



# Klimakrise: Gefahren durch Hochwasser und Hitze

Online-Vortrag im Rahmen  
der ffuture-Reihe  
am 17.05.2022 (Steinfurt)

Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning

Lehrgebiet „Wasserversorgung und Entwässerungstechnik“

Stegerwaldstraße 39  
D-48565 Steinfurt

Tel. +49 (0)2551 9-62163  
Fax (0)2551 9-62271

gruning@fh-muenster.de  
www.fh-muenster.de



# Klimaresiliente Stadtentwicklung

## Themen

1. Klima: Entwicklungen und Veränderungen

2. Extremwetter: Trockenheit und Hitze

3. Extremwetter: Hochwasser und Sturzfluten

4. Beispiele: Münster (2014) und Ahrtal (2021)

5. Technische Schutz und Vorsorgemaßnahmen

6. Wasserbewusste Stadtentwicklung



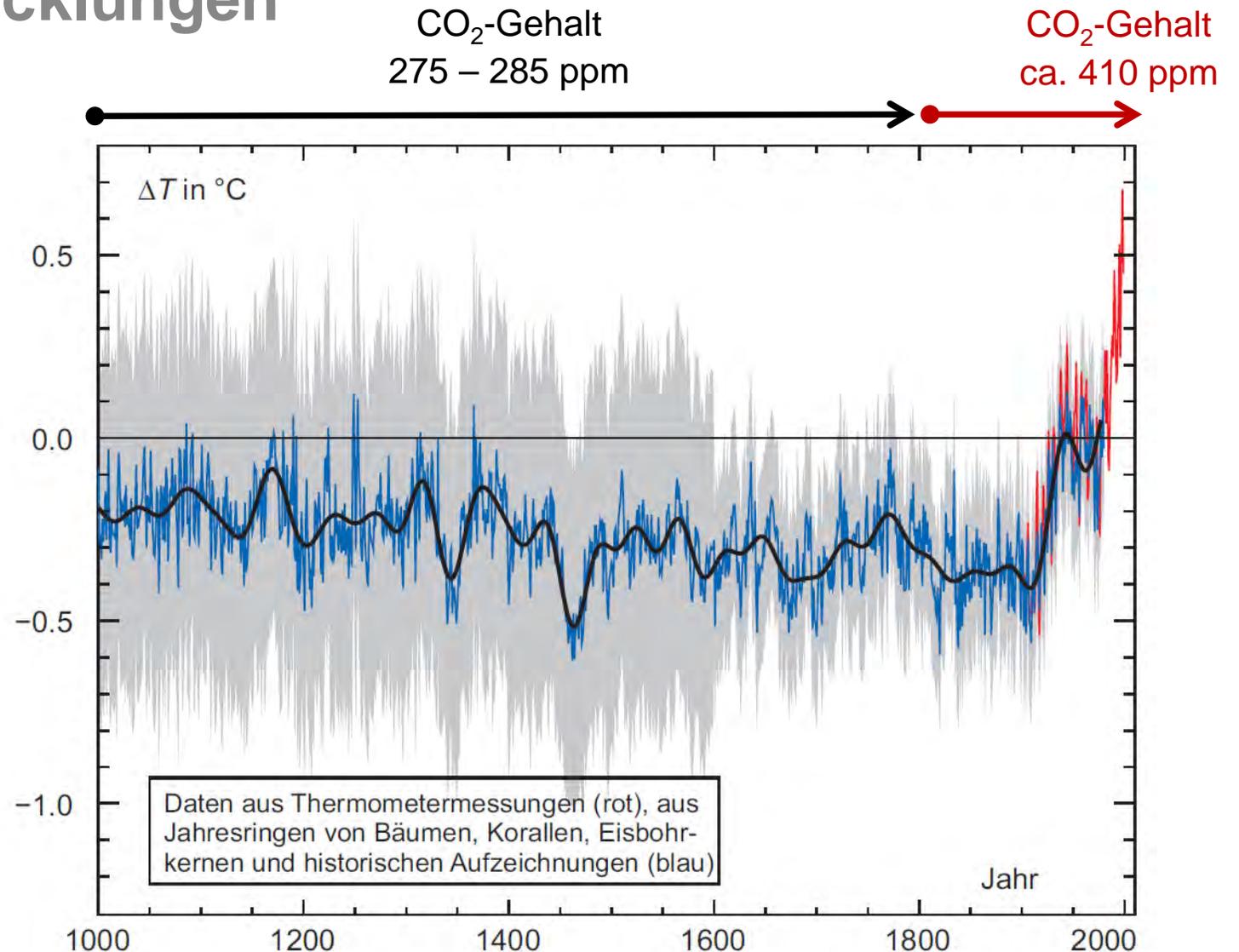


# Klima und Klima- entwicklung

## Indizien: Temperaturentwicklungen

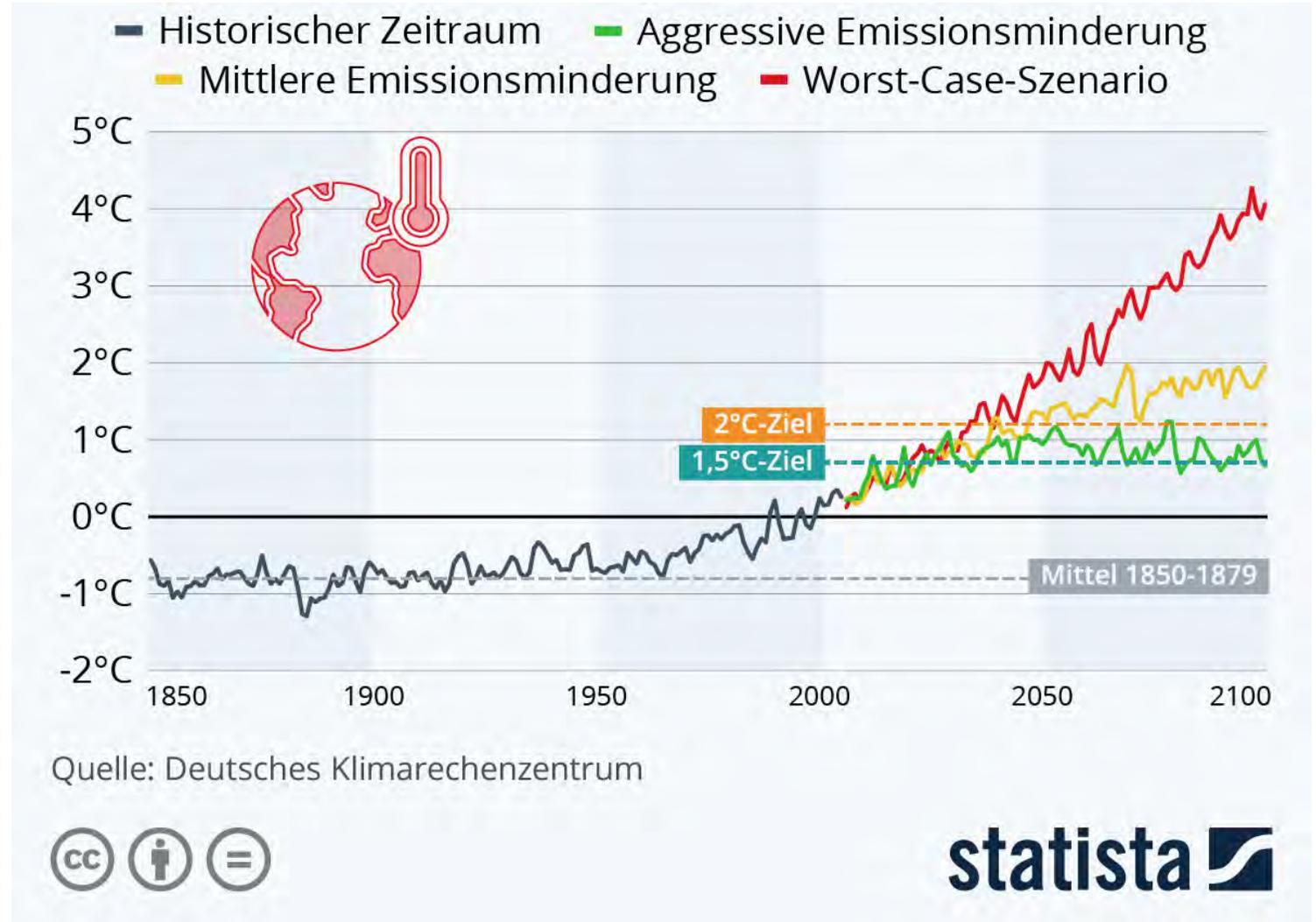
- *6000 bis 2000 v. Chr.*  
Temperatur teilweise bis zu 1 °C höher als heute
- *1100 bis 1300*  
Temperatur beispielsweise in England um 1 bis 1,5 °C höher als im 20. Jahrhundert.
- *Etwa 1300 bis 1900 (uneinheitliche Datierung)*  
Kleine Eiszeit mit Abnahme der globalen mittleren Temperatur um etwa 0,5 °C.

Bildquelle: IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis, hrsg. v. J. T. Houghton et al., Cambridge (2001); online verfügbar unter: [www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1](http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1).



# Klimaentwicklung

## Temperaturschwankungen



### So könnte sich das Klima aufheizen

Abweichung der globalen Mitteltemperatur ggü. Bezugszeitraum 1986-2005 und Prognosemodelle bis 2100

# Klimaentwicklung: Temperatur

Was bedeutet „+ 2 °C“?

Zum Vergleich:  
Was bedeutet „- 4°C“?

Seit Ende der letzten Kaltzeit vor rd. 11 000 Jahren ist die globale Mitteltemperatur gerade mal um 4 °C angestiegen. Bei einer geringeren mittleren Temperatur von -4°C herrschten auf der Erde folgende Bedingungen (Plöger, 2020):

- Sämtliche Alpentäler waren mit Eis gefüllt
- Der Norden Europas lag unter einer 2 bis 3 km dicken Eisdecke
- Der Nordosten von Deutschland lag unter einem 500 m dicken Eispanzer
- Knapp ein Drittel des heute flüssigen Wassers war zu Eis erstarrt
- Der Meeresspiegel lag 120 m tiefer

## Attributionsforschung

Mit so genannten "Attributionsstudien" lässt sich grundsätzlich abschätzen, inwieweit der vom Menschen verursachte Klimawandel für das Auftreten individueller Wetter- oder Klimaextreme verantwortlich ist. Für derartige statistische Analysen werden Klimasimulationen mit speziell gewählten Randbedingungen verwendet, da die Beobachtungszeitreihen häufig noch nicht ausreichend lang zur Verfügung stehen.

[https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/spez\\_themen/attributionen/node\\_attribs.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/spez_themen/attributionen/node_attribs.html)

Beispiele (aus Otto, 2019 „Wütendes Wetter“):

- Regensturm in Louisiana (US-Ostküste) 2016: 100 000 Häuser beschädigt, 13 Tote. Die Regenfälle sind aufgrund der Erderwärmung ungefähr **doppelt bis zehnmal** so wahrscheinlich geworden.
- Hitzewelle in Europa 2003: In mehreren Orten über 40 °C (47,5 °C in Südportugal) mit wahrscheinlich 70 000 hitzebedingten Todesfälle. Die Wahrscheinlichkeit für solche Hitzewellen hat sich **verdoppelt**.
- Hitzewelle in Andhra Pradesh (Indien) 2015: 48 °C mit 1 800 Toten vor allem in den Elendsvierteln ohne Klimaanlage und schattenspendenden Bäumen. Die Hitzewelle dort ist durch den Klimawandel **doppelt** so wahrscheinlich geworden.

The background of the slide is a photograph of a paved area. On the left, there are reddish-brown rectangular bricks. In the center and right, there is grey concrete pavement. A large, irregular crack runs vertically through the concrete, revealing a lighter, more porous material underneath. The right side of the image is overlaid with a white rectangular box containing the title text. Below the white box, there are several parallel orange diagonal lines.

# Stadtklima: Hitze

# Klimaentwicklung

## Darauf müssen wir uns einstellen...

- Verstärktes Auftreten von **extremen Niederschlagsereignissen**
- Verschärfte **Hitze- und Dürrephasen im Sommer**, die von **extremen Starkregenereignissen durchbrochen** werden. Allerdings insgesamt verringerte Niederschläge in den Sommermonaten. Insbesondere stärkere Amplituden und häufigeres Eintreten von Extremabflüssen, längere Niedrigwasserperioden und größere Hochwasserabflüsse
- Steigerung der Niederschläge in den Wintermonaten und damit größere mittlere Abflüsse im Winter
- Gesteigerte Temperaturen und Zunahme der Sommertage mit Temperaturen **über 25°C** mit Folgen auf den Wasserbedarf und biologische Umsetzungsprozesse (z. B. pflanzliches Wachstum).

### Die 10 weltweit wärmsten Jahre (1880 bis 2020)

2016 (+ 0,99°C)	2020 (+ 0,98°C)	2019 (+ 0,95°C)	2015 (+ 0,93°C)	2017 (+ 0,91°C)
2018 (+ 0,83°C)	2014 (+ 0,74°C)	2010 (+ 0,72°C)	2005 (+ 0,67°C)	2013 (+ 0,67°C)



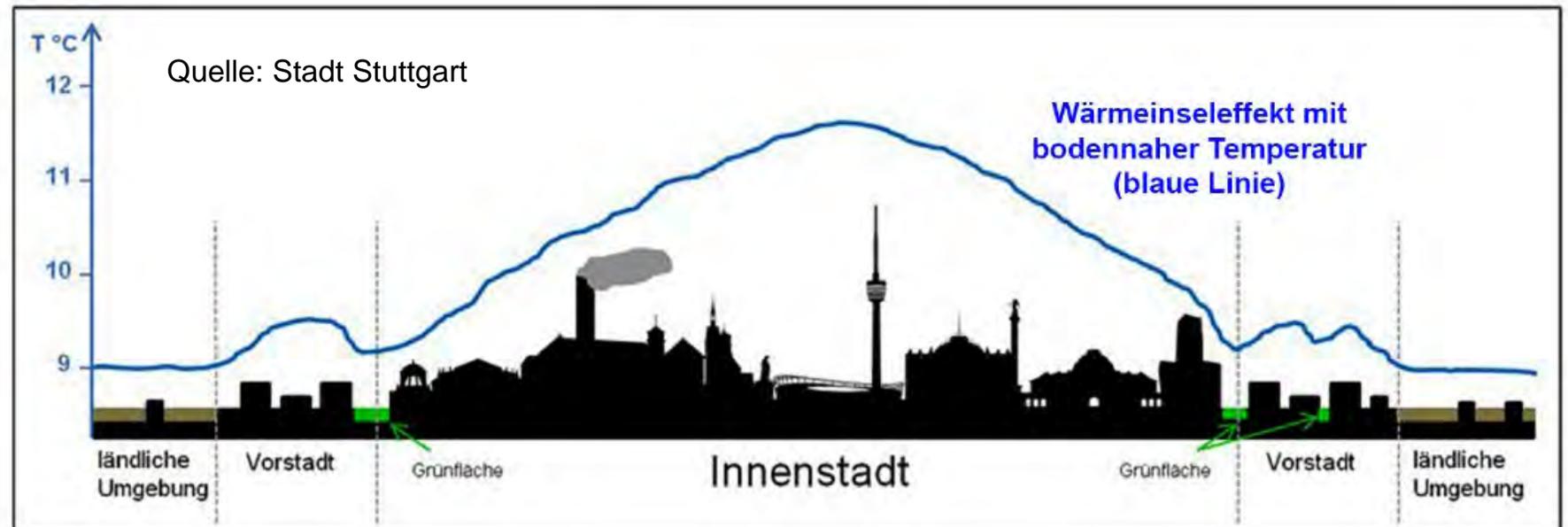
# Klimaentwicklung: Hitze

## Wärmeinseleffekt (UHI)

Die im Vergleich zum Umland höheren Luft- und Oberflächentemperaturen haben unterschiedliche Ursachen. Dazu zählen Bauwerke und enge Straßenschluchten. Beton und Asphalt heizt sich auf und Gebäude reduzieren die Windgeschwindigkeit und den Luftaustausch.

Durch diese zusätzliche Wärmebelastung und der beobachteten höheren Luftverunreinigung in Städten potenzieren sich die Beeinträchtigung der Gesundheit des Menschen.

Der Begriff „**Städtische Wärmeinsel**“ (engl. **Urban Heat Island UHI**) beschreibt stark generalisierend das Faktum einer inselartig ausgebildeten urbanen Übererwärmung, die von einem kühleren Umland umgeben wird.



# Klimaentwicklung: Hitze

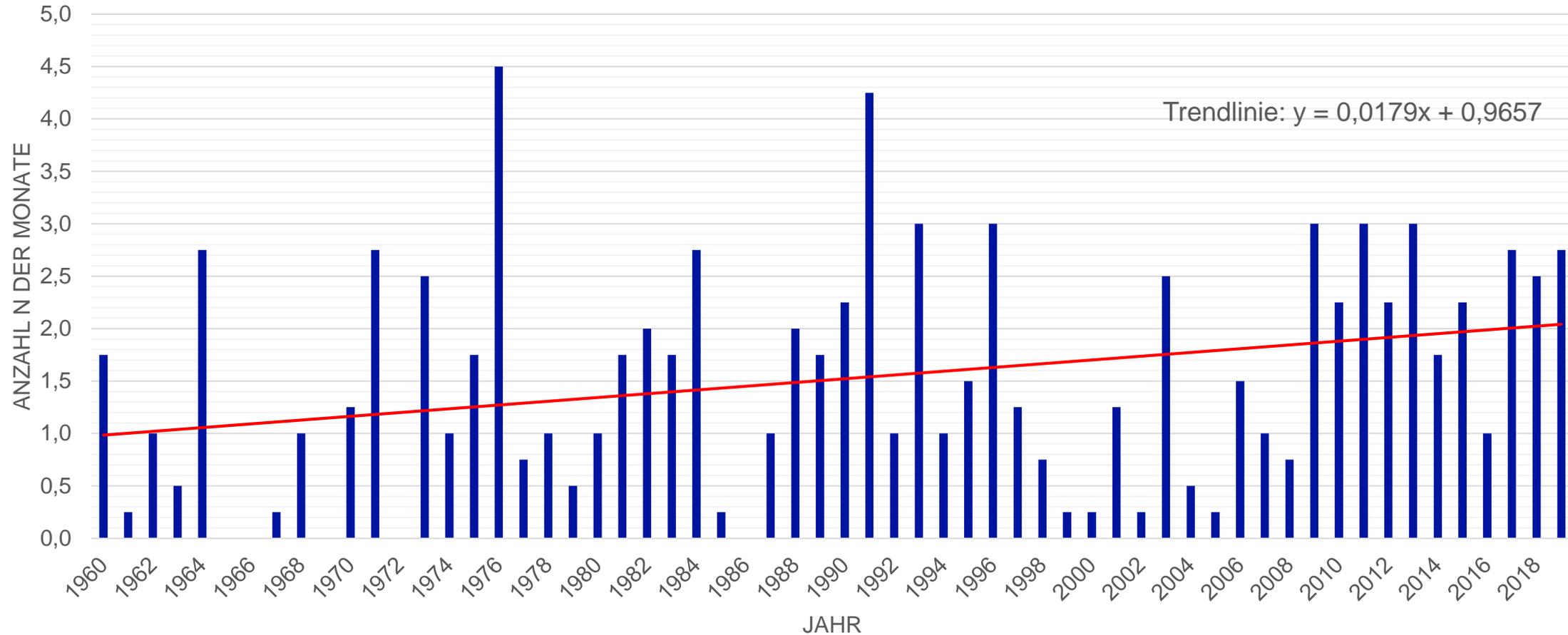
## Klimasensible Erkrankungen (Studie der BKK – 2010 bis 2019)

- Hitzeschäden (Unwohlsein, Hitzekrämpfe bis Kollaps und Hitzeschlag)  
Im Rekordhitzejahr 2018: 20.000 Todesfälle die direkt auf Hitze zurückzuführen sind
- Dehydrierung (Flüssigkeitsmangel können zu Thrombose, Nierenversagen und Herz-Kreislaufkrankungen führen)  
Anstieg der Fallzahlen in den vergangenen 10 Jahren um 45 %
- Hautkrebs: Ursachen liegen hier häufig länger zurück. Steigende UV-Belastung hat Folgen.



# Klimaentwicklungen Münsterland

Frühjahrs- und Sommermonate mit  $h_{N,m} \leq 40 \text{ mm}$





# Hochwasser und Sturzfluten



# Wasserhaushalt

KOSTRA-DWD-2010R (© DWD)

## Jahresniederschlag



## Bemessungs- niederschlag

D = 15 min

T = 1a ( $n = 1 \text{ a}^{-1}$ )

Bemessungsniederschlag [mm]

Keine Daten

> 8,0 bis ≤ 8,5

> 8,5 bis ≤ 9,0

> 9,0 bis ≤ 9,5

> 9,5 bis ≤ 10,0

> 10,0 bis ≤ 10,5

> 10,5 bis ≤ 11,0

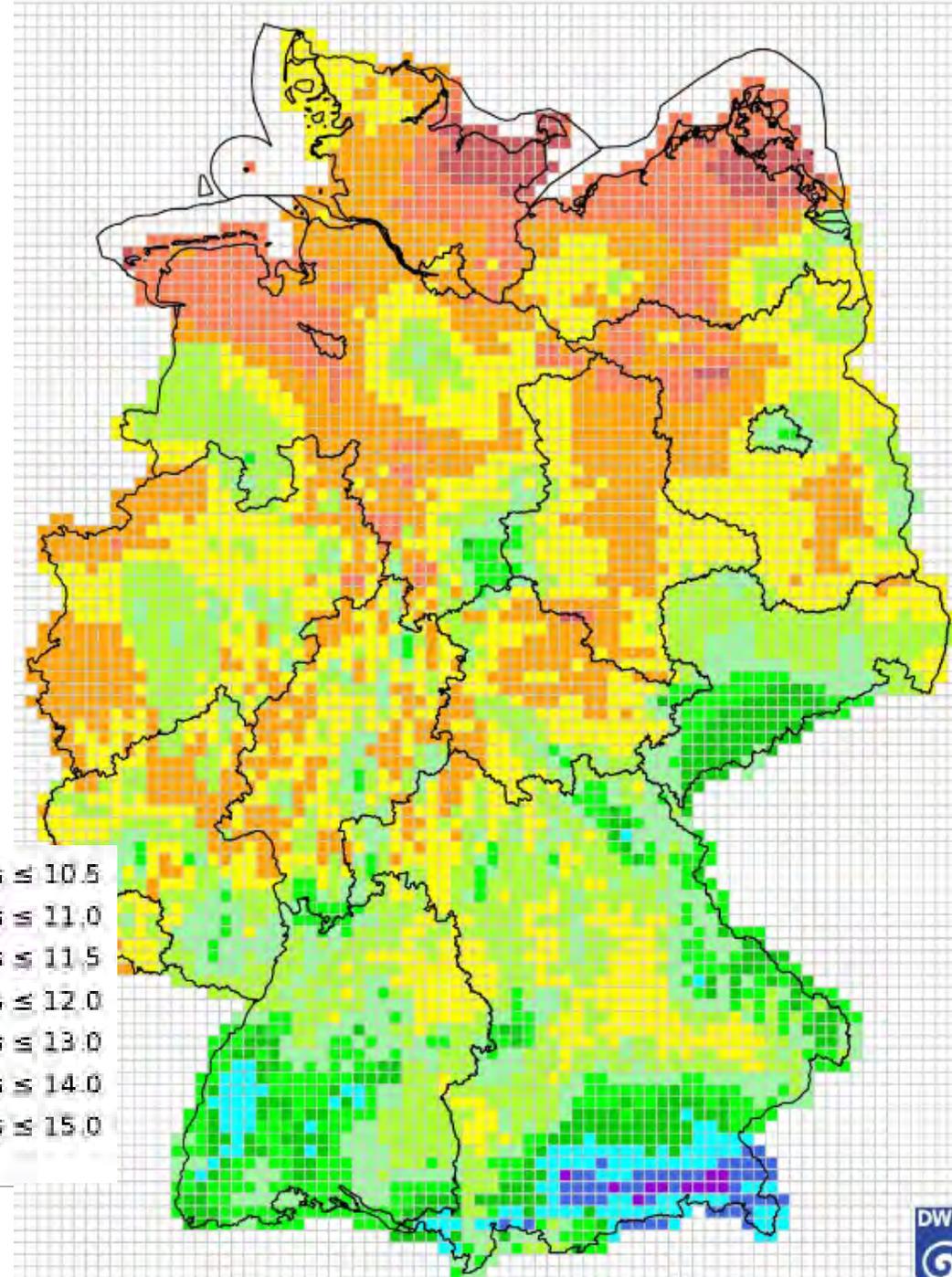
> 11,0 bis ≤ 11,5

> 11,5 bis ≤ 12,0

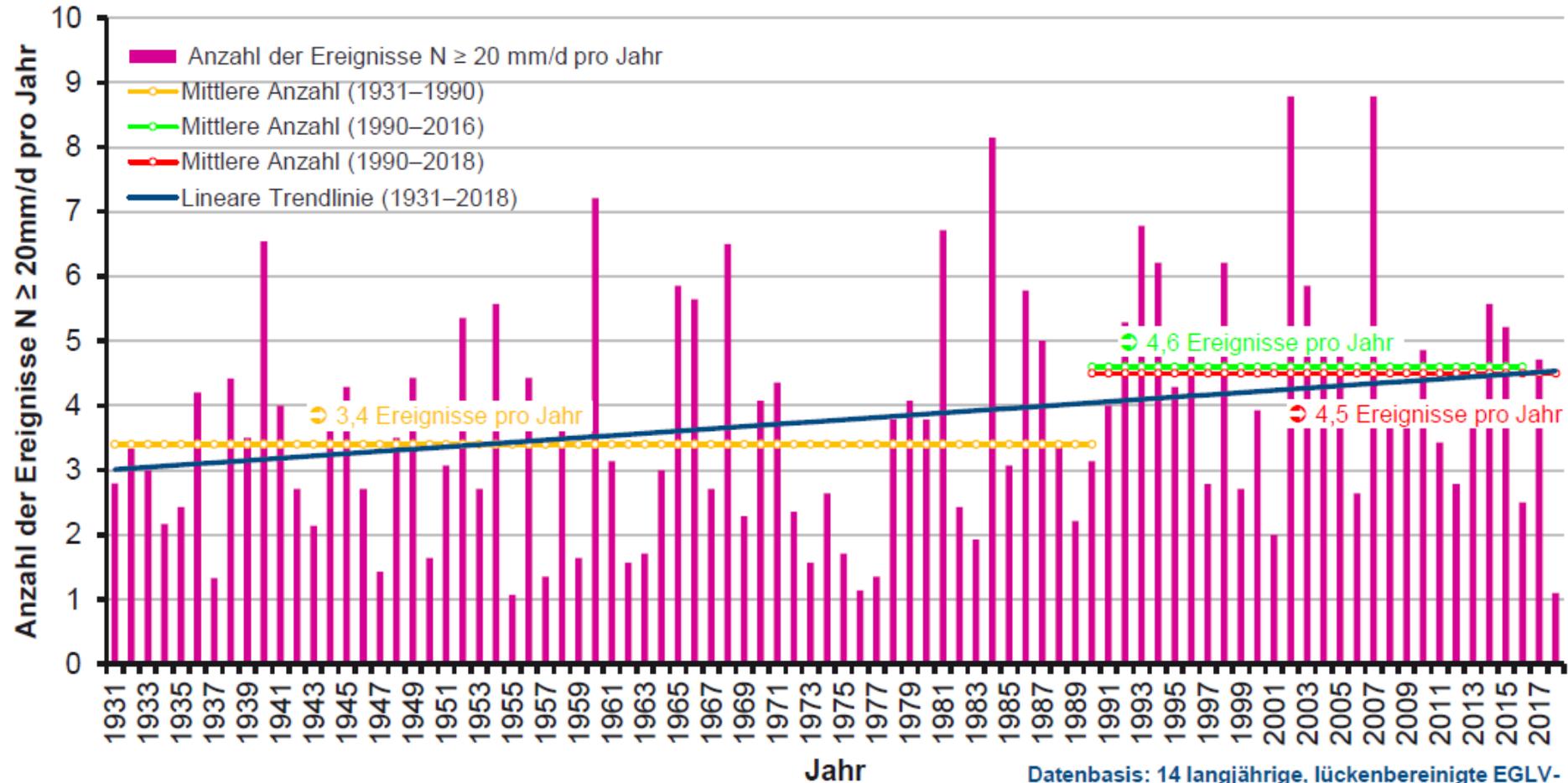
> 12,0 bis ≤ 13,0

> 13,0 bis ≤ 14,0

> 14,0 bis ≤ 15,0



## Starkregenereignisse (20 mm/d) in Emscher-Lippe-Region (Quelle: EG/LV)



schneiden

DWA-M 119

- **Starkregen:** Regenereignisse, die in einzelnen Dauerstufen Regenhöhen mit Wiederkehrzeiten  $T_n \geq 1$  a aufweisen (entsprechend den KOSTRA-Werten oder örtlichen Starkregenstatistiken nach Arbeitsblatt DWA-A 531);
- **Bemessungsregen:** Regenereignisse mit Wiederkehrzeiten im Bereich der Bemessungs- und Überstau-Wiederkehrzeiten eines Entwässerungssystems nach Arbeitsblatt DWA-A 118 (z. B.  $T_n = 1$  a bis 5 a);
- **seltene Starkregen:** Regenereignisse mit Wiederkehrzeiten oberhalb maßgebender Überstau-Wiederkehrzeiten, aber innerhalb maßgebender Überflutungs-Wiederkehrzeiten (z. B. für Stadtzentren  $T_n > 5$  a bis 30 a);

DWD

- Regenmengen 15 bis 25 l/m<sup>2</sup> in 1 Stunde oder 20 bis 35 l/m<sup>2</sup> in 6 Stunden (markante Wetterwarnung)
- Regenmengen > 25 l/m<sup>2</sup> in 1 Stunde oder > 35 l/m<sup>2</sup> in 6 Stunden (Unwetterwarnung)

# Starkregenindex (nach Schmitt)

Bewertungskategorien abhängig von Wiederkehrzeiten

Wiederkehrzeit $T_n$ (-)	1	2	3,3	5	10	20	25	33,3	50	100	> 100				
Kategorie	Starkregen				Intensiver Starkregen			außergewöhnlicher Starkregen		extremer Starkregen					
Starkregenindex SRI (-)	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12



Christoph Böck

# Starkregen

## Kanalabfluss

Kanalisiertes Gewässer mit  
marginalem Trockenwetterabfluss



# Hochwasser und Sturzflut

## Merkmale



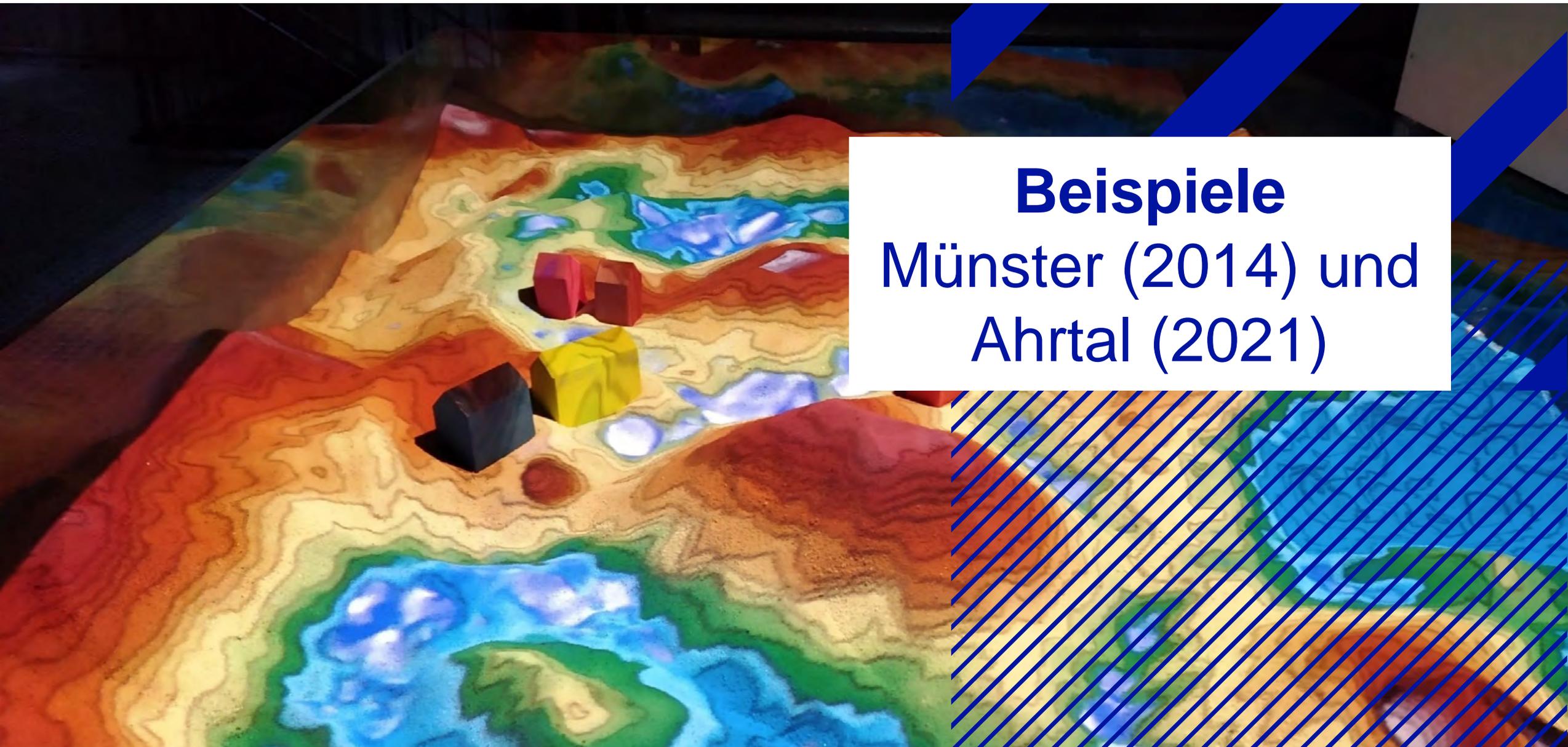
### Urbane Sturzflut

- Kurze und heftige konvektive Ereignisse
- Überlastung der Kanalisation
- Hohe Dynamik – kaum Vorwarnzeiten
- Sachschäden (Gebäude) – selten Tote
- Urbaner Raum/urbane Gewässer (Entlastung)



### Hochwasser

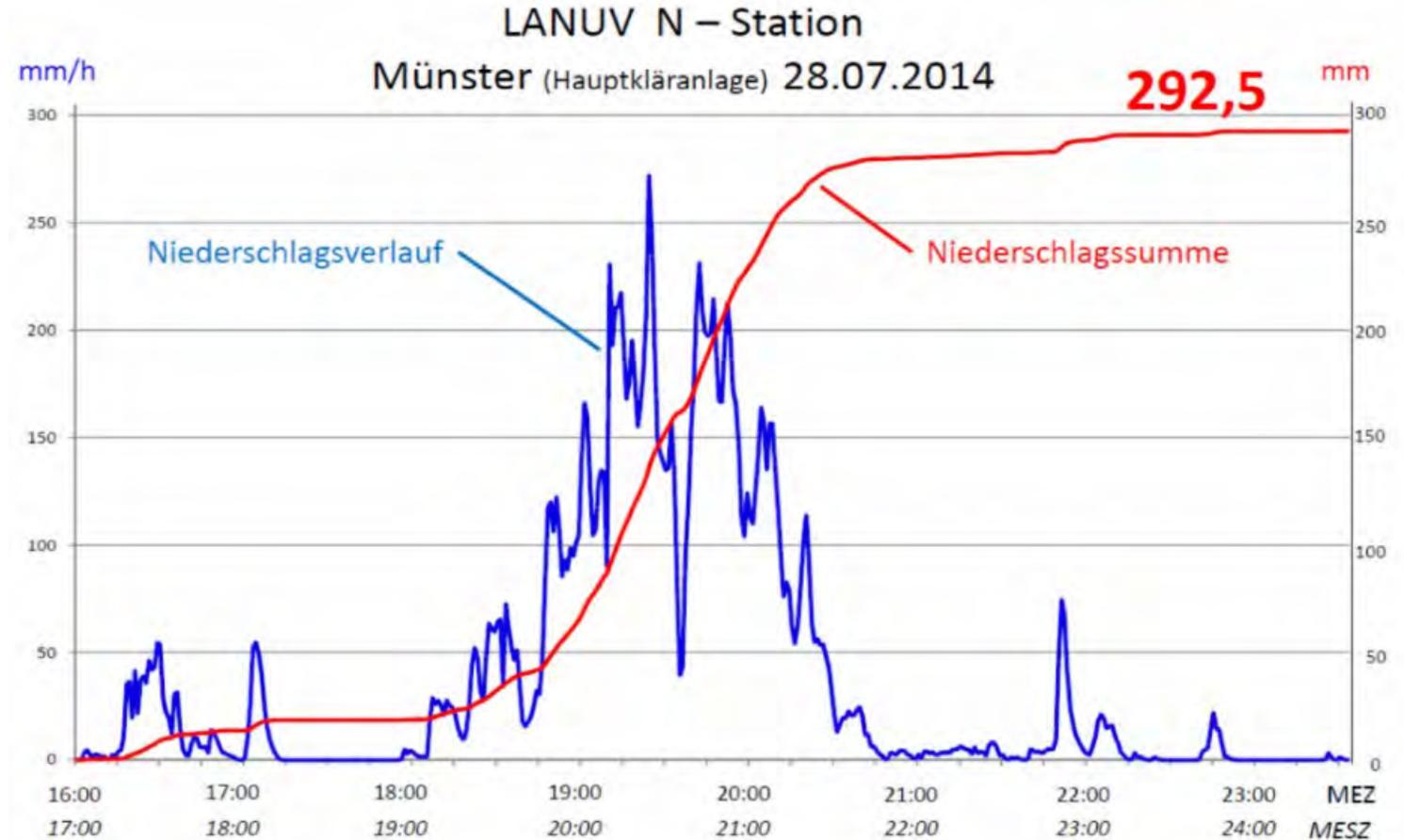
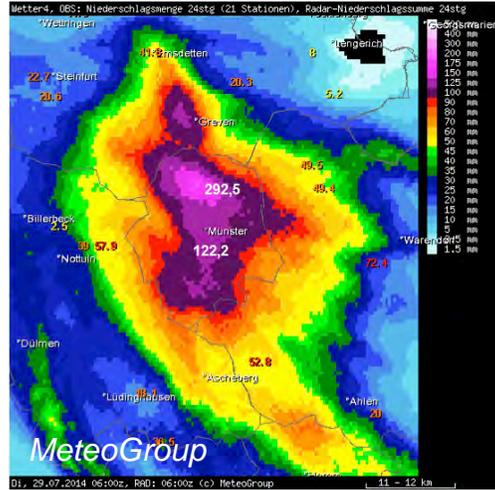
- Großräumige länger anhaltende advektive Niederschläge
- Ausuferung von Gewässern
- Großräumige Gewässereinzugsbereiche
- Schäden an Gebäuden und Infrastruktur – Todesopfer
- Weniger dynamisch – Vorwarnzeiten

A topographic map of a region, likely Münster and Ahrtal, is shown. The map uses a color gradient to represent elevation, with blue and green for lower elevations and yellow, orange, and red for higher elevations. Several 3D blocks of different colors (red, yellow, black) are placed on the map to represent specific locations or features. The map is displayed on a screen, and the background of the slide features blue diagonal stripes.

# Beispiele Münster (2014) und Ahrthal (2021)

# Überflutung durch urbane Sturzflut

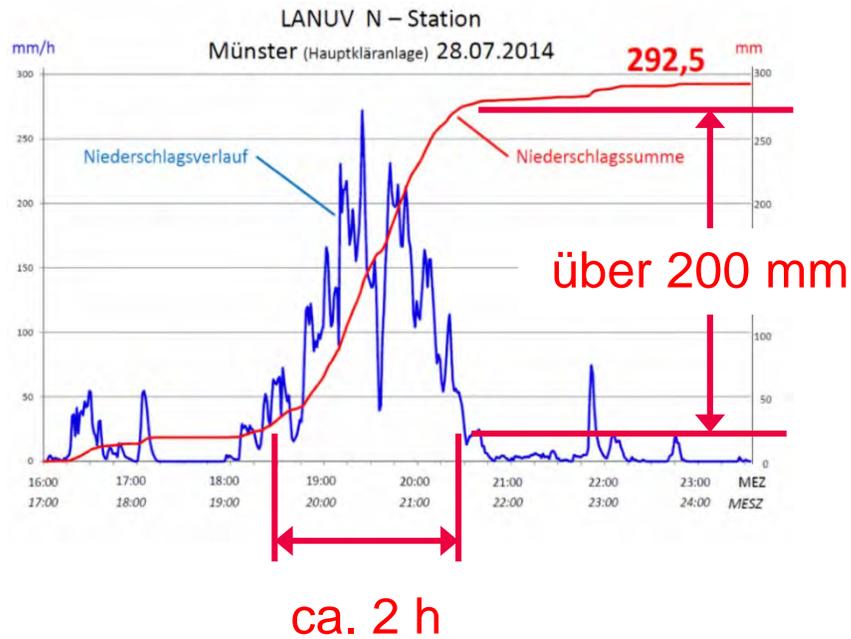
Münster 2014



# Überflutung durch urbane Sturzflut

## KOSTRA-DWD

Ausgewertete Regenspenden in  $l/(s \cdot ha)$  aus einem Auszug aus KOSTRA-DWD für Münster (Rasterfeld: Spalte 16, Zeile 42)



$$166,7 \cdot i \left( \text{in } \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right) = r \left( \text{in } \frac{l}{(s \cdot ha)} \right)$$

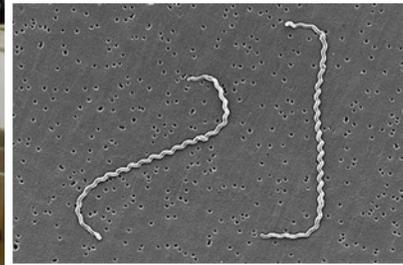
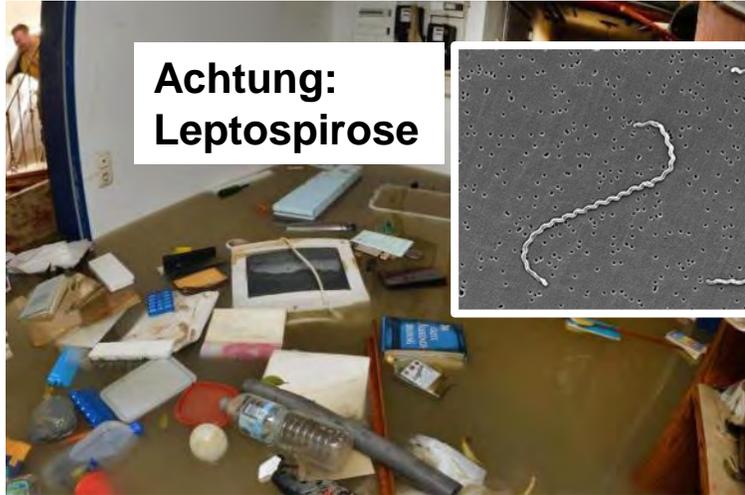
$$166,7 \cdot \frac{200 \text{ mm}}{2 \text{ h} \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{h}}} = 166,7 \cdot 1,67 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = 277,8 \frac{l}{(s \cdot ha)} = r$$

Dauerstufe D	Wiederkehrzeit T (in a)					
	1	2	5	10	30	100
5 min	164,9	221,5	296,2	352,8	442,4	540,6
10 min	131,2	168,4	217,5	254,7	313,6	378,2
15 min	108,9	138,0	176,5	205,6	251,7	302,2
30 min	72,1	91,3	116,6	135,7	166,0	199,3
60 min	43,1	55,6	72,3	84,9	104,8	126,7
2 h	24,8	32,0	41,6	48,9	60,5	73,1
12 h	5,9	7,7	10,0	11,8	14,6	17,6
72 h	1,6	2,0	2,5	2,9	3,6	4,3



# Überflutung durch urbane Sturzflut

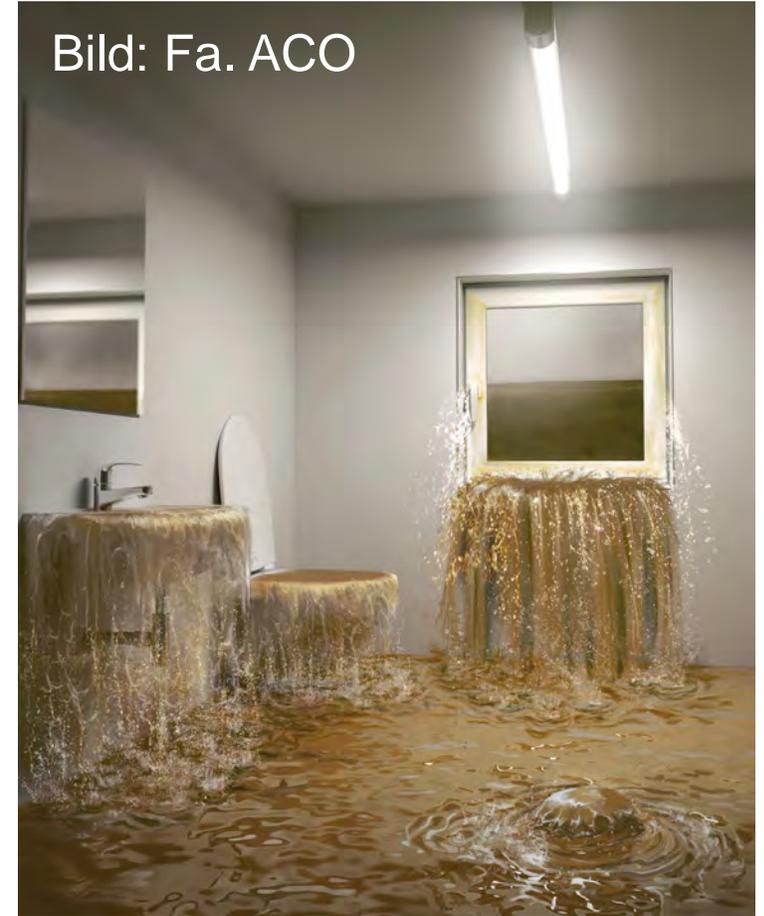
Münster 2014 (und allgemein)



Hygiene



Stromverteilung



Wasserdruck

# Hochwasser 2021

## Meteorologie (stark vereinfacht)

30 ° C in Schleswig-Holstein

2) Die warmen Luftmassen treffen auf kühlere und schwerere Luft.

*Die warmen und feuchten Luftmassen werden regelrecht in das Tief hineingezogen.*

3) Die Luftmassen kühlen sich ab (18 °C in der Eifel) und es kommt zu intensiven Nieder-schlägen mit über 100 l/m<sup>2</sup> innerhalb von 24 h.

Kühle Luft aus Frankreich



Der Einfluss der Verlangsamung des Jetstreams ist hochkomplex und nur bedingt in Beziehung zu setzen.

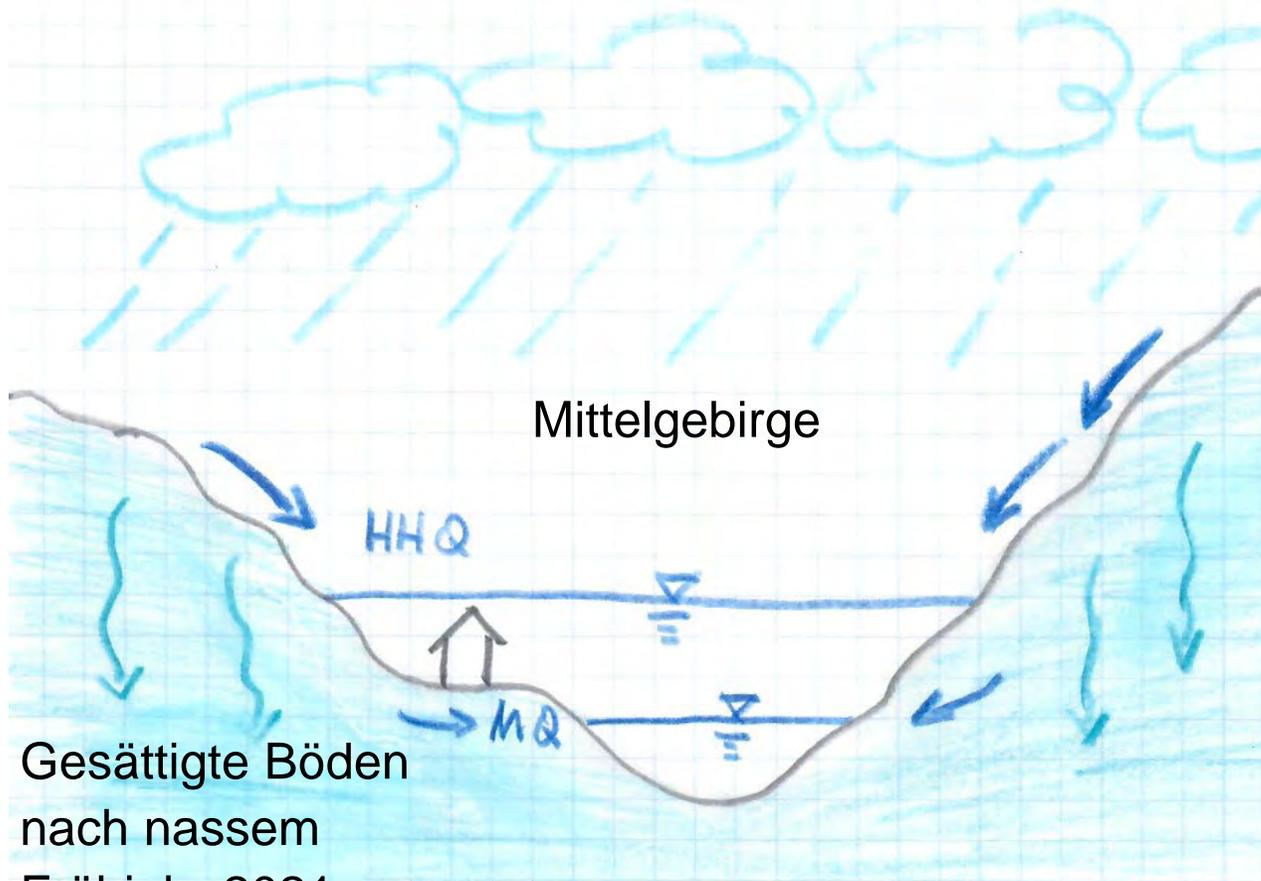
Globales Klima führt aber dazu, dass sich Tief- und Hochdruckgebiete länger an einem Ort festsetzen.

1) Tief BERND führt warme und feuchte Luft vom Mittelmeer über den Balkan und Polen in den Norden und Westen Deutschlands.

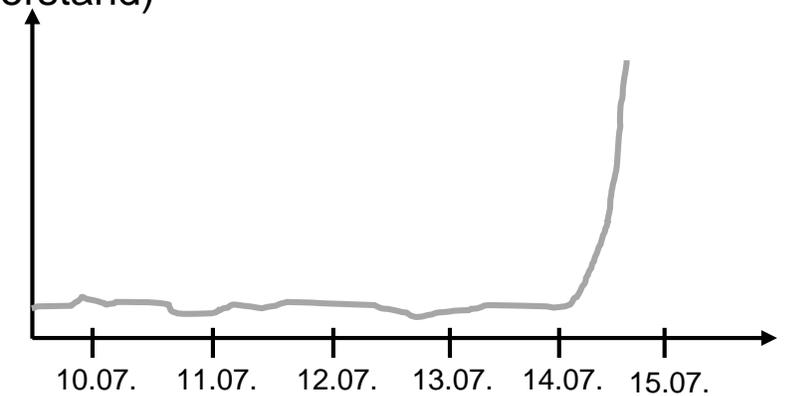


# Hochwasser 2021

## Geografie und Hydrologie



Pegel  
(Wasserstand)



# Hochwasser 2021

## Geografie und Hydrologie

Kleinräumiges Tief am 30. Juni 2021 im Nordosten Brandenburgs:  
Niederschlagsintensität von 300 l/m<sup>2</sup> (doppelt so hoch!).

Hier aber:

- Flaches Land (Wasser bzw. Gewässer kann sich ausbreiten)
- Versickerungsfähige Sandböden

### Außerdem:

- Hochwasservorsorge bspw. durch Talsperren. In Gebieten mit Talsperren gab es vergleichsweise geringe Schäden (Rurtalsperre, Oleftalsperre, Urfttalsperre)
- Gewässernahe Besiedlung (hohes Schadenspotenzial)
- Raum für Gewässer



An aerial photograph showing a large area of flooding. A building with a red roof is partially submerged in water. The surrounding landscape is a mix of green trees and brownish water. The image is overlaid with blue diagonal lines in the bottom right corner.

# „Schutz“ vor Hochwasser

# Hochwasser

## Rückhalteräume: Hochwasserrückhaltebecken (HRB)



*Jörg Saborowski/EGLV*



*Michael Kemper/EGLV*

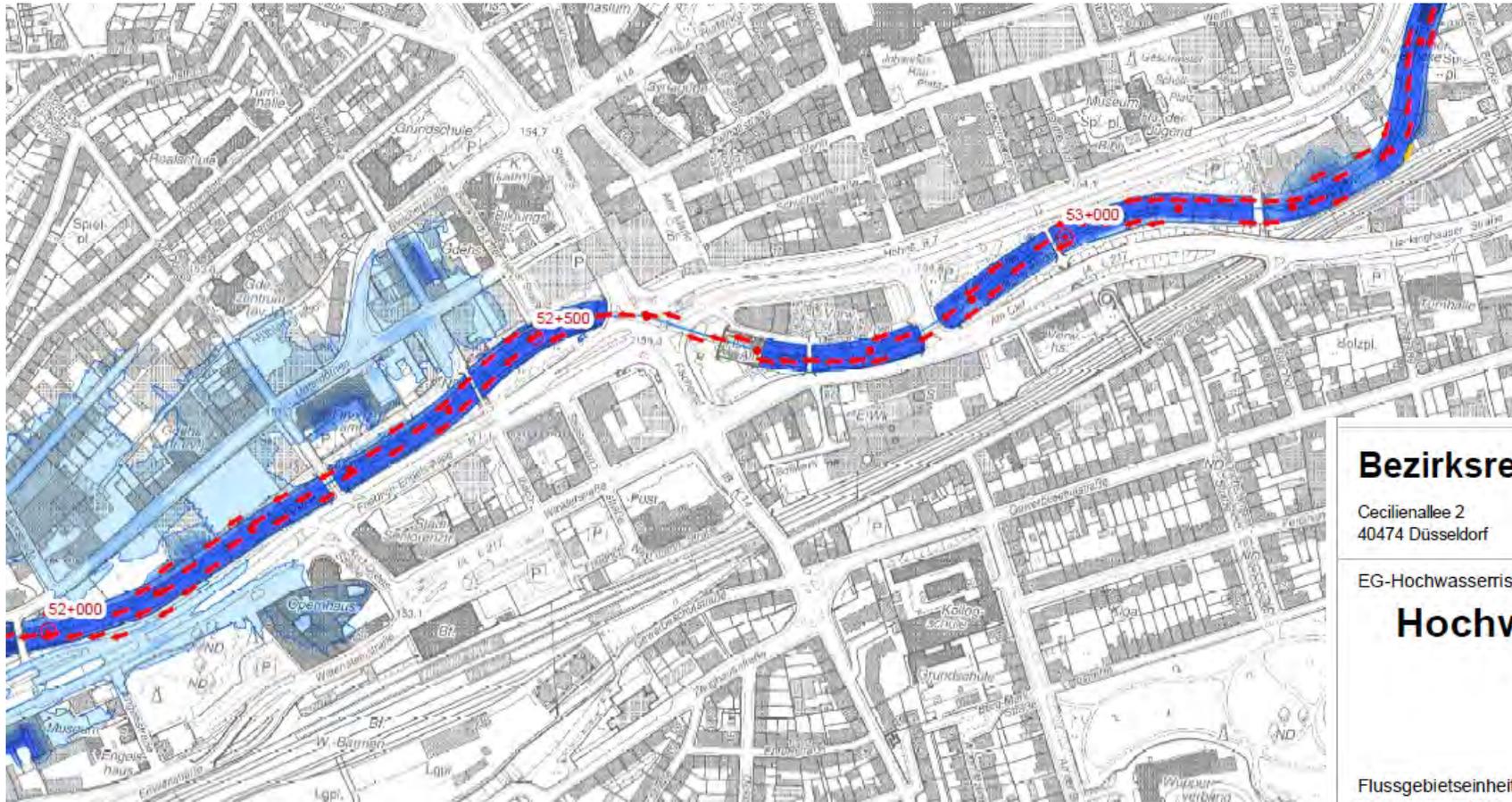
# Überflutungsvorsorge

## Regenrückhaltebecken (RRB)



# Vorsorge und Information

## Hochwassergefahrenkarten (Bezirksregierung Düsseldorf)



### Bezirksregierung Düsseldorf



Cecilienallee 2  
40474 Düsseldorf

Tel. (0211) 475-0  
Fax (0211) 475-2671

EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie

### Hochwassergefahrenkarte Wupper (2736)

Flussgebietseinheit:  
Teileinzugsgebiet:

Rhein  
Wupper

Hochwasserszenario

**Niedrige Wahrscheinlichkeit (HQ<sub>extrem</sub>)**

Maßstab 1 : 5.000

11/2019

Kartenblatt 14/18



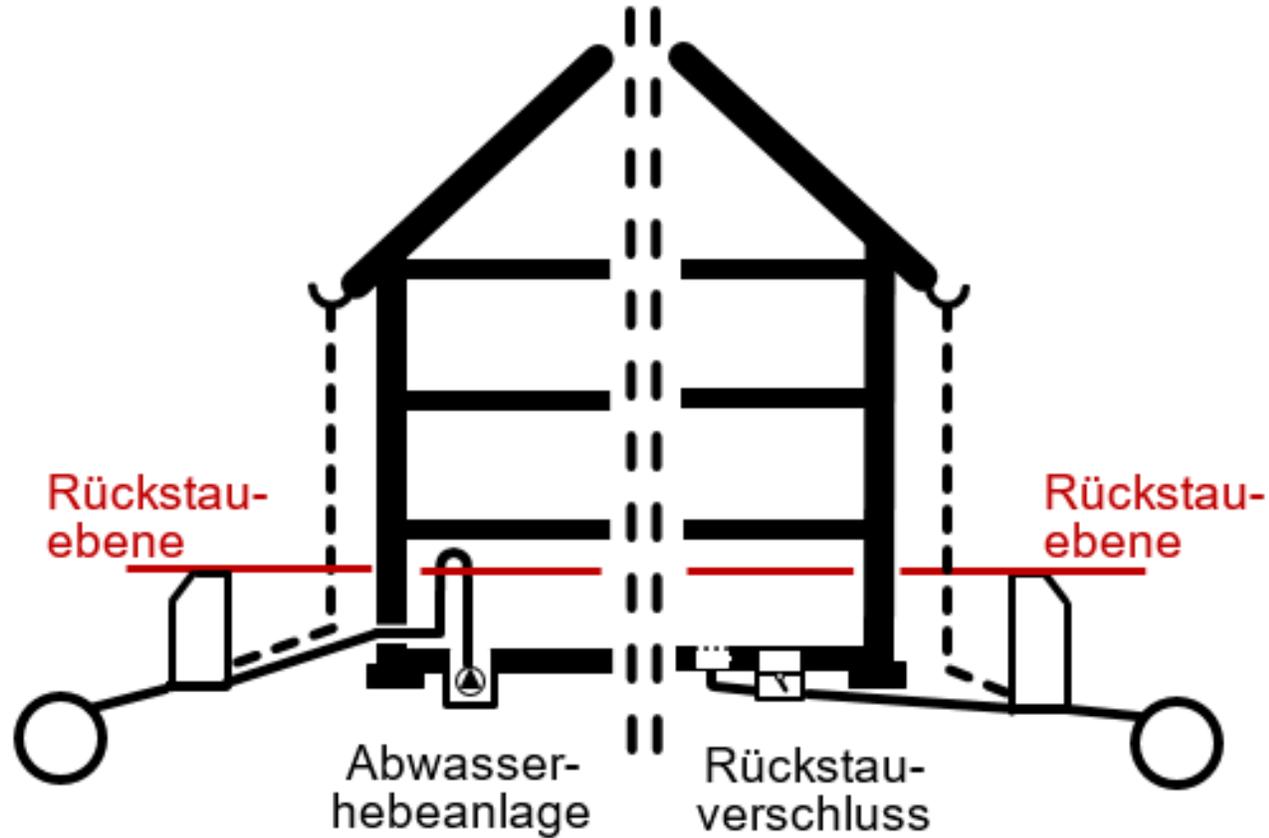


# Vorsorge im urbanen Raum



# Grundstücksentwässerung

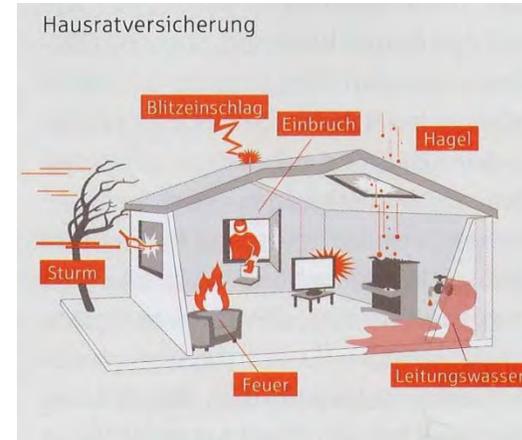
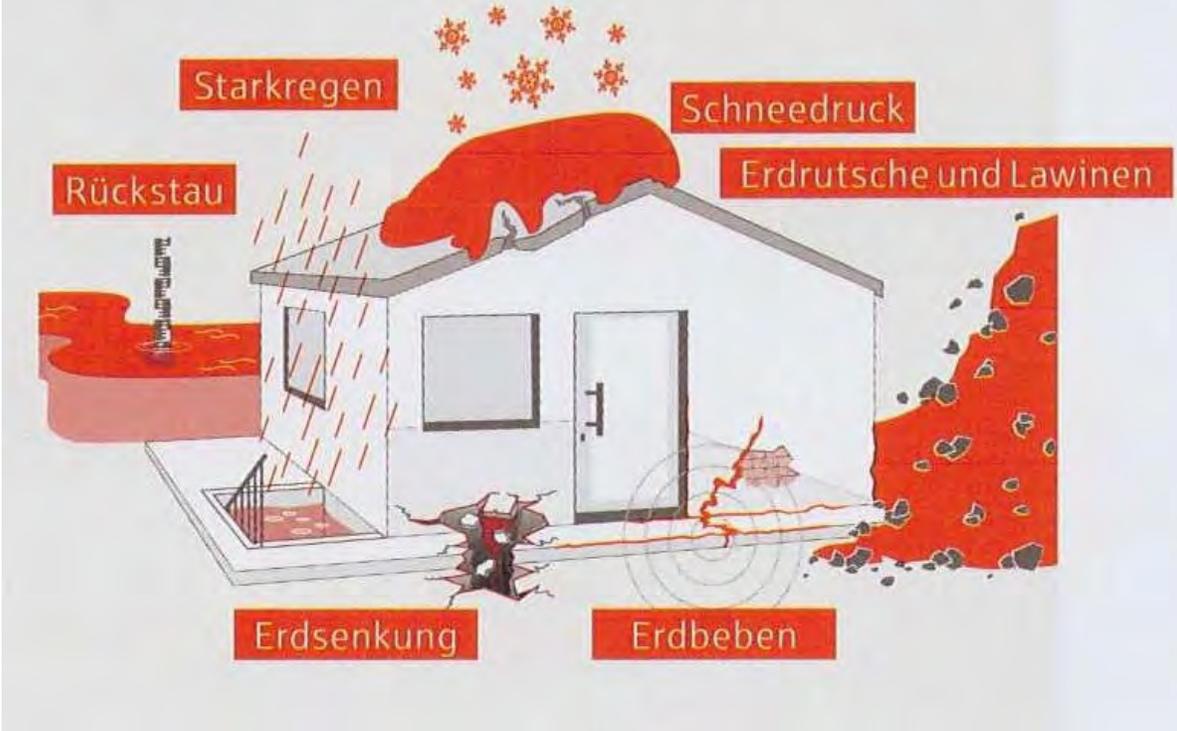
## Rückstausicherung und Grundstücksgestaltung



# Vorsorge

## Elementarschadenversicherung

Elementarschadendeckung im Rahmen  
der Wohngebäude- und Hausratversicherung



Quelle und Grafiken: GDV

Je nach Ursache und Art des beschädigten Eigentums greifen verschiedene Versicherungen. In besonders gefährdeten Regionen werden bestimmte Versicherungen überhaupt nicht mehr angeboten.

**Kosten MS 2014**

**Schäden in MS:**

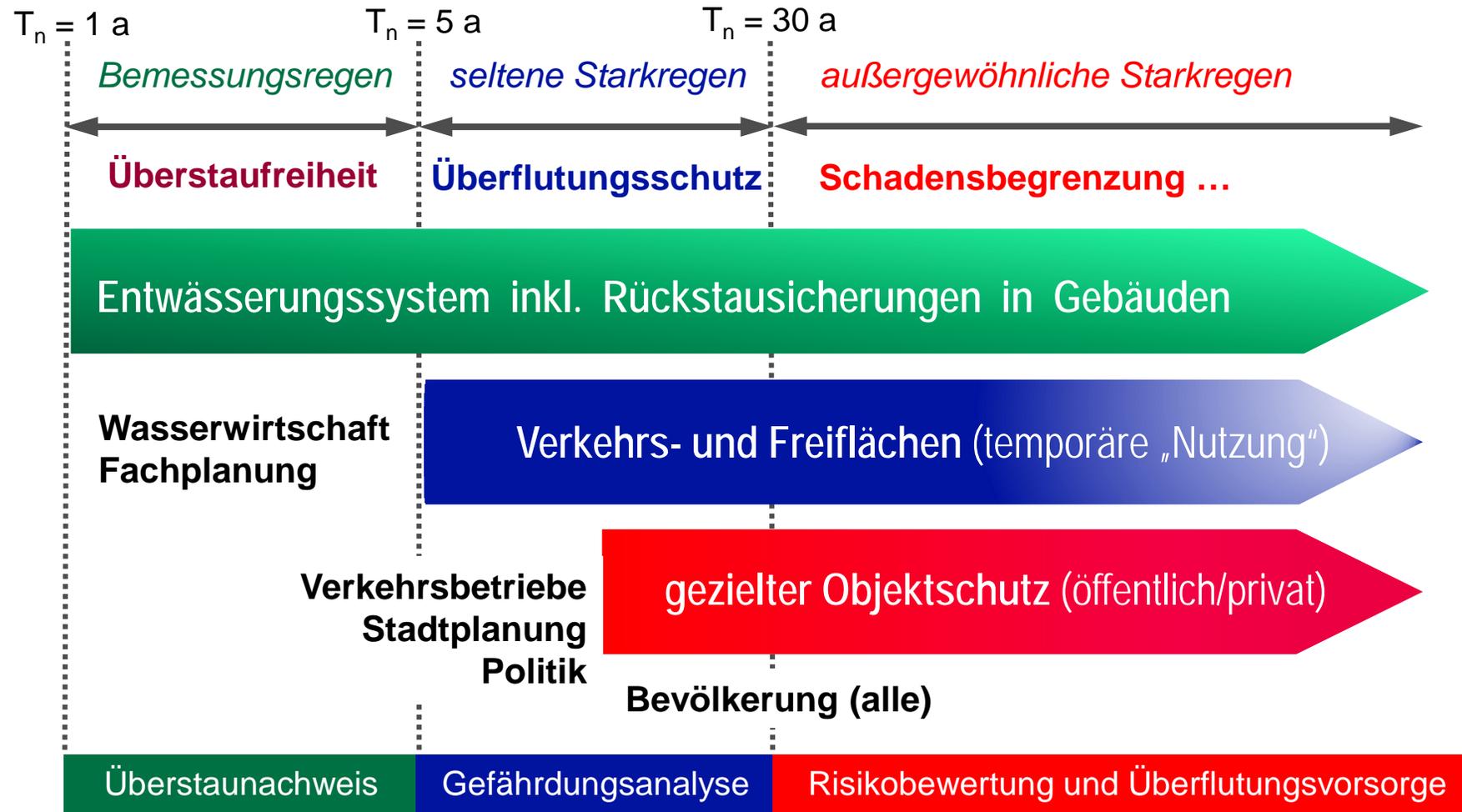
100 Mio. € reguliert

300 Mio. € insgesamt

5 000 Anträge auf  
finanzielle Soforthilfe

# Vorsorge = Gemeinschaftsaufgabe

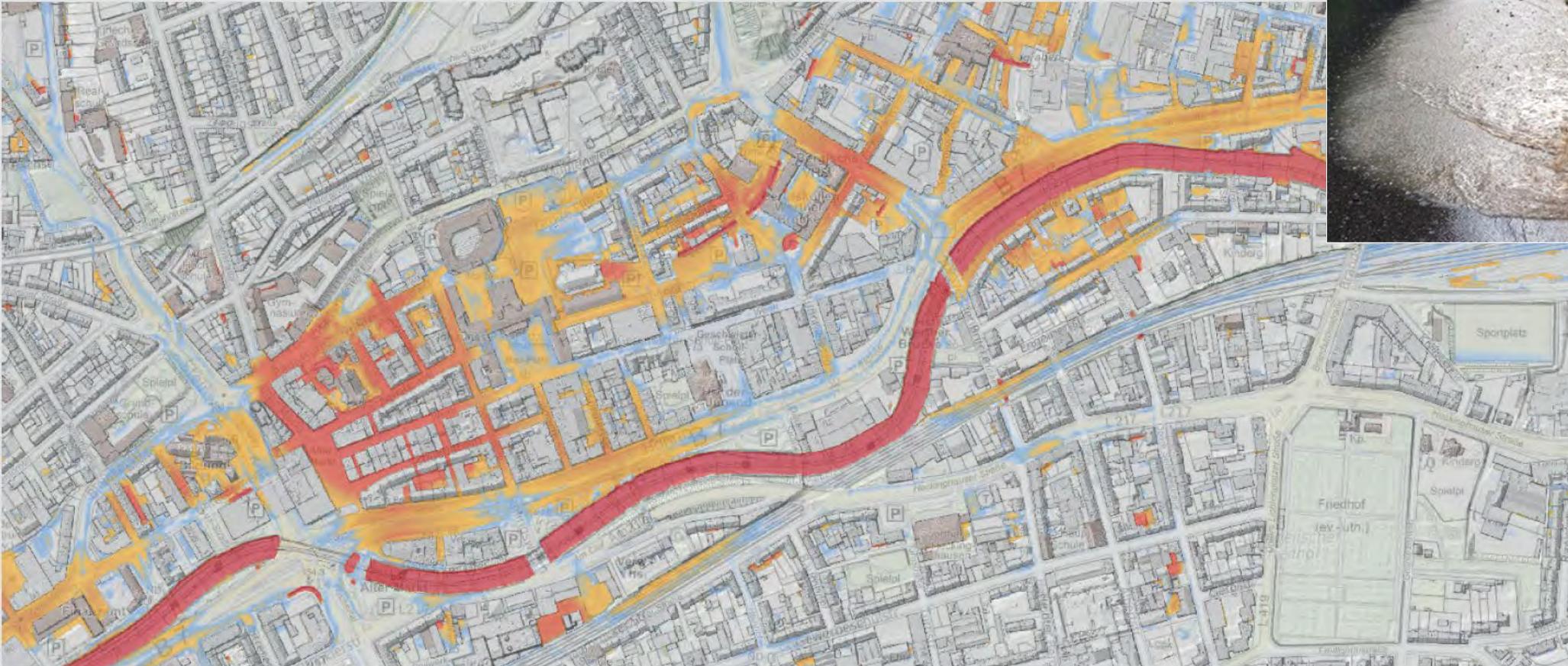
## Kommunale Überflutungsvorsorge (nach Scheid und Schmitt)



# Vorsorge und Information

## Starkregengefahrenkarte der Stadt Wuppertal

© Stadt Wuppertal - Ressorts 102 und 106



**Bild 3:** Darstellung der Überflutungsflächen mit farblicher Darstellung gefährdeter Bereiche sowie der unterschiedlichen Wassertiefen für einen Bereich des Wuppertaler Stadtgebietes



# Wasserbewusste Stadtentwicklung



# Vorsorge

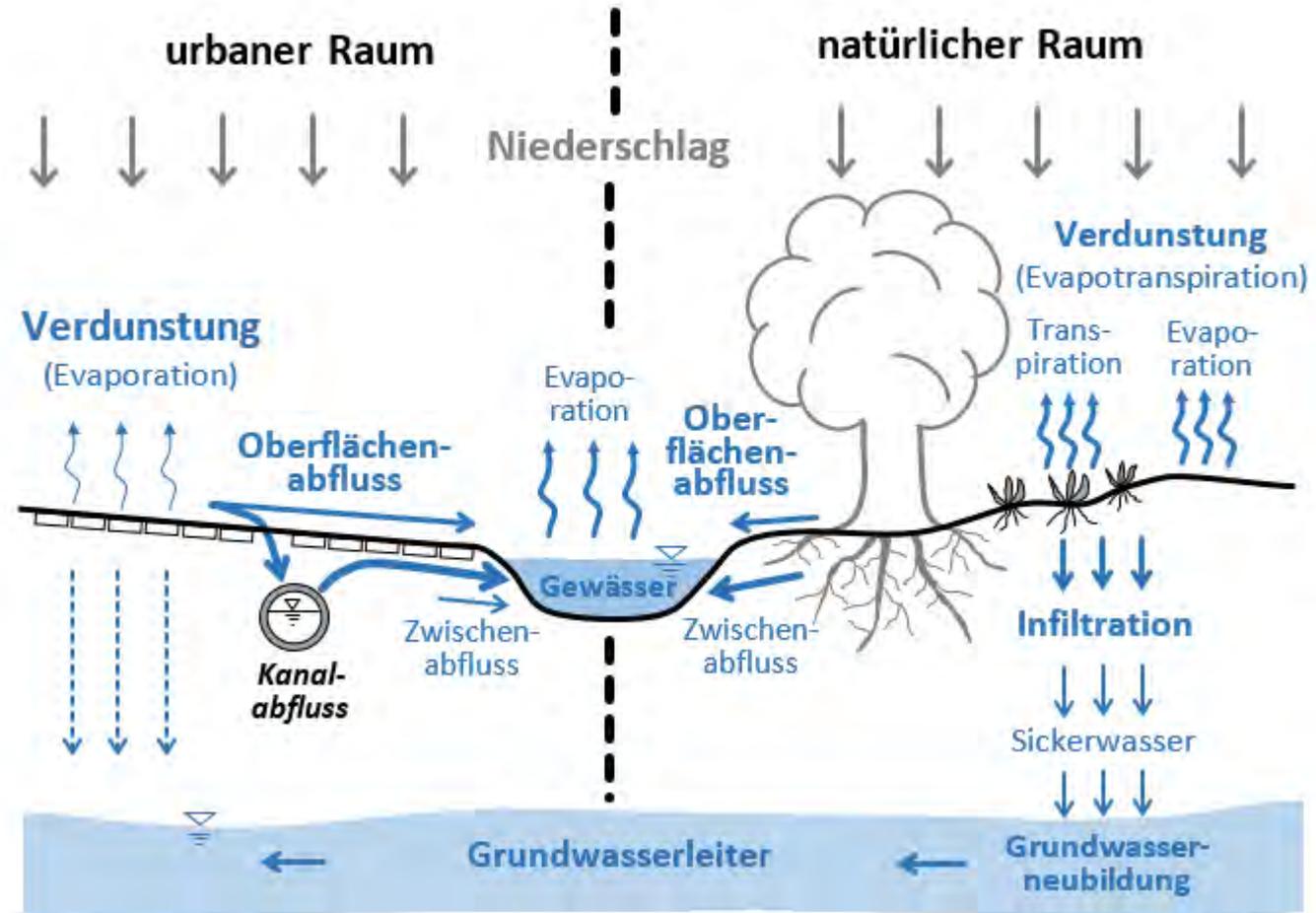
## Konzepte für urbanes Grün???



## Wasserhaushaltsgrößen und Prozesse

Vergleichende Gegenüberstellung der Prozesse und Wasserhaushaltsgrößen des lokalen Wasserhaushaltes im urbanen Raum (links) und im natürlichen Raum (rechts)

Ziel für den urbanen Raum:  
Förderung von  
**Versickerung**  
+  
**Verdunstung**



# Stadtentwicklung

## Wasserbewusst planen



Maßnahme	Wirkung		
	Reduktion des Direktabflusses	Steigerung der Grundwasserneubildung	Steigerung der Verdunstung
Wasserdurchlässige Flächenbefestigung	+	+	+
Freiflächenbegrünung	++	+	++
Regenwasserversickerung (anlagenabhängig)	++	++	o
Dachbegrünung	intensiv	+	-
	extensiv	++	-
Fassadenbegrünung	o	o	++
Baum	o	o	++
Baumrigole (ohne Wirkung des Baumes)	++	++	o
Offene Wasserflächen	stehend	+	o
	fließend	+	o
Eignung			
++ sehr gut    + gut    o wenig    - ungeeignet			

Verändert und ergänzt nach DWA-M 102



# Wasserbewusste Stadtentwicklung

## Extensives Gründach: Wirkung

Ökologische Wirkung (Ökosystemleistung)		
Wasserrückhalt (Anteil Jahresniederschlag)		30 bis 60 %
Speichervolumen (abhängig von Ausführung und Aufbauhöhe)		20 bis 50 l/m <sup>2</sup>
Verdunstungswirkung*		30 bis 60 %
Kühlwirkung (dachnah) UTCI		Ø 0,2 bis 2 °C -20 h/a
Stoff- rückhalt	Wasser	AFS 76 kg/(ha·a) Für P sogar Austrag möglich
	Luft	1,95 g/(m <sup>2</sup> ·a) EAQI-Äquivalenz-Reduktion
CO <sub>2</sub> -Bindung	73 bis 276 g C/(m <sup>2</sup> · a)	
Deckungsgrad Flora		95 %
Artendiversität (Anzahl Arten)	Flora	36
	Fauna	30
Individuendichte Fauna (Anzahl pro m <sup>2</sup> )		13 pro m <sup>2</sup>
Sozioökologische Wirkung		
Gesundheit, Psyche etc. (Ökosystemleistung)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ästhetische und psychologische Wirkung</li> <li>• Kühlende Wirkung im Gebäude und im Gebäudeumfeld</li> <li>• Umweltbewusstsein und Naturerlebnis</li> </ul>		



*UTCI-Index = Anzahl der Stunden im Jahr mit signifikanten Hitzestress*

*EAQI European Air Quality Index liefert Aussage über die Qualität der Luft abhängig von den Parametern Feinstaub (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>).*

*\* entspricht systembedingt weitgehend dem Wasserrückhalt (Verdunstung des zurückgehaltenen Wasseranteils)*



# Wasserbewusste Stadtentwicklung

## Versickerungsanlagen



# Wasserbewusste Stadtentwicklung

Ziele: Verdunstung und Versickerung

- Grüne Inseln
- Luftdurchlässige Schneisen (Luftaustausch)
- Gebäudebegrünung
- Offene erlebbare Gewässer

Parkanlagen mit rd. 2 ha führen zu eigenem kühleren Binnenklima. Kühlende Wirkung strahlt etwa 200 bis 300 m in den urbanen Bereich.

<https://dgvn.de/meldung/essen-gruene-hauptstadt-europas-2017/>



# Wasserbewusste Stadtentwicklung

## Hitzevorsorge

Begrünung zur Beschattung und Verdunstung

Anlegen offener Wasserflächen bzw. Öffnung kanalisierter Gewässer zur Unterstützung von Verdunstungsprozessen

Verminderung befestigter Flächen (Entsiegelung) und Verwendung von Baustoffen mit reduziertem Wärmeaufnahmeverhalten zur Verminderung der Wärmestrahlung



# Wasserbewusste Stadtentwicklung

## Multifunktionale Flächen (MUST Städtebau)



# Baumrigolen (BeGrüklim)



## Bewässerungskonzepte für Straßenbegleitgrün (BeGrüKlim)

- Unterstützung des natürlichen Wasserhaushaltes in eng besiedelten Räumen durch **Versickerung** und **Verdunstung**
- Reduktion von Überhitzung durch Unterstützung von Stadtgrün in beengten urbanen Räumen
- Automatisierte Bewässerung von Stadtbäumen in Trockenphasen zur Verminderung von Trockenstress und zur Reduktion des Bewässerungsaufwandes
- Reduktion von Überflutungsschäden durch zusätzliche (dezentrale) Retentionsräume in bestehenden Entwässerungssystemen zum temporären Rückhalt von Oberflächenabflüssen bei Starkregenereignissen



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit



IWARU Institut für  
Infrastruktur · Wasser ·  
Ressourcen · Umwelt



# Konzept BeGRüKlim

- 1** Bewässerungsrost
- 2** Bewässerungsspeicher
- 3** Retentionsraum
- 4** Bewässerungsnetz
- 5** Wurzelstern

- 1** Dachentwässerung
- 2** Niederschlag
- 3** Baumbewässerung
- 4** Überlauf
- 5** Versickerung
- 6** Notüberlauf



# BeGrüKlim

## Standorte



# Wasserbewusste Stadtentwicklung

## Baumrigole: FuE-Projekt BeGrüKlim



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit

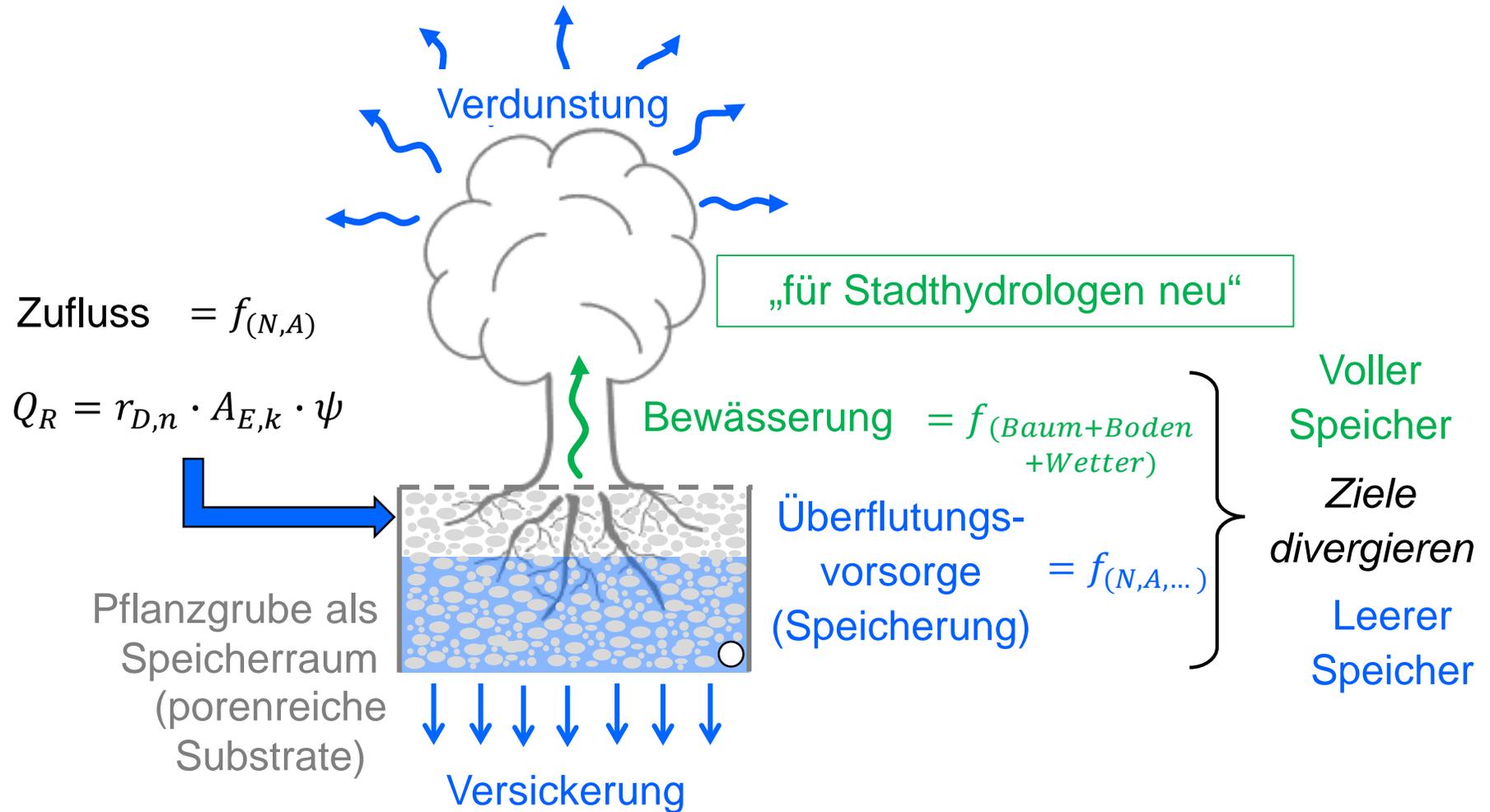


IWARU Institut für  
Infrastruktur · Wasser ·  
Ressourcen · Umwelt



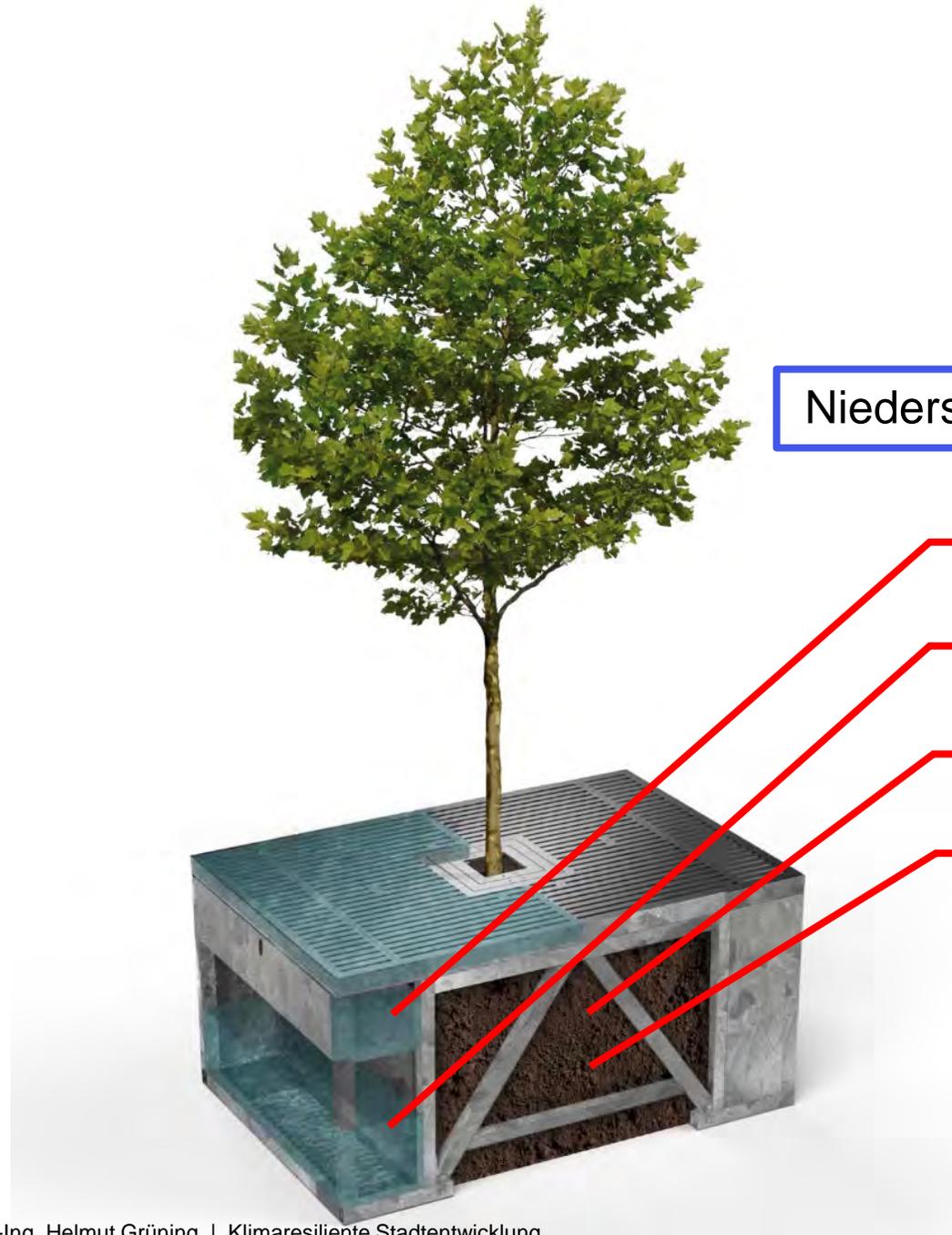
# Baumrigolen

## Neues und multifunktionales Systemelement der Stadtentwässerung



Bemessung:  
DWA-A 117  
DWA-A 138





Niederschlag

Datenspeicherung  
und -übertragung

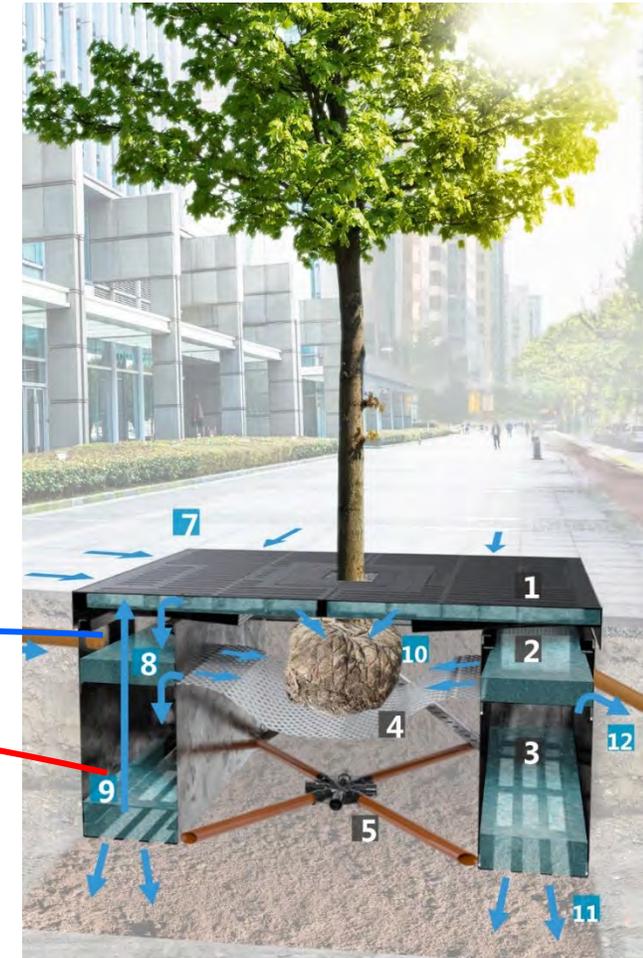
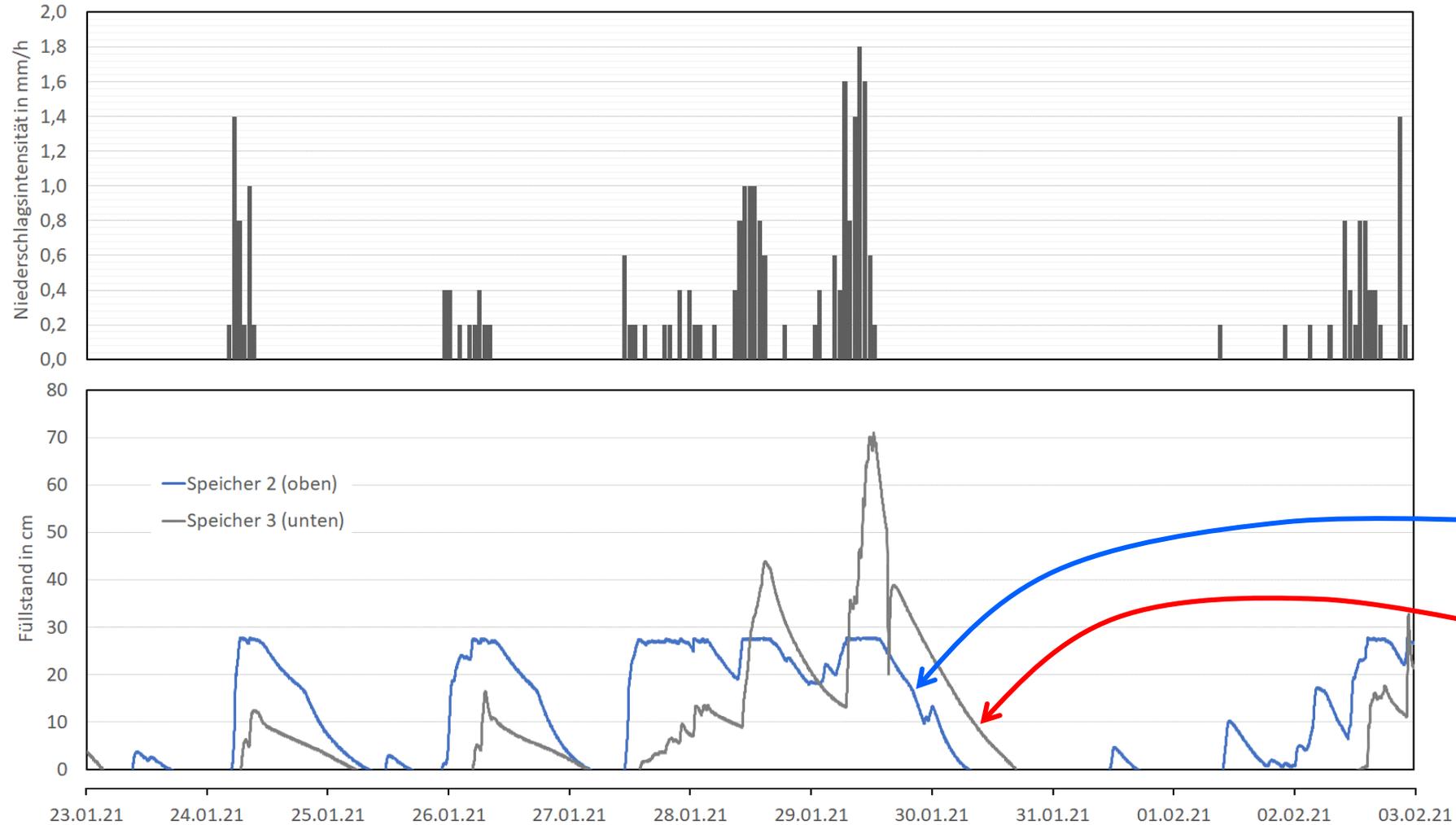
Füllstand oben

Füllstand unten

Bodenfeuchte

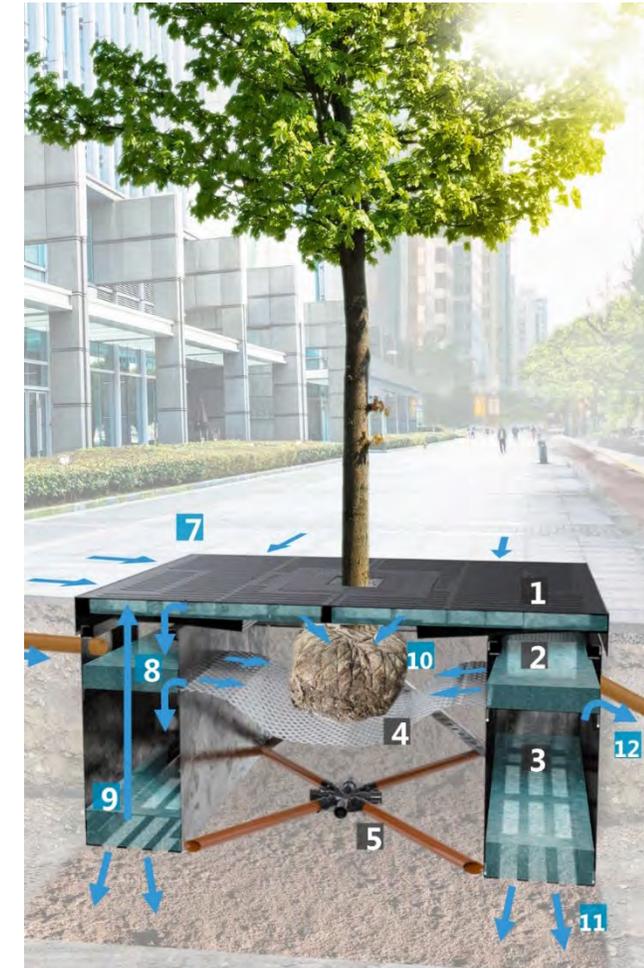
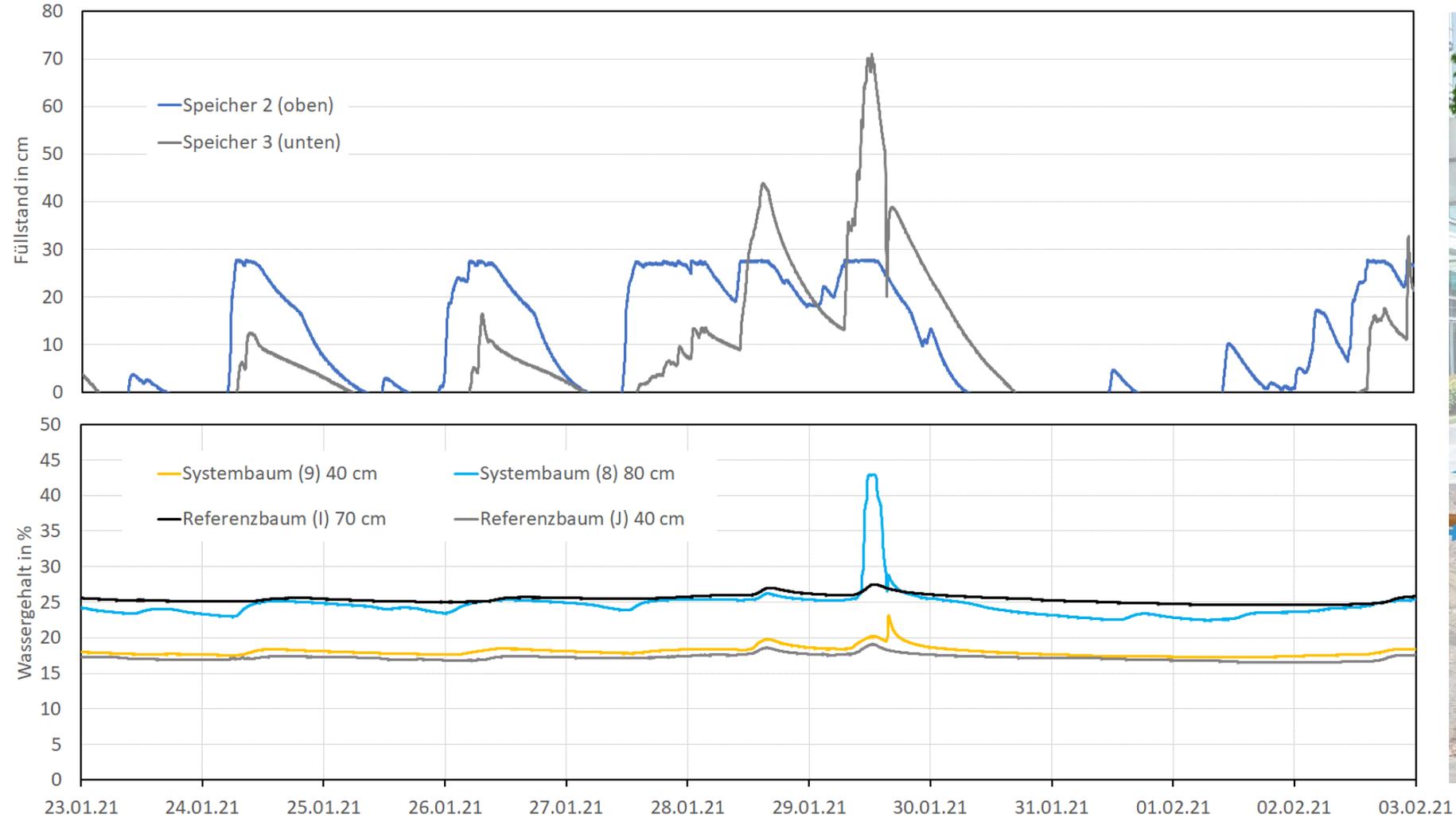
Erf. Saugspannung

## Niederschlag – Füllstand – Bodenfeuchte



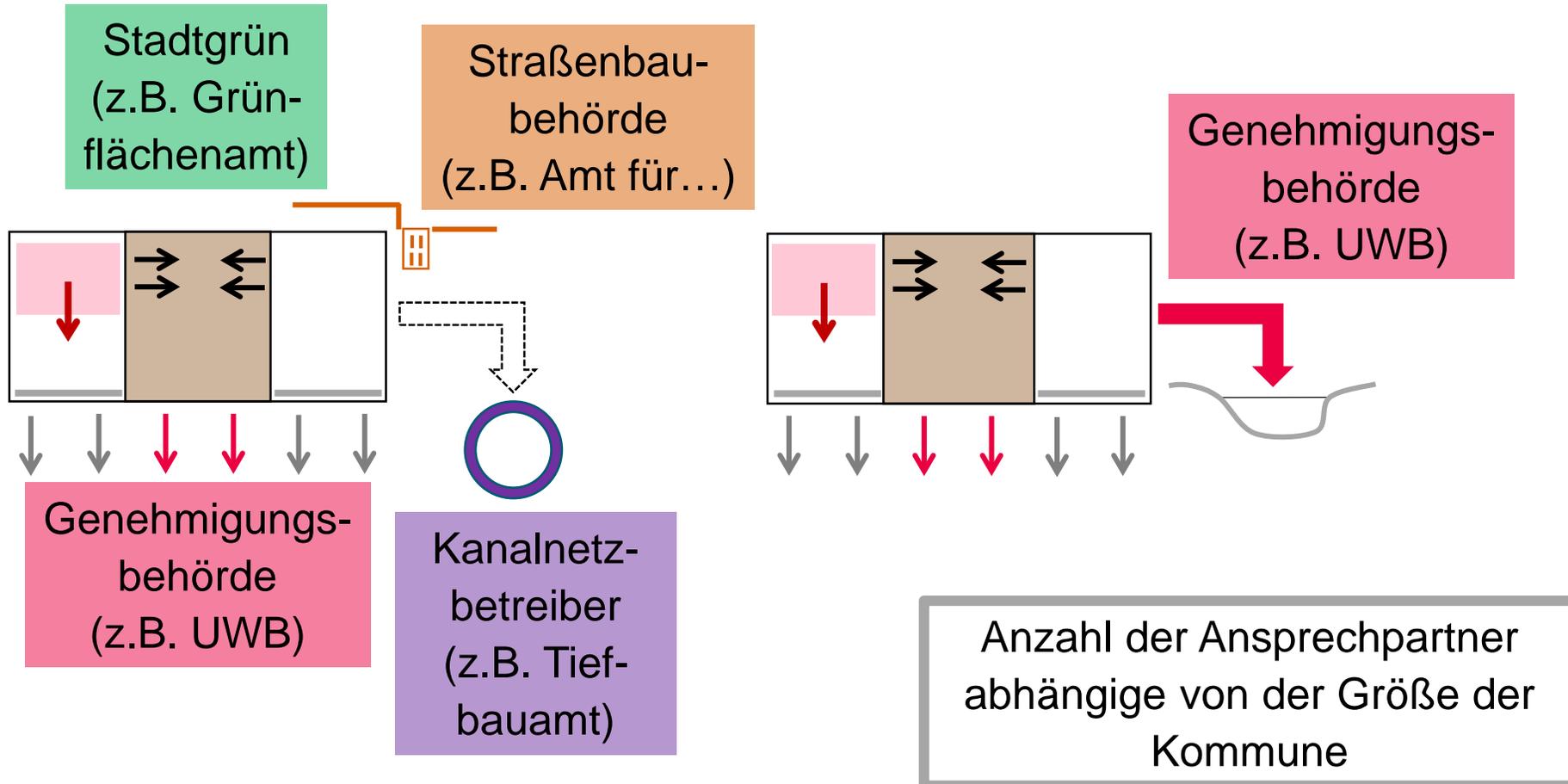
# Wasserhaushalt und urbanes Grün

## Zusammenfassung und Fazit



# Baumrigole

Zuständigkeiten: Finanzierung und Betrieb





*What we know is a drop,  
what we don't know is an ocean.  
(Sir Isaac Newton)*



# Vielen Dank!

Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning

Stegerwaldstraße 39 fon +49 (0)2551.962-163  
D-48565 Steinfurt fax +49 (0)2551.962-271

gruening@fh-muenster.de  
www.fh-muenster.de

