

---

# Aktuelle Herausforderungen der Regenwasserbehandlung und des -managements-

**Matthias Barjenbruch**

*TU Berlin, FG Siedlungswasserwirtschaft, Sekr. TIB 1B 16*

*Gustav-Meyer-Allee 25, D - 13355 Berlin*

*Tel.: +49 / (0) 30 / 314 72246; Fax: +49 / (0) 30 / 314 72248*

*e-mail: [matthias.barjenbruch@tu-berlin.de](mailto:matthias.barjenbruch@tu-berlin.de)*

# Starkregen über Berlin

Regenereignis Berlin, 27.07.2016



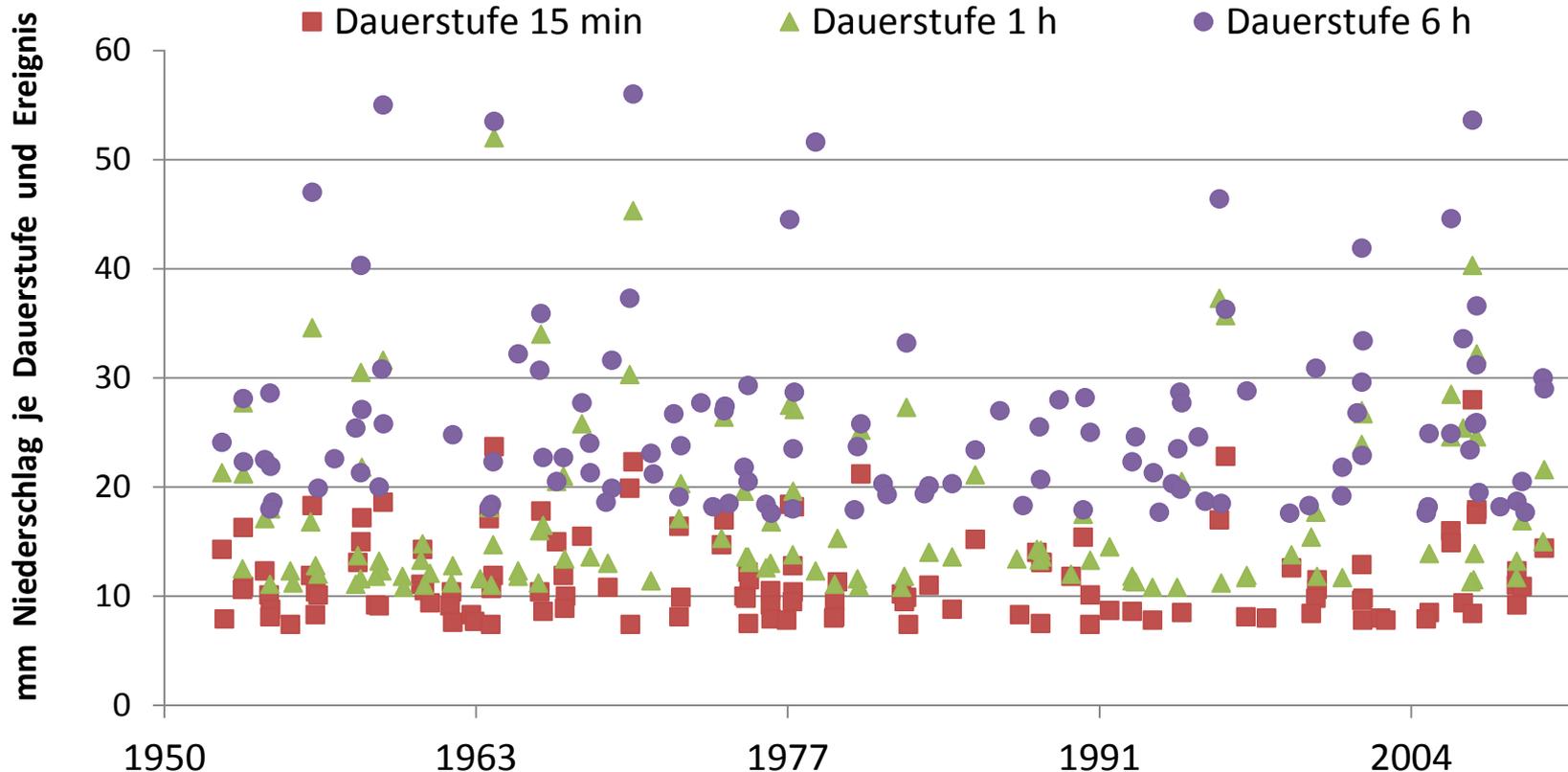
**„Monsun über Berlin**

**– Feuerwehr im Dauereinsatz“**

bis zu 45 Liter Wasser auf den Quadratmeter innerhalb  
von zwei Stunden (rbb-Abendschau am 27.7.2016)

# Entwicklung Starkregenereignisse in Berlin

Regensummen der 120 höchsten Ereignisse über 60 Jahre



Keine belegbare Veränderung der Starkregenereignisse.

Dennoch ist eine Zunahme der Starkregenintensität kurzer Dauerstufen auch für Berlin zu erwarten !

Station  
FU-Dahlem

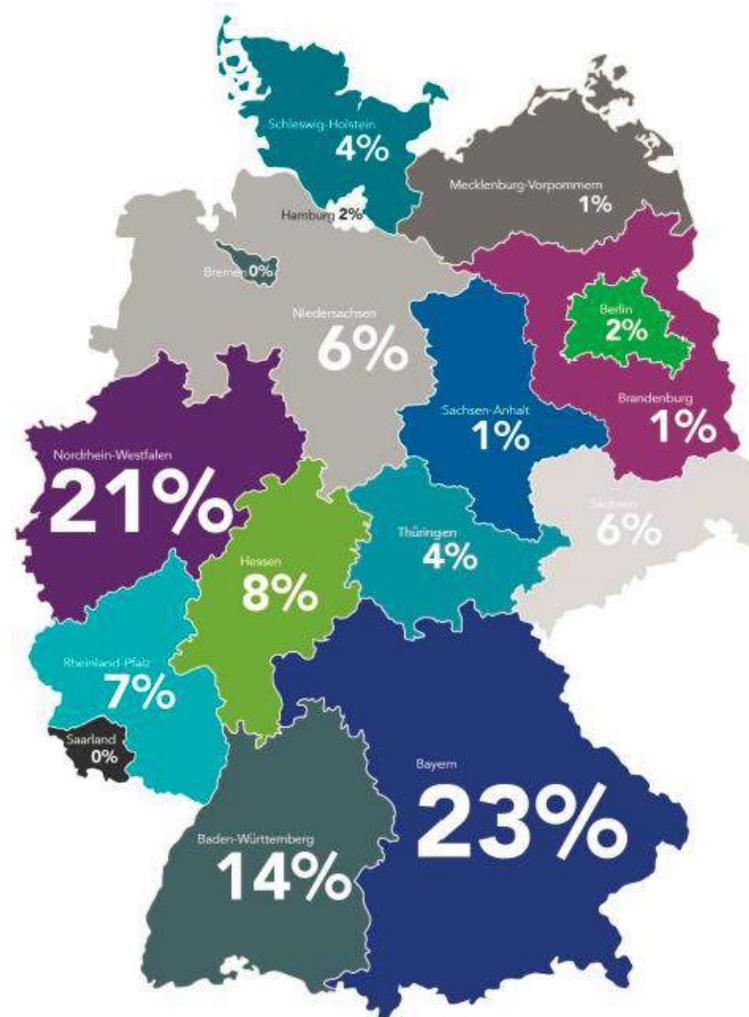
Sieker 2017  
3

# Definition Starkregenereignis

---

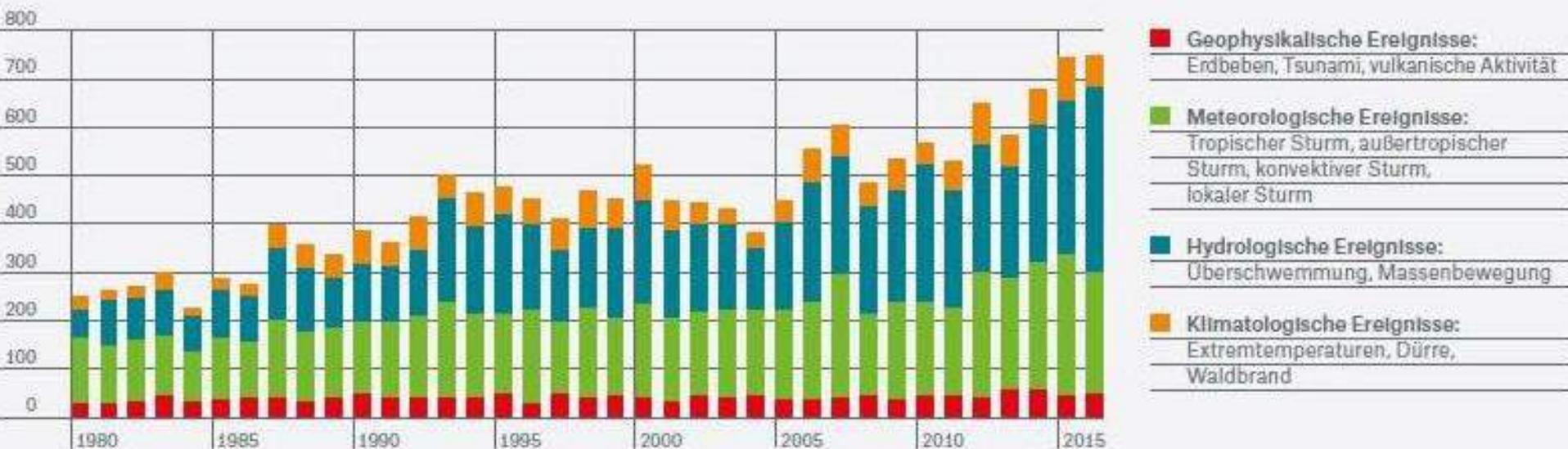
- Starkregen haben große Niederschlagsmengen pro Zeiteinheit
    - ➔ Meist aus konvektiver Bewölkung (z.B. Cumulonimbuswolken; vertikale Luft).
    - ➔ Starkregen kann zu schnell ansteigenden Wasserständen und (bzw. oder) zu Überschwemmungen führen, häufig einhergehend mit Bodenerosion.
    - ➔ Der DWD warnt deswegen vor Starkregen in 2 Stufen (wenn voraussichtlich folgende Schwellenwerte überschritten werden):
      - Regenmengen  $\geq 10$  mm / 1 Std. oder  $\geq 20$  mm / 6 Std. (Markante Wetterwarnung)
      - Regenmengen  $\geq 25$  mm / 1 Std. oder  $\geq 35$  mm / 6 Std. (Unwetterwarnung)".
  - Starkregen treten zukünftig häufiger auf (vorwiegend im Sommer)!
  - Sie können überall in Deutschland erscheinen
- nach DWD 2005

# Verteilung der erfassten Starkregenereignisse nach Bundesländer



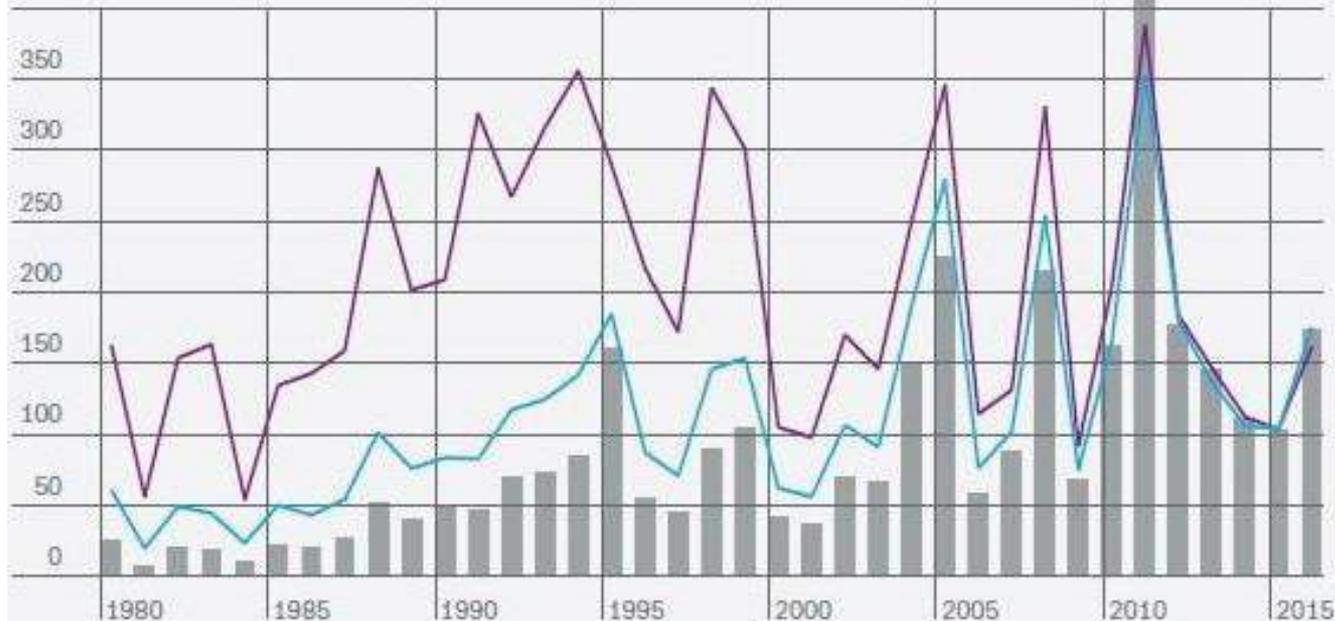
©Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDE e. V.

# Anzahl der Schadensereignisse



# Naturkatastrophen werden teurer

Gesamtschäden weltweit 1980 bis 2016 (Mrd. US\$)



- Nominale Gesamtschäden
  - Inflationsbereinigte Gesamtschäden (in Werten von 2016)
  - Normalisierte Gesamtschäden (in Werten von 2016)
- Inflationsbereinigt mittels landesbezogenem Verbraucherpreisindex unter Berücksichtigung von Wechselkursänderungen gegenüber dem US\$
- Normalisierung unter Berücksichtigung lokaler BIP-Entwicklungen gemessen in US\$

# Prognosen zum Klimawandel

## Deutschland

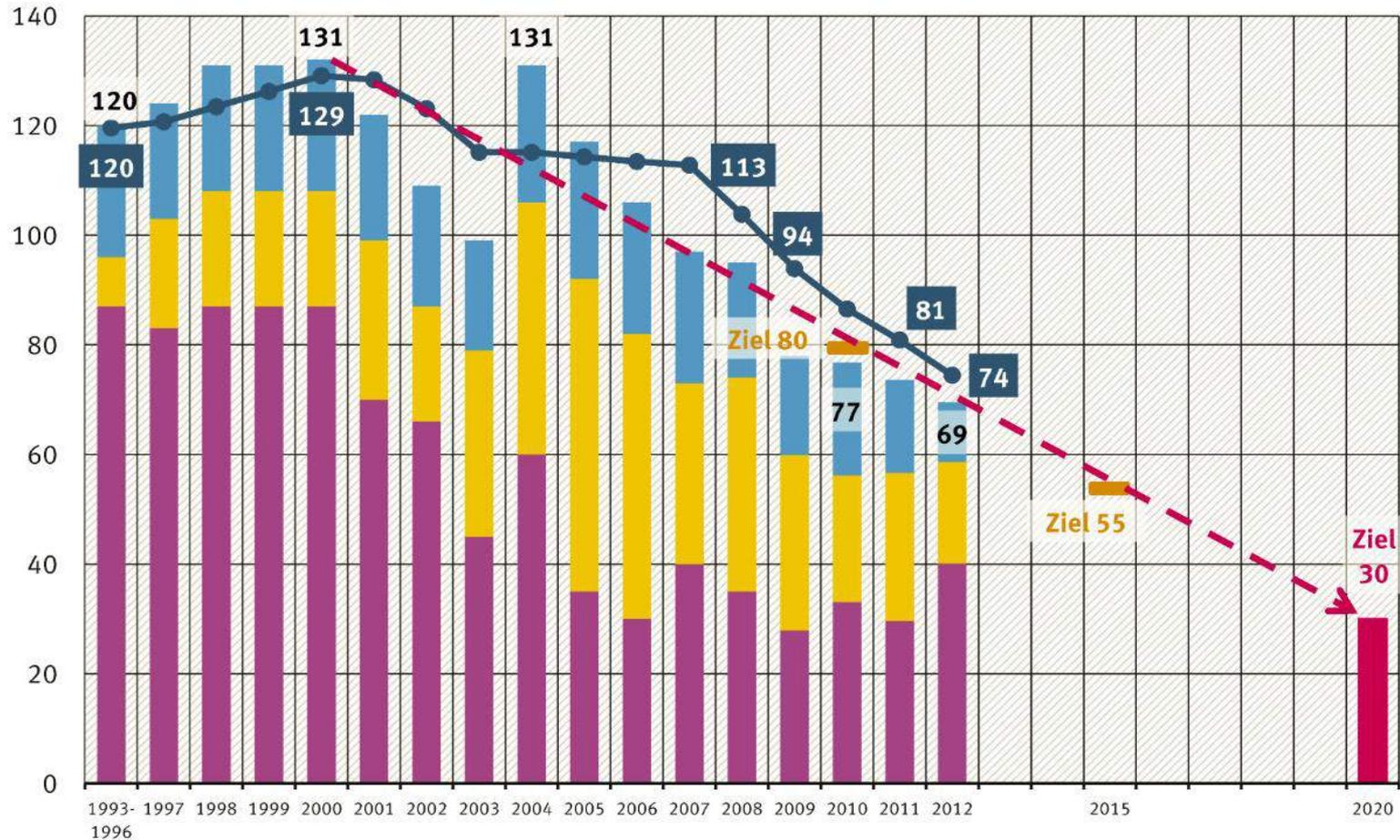
- Erwärmung der durchschnittlichen Jahrestemperatur in Deutschland: (IPCC A1B)
  - ➔ um 0,5 bis 2,5° C (Zeitraum 2021-2050)
  - ➔ um 1,5 bis 4,5° C (Zeitraum 2071-2100) gegenüber 1961 – 1990 aus.
- Jahreszeitliche Differenzierung der **Niederschlagsentwicklung**
  - ➔ **Winterniederschläge**: Zunahme je nach regionalem Klimamodell bis 40%; in einigen Gebieten (Rheinland-Pfalz, Hessen sowie nordost Bayern) sogar bis zu 70 %.
  - ➔ **Sommerniederschläge** bundesweit je nach Modell um bis zu 40 % abnehmen, (am stärksten der Südwesten Deutschlands betroffen)
- Außer den in den Mittelwerten abzeichnenden graduellen Veränderungen sind voraussichtlich zu berücksichtigen:
  - ➔ häufiger auftretender und stärkerer Extremereignisse
  - ➔ Mehr Starkregen im Sommer
  - ➔ sowie die Folgen einer zunehmenden Klimavariabilität

**Niederländischer Sarkasmus und die bittere Realität von heute: 300.000 Tote und 125 Mrd.\$ Sachschäden pro Jahr**  
(Kofi Annan, Global Humanitarian Forum 2009)



Dutch cow  
ready for sea  
level rise:  
Waddensee  
Year 20XX

# Jährlicher Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland in ha/d



■ Gebäude- und Freifläche, Betriebsfläche (ohne Abbauland)

■ Erholungsfläche, Friedhof

■ Verkehrsfläche

● Trend (gleitender Vierjahresdurchschnitt)

■ Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie

■ Zwischenziele des UBA für 2010 und 2015 <sup>2)</sup>

---

# Grundlegende Systeme der Stadtentwässerung

## Schmutzwasser (SW)

- häusliches: Haushalte (Küche, Toilette, Bad etc.)  
Kleingewerbe, Tourismus (Hotels etc.)
  - gewerbliche: z.B. Bäcker, Schlachter etc.
  - Industrielles: Indirekt- oder Direkteinleiter
- } **kommunales SW**

Priorität ist der Sammlung und Ableitung  
des Schmutzwassers einzuräumen!

## Niederschlagswasser (Verschmutzungsgrad)

- **behandlungsbedürftiges** Niederschlagswasser ist abzuleiten und zu reinigen
  - ➔ kein Wasser zur Kläranlage ableiten, dessen **Verschmutzungsgrad geringer** ist als der, der im **Ablauf** der **Kläranlage** gefordert ist.
- **nicht behandlungsbedürftiges** Niederschlagswasser
  - ➔ vor Ort versickern oder schnellst möglich ableiten in Abhängigkeit
    - von Verschmutzungsgrad (Qualität): Wohnbebauung, außerhalb von Ortschaft/Industrie
    - Untergrundverhältnissen
  - ➔ **Ableitung** vorzugsweise im Trennsystem  
(möglichst über **Gräben**, **Rinnen** oder **Mulden**) im ländlichen Raum

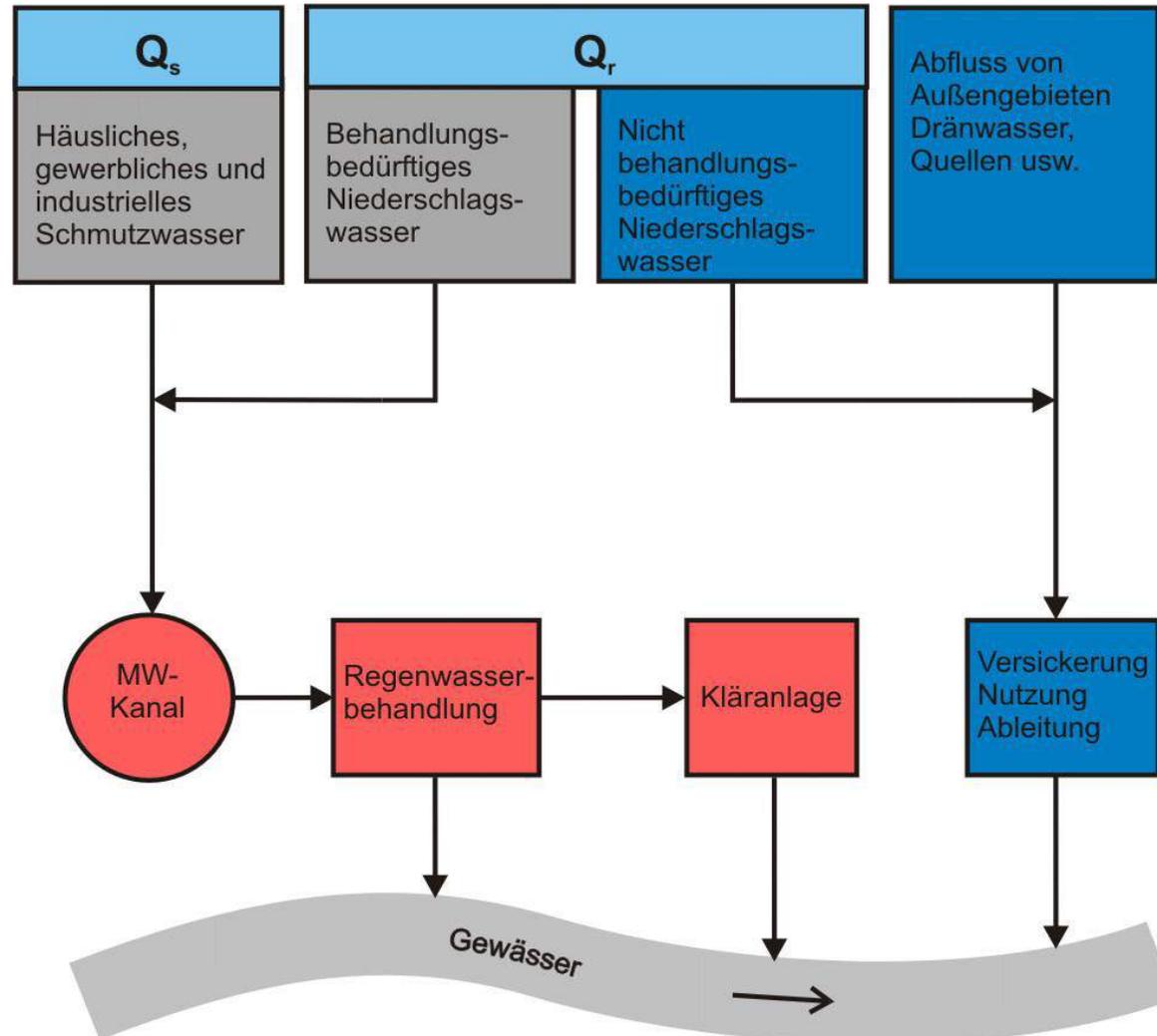
## Mischwasser: Niederschlagswasser + Schmutzwasser (Mischsystem)

### Fremdwasser (soll vermieden werden)

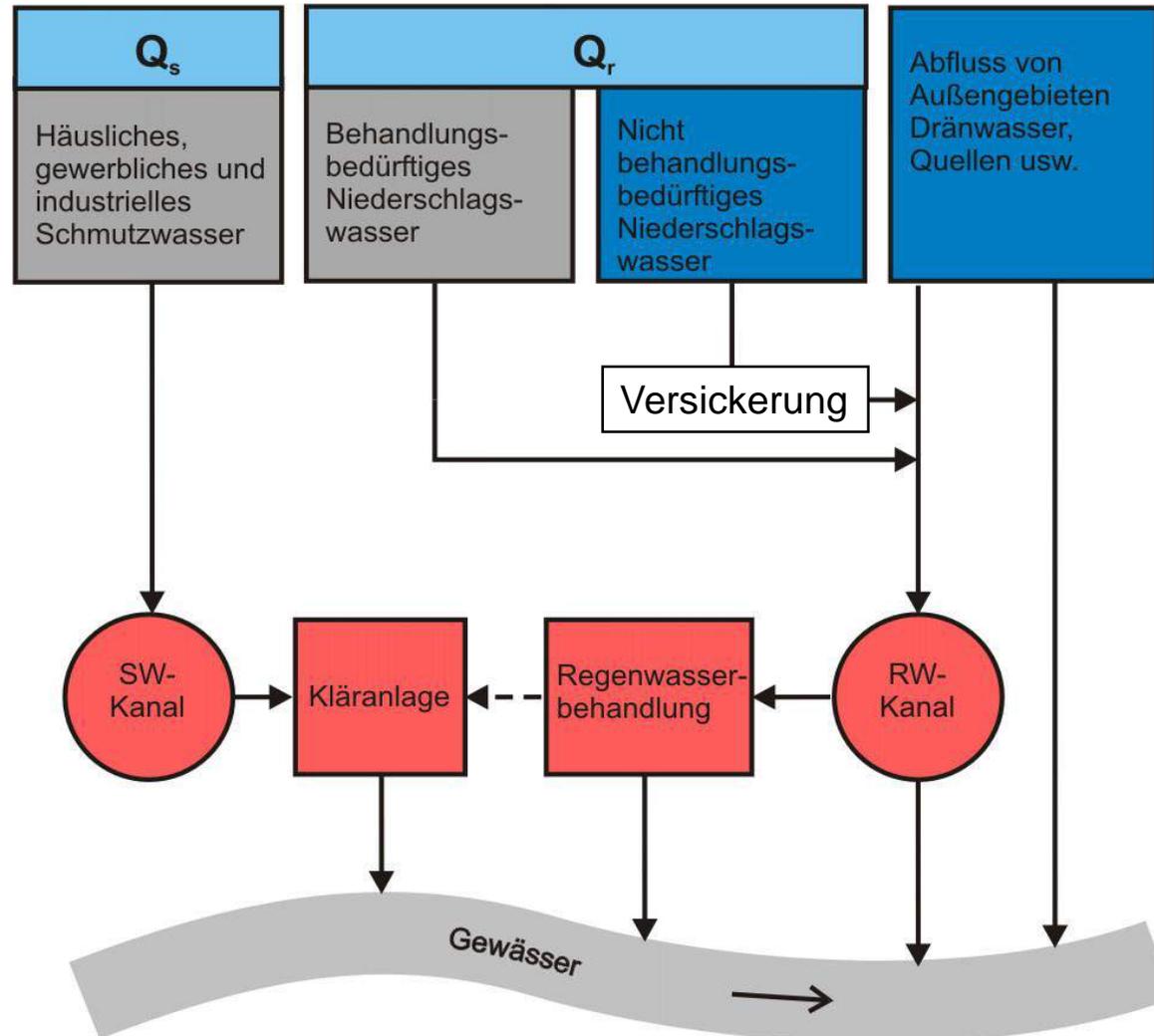
- Undichtigkeiten, Fehlan schlüsse, Schachtabdeckungen

# Modifiziertes Mischsystem

## Vorzug für den ländlichen Raum



# Modifiziertes Trennsystem



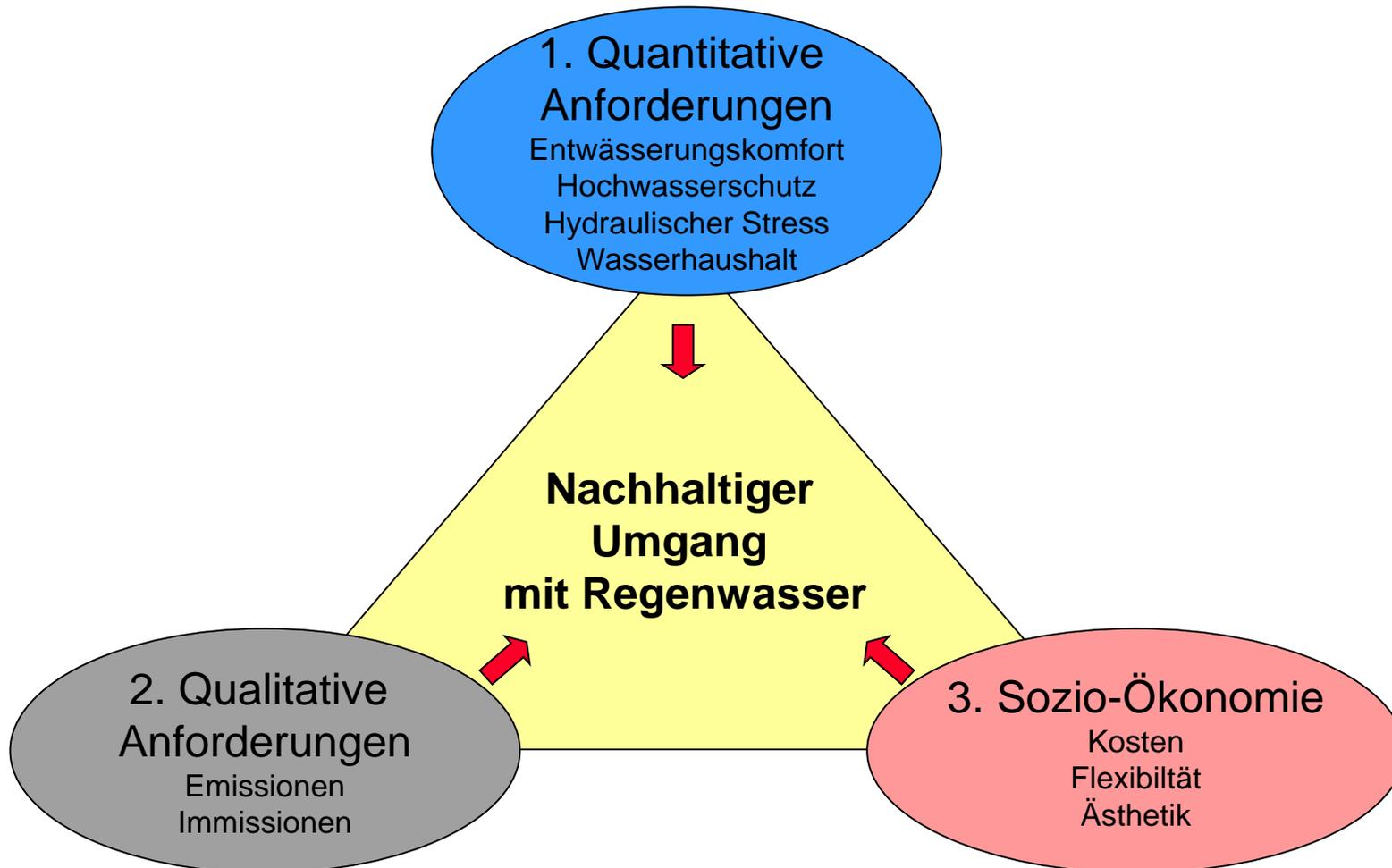
# Ziel der Regenwasserbewirtschaftung

## Rechtliche Vorgaben § 54 WHG (1.3.2010)

---

- **§ 54 (1): Definition „Abwasser ist ...“**  
... und das von **Niederschlägen** aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen **gesammelt abfließende Wasser („Niederschlagswasser“)**
  - ➔ Niederschlagswasser soll ortsnah **versickert, verrieselt** werden
  - ➔ oder direkt (über Gräben) oder über eine Kanalisation *ohne Vermischung mit Schmutzwasser* in ein Gewässer eingeleitet werden,
  - ➔ Ergebnis Neubau von **Mischsystemen** nicht mehr zugelassen!
- **§ 57 (1): Anforderung an die Einleitung in Gewässer**  
... vor Einleitung: Begrenzung der Menge und Schädlichkeit des Abwassers **nach dem Stand der Technik**
  - ➔ keine bundeseinheitlichen gesetzlichen Vorgaben „Stand der Technik“ für Regenwasser

# Anforderungen an einen nachhaltigen Umgang mit Regenwasser

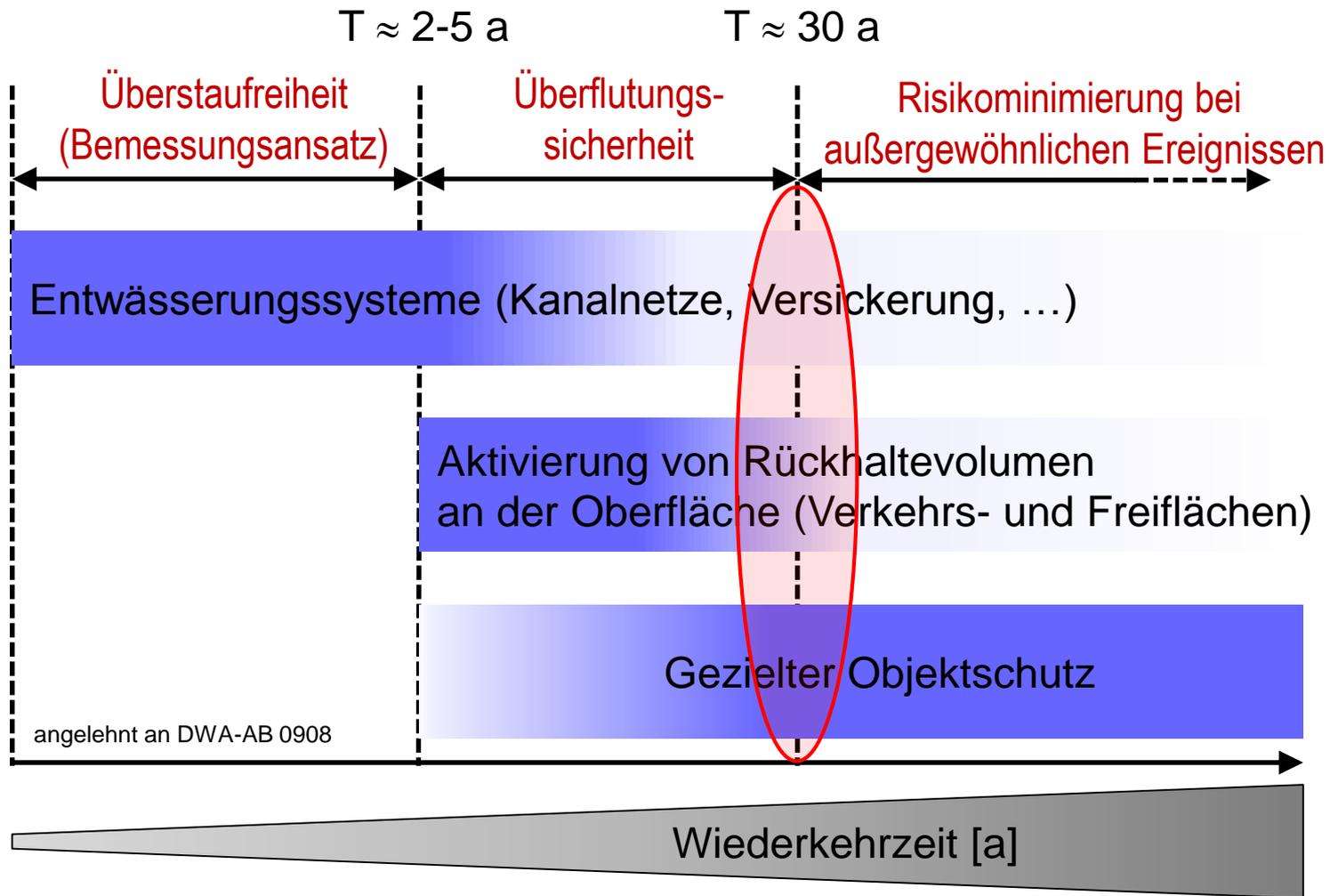


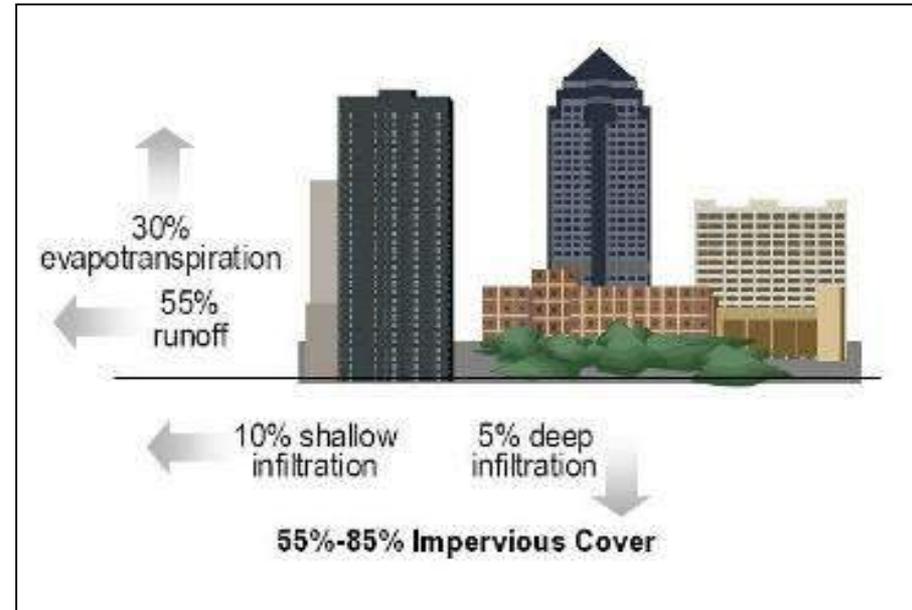
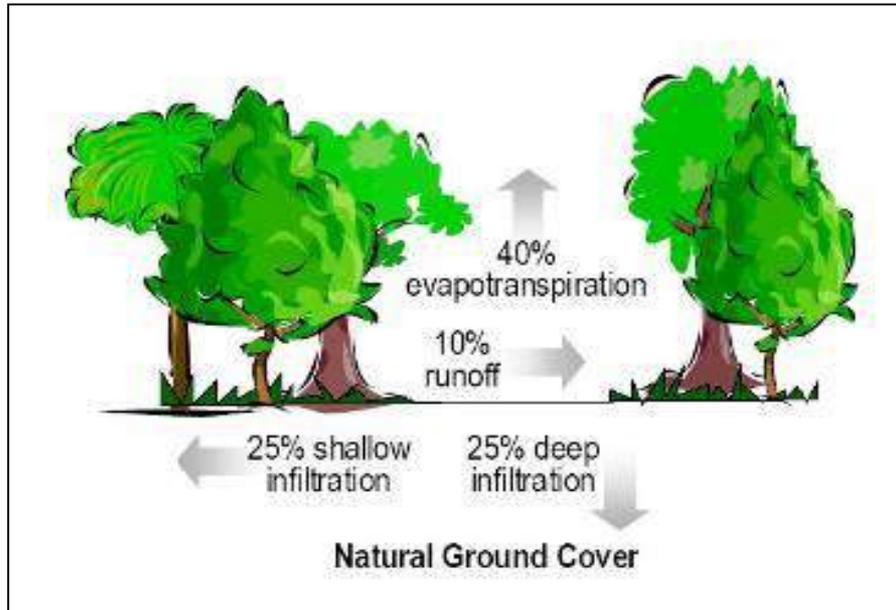
# Vorgaben zur Regenwasserbewirtschaftung

nach DWA-A 100 und Schmitt

- Möglichst geringe Beeinträchtigung des Wasserhaushalts in mengenmäßiger und stofflicher Hinsicht durch Siedlungsaktivitäten
- Schützgüter
  - ➔ **Entsorgungssicherheit**                      **Überflutungsschutz**
  - ➔ **Gewässerschutz**                              **Andere Belange**
- Zielvorgaben
  - ➔ hydrologisch ➔ Erhalt des natürlichen Wasserhaushalts (Referenzzustand „nicht bebauter Zustand“, z.B. nach HAD)
  - ➔ stofflich, z.B. für Oberflächengewässer (DWA-A 102)
    - Emissionsbezogen: Referenzparameter AFS63
    - Ableitung zulässiger Frachtaustrag in Oberflächengewässer
  - ➔ Immissionsbezogen: „guter Zustand“
    - (Messungen – rechnerischer & biologischer Nachweis)
  - ➔ Grundwasserschutz (Versickerung nach DWA-A 138)
    - Grundwasserverordnung (Entwurf 2016)???

# Einordnung des Ereignisses

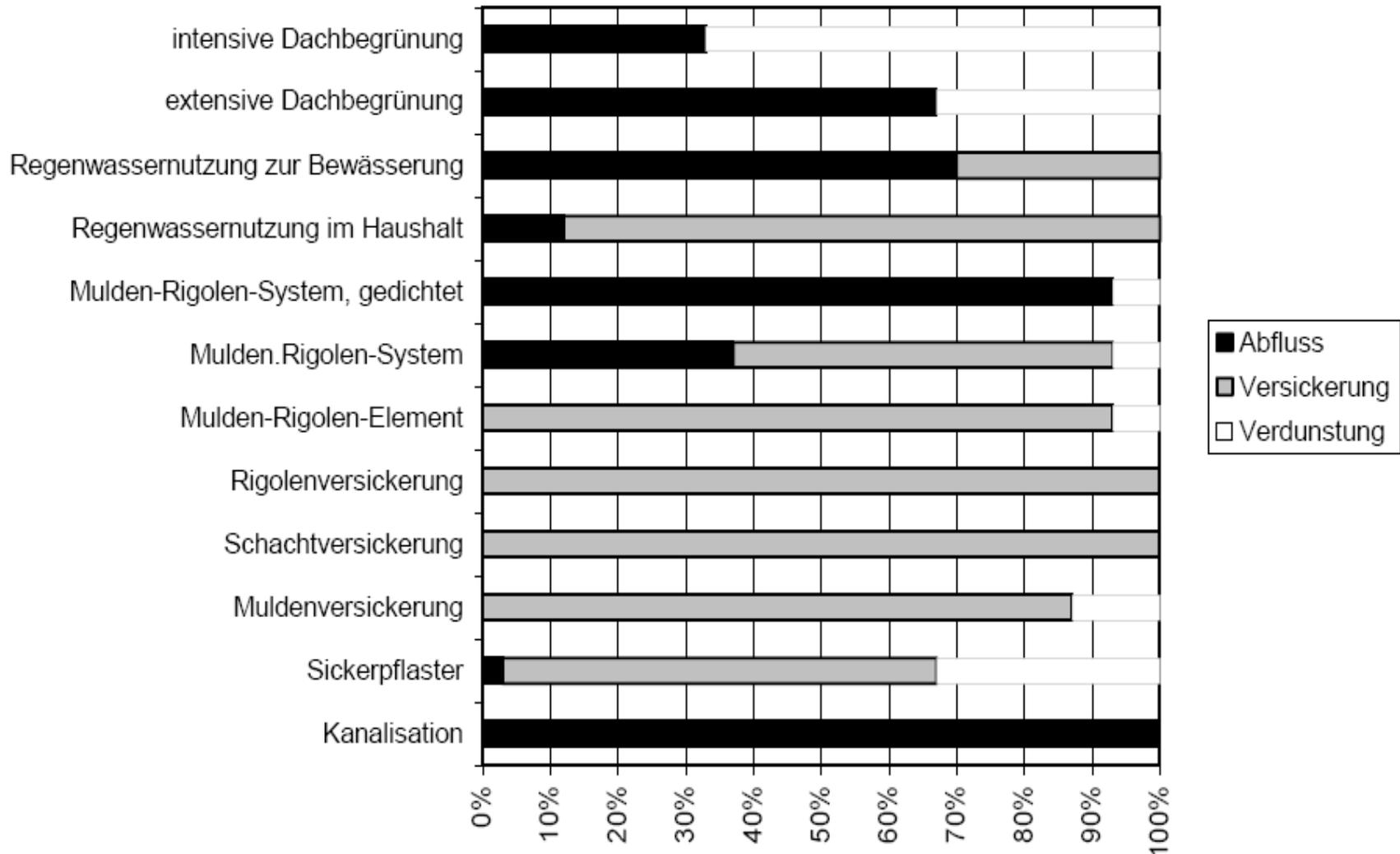




Quelle: US-EPA, 2004 (angepasst)

- Neue Forderungen für Neubaugebiete:
  - ➔ Einzelkomponenten des Wasserhaushalts dürfen nicht mehr als 10% abweichen.
  - ➔ Verdunstung darf um nicht mehr als 20 % vom natürlichen Zustand abweichen.
  - ➔ **Gesetzlich:** keine zahlenmäßige Forderung zulässiger Abweichungen!
- Ziele: anstatt Techniken ermöglichen flexible Lösungen und Innovationen

# Mittlere Jahreswasserbilanzen des Niederschlagswassers



---

# Regenwasserbehandlung in konventionellen Entwässerungssystemen

# Misch- und Regenwasserverschmutzung

- Abhängig von Verschmutzung und Empfindlichkeit des Gewässer;  
→ Frachtbetrachtung

| Parameter              | Mischsystem      | Trennsystem/(Straße) |
|------------------------|------------------|----------------------|
| <b>CSB</b>             | <b>110 mg/l</b>  | <b>77 mg/l</b>       |
| <b>TOC</b>             | <b>35 mg/l</b>   | <b>25 mg/l</b>       |
| <b>AFS</b>             | <b>170 mg/l</b>  | <b>150 mg/l</b>      |
| <b>N<sub>ges</sub></b> | <b>8 mg/l</b>    | <b>4 mg/l</b>        |
| <b>P<sub>ges</sub></b> | <b>2 mg/l</b>    | <b>1 mg/l</b>        |
| <b>Σ Schwermetalle</b> | <b>0,55 mg/l</b> | <b>0,62 mg/l</b>     |
| Cadmium (Cd)           | 1,2 µg/l         | 2,4 µg/l             |
| Quecksilber (Hg)       | 0,02 µg/l        | 0,4 µg/l             |
| Blei (Pb)              | 55 µg/l          | 95 µg/l              |
| Nickel (Ni)            | 12 µg/l          | 29,1 µg/l            |
| Kupfer (Cu)            | 90 µg/l          | 65 µg/l              |
| Zink (Zn)              | 387 µg/l         | 430 µg/l             |
| <b>AOX</b>             | <b>50 µg/l</b>   | <b>20 µg/l</b>       |

Ablauf KA  
27 mg/l  
  
<10 mg/l  
9 mg/l  
0,69 mg/l

[nach Stein, R. (2008):

# Konventionelle Regenwasserentlastung und Behandlungsanlagen

## ● Regentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen

- ➔ Regenüberläufe (RÜ)
- ➔ Regenüberlaufbecken (RÜB) (Fang-, Durchlauf- und Verbundbecken)
- ➔ Kanalstauräume (SK)
- ➔ Regenrückhaltebecken (RRB)

Das abgetrennte Mischwasser geht direkt in das **Gewässer**, kann **zwischengespeichert** oder **weitergehend** behandelt werden z.B.

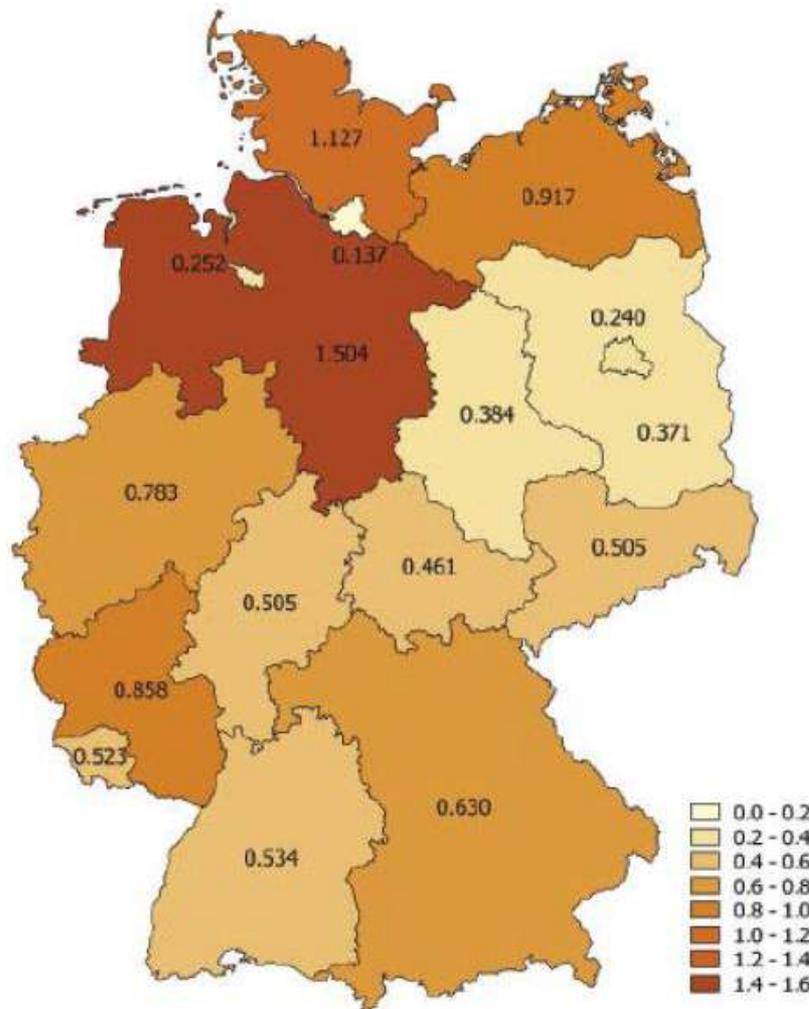
- ➔ Siebe und Rechen
- ➔ Wirbelabscheider
- ➔ Retentionsbodenfilter
- ➔ .....

## ● Regenwasserbehandlung bei Trennkanälen

- ➔ Regenklärbecken; Nachrüstung bestehender Becken (z.B. Lamellenabscheider)
- ➔ Regenrückhaltebecken
- ➔ Retentionsbodenfilter
- ➔ Ristwag-Anlagen
- ➔ Dezentrale Regenwasserbehandlung

# Bedeutung der Niederschlagswasserspeicherung

Speichervolumen für Regenwasser in der öffentlichen  
Kanalisation [m<sup>3</sup>/E], Stand Ende 2013

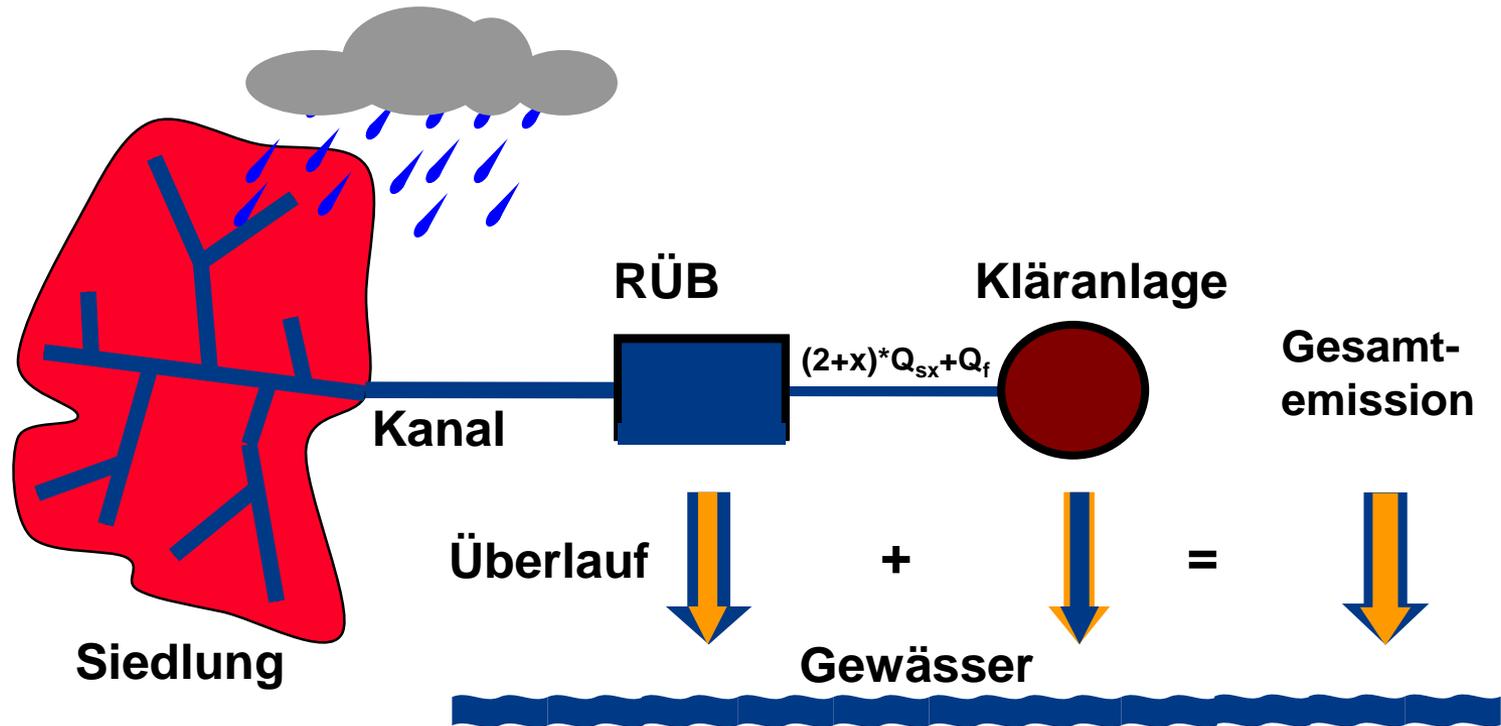


635 I/E (2007)  
658 I/E (2010)  
703 I/E (2013)

---

# Regenwasserbehandlung im Mischsystem

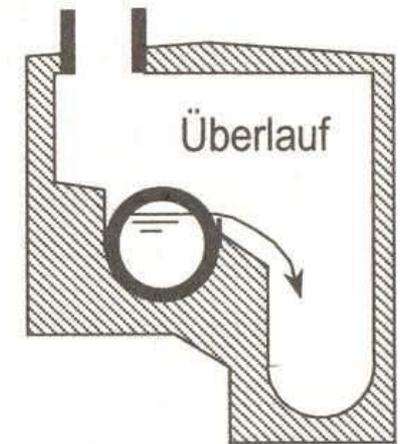
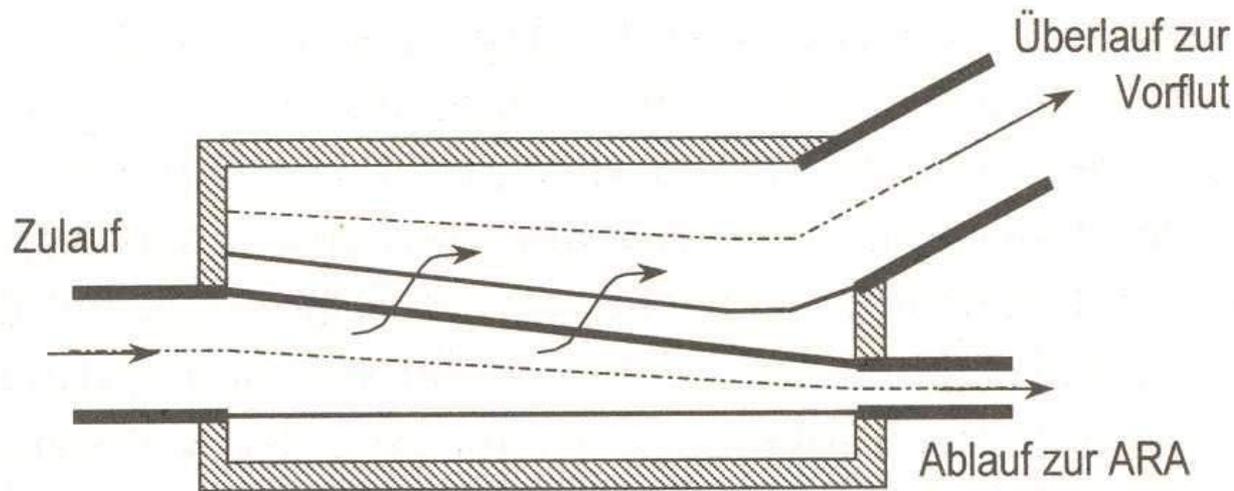
# Notwendigkeit des integralen Betriebs



Mischwasserentlastungen können erhebliche Gewässerbelastungen verursachen!



# Regenüberlauf mit seitlichem Überfall (Streichwehr)



→ Anwendung bei strömendem oder schwach schießendem Abfluss

# Mischwasserentlastung



<http://www.flickr.com/photos/thameswater/4967211538/>

# Unterschiedliche Ausbildung der RÜB

| RÜB                  | Anordnung   |
|----------------------|---|
| Fangbecken (FB)      | bei kleinen Einzugsgebieten mit kurzen Fließzeiten (15-20 min); speichern Mischwasserspülstoß; vom Überlaufwasser (Entlastung) nicht durchflossen; Inhalt muss zur Kläranlage abgeleitet werden   |
| Durchlaufbecken (DB) | bei größeren Einzugsgebieten ohne ausgeprägte Spülstöße; mechanische Klärung des Mischwassers, Klärüberlauf führt nach Beckenfüllung geklärtes Mischwasser dem Gewässer zu; nach Ende des Regenereignisses Ableitung des Inhalts zur Kläranlage |
| Verbundbecken (VB)   | wenn im Netz sowohl Spülstöße (z.B. aus nahe gelegenen Teilen des Einzugsgebietes) als auch Abflüsse mit gleichmäßiger Verschmutzung auftreten  |

# Off shore Durchlaufbecken



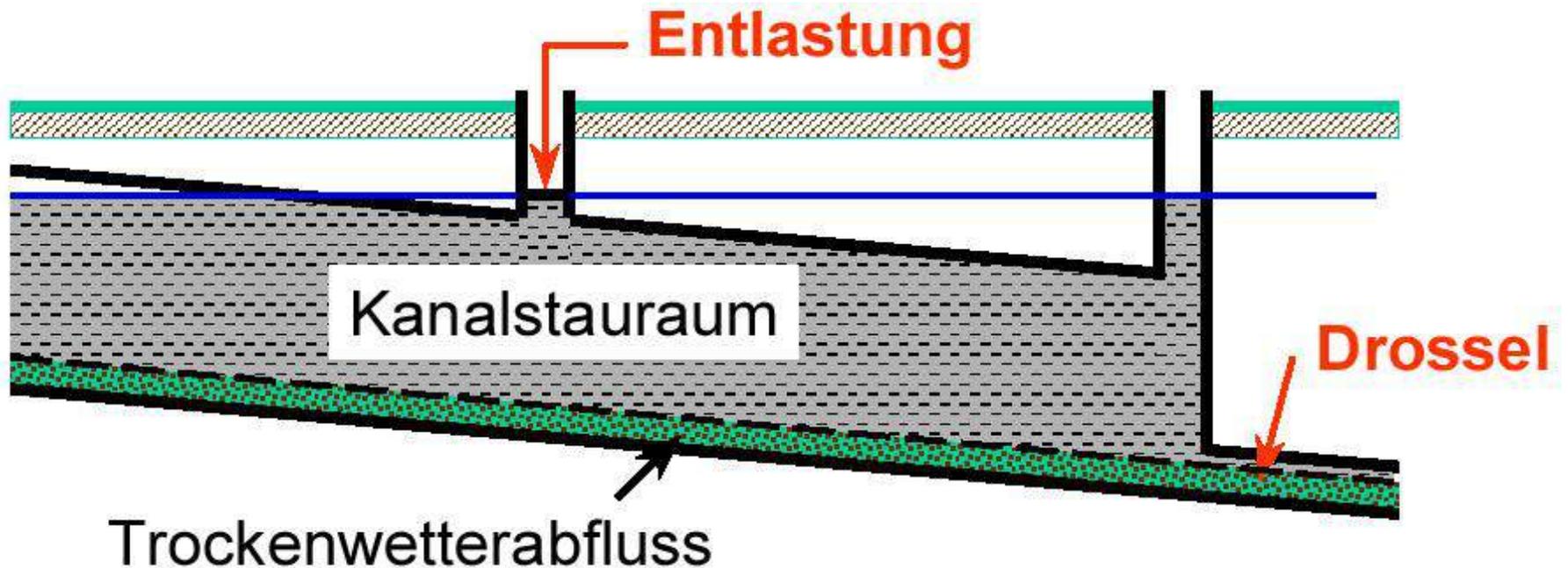
# Spree 2011

## Off shore Durchlaufbecken

---

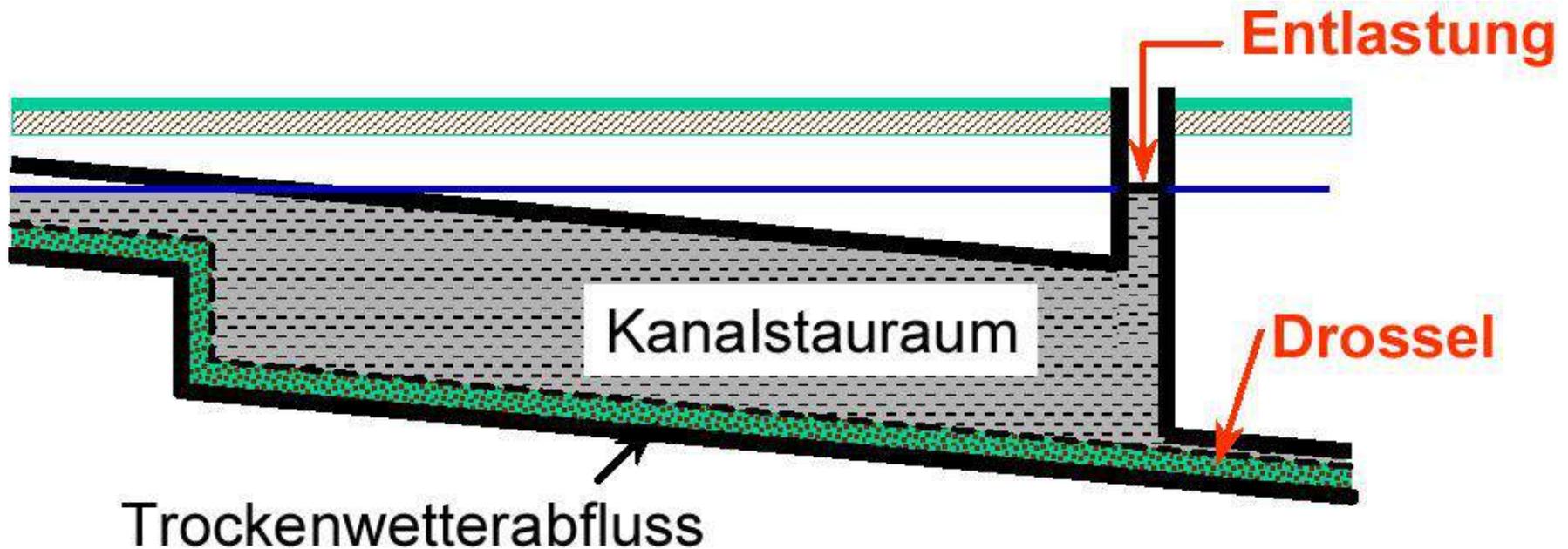


# Kanalstauraum mit oben liegender Entlastung



Die Funktionsweise entspricht einem **Fangbecken**.

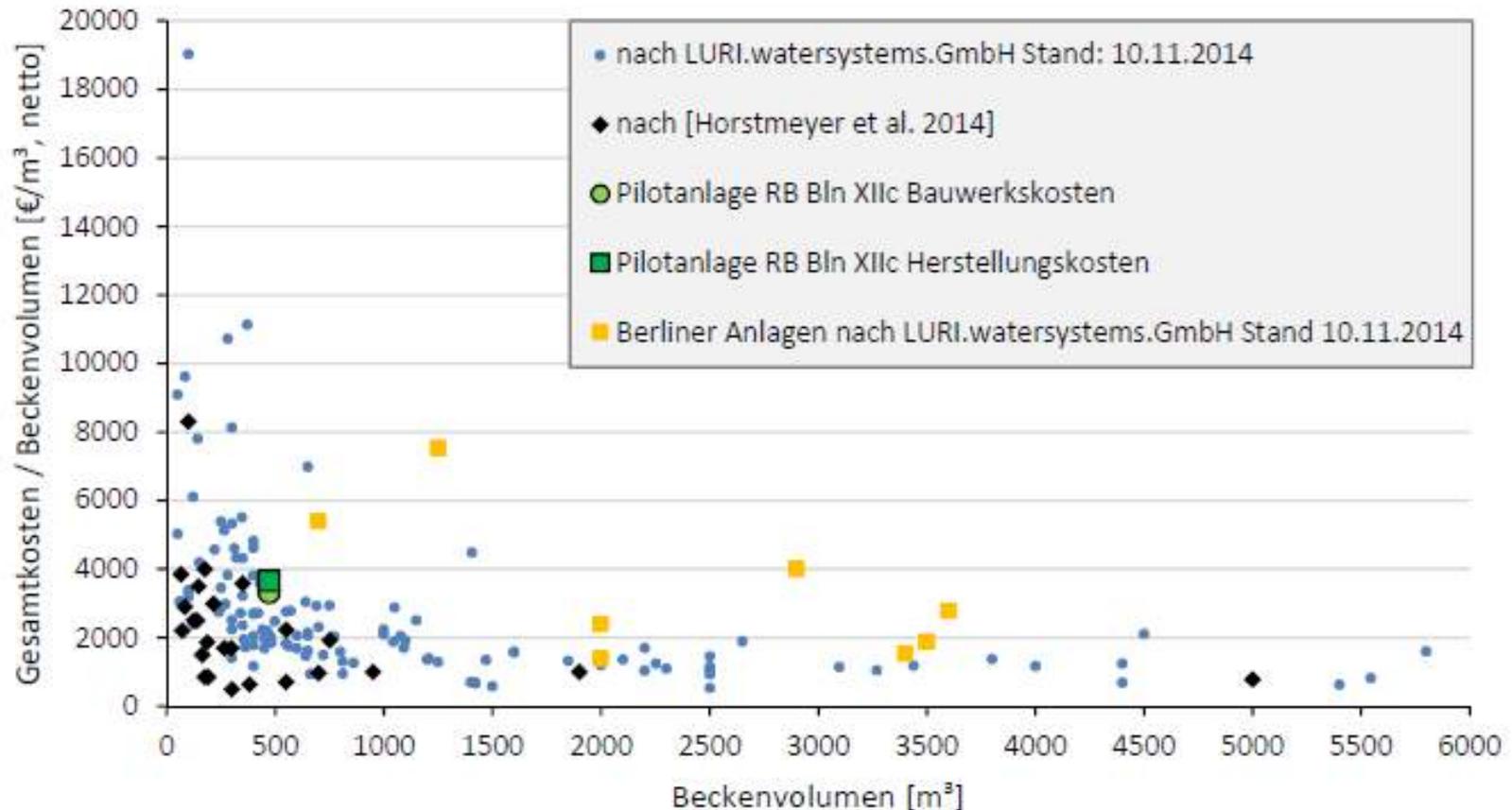
# Kanalstauraum mit untenliegender Entlastung



Die Funktionsweise entspricht einem **Durchlaufbecken**.

# Regenbeckenkostenvergleich

## Pilotanlage RB Bln XIIc mit Berliner Anlagen



[LURI.watersystems.GmbH Stand: 10.11.2014], und  
mit [Horstmeyer et al. 2014]

# Wartung und Betrieb

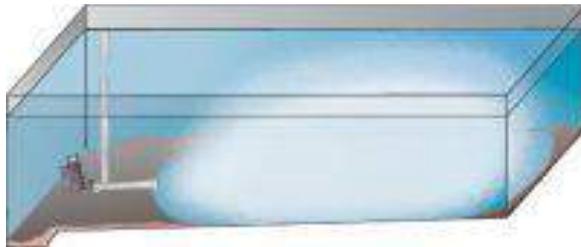
---

- **Wartungseinrichtungen**
  - ➔ störungsfreier u hinsichtlich der Feststoffe vollständige Abfluss bei  $Q_{TW}$
  - ➔ gut zugängliche Einstiegs- und Arbeitsöffnungen
  - ➔ rutschsichere Leitern oder Treppen
  - ➔ starke Lüftung der Becken
- **Reinigungs- und Spüleinrichtungen**
  - ➔ schadlose Beseitigung der Schlammablagerungen
  - ➔ Spüleinrichtungen (Ejektor, Schwallspülung, Spülklappen)
  - ➔ manuelles ausgespritzten ermöglichen
- **Messeinrichtungen**
  - ➔ Wasserstandsmesseinrichtungen
  - ➔ Drosselabfluss
  - ➔ Niederschlag im Einzugsgebiet
  - ➔ Überlauftätigkeiten der Entlastungsbauwerke
  - ➔ Registrierung

The image shows a concrete overflow spillway structure. At the top, three large, horizontal concrete pipes are mounted on a concrete beam. Below the pipes, a concrete wall with a series of vertical slots or weirs is visible. The structure is situated in an open area with trees and a fence in the background. The ground in the foreground is a flat, concrete surface.

**Mischwasserspeicher mit  
Schwallspülung**

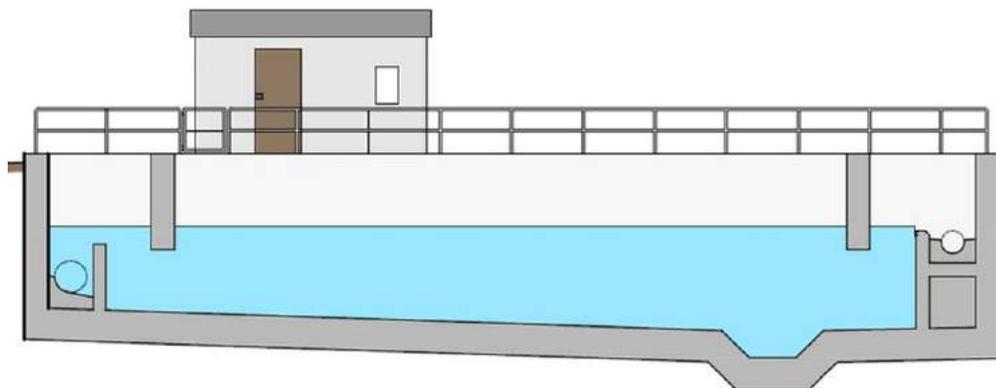
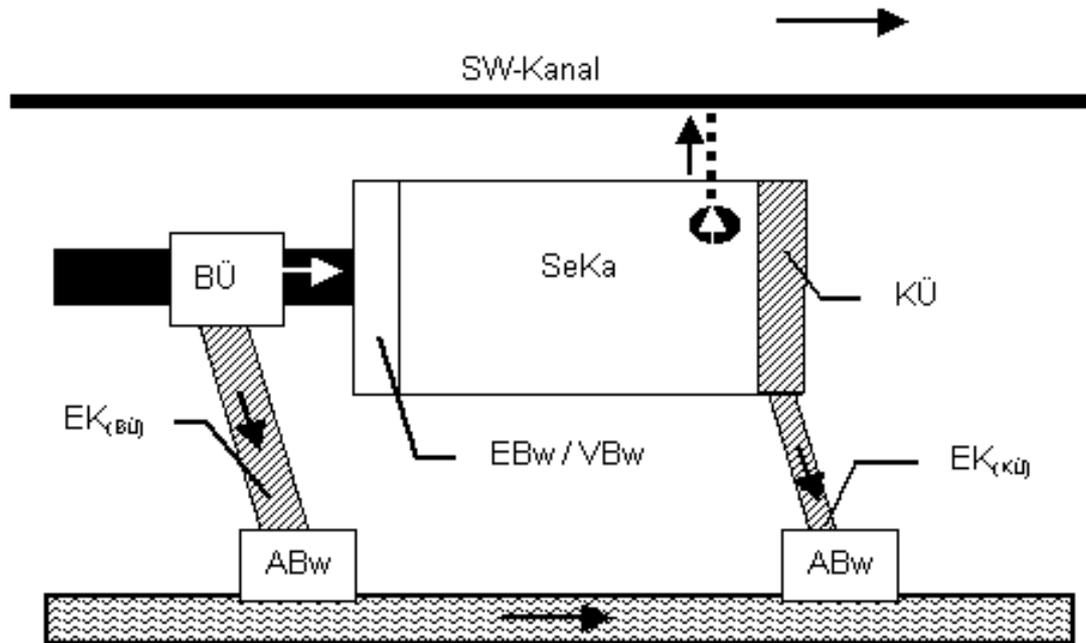
# Beckenreinigung (Ejektor)



---

# Regenwasserbehandlung im Trennsystem

# Schematische Darstellung eines Regenklärbeckens Einsatz im Trennsystem



# Regenklärbecken



# Regenklärbecken ohne Dauerstau

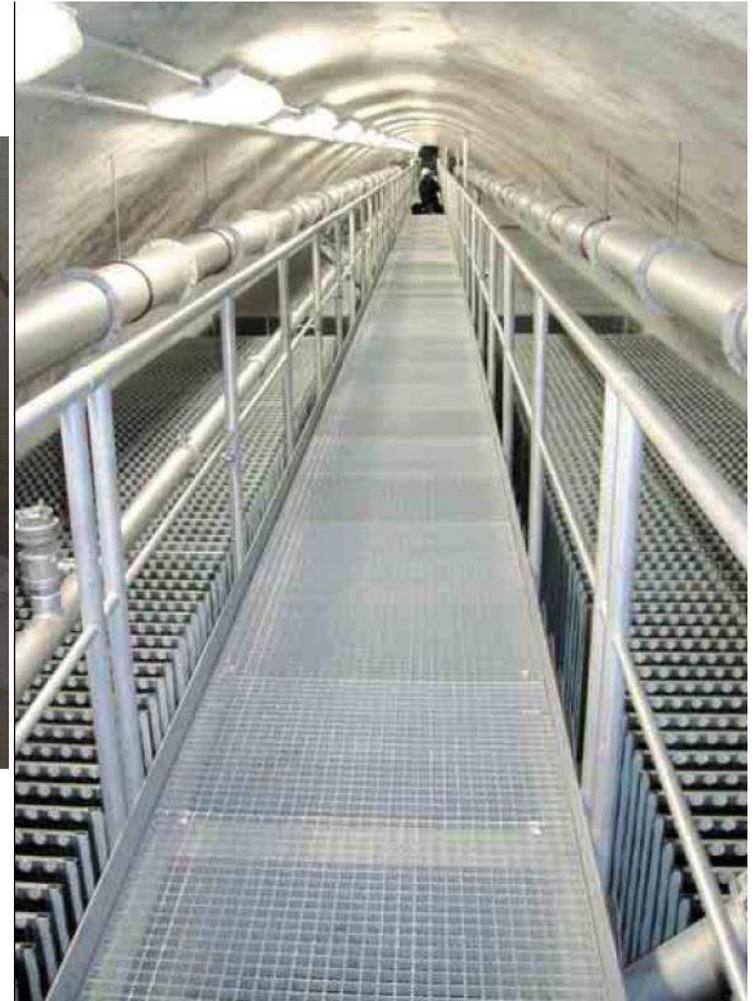
| HAUPTWIRKUNG                    | WERT                            | ZUSATZWIRKUNG                        | WERT                          |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Kappung Spitzenabfluss          | ●○○○○                           | Verdunstung / Mikroklima             | ○○○○○                         |
| Rückhalt fester Stoffe          | ●●○○○                           | Ökologisches Potenzial               | Technisches Becken            |
| Rückhalt gelöster Stoffe        | ●○○○○                           | Freiraumgestaltung                   | ●○○○○                         |
| Grundwasserneubildung           | ○○○○○                           |                                      |                               |
| REINIGUNGSVERFAHREN             |                                 | BEMESSUNG                            |                               |
| Sedimentation                   | ja                              | Maßgebliches Kriterium               | $Q_{krit}$                    |
| Filtration                      | nein                            | Anschließbare Fläche                 | groß                          |
| Biologische Behandlung          | nein                            | Spez. Fläche der Anlage <sup>2</sup> | 5,4 – 16,2 m <sup>2</sup> /ha |
| Sorption                        | nein                            | Spez. Speichervolumen                | 10 bis 32 m <sup>3</sup> /ha  |
| HYDRAULISCHE WIRKUNG            | STOFFLICHE WIRKUNG <sup>3</sup> |                                      | 0% 50% 100%                   |
| Anteil behandeltes Wasser       | Teilstrom $Q_{krit} > 94\%$     | Anteil behandeltes Wasser            | Teilstrom $Q_{krit} > 94\%$   |
| Retention                       | ●○○○○                           | AFS                                  | ■—————                        |
| Abfluss gedrosselt              | ja                              | AFS63                                | ■—————                        |
|                                 |                                 | Phosphor                             | ■—————                        |
|                                 |                                 | Schwermetalle                        | ■—————                        |
|                                 |                                 | Org. Summenparameter                 | ■—————                        |
|                                 |                                 | Ammonium                             | —————                         |
|                                 |                                 | Keime                                | —————                         |
| PLANUNG                         |                                 |                                      |                               |
| Bemessungsverfahren hydraulisch | DWA-A 166<br>DWA-M 176          | Wissensstand                         | a.a.R.d.T.                    |
| Bemessungsverfahren stofflich   | nein                            | Regelwerk                            | ja                            |



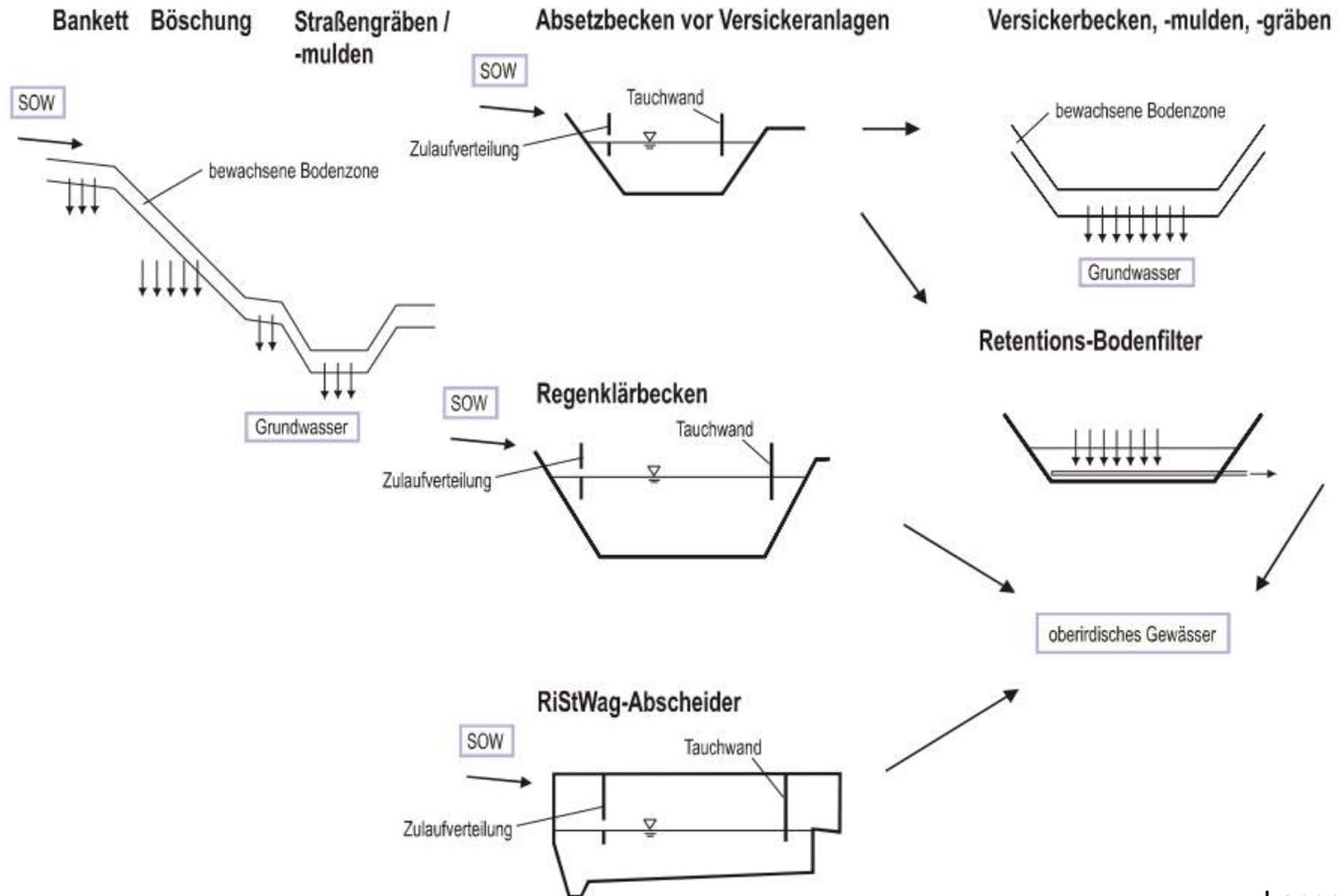
Nowak 2017

# Lamellenabscheider Fennsee

Gesamtdurchsatz 1.500 l/s

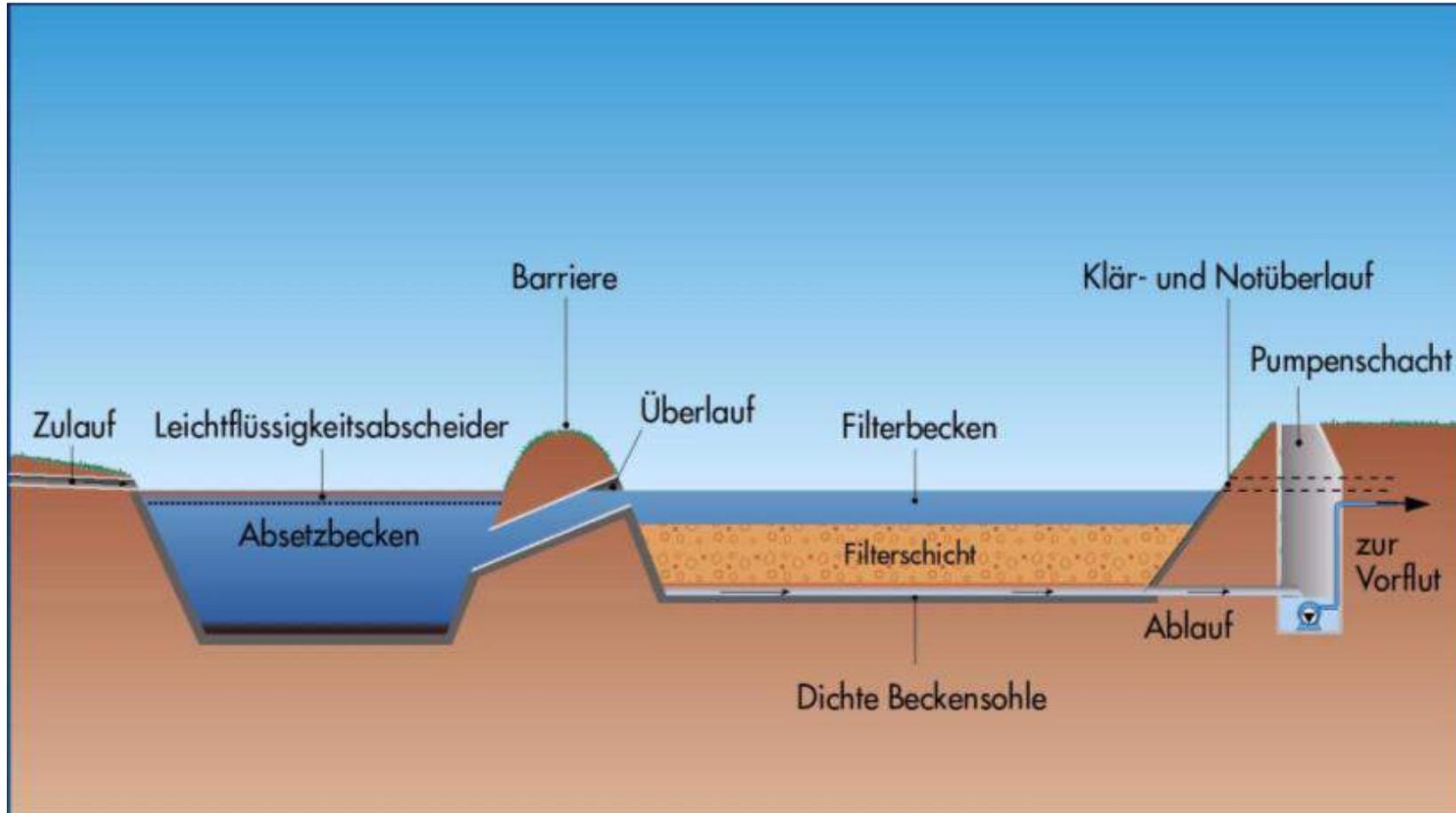


# Varianten zur zentralen Behandlung des Straßenoberflächenwassers nach RAS-EW



Lange. G. (2007)

# Retentionsbodenfilter





# Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung

---

- Niederschlagsabfluss eines Gebietes wird direkt am Entstehungsort behandelt
  - ➔ im Nahbereich der abflussbildenden Flächen
  - ➔ keine Vermischung mit dem NW-Abfluss angrenzender Flächen.
- Vorteile:
  - ➔ Kleine dezentrale oder semizentrale Anlagen nur für das behandlungsbedürftige Niederschlagswasser
  - ➔ Höhere Konzentration  $\Rightarrow$  effizientere Behandlung
  - ➔ Kleinerer Flächenbedarf
  - ➔ Nachrüstung im Straßenbereich möglich
- Anordnung vor Zusammenführung von behandlungsbedürftigem und unbelastetem Niederschlagswasser
  - ➔ gezielte Reinigung der spezifischen Stoffe aus den jeweiligen Flächen möglich
- Je nach den lokalen Gegebenheiten kann das Niederschlagswasser
  - ➔ vor Ort versickert
  - ➔ oder in ein ortsnahe Gewässer geleitet werden.

- Einzugsgebiet Pücklerteich:

- ➔ Fläche 142 ha, versiegelt 41 ha  
Straßen 68%, starker Verkehr 27%

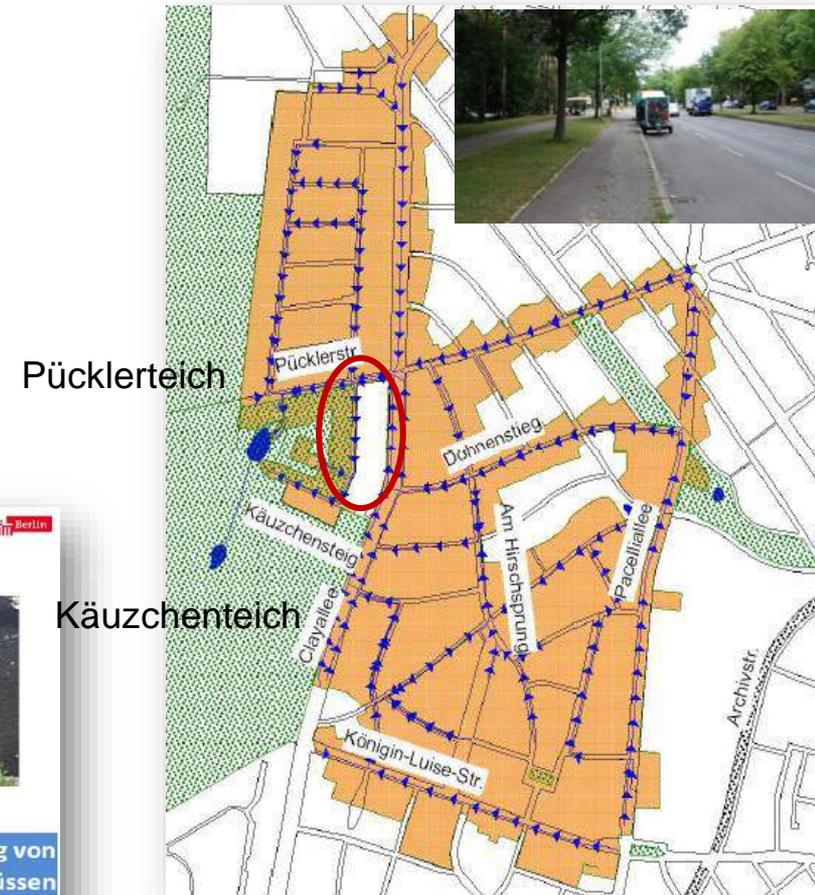
Forschungsprojekt DSWT  
in der „Clayallee“:

- Unterschiedliche Behandlungssysteme
- Straßenreinigung

- ➔ Messungen im Straßenablauf

- ➔ Studie zur Verschmutzung des  
Straßenabwassers

- Merkblatt zur Übersicht  
dezentraler Systeme





# Straßenabläufe mit Einsätzen und Schlammraum

## System Innolet

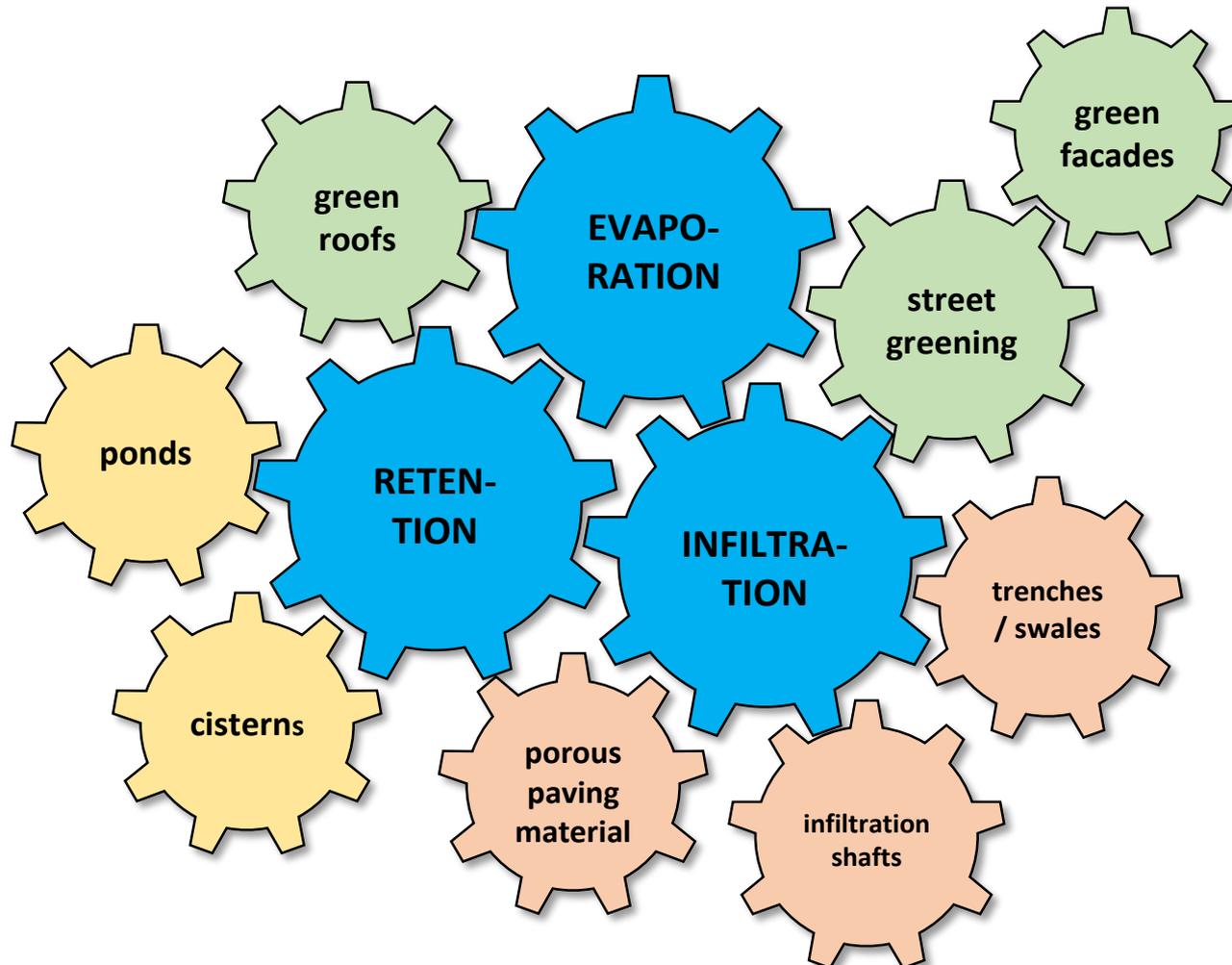
| HAUPTWIRKUNG              | WERT  | ZUSATZWIRKUNG              | WERT                                  |
|---------------------------|-------|----------------------------|---------------------------------------|
| Kappung Spitzenabfluss    | ○○○○○ | Verdunstung / Mikroklima   | ○○○○○                                 |
| Rückhalt fester Stoffe    | ●●○○○ | Ökologisches Potential     | versiegelter Weg                      |
| Rückhalt gelöster Stoffe  | ●●○○○ | Beitrag Freiraumgestaltung | ○○○○○                                 |
| Grundwasserneubildung     | ○○○○○ |                            |                                       |
| REINIGUNGSVERFAHREN       |       | BEMESSUNG                  |                                       |
| Sedimentation             | ja    | Maßgebende Kriterien       | A                                     |
| Filtration                | nein  | Anschließbare Fläche       | klein                                 |
| Biologische Behandlung    | nein  | Spez. Fläche der Anlage    | 6,5 m <sup>2</sup> /ha <sup>(1)</sup> |
| Sorption                  | nein  | Spez. Speichervolumen      | -                                     |
| HYDRAULISCHE WIRKUNG      |       | STOFFLICHE WIRKUNG         | 0% 50% 100%                           |
| Anteil behandeltes Wasser | 100 % | Anteil behandeltes Wasser  | 100 %                                 |
| Retention                 | ○○○○○ | AFS                        | —■—                                   |
| Abflusssrosselung         | nein  | AFS63                      | —■—                                   |
|                           |       | Phosphor                   | —■—                                   |
|                           |       | Schwermetalle              | —■—                                   |
|                           |       | Org. Summenparameter       | —■—                                   |
|                           |       | Ammonium                   | —                                     |
|                           |       | Keime                      | —                                     |

| HAUPTWIRKUNG              | WERT                                | ZUSATZWIRKUNG             | WERT                                |
|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Kappung Spitzenabfluss    | ○○○○○                               | Verdunstung / Mikroklima  | ○○○○○                               |
| Rückhalt fester Stoffe    | ●●●○○                               | Ökologisches Potenzial    | versiegelter Weg                    |
| Rückhalt gelöster Stoffe  | ●●○○○                               | Freiraumgestaltung        | k.A.                                |
| Grundwasserneubildung     | ○○○○○                               |                           |                                     |
| REINIGUNGSVERFAHREN       |                                     | BEMESSUNG                 |                                     |
| Sedimentation             | ja                                  | Maßgebliches Kriterium    |                                     |
| Filtration                | ja                                  | Anschließbare Fläche      | klein                               |
| Biologische Behandlung    | nein                                | Spez. Fläche der Anlage   | 12m <sup>2</sup> /ha                |
| Sorption                  | ja                                  | Spez. Speichervolumen     | n.v.                                |
| HYDRAULISCHE WIRKUNG      |                                     | STOFFLICHE WIRKUNG        | 0% 50% 100%                         |
| Anteil behandeltes Wasser | Q <sub>krit,15</sub> l/(s·ha), >80% | Anteil behandeltes Wasser | Q <sub>krit,15</sub> l/(s·ha), >80% |
| Retention                 | ○○○○○                               | AFS                       | —■—                                 |
| Abflusssrosselung         | nein                                | AFS63                     | —■—                                 |
|                           |                                     | Phosphor                  | —■—                                 |
|                           |                                     | Schwermetalle             | —■—                                 |
|                           |                                     | Org. Summenparameter      | —■—                                 |
|                           |                                     | Ammonium                  | —                                   |
|                           |                                     | Keime                     | —                                   |

---

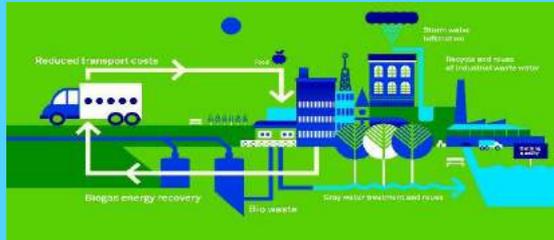
# Elemente des modernen Regenwassermanagements

# The new way out...decentralised



# Blue Green Benefits

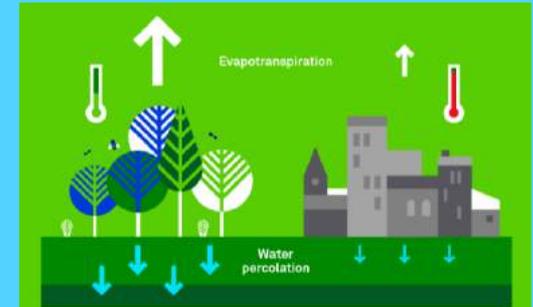
## Stormwater/wastewater/ solid waste recovery



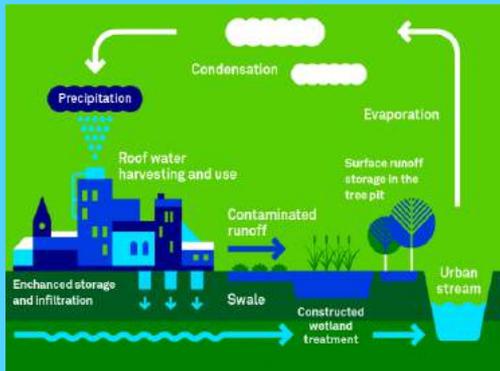
## Lowered air pollution



## Reduced Urban Heat Island Effect



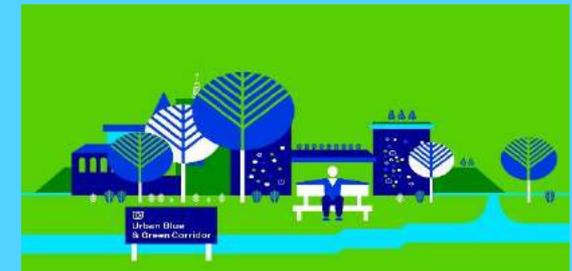
## Flood & drought protection



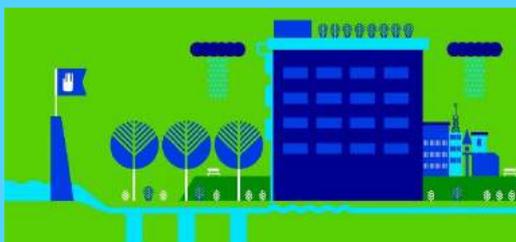
## Reduced noise pollution



## Improved amenity & human health



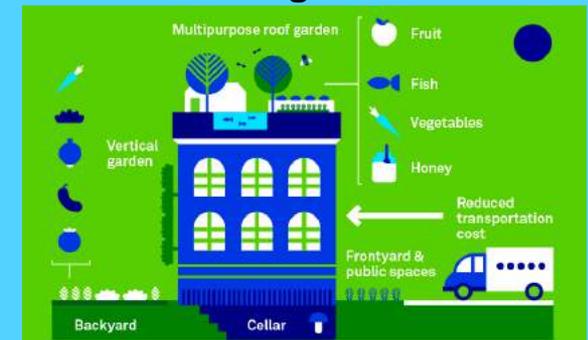
## Reduced fluvial flood risk



## Raised building energy efficiency



## Urban agriculture

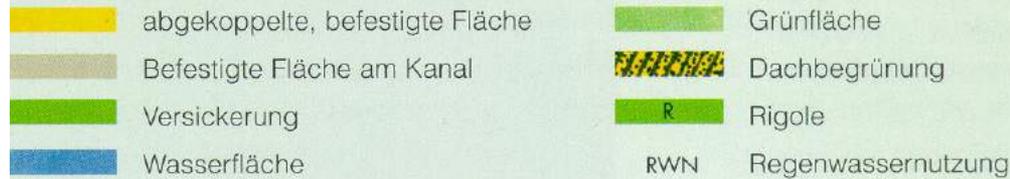
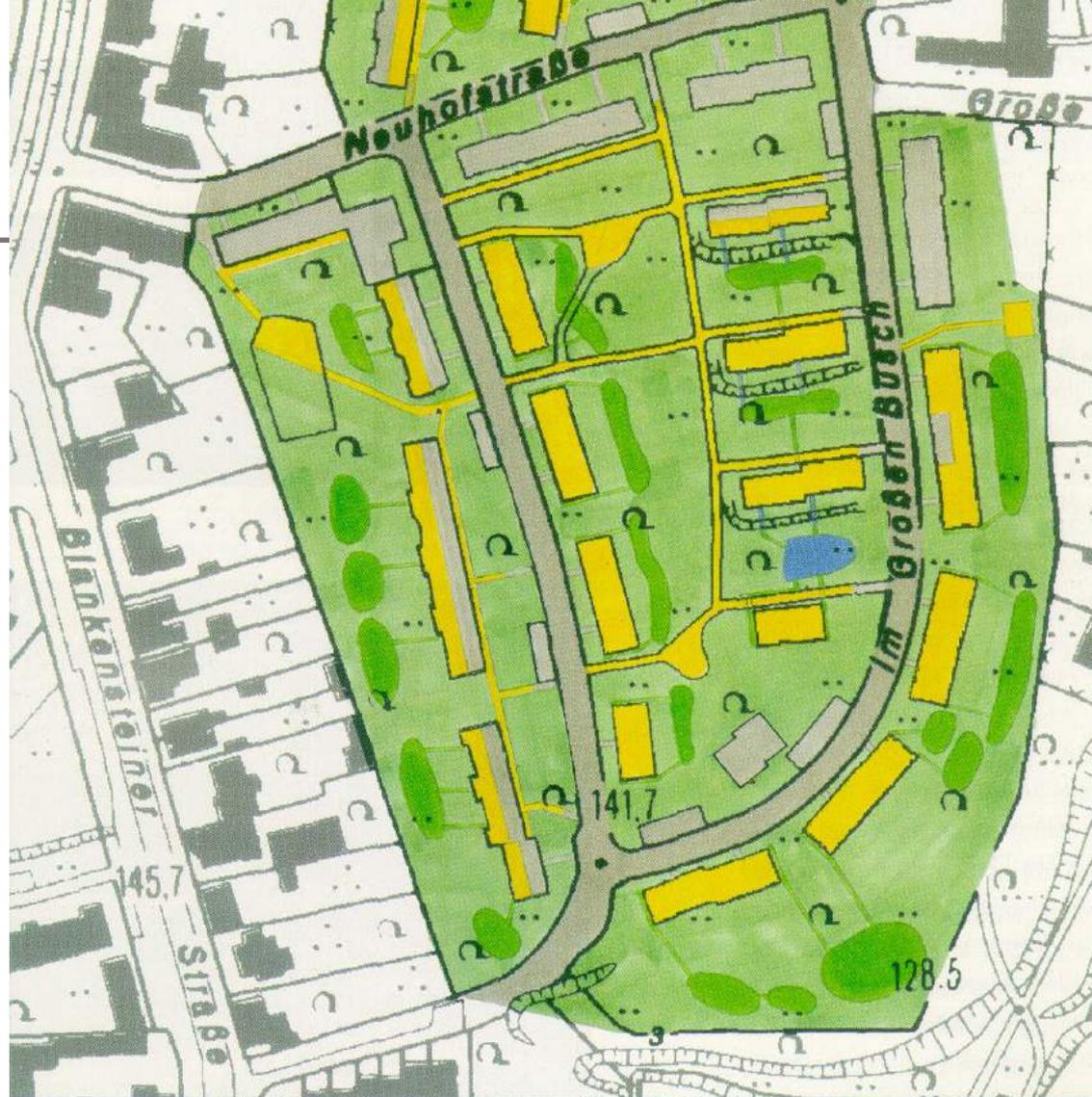




# Elemente der modernen Regenwasserbewirtschaftung

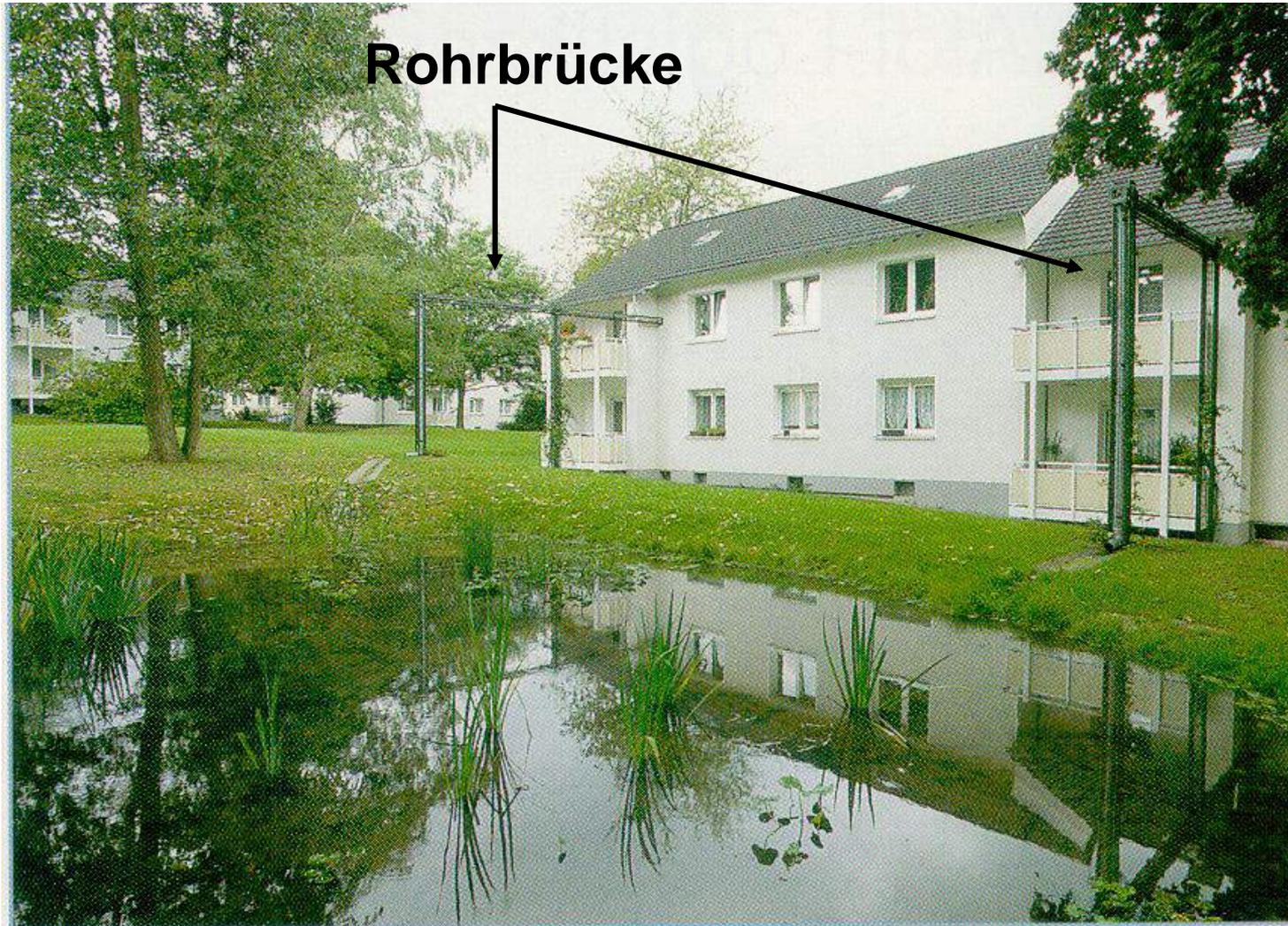
---

- Abkopplung als Maßnahme im Bestand und Schaffung von Versickerungs- bzw. Überflutungsflächen
- Regenwasserversickerung mit/ohne Behandlung
  - ➔ Dezentral oder zentral
- Durchlässige Flächenbeläge
- Regenwassernutzung
- Verdunstung
  - ➔ Teiche
  - ➔ Dach- oder Fassadenbegrünung
  - ➔ Straßenbegrünung
  - ➔ Urban gardening
- Dezentrale(Kurzzeit)-Speicherung
  - ➔ Tree pits oder tree drain
  - ➔ Intelligente Zisterne



## Abkopplung Wohngebiet

# Teich mit littoraler Versickerungszone (Mulde)



## Multifunktionale Mulde



# Beispiel Fußballstadion - Veltins Arena



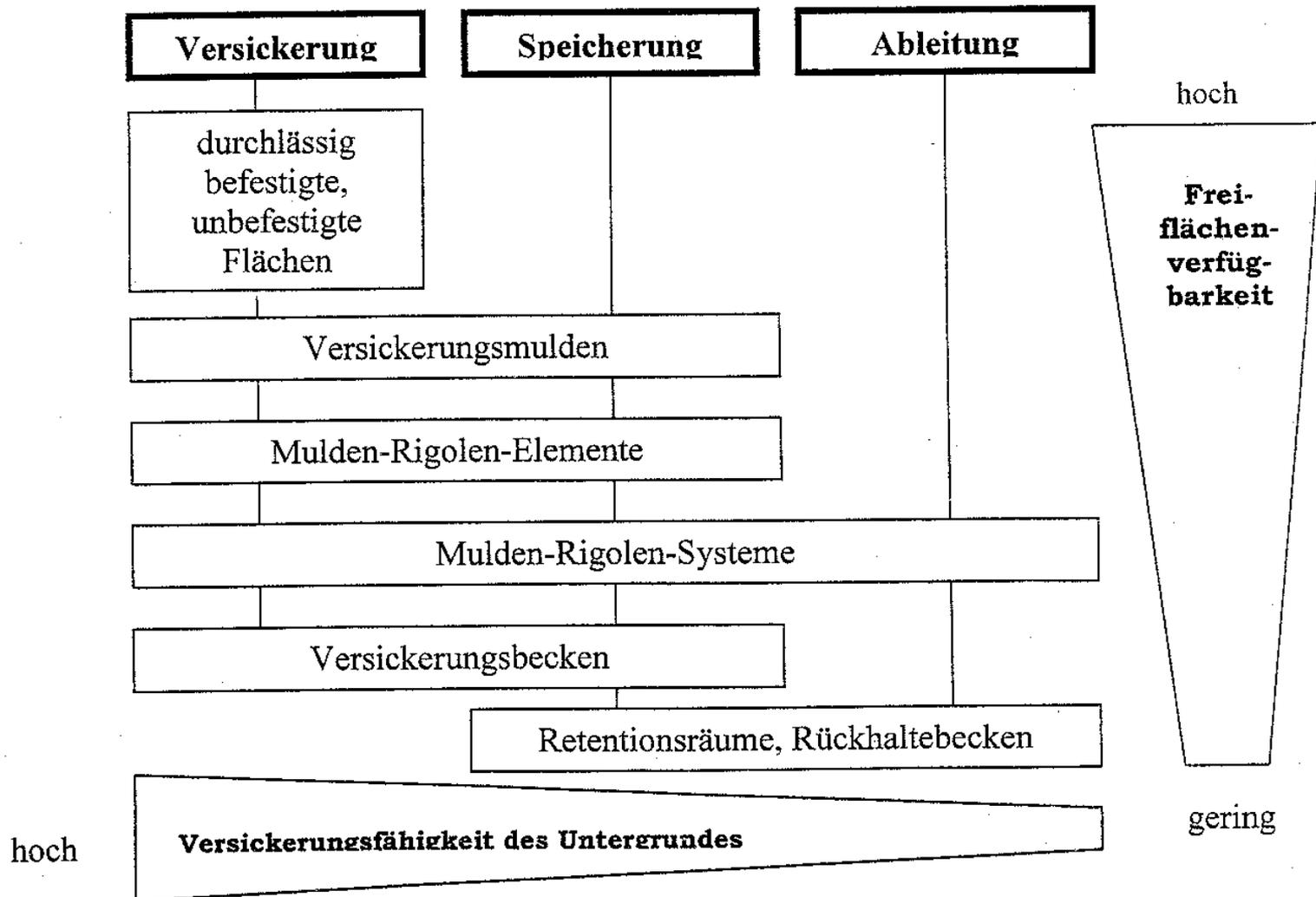
---

# Regenwasser- versickerung Zentral oder Dezentral

# Bewertung des Niederschlagsabflusses

| Fläche / Gebietsdefinition  | Bewertung         |
|---|-------------------|
| Dachflächen in Wohn und vergleichbaren Gewerbegebieten            | unbedenklich      |
| Rad- und Gehwege in Wohngebieten                                  | tolerierbar       |
| Hofflächen in Wohn und vergleichbaren Gewerbegebieten             |                   |
| Straßen < 2.000 Kfz pro Tag                                       |                   |
| Dachflächen in sonstigen Gewebe- und Industriegebieten            |                   |
| Straßen 2.000 – 15.000 Kfz/d                                      |                   |
| Parkplätze  |                   |
| Landwirtschaftliche Hofflächen                                    |                   |
| Hofflächen und Straßen in sonstigen Gewebe- und Industriegebieten | nicht tolerierbar |

# Einsatzbereiche der Elemente zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung



# Versickerungsbecken

## Beispiel Frohnau [BWB]

---



# Versickerungsbecken (trocken)

## Beispiel Frohnau [BWB]

---



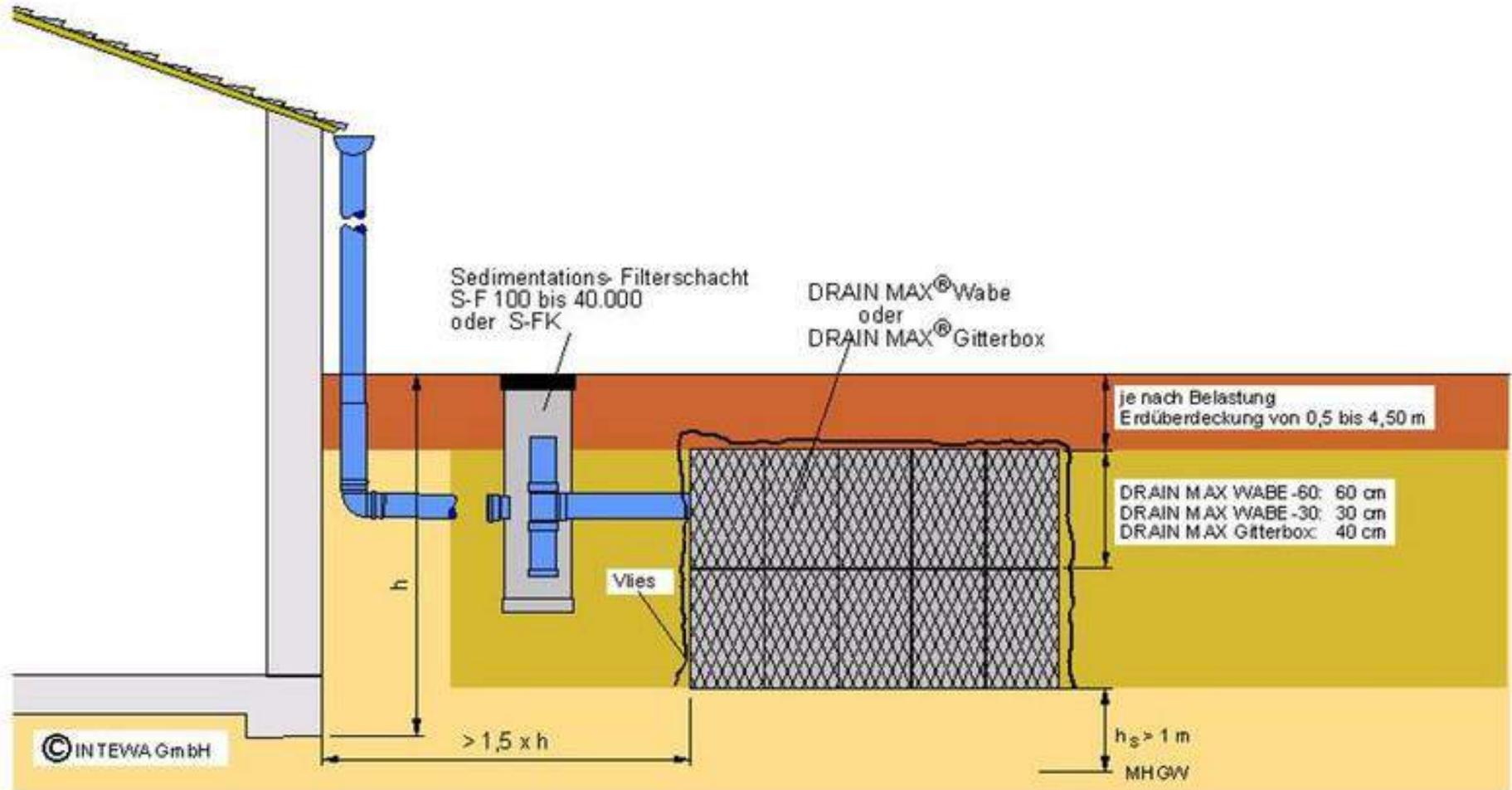
# Bewertung Flächenversickerung

| HAUPTWIRKUNG                    | WERT                | ZUSATZWIRKUNG             | WERT                                    |
|---------------------------------|---------------------|---------------------------|---|
| Kappung Spitzenabfluss          | ●●●●●               | Verdunstung / Mikroklima  | ●●○○○                                   |
| Rückhalt fester Stoffe          | ●●●●●               | Ökologisches Potential    | ruderales Wiese                         |
| Rückhalt gelöster Stoffe        | ●●●●●               | Freiraumgestaltung        | ●●●●●                                   |
| Grundwasserneubildung           | ●●●●●               |                           |   |
| REINIGUNGSVERFAHREN             |                     | BEMESSUNG                 |   |
| Sedimentation                   | ja                  | Maßgebende Kriterien      | n bzw. T                                |
| Filtration                      | ja                  | Anschließbare Fläche      | klein                                   |
| Biologische Behandlung          | ja                  | Spez. Fläche der Anlage   | ≥ 5.000 m <sup>2</sup> /ha <sup>1</sup> |
| Sorption                        | ja                  | Spez. Speichervolumen     | 300-400 m <sup>3</sup> /ha <sup>2</sup> |
| HYDRAULISCHE WIRKUNG            |                     | STOFFLICHE WIRKUNG        | 0% 50% 100%                             |
| Anteil behandeltes Wasser       | > 98 % <sup>1</sup> | Anteil behandeltes Wasser | > 98 %                                  |
| Retention                       | ●●●●● <sup>3</sup>  | AFS                       | —————■                                  |
| Abflussdrosselung               | k. A.               | AFS63                     | —————■                                  |
|                                 |                     | Phosphor                  | —————■                                  |
|                                 |                     | Schwermetalle             | —————■                                  |
|                                 |                     | Org. Summenparameter      | —————■                                  |
|                                 |                     | Ammonium                  | —————■                                  |
|                                 |                     | Keime                     | —————■                                  |
| PLANUNG                         |                     |                           |   |
| Bemessungsverfahren hydraulisch | DWA-A 138           | Wissensstand              | a.a.R.d.T.                              |
| Bemessungsverfahren stofflich   | n.v.                | Regelwerk                 | DWA-M 153, RAS-Ew, FLL                  |





# Rigole für Einzelhaus



Aus Kostengründen werden häufig Flächen asphaltiert, die weder glatt noch dicht sein müssen.

Asphalt bzw. Beton ist praktisch undurchlässig genauso wie Plattenbelag oder Pflaster mit engen Fugen.

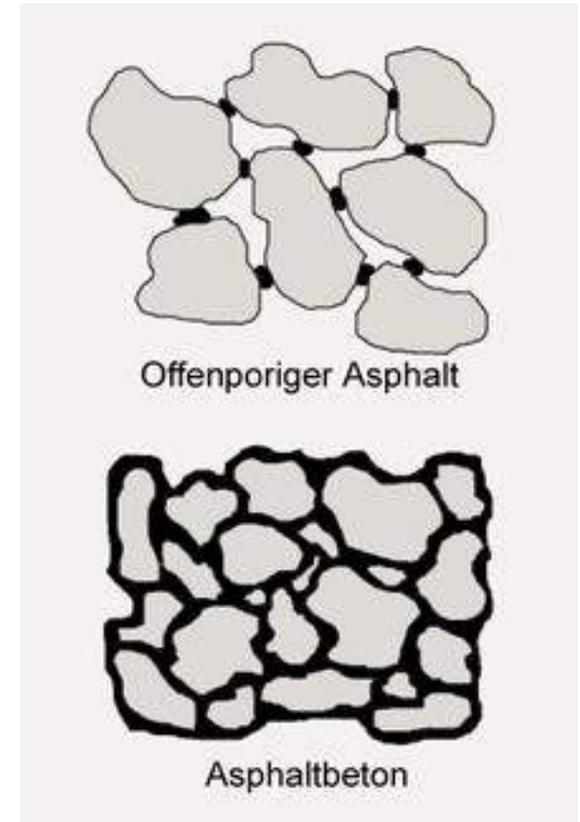
- Alternativen:
  - ➔ Sogenannte „wassergebundene“ Decken (Tenne) aus stark kalk- oder mergelhaltigen Material. Eignet sich für Wege.
  - ➔ Pflaster aller Art mit weiten Fugen (ca. 4 - 6 cm, begrünt)
  - ➔ Rasengittersteine für Parkplätze
  - ➔ Beläge (Platten) aus Einkornbeton bzw. Dränasphalt

# „Wassergebundene“ Decke

---



# Dränasphalt –offenporiger Asphalt

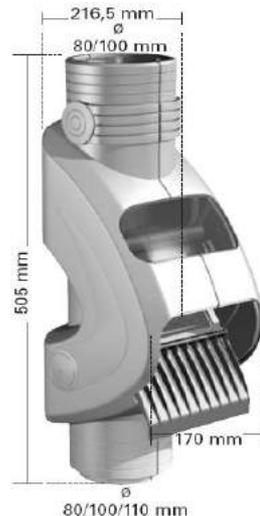


# Regenwassernutzungsanlagen



(1 – Regenwasserspeicher, 2 – Filter, 3 – beruhigter Zulauf, 4 – Der Überlauf, 5 – Die Pumpe, 6 – Die Anlagensteuerung, 7 – Die Betriebswasserleitung, 8 - Kabelkanal für Sensor und Pumpenkanal, 9 – Druckleitung, 10 - Nachspeiseleitung von der Ladepumpe, 11 – Trinkwasserleitung für Nachspeisung, 12 - Überlauf)

- Ermittlung des Betriebswasserbedarfs ➔ Dimensionierung der Zisterne
- Kosten einer Regenwassernutzungsanlage für einen Vier-Personen-Haushalt bei etwa 4.000 €
- Wartung
  - ➔ Funktion, insbesondere Gefälle und Zustand der Dachrinnen, der Falleleitungen und deren korrekter Anschluss an Rinne und Filter
  - ➔ Geruch und optische Beschaffenheit des Regenwassers im Speicher
  - ➔ Dichtheit des Speichers, seiner Anschlüsse und der Abdeckung
  - ➔ Funktion der Druckerhöhungsanlage sowie stand der Elektroinstallation



---

# Gründach Fassadenbegrünung

# Gründach



# Verdunstung und Speicherung

## Dachbegrünung

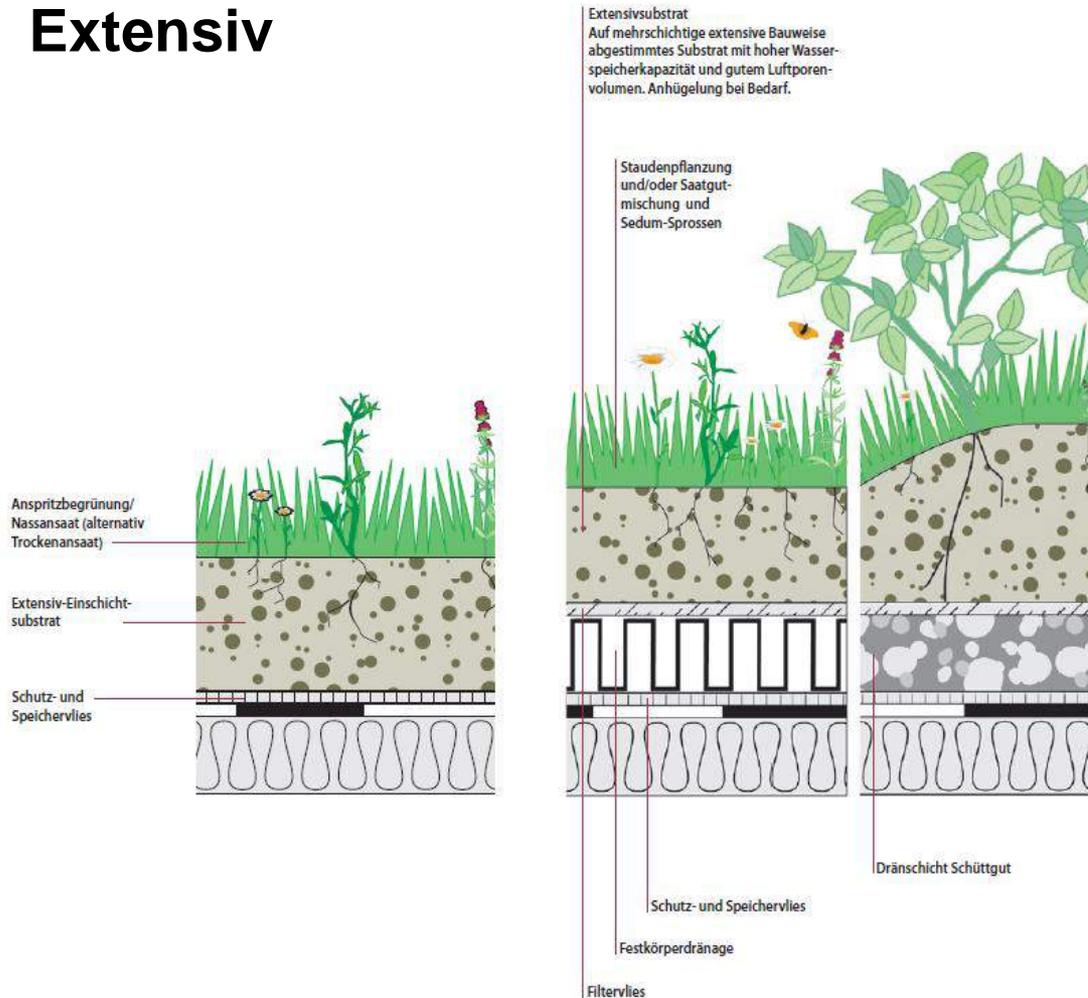
---

- Gründächer oder Dachbegrünung
  - ➔ Substrat beschichtetes Dach oder
  - ➔ pflanzenbewachsene Dachflächen
- Dachlast  $> 25 \text{ N/m}^2$  bei Intensivbegrünung
- Wärmedämmung ist weiterhin notwendig, auch wenn die Bepflanzung selbst Wärmedämmeigenschaften besitzt
- **Je steiler das Dach, desto kleiner die Pflanzen.**
  - ➔ Extensiv begrünte Dachflächen
    - aus Moosen, Flechten, Sedum-Arten und Spontanvegetation
    - keine Pflege
  - ➔ intensiv begrünte Dachflächen
    - Dachneigung  $< 3^\circ$
    - Gartenlandschaften mit Bäumen, anspruchsvollen und pflegeintensiven Kultur- und Zierpflanzen

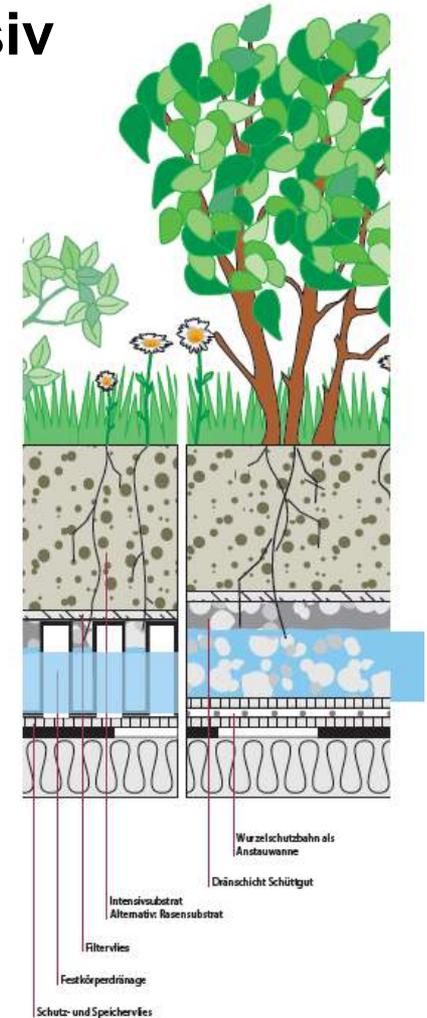
# Dachbegrünung

Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung, SenStadt Berlin, 2010

## Extensiv



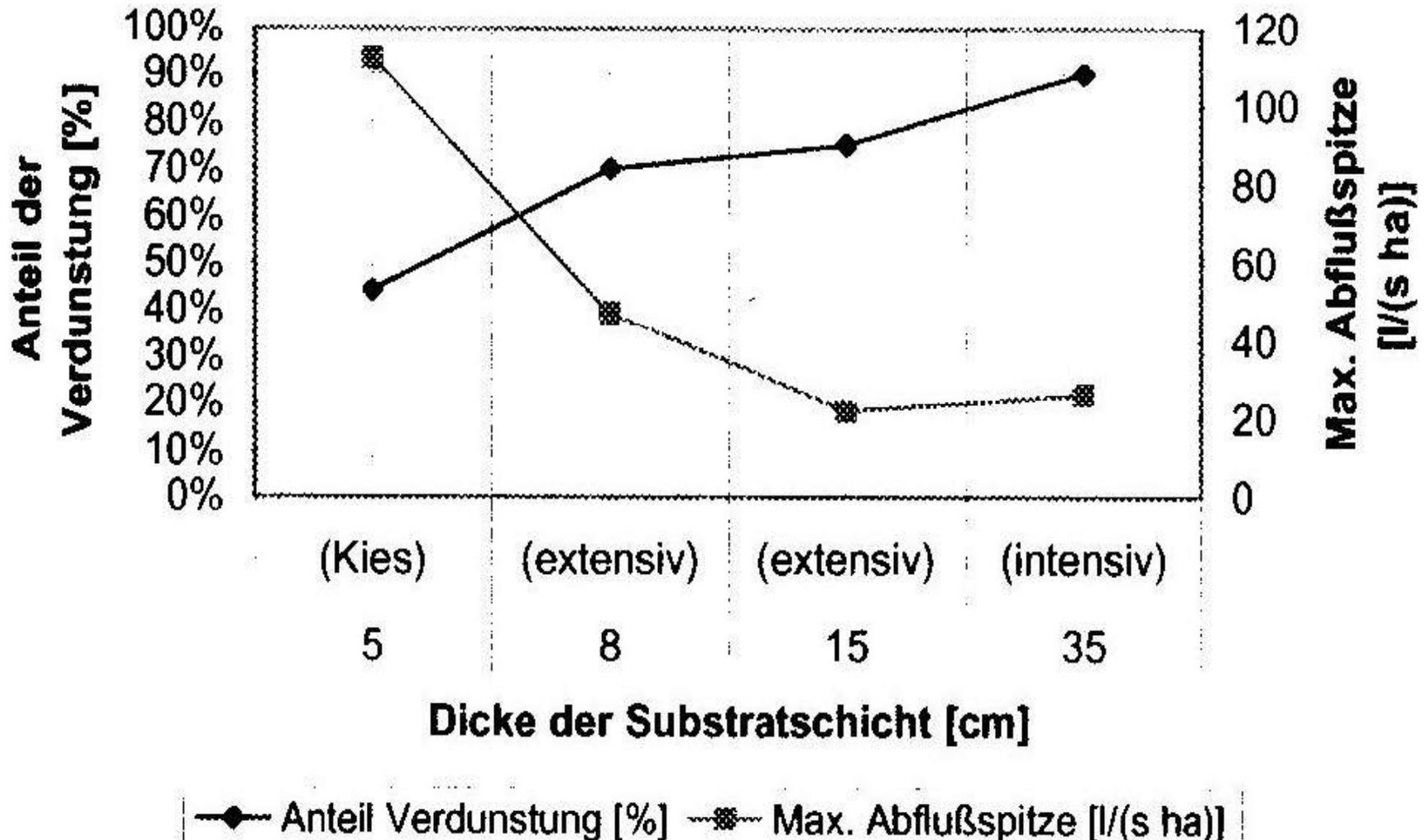
## Intensiv



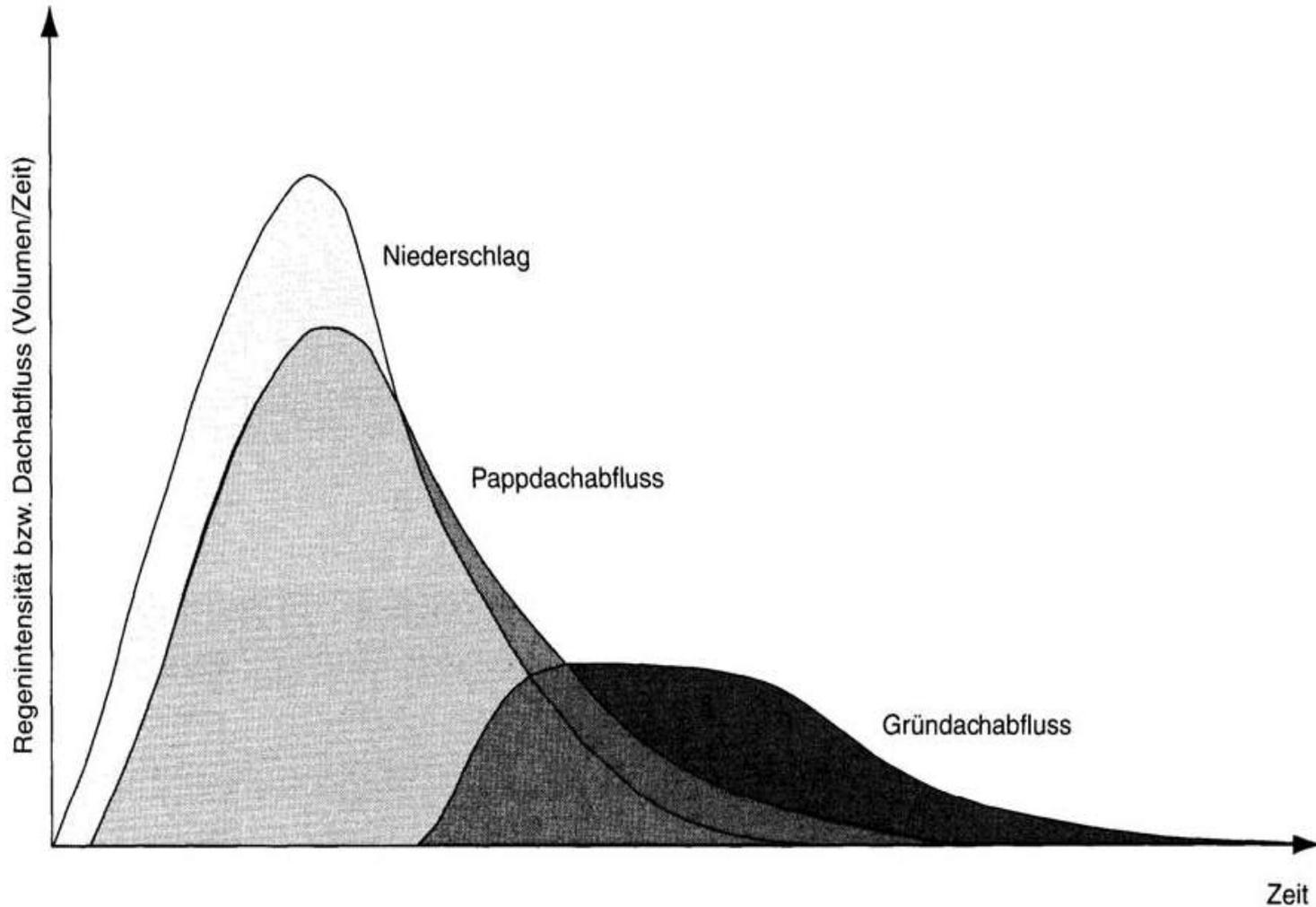
# Dach der Unternehmenszentrale der BWB



# Wirkung nach Art der Dachbegrünung



# Niederschlag-Abfluss-Beziehung unterschiedlicher Dächer





# Fassadenbegrünung



C.



D.

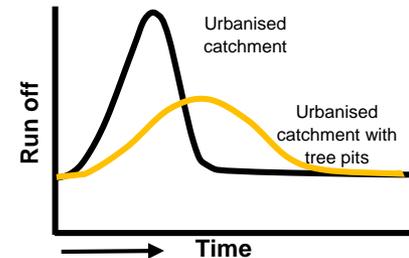


---

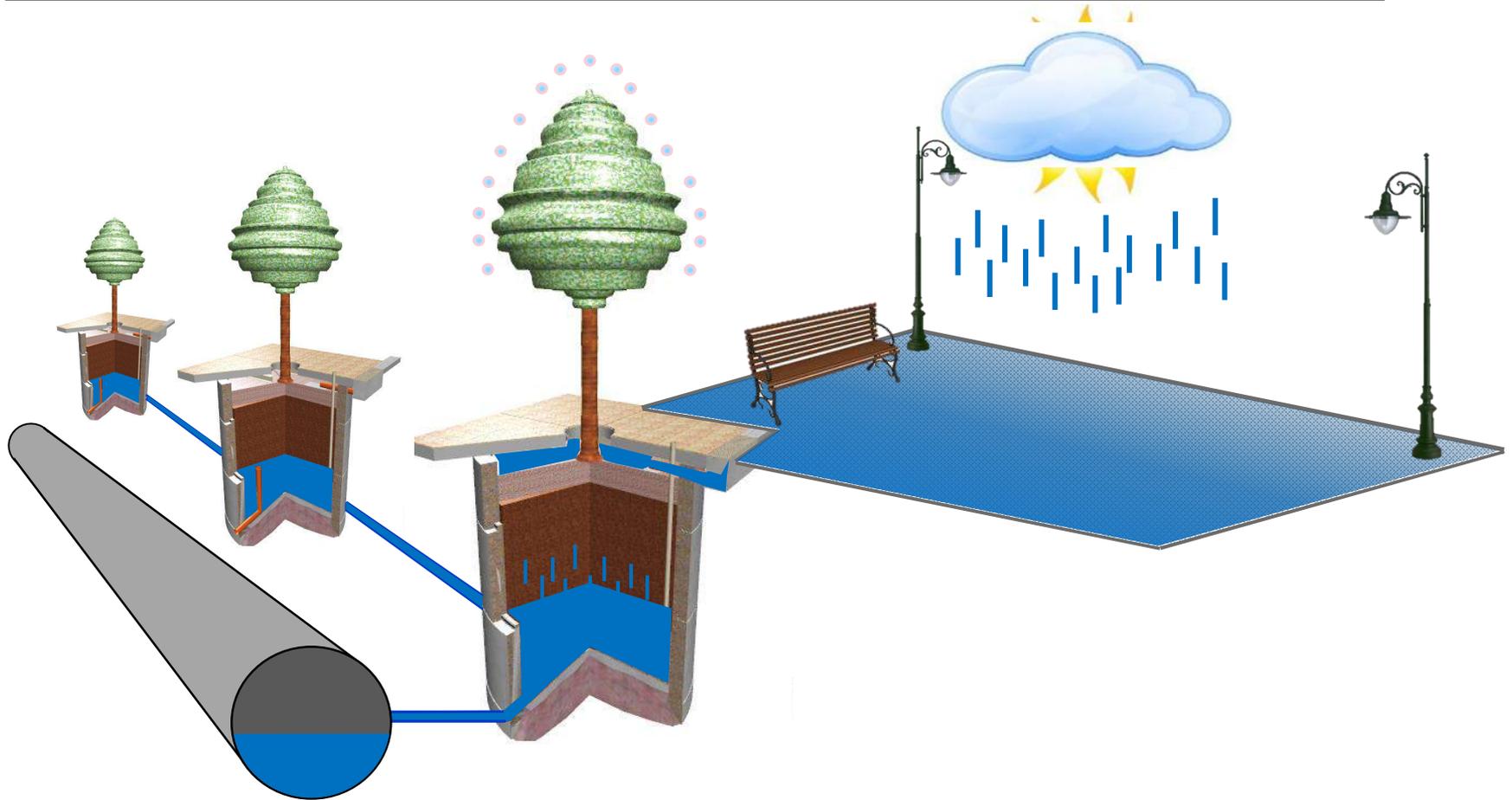
# Modern Elemente des Regenwasser- managements

# Tree pits

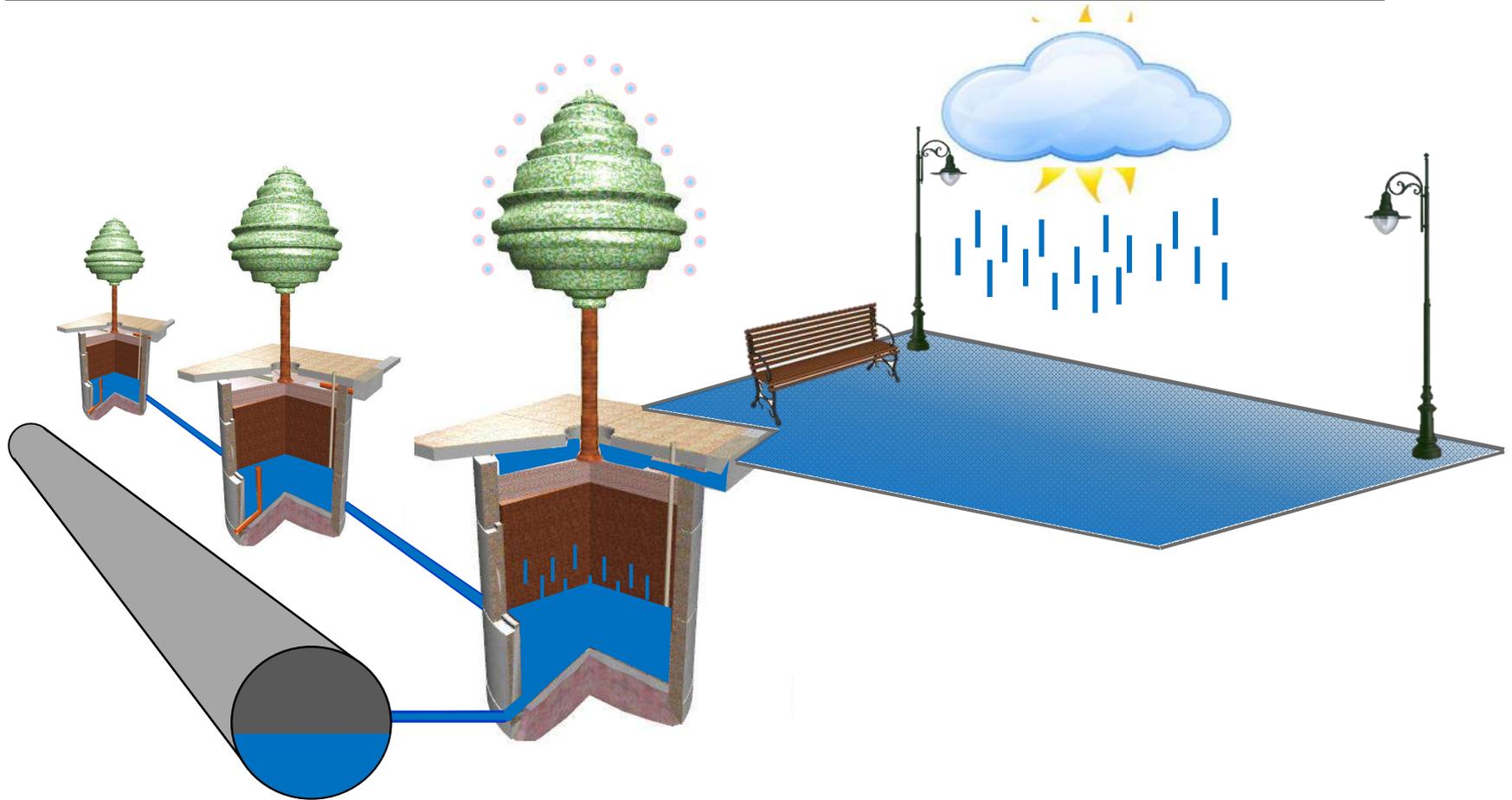
- Tree pits sollen Regenwasser während eines Ereignisses speichern und den Baum in Trockenperioden mit Wasser versorgen
- Sie können in Reihe geschaltet werden
- Vorteile:
  - ➔ Verringerung des Abflusses
  - ➔ Speicherung von Abflussspitzen (**retention**)
  - ➔ Vorhalten von Wasser für Trockenperioden (Speicherkapazität)
  - ➔ Steigerung der **evapotranspiration** (Kühleffekte ➔ Mikroklima)



# Tree pits

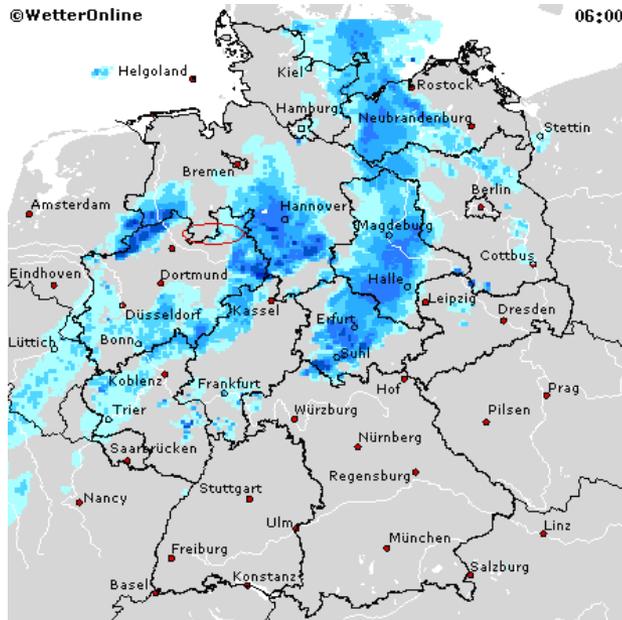


# Tree pits

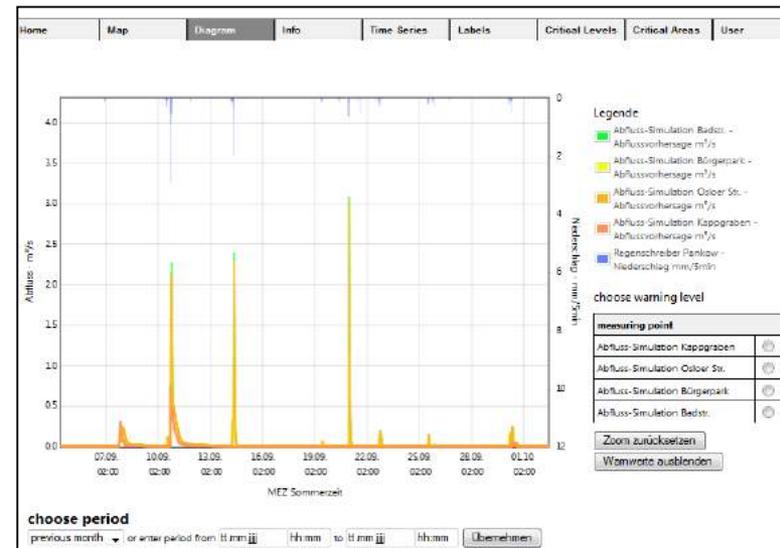


# Intelligente Zisterne

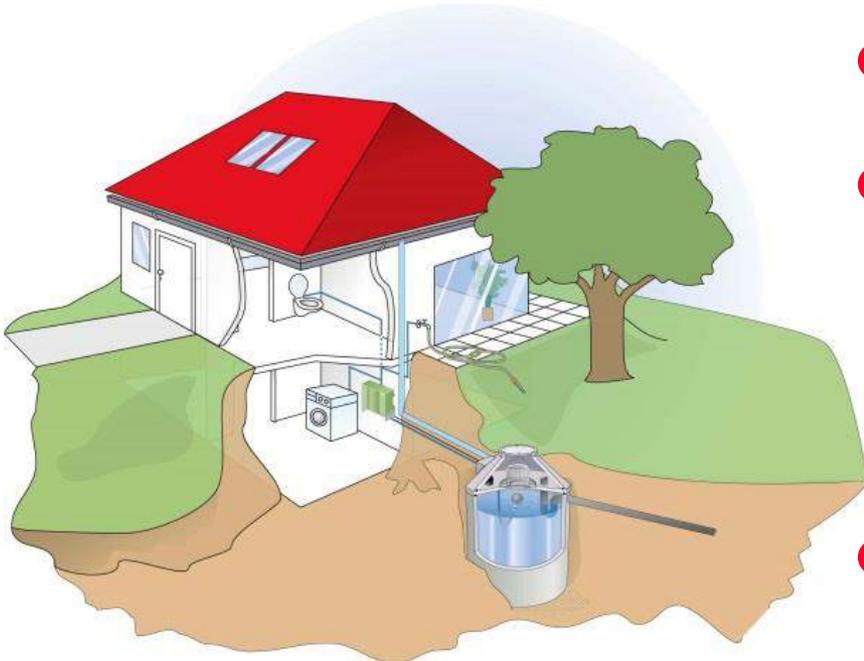
- Kooperation mit Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH und der TU Berlin
- Kombination aus Zisterne und Wettervorhersage
- Erste Erfahrungen aus dem Panke Projekt



## Niederschlags-Abfluss Berechnungen



# Regenwasserspeicherung



- Traditionelle Technik
- In Deutschland weit verbreitet
  - ➔ 1,5 Mio. Zisternen
  - ➔ 80.000 neue Zisternen pro Jahr  
(Quelle: Mall GmbH)
- Hauptziel:
  - ➔ Trinkwassereinsparung
  - ➔ ØPreis: 2,60 €/m<sup>3</sup>  
(80 m<sup>3</sup>/Jahr; Quelle: focus.de)

**Klassisch sind Zisternen nicht zur Pufferung von Starkniederschlägen geeignet**

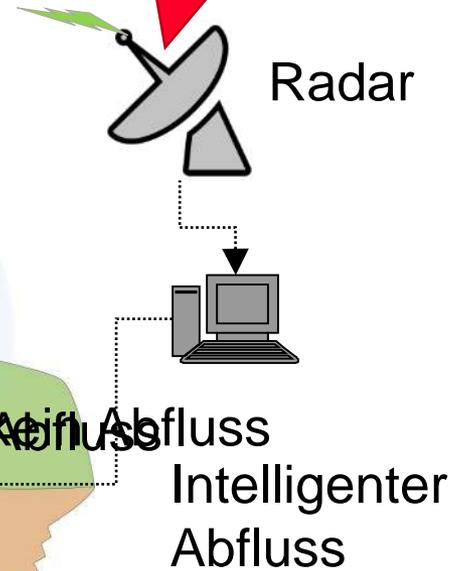
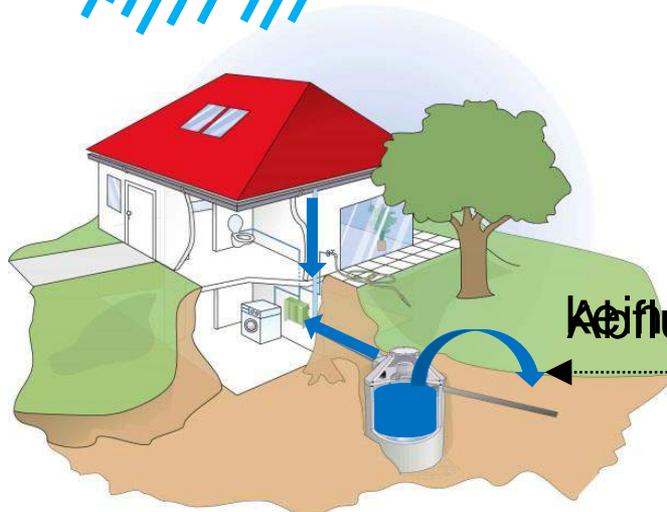
# Die Idee

**Die „intelligente“ Zisterne entleert im Vorfeld definiertes Volumen aufgrund des zu erwartendem Regenereignisses**

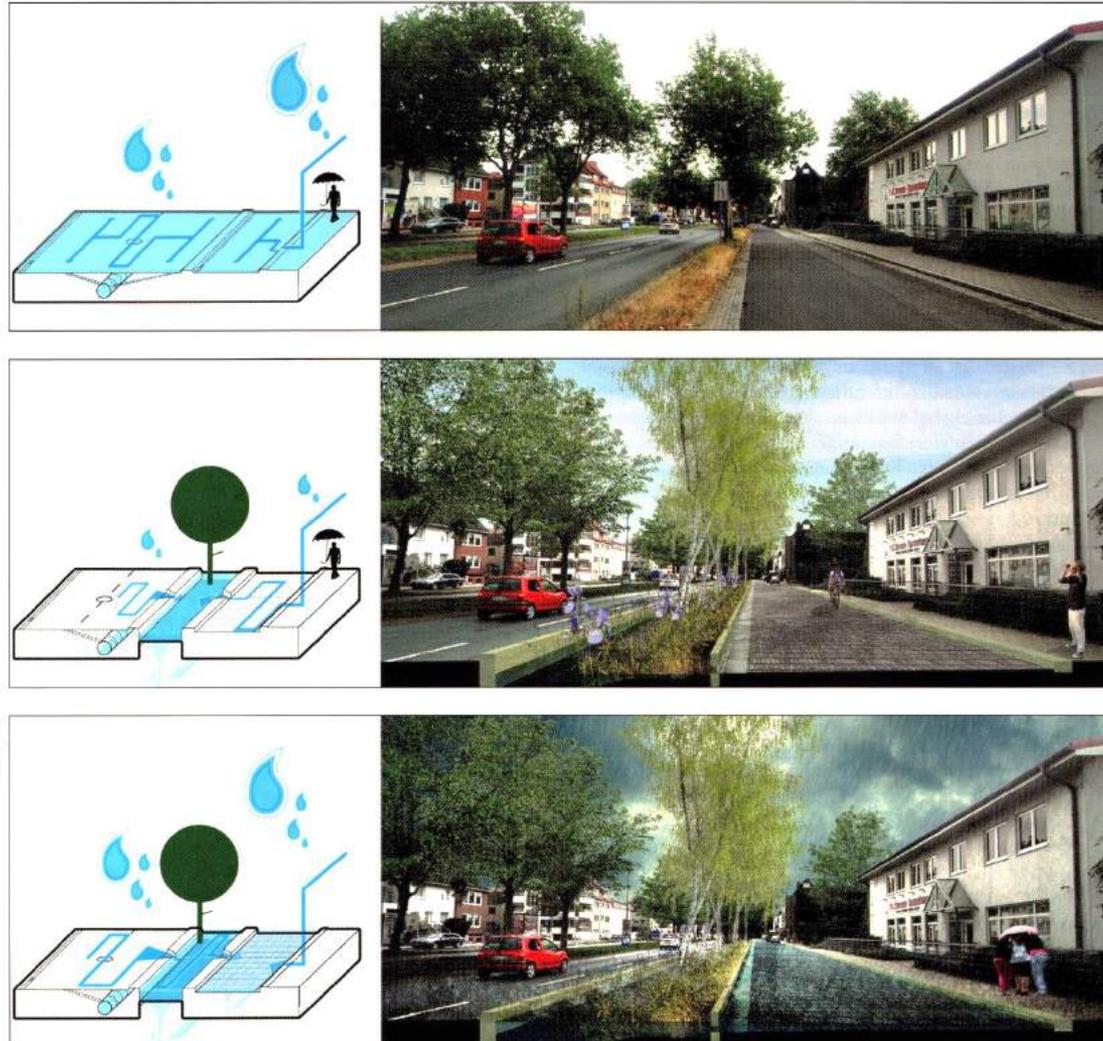
Steht aus dem Panke Projekt zur Verfügung



„Normales“ Regenereignis  
Regenwasserspeicherung  
Starkregen bei voller Zisterne  
Starkregen  
mit intelligenter Zisterne



# Straßengrün als Speicher und Abfluß



Früher

Heute

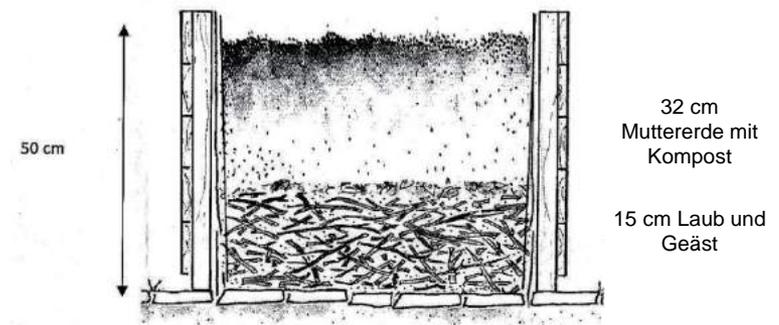
Zukünftig

# Urban agriculture – Urban gardening

- Ziel:
  - ➔ Abflussbeiwert
  - ➔ Retention
  - ➔ Evapotranspiration (Kühlungseffekte)
- Bewässerung häufig mit Trinkwasser
- Es ist kaum Literatur vorhanden!!!
- Bau 2 identischer Hochbeete
- Größe: 1m x 1m x 1m
- Substratmächtigkeit: 50 cm
  - ➔ Äste, Laub und Mutterboden
- Bepflanzt mit:
  - ➔ Liebstockel
  - ➔ Ringelblume
  - ➔ Vergissmeinnicht
  - ➔ Erdbeere



Quelle: WSE (Wasser Strausber-  
Erkner 2015)



# Offene Gerinne

## Beispiel Freiburger Stadtbächle



# Offenes Gerinne



---

# Urbaner Überflutungsschutz

# Maßnahmen des urbanen Überflutungsschutzes

- ▶ Technische Maßnahmen – retention, storage
- ▶ RRB, Filtermulde, Gründach, dezentrale Kleinspeicher, Rückhalt im Straßenraum



Bild: Geiger, Dreiseitl, 1995



Bild: Geiger, Dreiseitl, 1995



Bild: Geiger, Dreiseitl, 1995

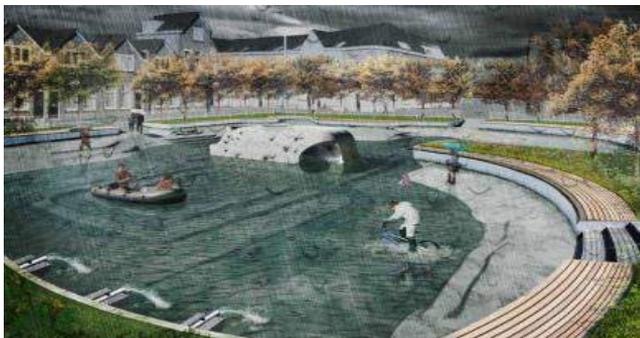


Bild: De Urbanisten 2011



Bild: DWA/BWK, 2013



Bild: DWA/BWK, 2013

# Maßnahmen des urbanen Überflutungsschutzes

- ▶ **Technical Measures – Local measures at buildings**
  - Rückstausicherung, erhöhter Hauseingang, Kellerabdichtung, Kellerschachtabdeckung, Klappschotte



Bilder: DWA/BWK, 2013

# Dream or vision???

