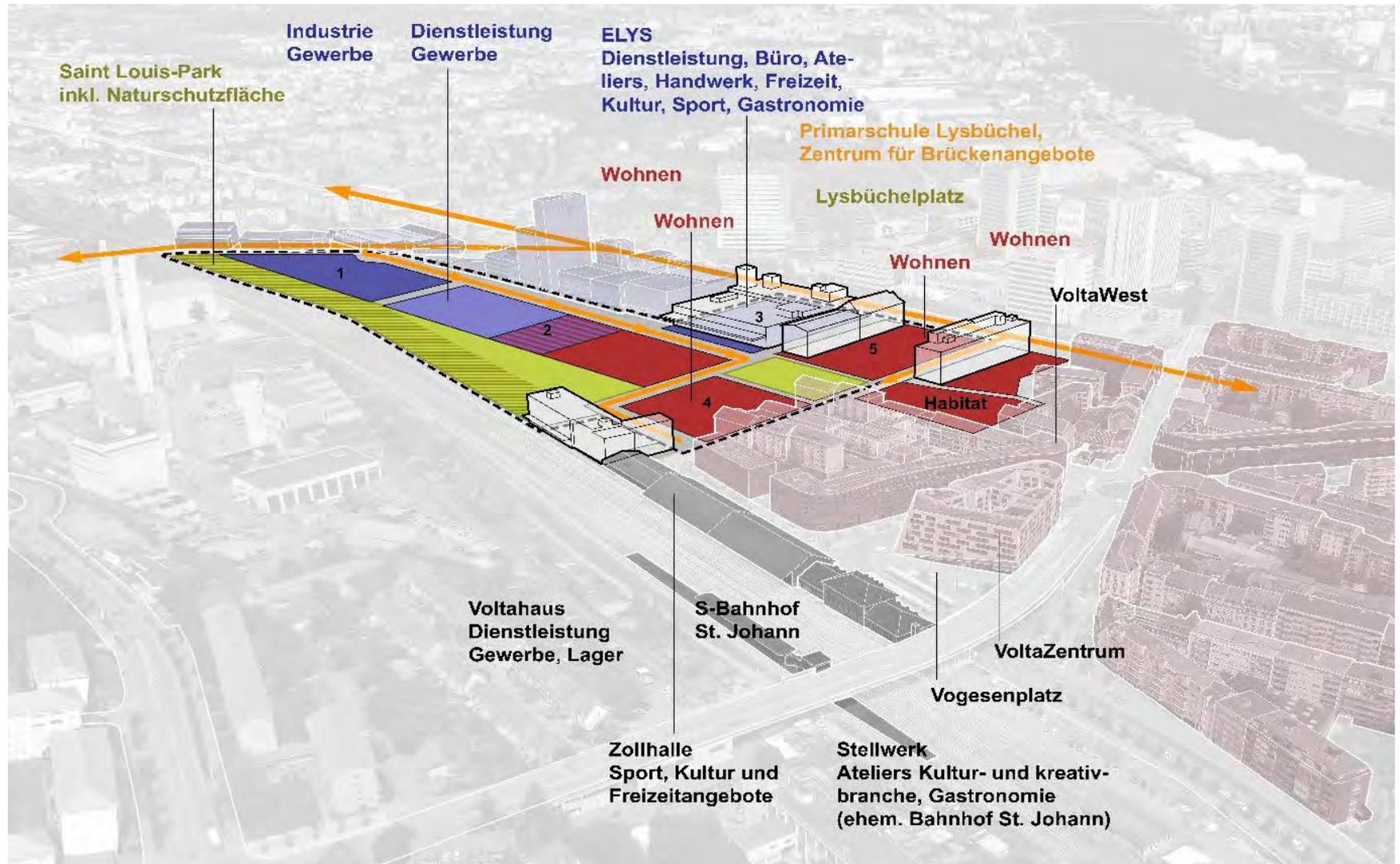
© dreisack consulting AG

Fachaustausch Schwammstadt

# Städtebauliches Richtprojekt



# Bebauungsplan



# Freiräume



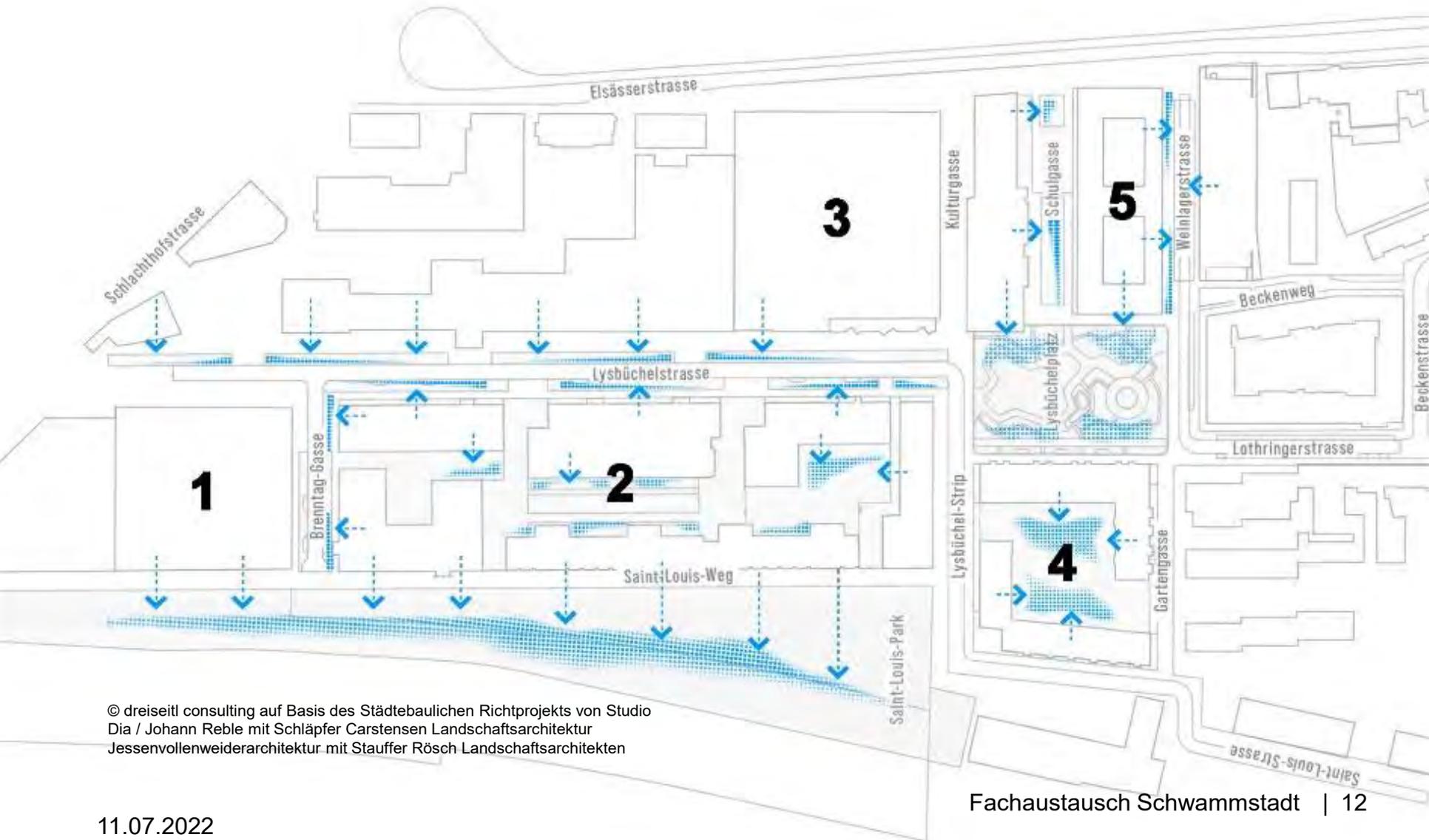
© Studio Dia / Johann Reble mit Schläpfer Carstensen Landschaftsarchitektur  
Jessenvollenweiderarchitektur mit Stauffer Rösch Landschaftsarchitekten



# Kennzahlen VoltaNord

- 11.6 ha Transformationsareal
- Wohnen und Gewerbe
- AZ gesamt 1.8, Baufelder 2.9 – 3.3 (Erlenmatt 1.1 und 2.4)
- 1'300 bis 1'900 BewohnerInnen (min. 2/3 preisgünstiger Wohnraum)
- 2'000 bis 3'000 Arbeitsplätze

# 2021: Machen wir Schwammstadt!



© dreiseitl consulting auf Basis des Städtebaulichen Richtprojekts von Studio Dia / Johann Reble mit Schläpfer Carstensen Landschaftsarchitektur Jessenvollenweiderarchitektur mit Stauffer Rösch Landschaftsarchitekten

# Parkanlagen: Lysbüchelplatz

- Ein 5'250m<sup>2</sup> grosser Quartierplatz
- Ein grüner Quartierplatz
- Multifunktional nutzbar

© Stauffer Rösch Landschaftsarchitekten,  
jessenvollenweider Architektur, Pony Images

11.07.2022

Fachaustausch Schwammstadt | 1713



© Stauffer Rösch Landschaftsarchitekten,  
jessenvollenweider Architektur, Pony Images

11.07.2022

Fachaustausch Schwammstadt | 14



# Parkanlagen: St. Louis-Park

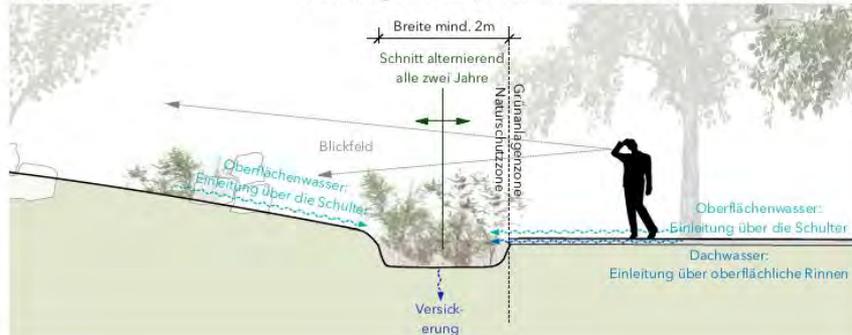
- Ein 22'200m<sup>2</sup> grosser, Quartierpark
- Davon 12'500m<sup>2</sup> Naturschutzfläche



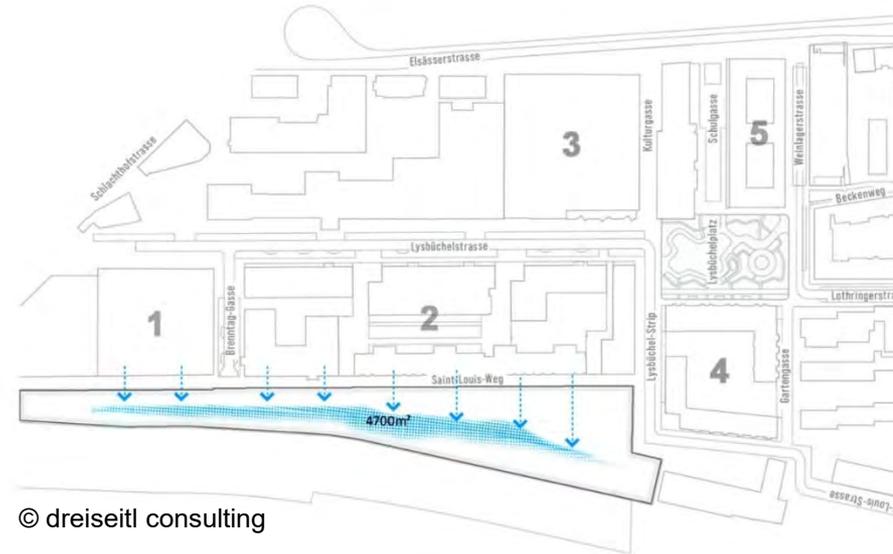
# Regenwassermanagement

Detail 1:100

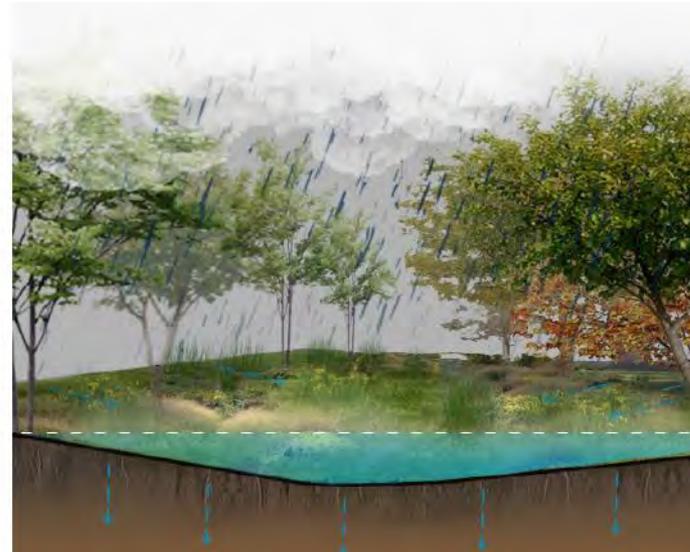
Vertiefung ca. 50cm, feuchte Mulde mit Sträuchern und Stauden



© SKALA Landschaft Stadt Raum



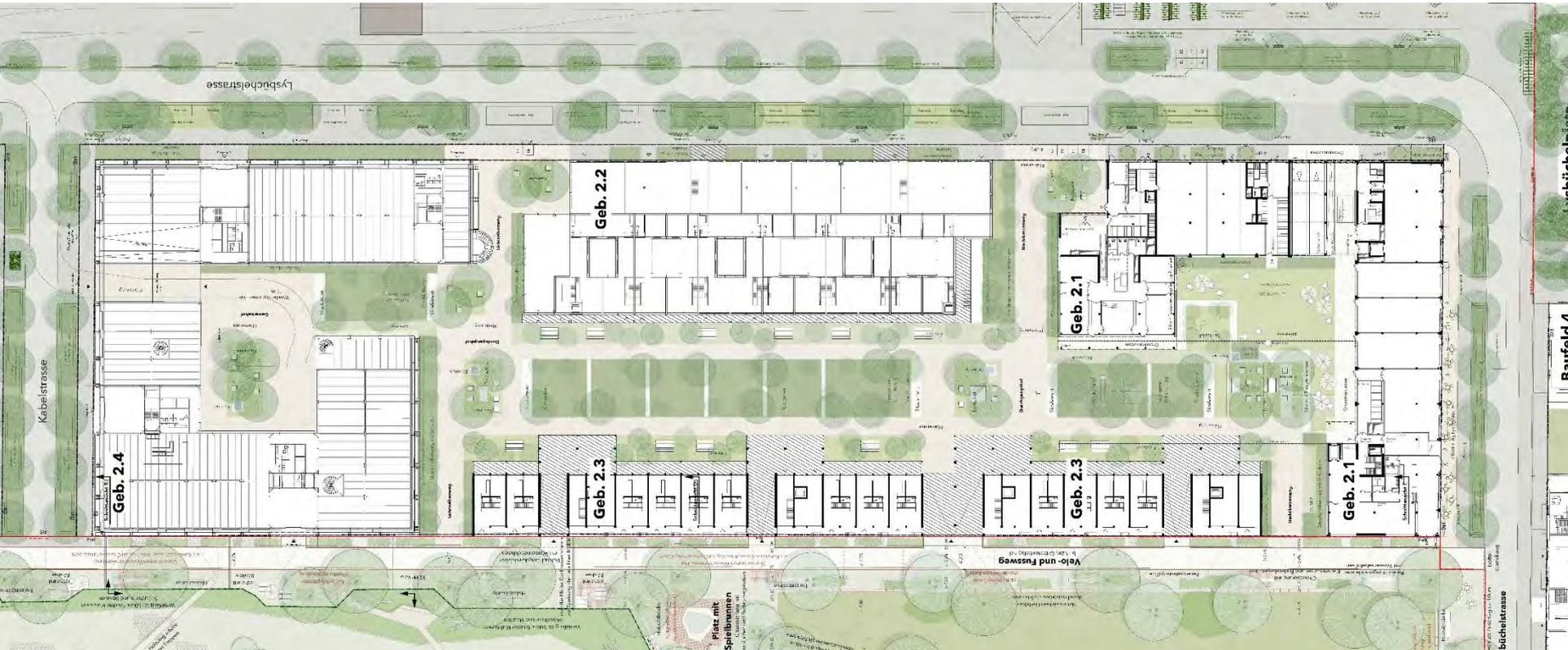
© dreiseitl consulting



© dreiseitl consulting

11.07.2022

# Baufelder: Beispiel Baufeld 2

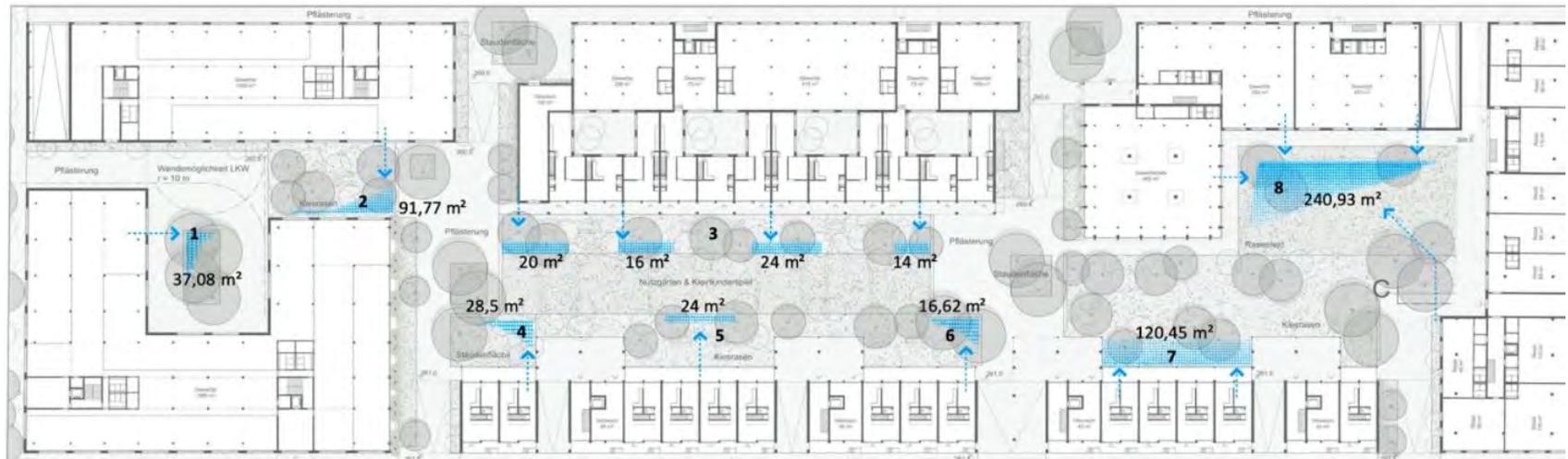


© Schläpfer Carstensen Landschaftsarchitekten

# Regenwassermanagement



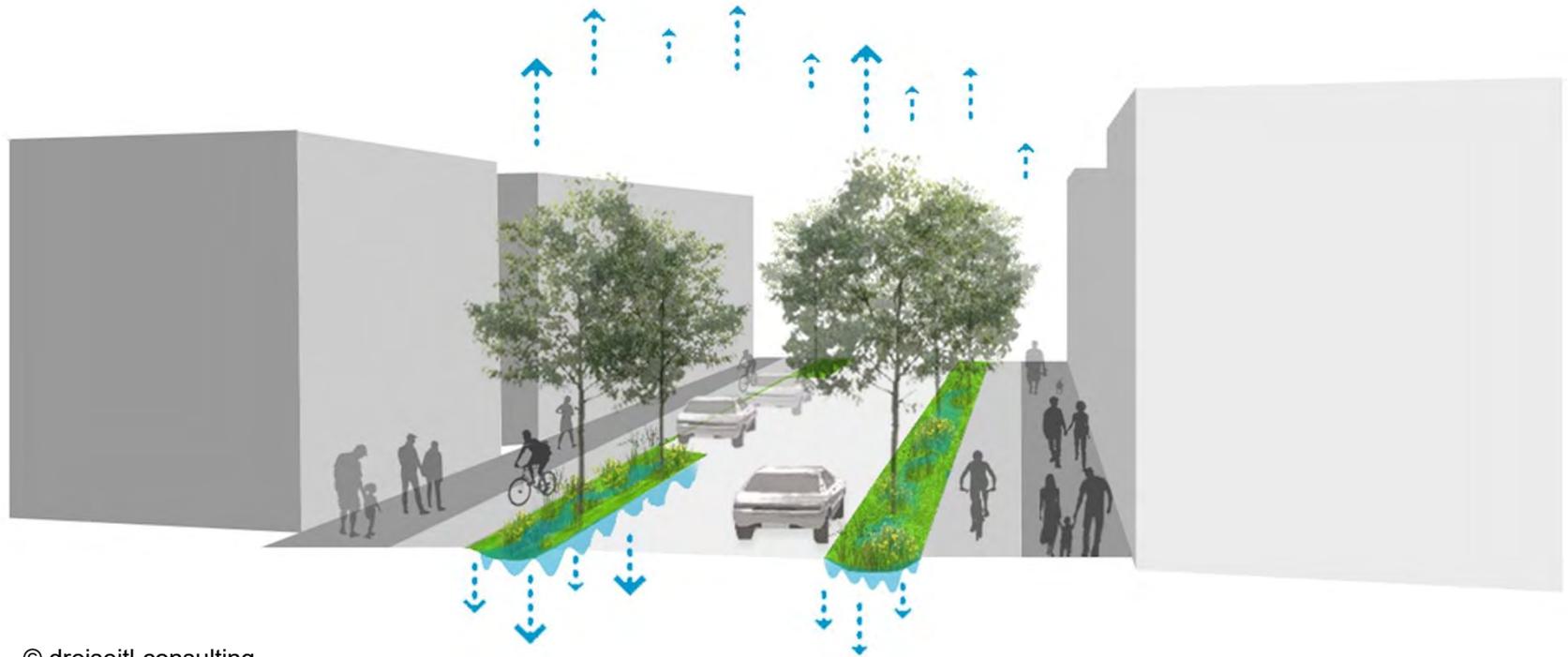
© dreiseitl consulting



# Herausforderungen Baufelder

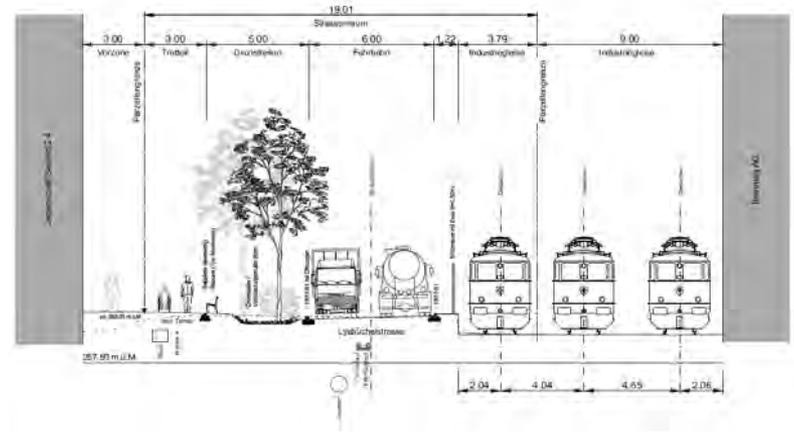
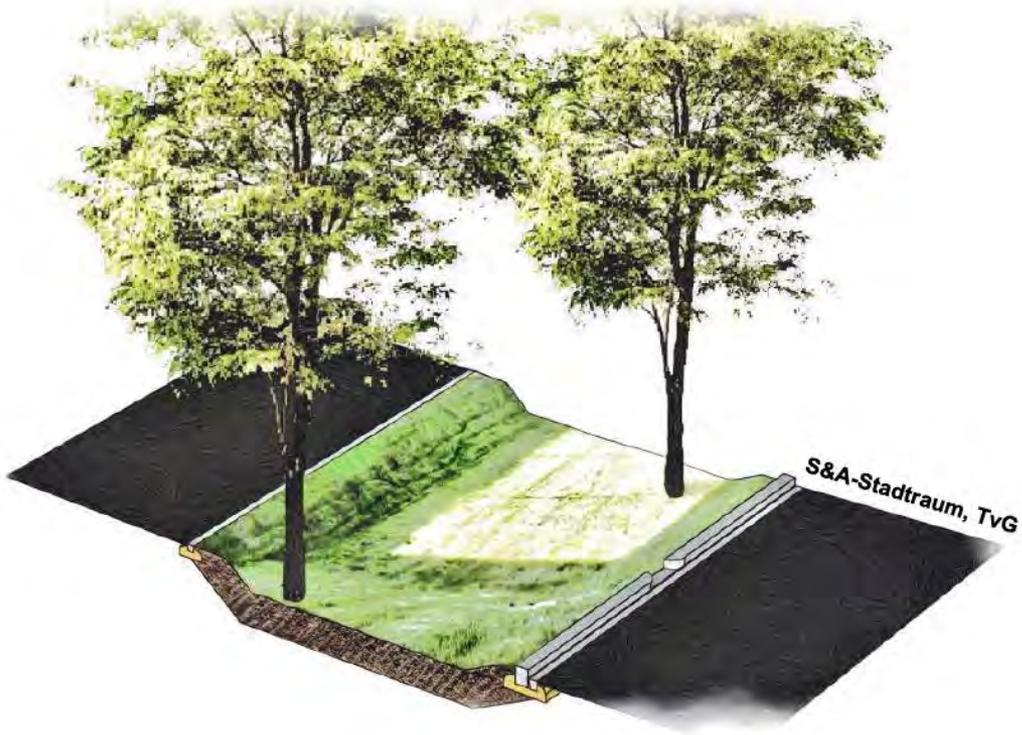
- Dachflächen und anfallendes Dachwasser
- Bauliche Dichte, Freiflächen und Nutzungsanforderungen (Entsorgung, Velos, Spielflächen, Entrauchung, etc.)
- Schutz- und Rettung / Aufstellflächen Feuerwehr
- Unterbauung (Versickerung, Bäume, etc.)
- Diverse Normen und Vorschriften

# Stadtstrassen



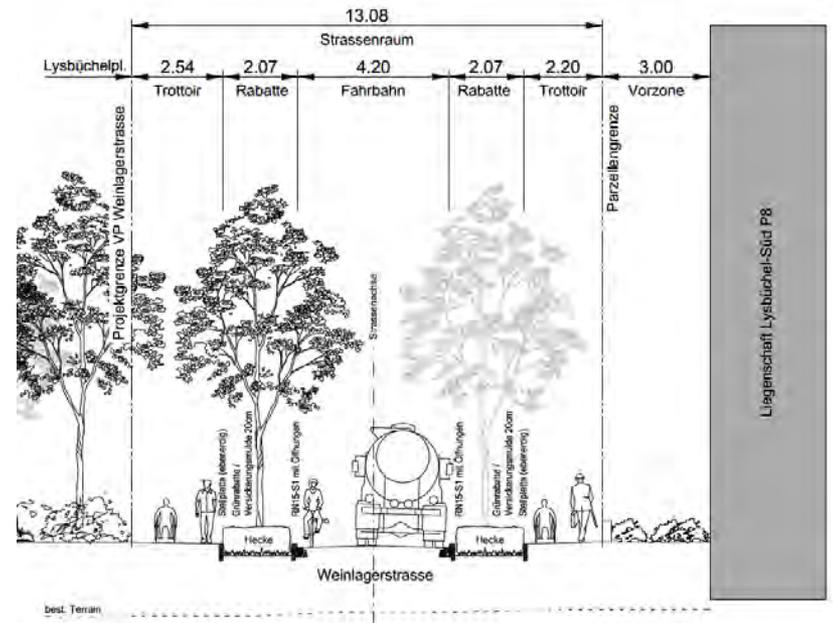
© dreiseitl consulting

# Lysbüchelstrasse



Arbeitsstand

# Weinlagerstrasse



Arbeitsstand

# Herausforderungen Stadtstrassen

- Verkehrsbelastung (max. 5'000 Fahrzeuge / Tag)
- Havarierisiko
- Schutz und Rettung / Aufstellflächen Feuerwehr
- Werkleitungen
- VSS-Normen
- Flächen- und Raumkonkurrenz an Oberfläche und im Untergrund
- Substrat vs. Oberboden
- BFU-Vorschriften
- Winterdienst / Streusalz
- ...

# Starkregenmodell / Gefahrenkarte Oberflächenabfluss



© www.bafu.admin.ch

# Laufende Arealentwicklungen in Basel

An aerial 3D architectural rendering of Basel, Switzerland, illustrating ongoing urban development. The image shows a dense urban fabric with a grid-like street pattern, interspersed with green spaces and parks. The Rhine river flows through the city, with several bridges crossing it. In the foreground, a large, modern building complex with white facades and yellow accents is prominent. Other notable features include a large stadium-like structure with a white roof and several tall, slender towers. The overall scene depicts a vibrant, modern city with a mix of traditional and contemporary architecture.

## lessons learned

- Entwässerungskonzept so früh wie möglich – mit Bebauungsplan / Freiraumkonzept erarbeiten (*wenn Höhenkoten definiert werden bevor das Entwässerungskonzept steht, dann führt das zwangsläufig zu Problemen*)
- Konzept und Technik gleichzeitig (vgl. BIM) / viel KnowHow
- Schnittstellen und Phasen werden durchbrochen (es braucht alle am Tisch)
- Es braucht gesamtheitliches Denken, über Fachbereiche, Zuständigkeiten und über Parzellengrenzen hinaus
- Es braucht Offenheit, Mut und Vertrauen
- Es ist ein Wandel da, ein konstruktives Miteinander

A photograph of a park scene on a misty day. A cobblestone path leads through a line of tall, mature trees. A black metal fence runs along the path. The ground is covered with fallen leaves, and the overall atmosphere is soft and hazy.

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**

**Und vielen Dank an alle Projektbeteiligten im VoltaNord!**

Fragen und Anregungen: [frieder.kaiser@bs.ch](mailto:frieder.kaiser@bs.ch)

# Pilotprojekt Schwammstadt Luzern

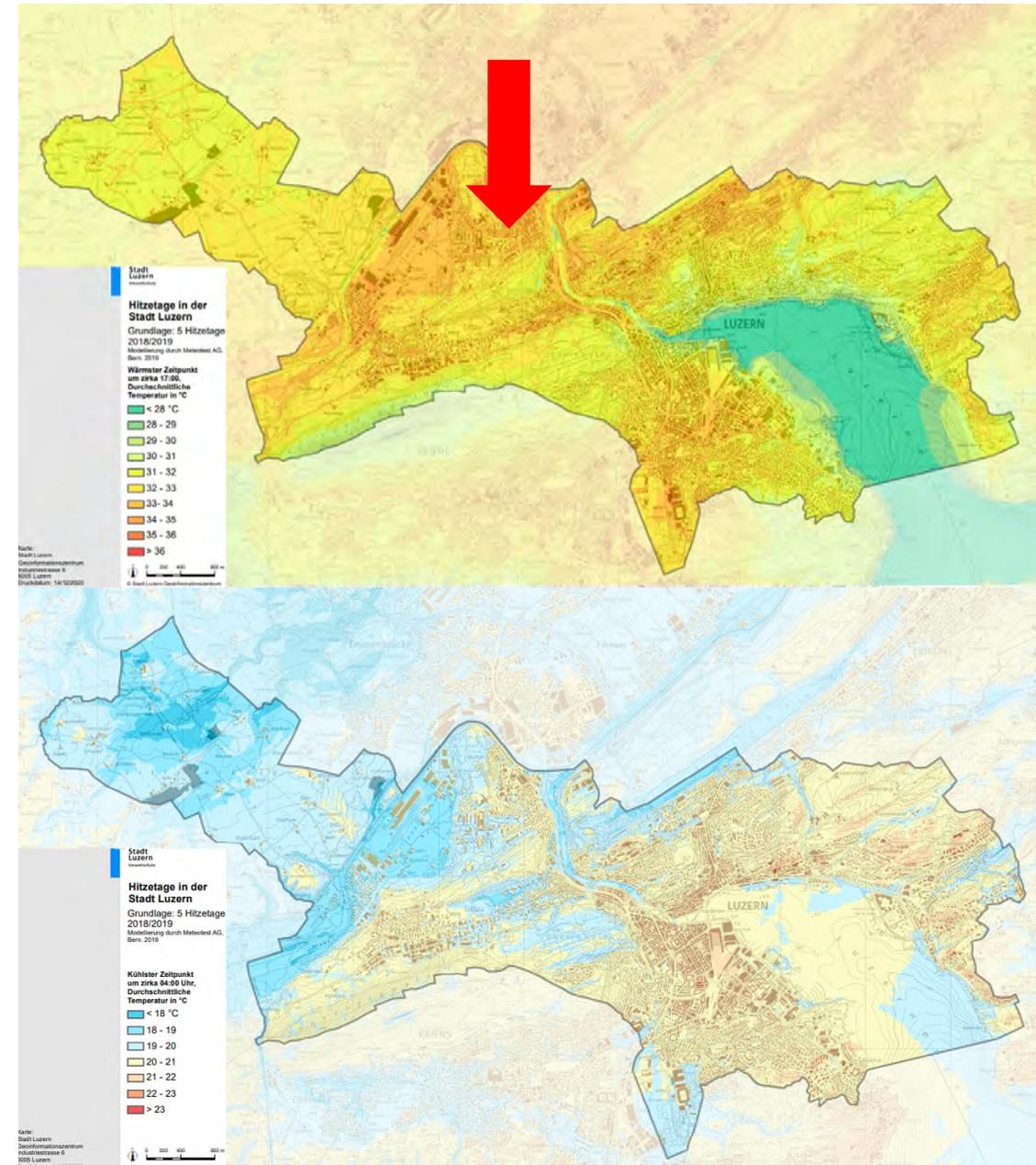
David Risi, 11.7.2022

# Ausgangslage

2018 Motion Mehr Grün gegen die Hitze

2020 Städtische Klimaanpassungsstrategie

- G+B 3: Klimaangepasster Baumbestand
- > **Schwammstadt Pilotprojekt 2021 – 2028**
- Zusammenarbeit mit Hochschulen ZHAW und OST
- Phase I 2021 - 2022  
Grundlagenbericht
- **Phase II 2022 -2024  
Integration Infrastrukturprojekt: Aktuell  
Stufe Bauprojekt**
- Phase III 2024 - 2028  
Monitoring und Auswertung



# Ausgangslage

## Pilotstandort Waldstrasse

- Hitzebelastung
- Grundwasserferne Standorte
- Bedeutende Steigungen/Gefälle
- Grünflächen durch Verkehrsflächenrückbau
- Geringe Stoffbelastung (M1-4) DTV <5000
- Jahresniederschlag: <1400 mm
- Geringe Verdunstung => wenig Strassengrün
- Untergrund mit keiner bis schlechter Versickerungsfähigkeit

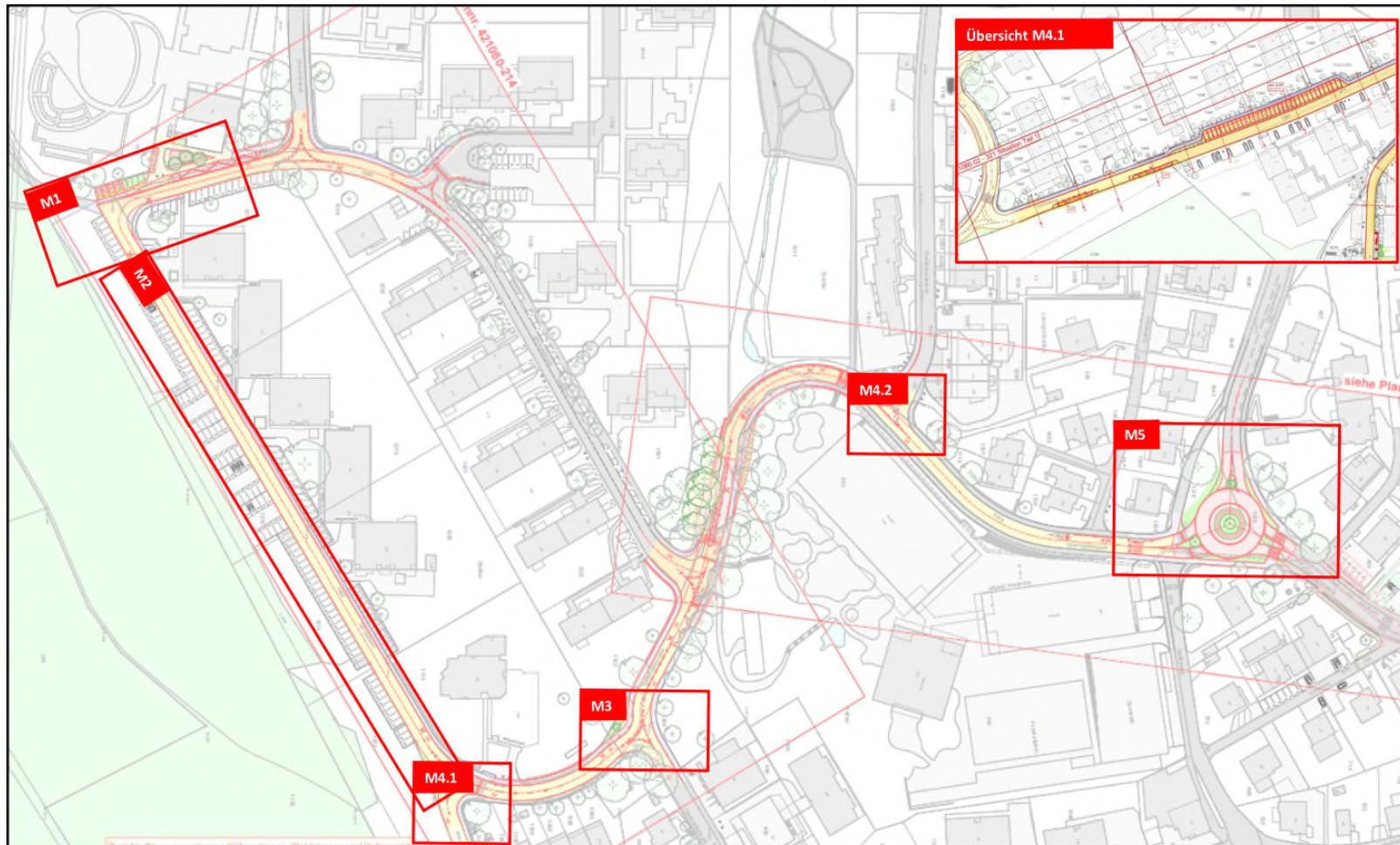


# Ziele

- Abflussmengen verlangsamen und reduzieren
- Retention und Verdunstung, keine Versickerung
- Reinigung des Regenwassers
- Sichtbarkeit
- Wirksamkeit
- Adaption und Weiterentwicklung



# Standorte für Massnahmen

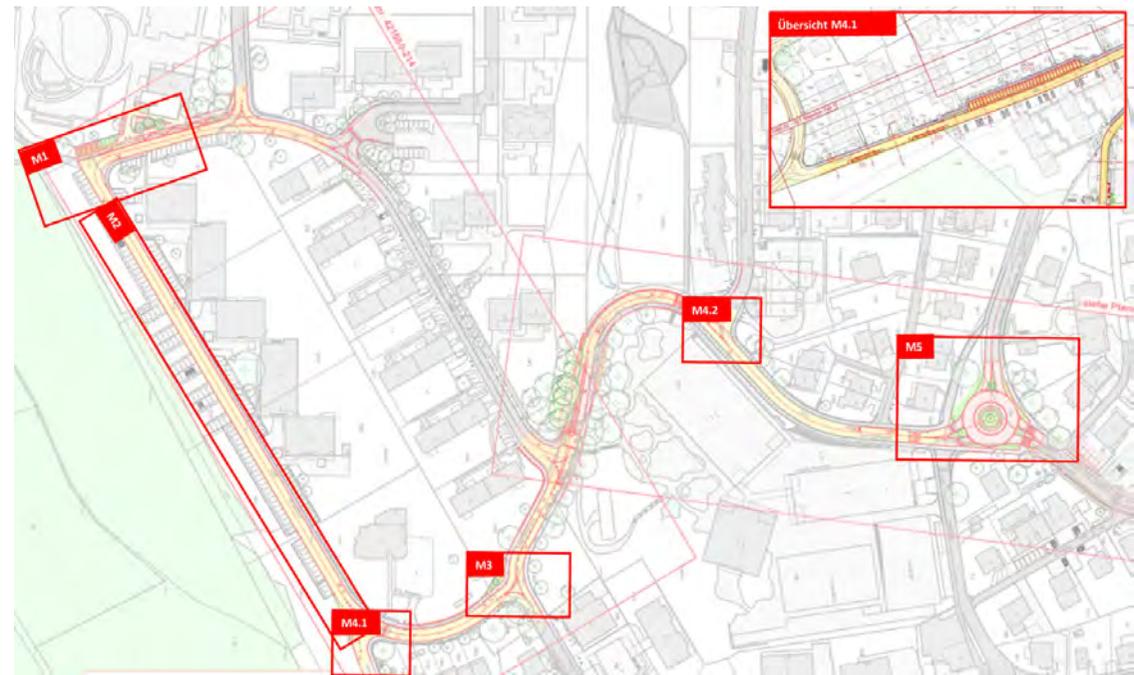


# Massnahmen

5 Standorte M1 – M5

Bausteine die umgesetzt werden:

- Entsiegelungen
- Unterschiedliche poröse Belagsflächen
- Linienentwässerungen über Rinnensysteme
- Retentionsmulden
- Tiefbeete
- 24 – 36 m<sup>3</sup> Wurzelraum pro Baumstandort
- Wurzelraumerweiterungen unter Fahrbahnen



# Herausforderungen

- Enge Strassenquerschnitte, Platzbedarf
- Gefälle im Perimeter
- **Tragfähigkeit Wurzelraumerweiterungen**  
Vorgabe Stadt Luzern 15 - 30 MN/m<sup>2</sup> auf dem Planum je nach Untergrund  
FLL Empfehlung max. 45 MN/m<sup>2</sup> auf dem Planum
- Setzungen Baugrund, Risse
- Verhalten bei Aufgrabungen
- Integration von Werkleitungen: Fernwärme
- Oberbodenpassage
- Muldentiefen
- Störfälle
- Allgemein Verkehrssicherheit
- Funktionale Gestaltung vs. Ästhetik



# Auswertung Monitoring

Noch abschliessend zu definieren

Abhängig von umgesetzten Bausteinen

Einfache Proben

Hohe Aussagekraft

Schneller Gewinn



# Fazit

Wenig Erfahrungswerte in der Schweiz

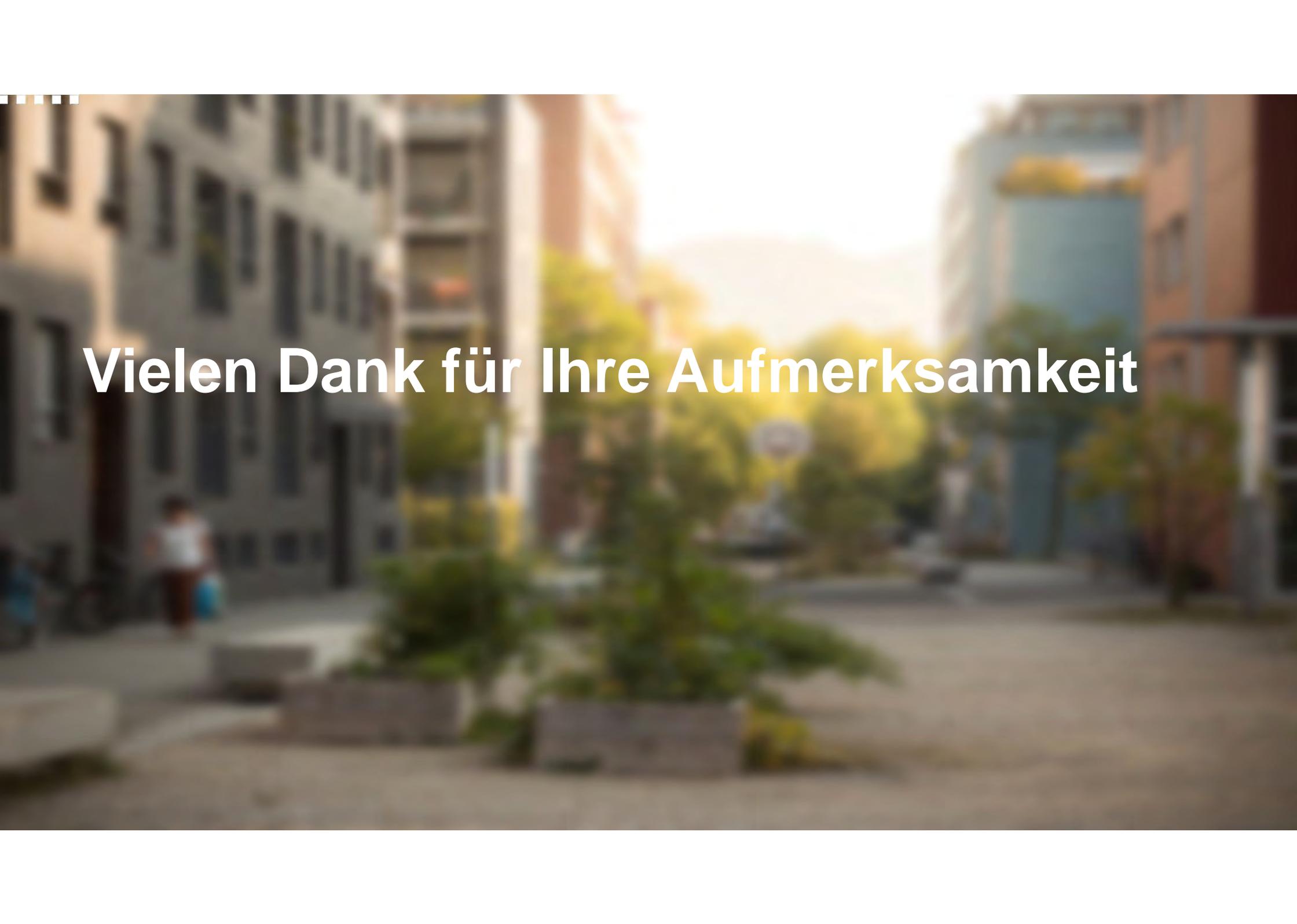
Politischer Wille gegeben

Klimaschutz (Fernwärme) und Klimaanpassung (Baumpflanzungen) nicht immer konfliktfrei

Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Mut zu neuen Lösungen



A blurred city street scene at sunset. The sun is low in the sky, creating a warm, golden glow. Buildings line the street, and a few people can be seen walking. The text "Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit" is overlaid in the center in a white, bold font.

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**



**Stadt Luzern**

**Stadtgrün**

Industriestrasse 6

6005 Luzern

T 041 208 86 86

[stadtgruen@stadtluzern.ch](mailto:stadtgruen@stadtluzern.ch)



Stadt Zürich  
Grün Stadt Zürich

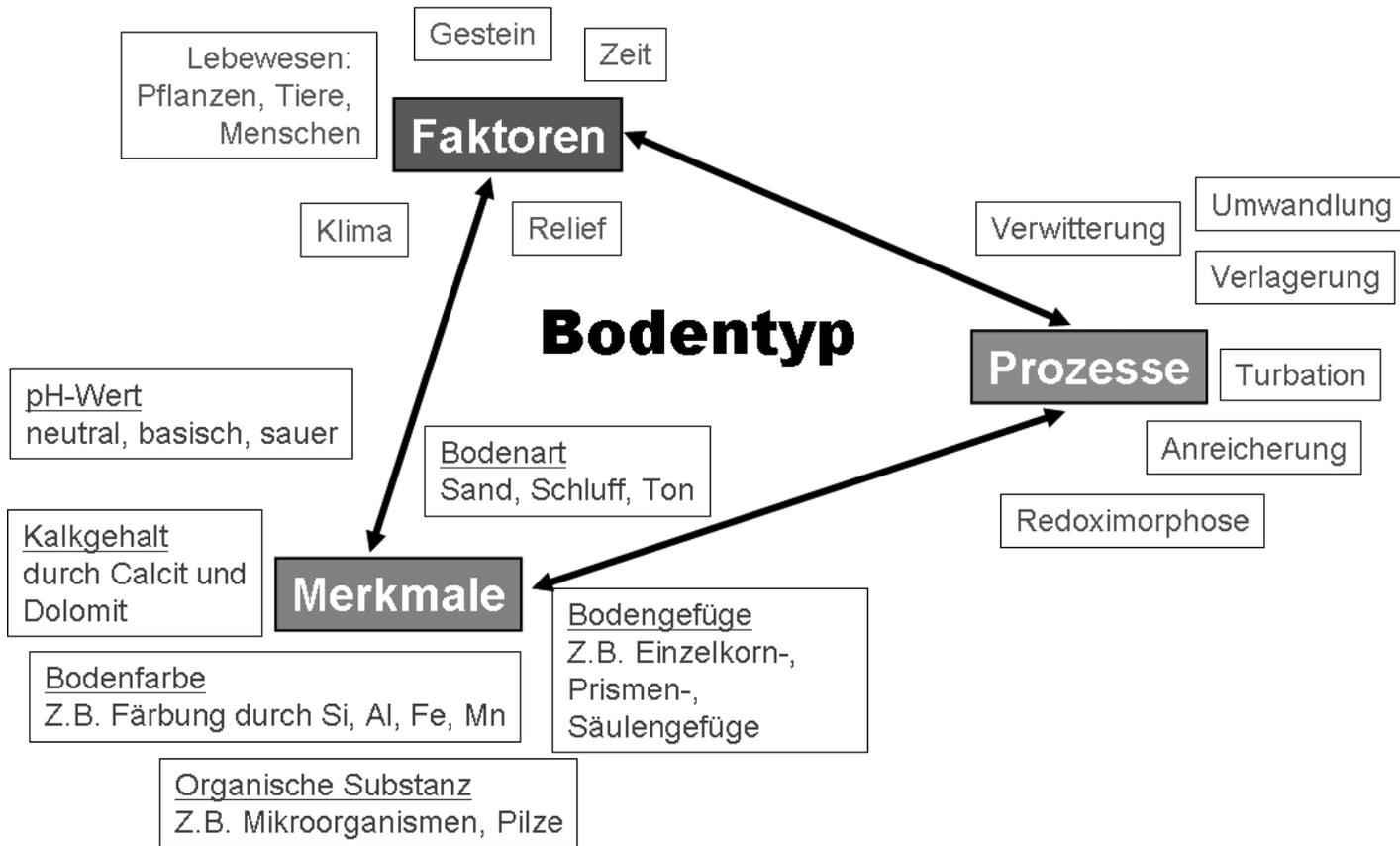
# Baumsubstrate in Entwicklung – Forschung und Praxis

Fachaustausch Schwammstadt  
Basel, 11. Juli 2022  
Andrea Gion Saluz

# Inhalt

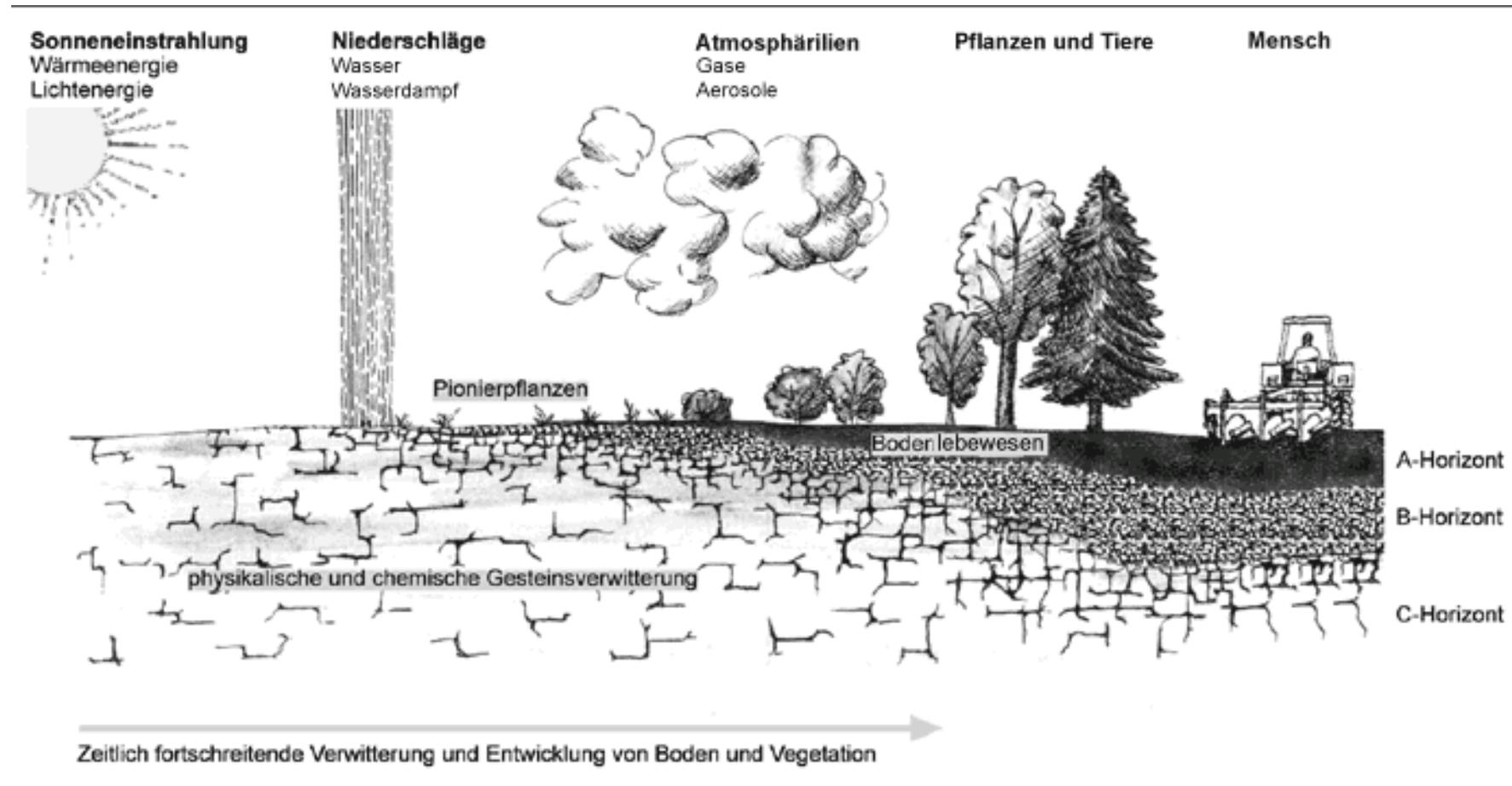
1. Grundlagen für die Substratentwicklung
2. Substrate in der Praxis
3. Beispiele zur Anwendung
4. Diskussion und Pause

# Bodenbildende Faktoren und Prozesse



Scheffer Schachtschabel - Skript Bodenkunde IUNR

# Bodenbildung



Bodenbildung (Abb. verändert nach: MAYER, J. 1996)

# Substratentwicklung – Gesuchte Eigenschaften

## Physikalische Eigenschaften:

- Korngrößen, Textur
- Gefüge – Struktur
- Porenvolumen
- Temperatur und Erwärmung
- Wasserkapazität
- Wasserbewegung (etc.)

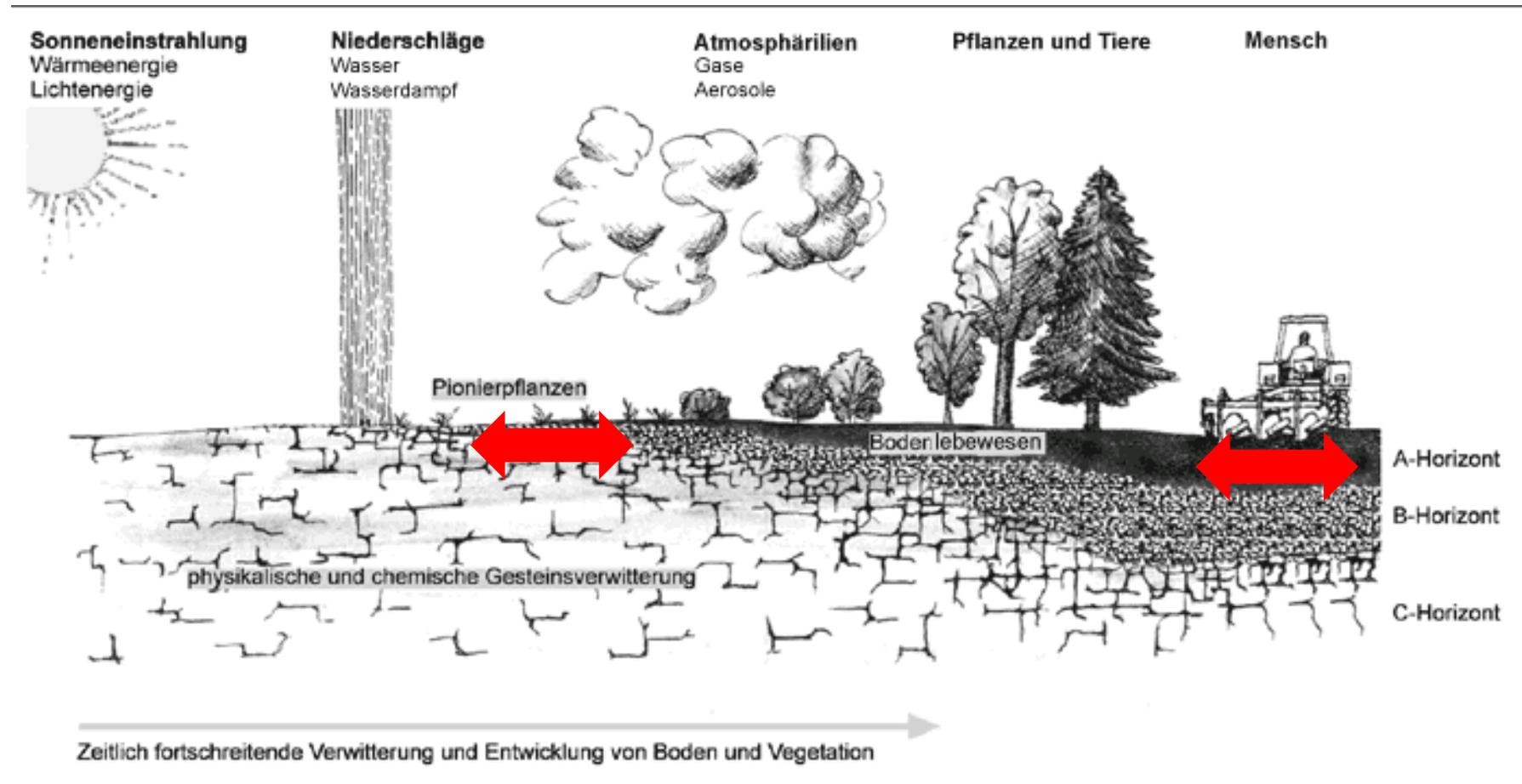
## Anorg. - Chemische Eigenschaften:

- Sorption
- pH
- Nährstoffgehalte (Makro, Mikro)
- Puffervermögen
- Salzgehalt

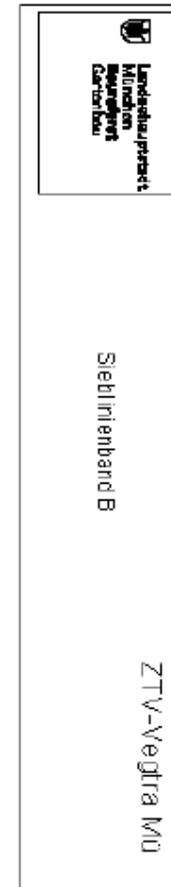
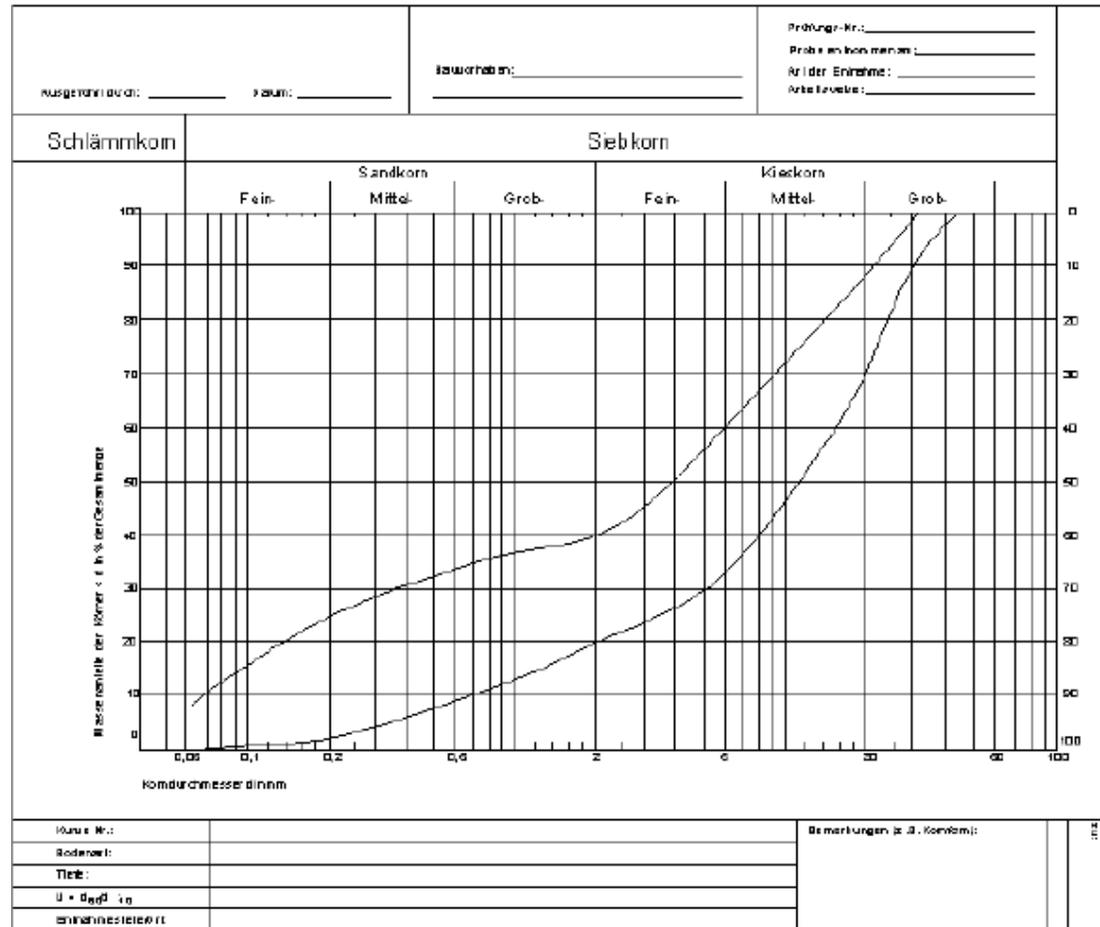
## Biologisch-organische Eigenschaften:

- Humusgehalt
- Art und Menge vorhandener MO's, Arthropoden und anderer Tiere
- Unkrautsamen
- Etc.

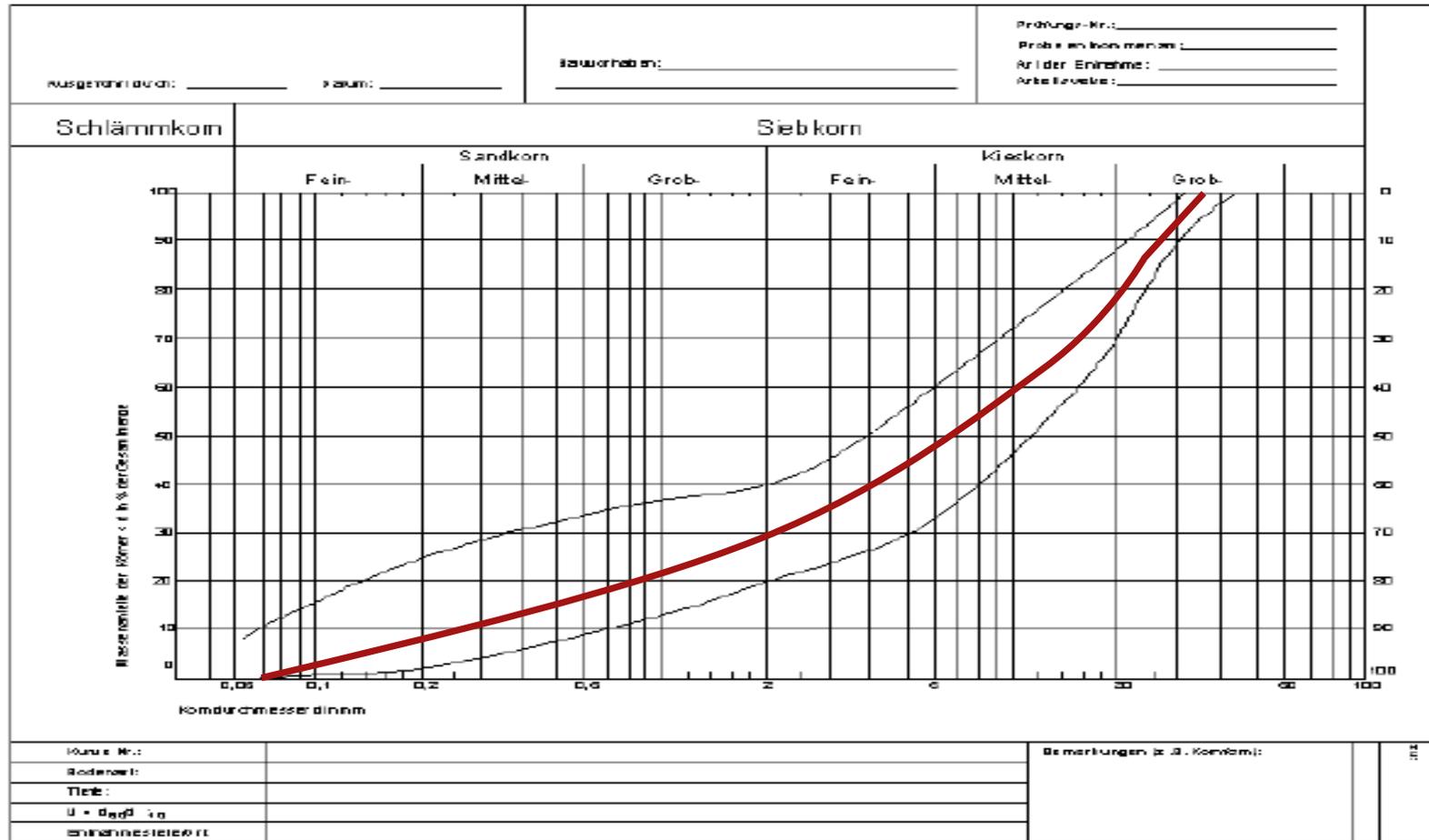
# Substrate im Kontext



# Substrate in der Praxis



# Substrate in der Praxis





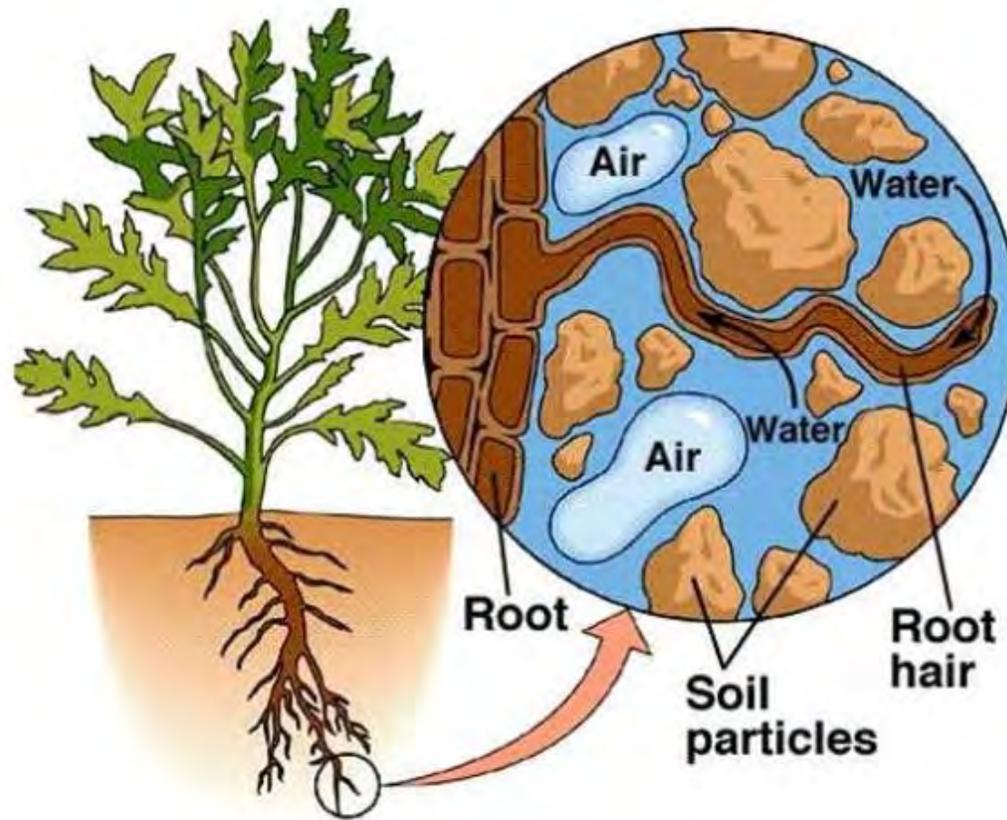
Sieblinienband B

ZTV-Vegeta MU

# Substrate in der Praxis

- In Abhängigkeiten der verwendeten Komponenten haben die vermarkteten Einheitssubstrate erhebliche Unterschiede im Nährstoffgehalt, in der Nährstoffverfügbarkeit und in der Nährstoffspeicherung
- Die organische Substanz ist eine grosse Unbekannte!
- Die Normen haben zur Folge, dass die Substrate als Einschichtsubstrate und Einheitssubstrate vermarktet und eingebaut werden

# Substratentwicklung – Bedürfnis des Baums



**Sauerstoff**



**Korrekte  
Temperatur**



**Ausgewogene  
Nährstoff-  
versorgung**



**Schadstoff-  
freies Milieu**

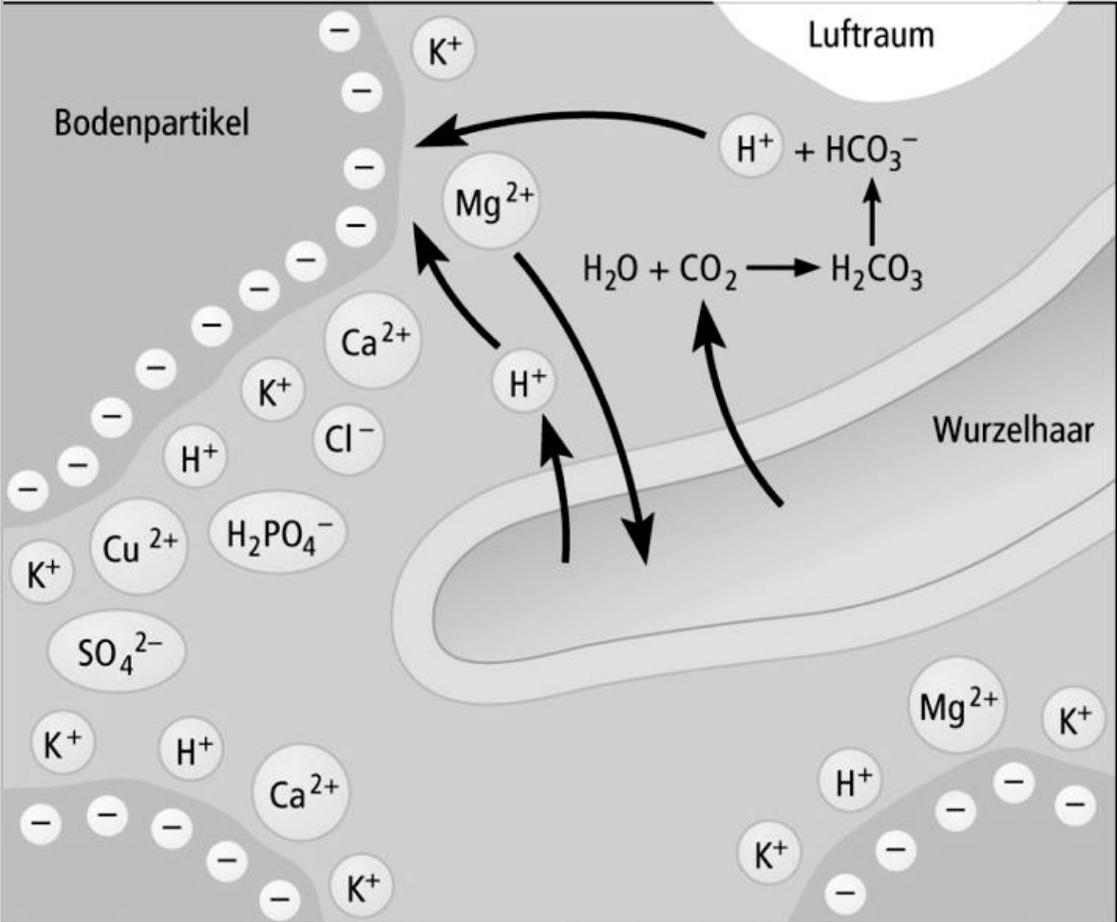
<http://preuniversity.grkraj.org>

# Die Nährstoffaufnahme der Bäume

Es wird grundsätzlich in zwei verschiedene Nährstoffaufnahmen unterschieden:

- Die **aktive** Nährstoffaufnahme
- Die **passive** Nährstoffaufnahme

# Die Nährstoffaufnahme der Bäume



# Substratentwicklung - Optimierung der Nährstoffvorkommen

Gute und innovative Forschung

Die Anforderung an die Substratphysik ist gegeben

Qualitative Verbesserung des Feinanteils in Substraten

# Substratentwicklung – Physikalische Anforderungen

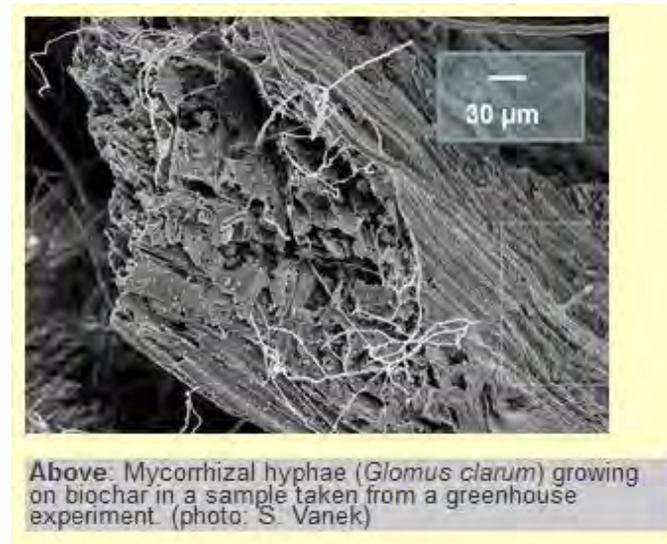
## Aufbau mit Grobschlag – Prinzip des Makadam Aufbaus



# Substratentwicklung – Chemische Anforderungen

Es braucht grosse Kationenaustauschpotenziale im Substrat – Oberflächen!

- Tonminerale
- Huminstoffe
- Pflanzenkohle



# Substratentwicklung – Beispiele aus der Praxis



# Substratentwicklung – Beispiele aus der Praxis



# Substratentwicklung – Beispiele aus der Praxis



# Substratentwicklung – Beispiele aus der Praxis



Stadt Zürich  
Grün Stadt Zürich



Baumsubstrate in Entwicklung  
Andrea Gion Saluz



# Substratentwicklung – Beispiele aus der Praxis



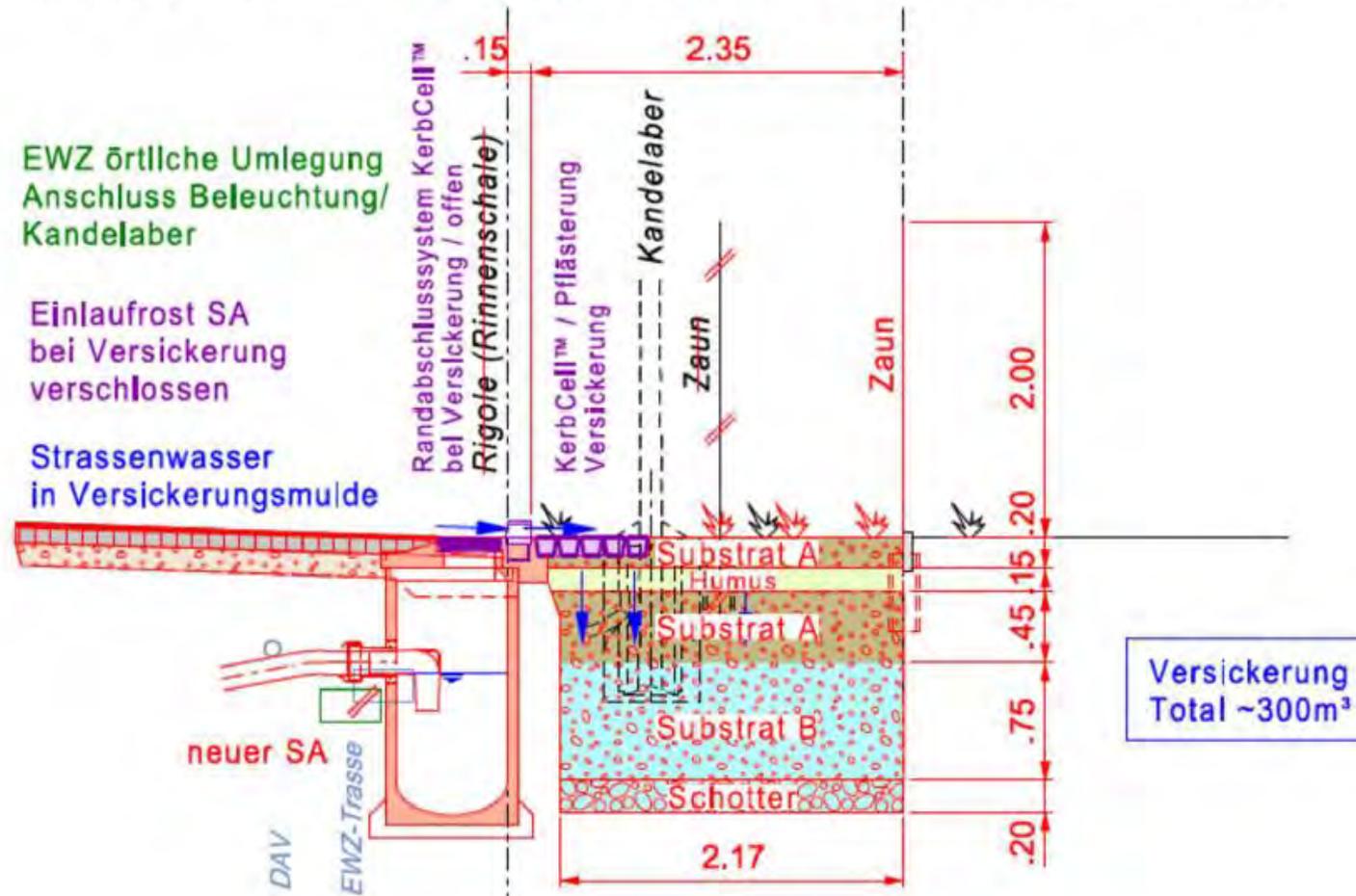
# Substratentwicklung – Beispiele aus der Praxis



# Substratentwicklung – Beispiele aus der Praxis

## Detailschnitt 1 : 50

(Grünstreifen Versickerung über belebten Boden)



# Substratentwicklung – Beispiele aus der Praxis



# Zusammenfassung und Ausblick

- Urbane Substrate unterliegen einer grossen Dynamik, Einheitssubstrate sind nicht zielführend
- Der Feinanteil ist die relevante Komponente und muss angepasst werden (können)
- Pflanzkohle für überbaubare Substrate birgt grosses Potential
- Sehr hohe Dynamik in der Forschung
- Gute erste Resultate und weiterführende Forschungsfragen mit Trichoderma und Mykorrhiza
- Es braucht den Mut der Fehlerkultur

Tue was, das Wurzeln schlägt!





Kanton Basel-Stadt

# **Forschungsprojekt Pflanzenkohle**

## **Von der Terra Preta zum Pflanzenkohlesubstrat**

**Wirkungsnachweis für die Bodenverbesserung durch  
den Einsatz von Pflanzenkohle in Substraten**

**Martin Sonderegger**

**Stefan Stevanovic**



## Ausgangslage

### Terra preta (portugisisch für schwarze Erde)

- Böden, vor allem im Amazonasgebiet, die ursprünglich mit Holz, Dung, Kompost, Tonscherben, Knochen, Pflanzenkohle etc. über Jahrhunderte sehr fruchtbar gehalten und vor Auswaschung geschützt wurden
- Die Böden wurden in wiederholten Prozessen durch Brandfeldbau und einbringen der oben genannten Komponenten geschaffen, wobei die Pflanzenkohle eine wesentliche Grundlage bildet
- Nachweis solcher Böden auch in Afrika, Südostasien, Europa



## Aktuelle Entwicklung & Potenziale

Die positiven Eigenschaften auf die Bodenfruchtbarkeit ist belegt

- hohes Nährstoffspeichervermögen z.B. (Stickstoff bis 17 t/ha, Phosphor bis 13 t/ha)
- sehr lange Verfügbarkeit
- sehr lange (durch die Pflanzenkohle) Bodenstabilität ca. 2000J
- erhöhte Feldkapazität und biologische Aktivität
- Kohlenstoffspeicherung
- Förderung von Pflanzenwachstum

Die Herstellung von Pflanzenkohle liegt im Trend

Dabei entstehen auch toxische Stoffe z.B. (Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe)

Mit der Verwendung von unbehandeltem Pflanzenmaterial und dem richtigen Pyrolyseverfahren kann die Belastung mit toxischen Stoffen auf einem unkritischen Mass gehalten werden.



## Mögliche Risiken

- Verwendung von wertvollen Holzressourcen
- Verwendung von kontaminiertem Holz
- Im- oder Exporte von unbekanntem Rohstoffen oder Kohlen
  
- Verwendung von Kohle ohne Vorbehandlung
- Verwendung in ungeeigneten Böden oder Böden die keine Bodenverbesserung bedürfen
  
- Kohle ohne Zertifikat und damit ohne der erforderlichen Qualität im Umlauf



## Projektziel

**Bevor wir in unseren Substraten Pflanzenkohle verwenden, möchten wir erfahren ob eine Wirkung in den Substraten nachgewiesen werden kann.**

**Wir möchten versuchen die Wirkung im Boden und in den Pflanzen, mit Zahlen zu belegen.**

**Wir möchten herausfinden wieviel Kohle in unseren Substraten Sinn macht.**

**Wir möchten negative Wirkungen vermeiden und sorgfältig mit unseren Böden umgehen.**



## Organisation

### **STG Projektgruppe**

- Dominique Jeanneret
- Stephan Ramin
- Yves Dubs
- ich

### **ZHAW Projektpartner**

- Stefan Stevanovic
- Axel Heinrich
- Tal Hertig



# Areal Entwurf Anordnung Testanlage 1

2

## Versuchsanordnung ARGE Pflanzenkohle

Terrapreta= 25% Bio Pflanzenkohle 75% Bio Kompost STG. Aufgesetzt mindestens 16 Wochen  
Menge für Versuchsanlage 150m<sup>3</sup> Kompost, 38m Pflanzenkohle





## Testanlage Weidenhof

- schaffen von möglichst homogenen Bedingungen
- Aushub





# Testanlage Weidenhof

- Einbau
- schichtweise Verdichtung





# Testanlage Weidenhof

- Einbau
- Verdichtungsmessungen





## Testanlage Weidenhof

- Pflanzung (wurzelnackt, selber Mutterbaum)
- 7 *Alnus x spaethii*, 3 *Quercus petraea* pro Rabatte





## Testanlage Weidenhof - Pflanzung





# Testanlage Weidenhof

- Pflanzung
- Kronenschnitt





# Testanlage Weidenhof

- Messanlage
- Einbau Bodensensoren





## Testanlage Weidenhof

- Messanlage
- Einbau Bodensensoren





# Testanlage Weidenhof

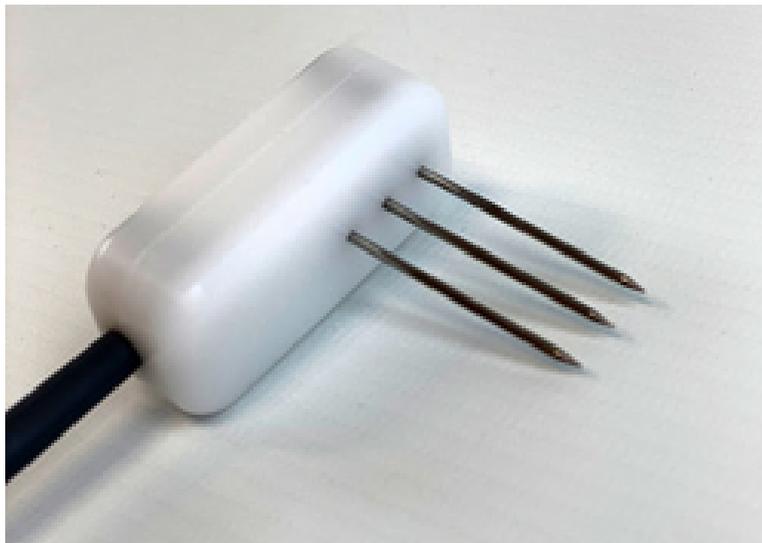
- Messanlage
- Verkabelung / Logger Stationen





# Testanlage Weidenhof

- Messanlage
- Baumsensoren





# Testanlage Weidenhof

- Messanlage
- Baumsensoren





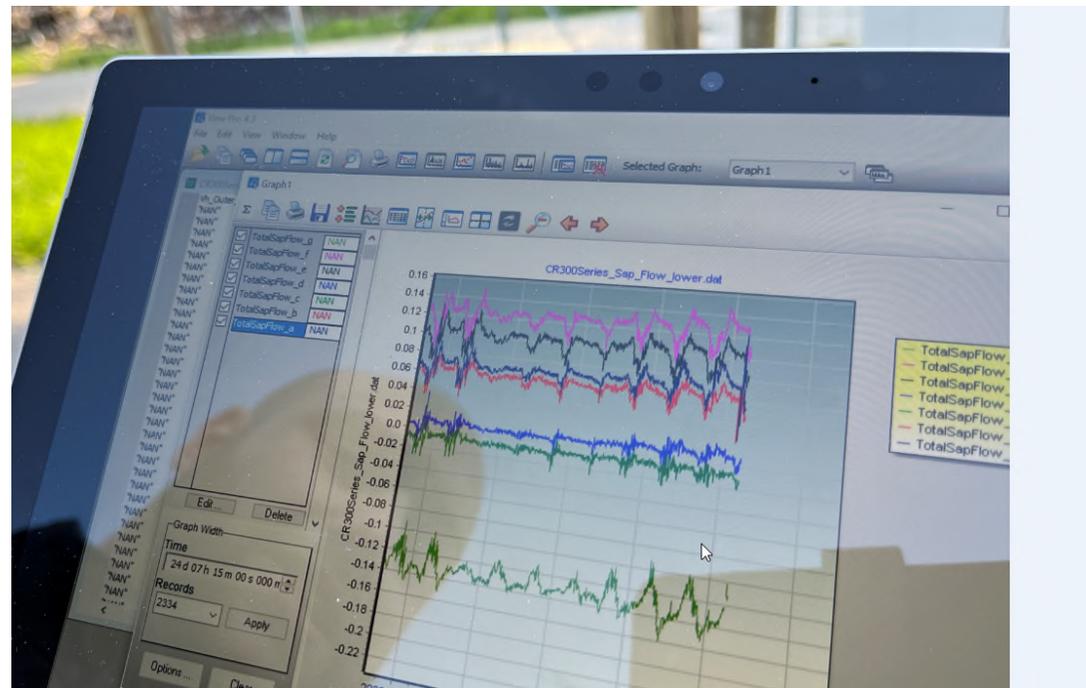
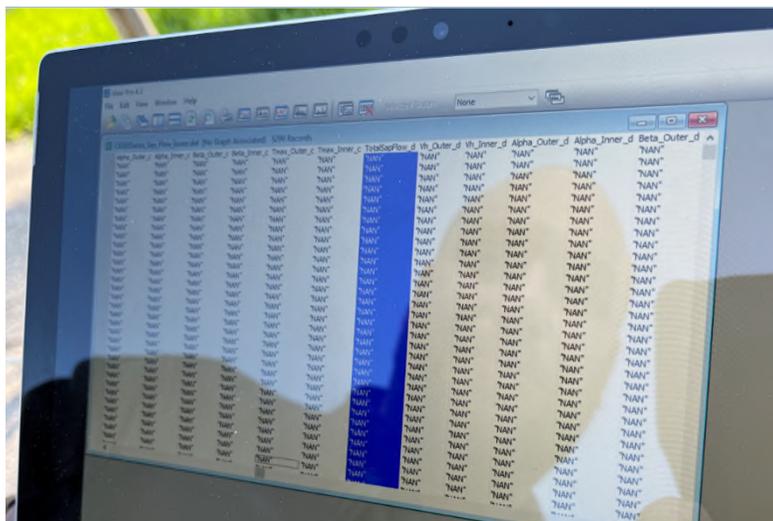
## Testanlage Weidenhof

- Bodentemperatur, Tiefe 50 und 90 cm
- Bodenfeuchte, Tiefe 50 und 90 cm
- Saftfluss in den Bäumen
- Örtliche Niederschläge
- Örtliche Temperaturen
- Örtliche Windbewegungen
- Örtliche Luftfeuchte
- Nährstoffgehalt in den Blättern
- Bodenproben, phys. /chem. Eigenschaften
- Bonitierung der Bäume



# Testanlage Weidenhof

- Messanlage
- Verbindung via Logger zu den Messsonden
- erste Diagramme





## Datenanalyse

- Entwicklung von Bodeneigenschaften
- Baumreaktion
- Korrelation Dampfdruckdefizit



## Dampfdruckdefizit (VPD)

- Differenz zwischen der tatsächlichen Wassermenge in der Atmosphäre und der Wassermenge, die bei Sättigung in der Atmosphäre enthalten sein könnte
- Hoher Dampfdruckdefizit sorgt für Verschluss der Spaltöffnungen, Reduktion der Kohlenstoffaufnahme
- Hoher Dampfdruckdefizit führt zu Trocknung der Böden, führt zu Erwärmung der Oberfläche, führt zu mehr Wasserstress



## Datenanalyse

- Entwicklung von Bodeneigenschaften
- Veränderungen in Bodenschichten
- Baumreaktion
- Korrelation Dampfdruckdefizit
- Abhängigkeit Mikroklima-Boden
- Reaktion Saftfluss auf Mikroklima
- Reaktion Saftfluss auf Jahres- und Tagesverlauf
- Nährstoffversorgung durch Blattanalyse
- ...



## Was können wir erwarten?

- Pflanzenkohle ein Gewinn?
- Mehr Pflanzenkohle = Pflanzenwachstum?
- Mehr Pflanzenkohle = Feinwurzeln?
- Biokohlefilter für Regenwasser
- Chemische vs. physikalische Eigenschaften
- Wasserhaltekapazität vs. Mikroklima
- Pflanzenphysiologische Reaktion auf Pflanzenkohle
- Nachhaltige Pflegemassnahmen
- ???



## Testanlage Weidenhof Information

**SRF Aktuell 10.06.2022**

**<https://www.srf.ch/play/tv/schweiz-aktuell/video/schweiz-aktuell-vom-10-06-2022?urn=urn:srf:video:e51cd075-ab55-4de9-bc84-8ac93c5e4caf>**



## Testanlage Weidenhof Öffentlichkeit

- QR-Code mit hinterlegter Webseite

