



Klimawandel: Hitze und Starkregen – von der Dürre bis zur Überflutung

29. Dezember 2023

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



Dürrephasen und Überflutung

Themen

1. Klima: Entwicklungen

2. Trockenheit und Hitze

3. Extremwetter: Hochwasser und Sturzfluten

4. Beispiel: Münster (2014)

5. Beispiel: Ahrtal (2021)

6. Schutz und Vorsorgemaßnahmen



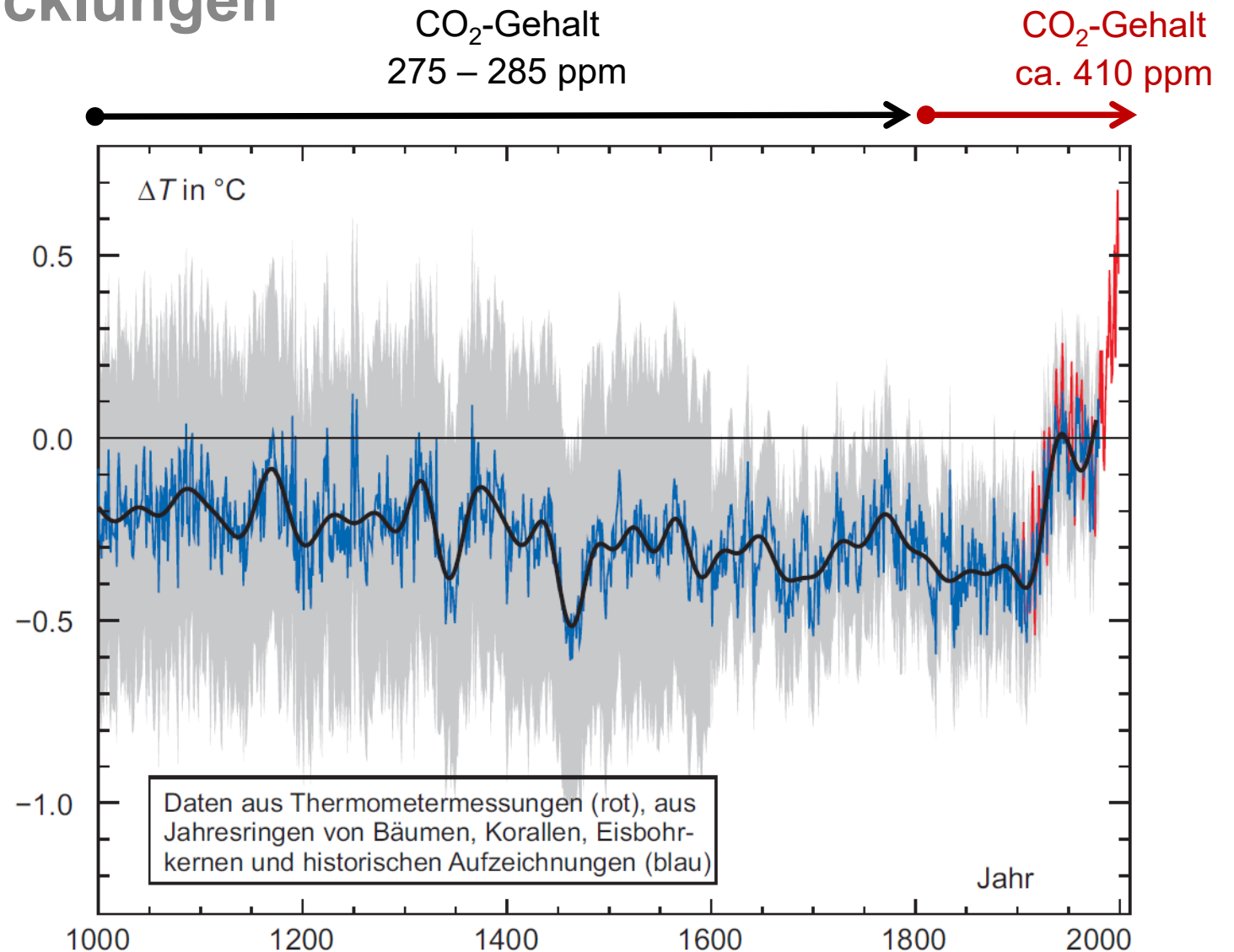
The background of the slide is a photograph of a dry, cracked landscape under a sunset sky. The ground is covered in a dense pattern of brown, polygonal cracks. In the distance, there are some green bushes and a low horizon line. The sky is a mix of blue, orange, and yellow. On the right side of the image, there are several red geometric shapes: a large triangle pointing down, a diagonal line, and a series of parallel diagonal lines at the bottom right.

Klimaentwicklung: Trockenheit und Hitze

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.



Klimaentwicklung

Treibhauseffekt

Natürlich

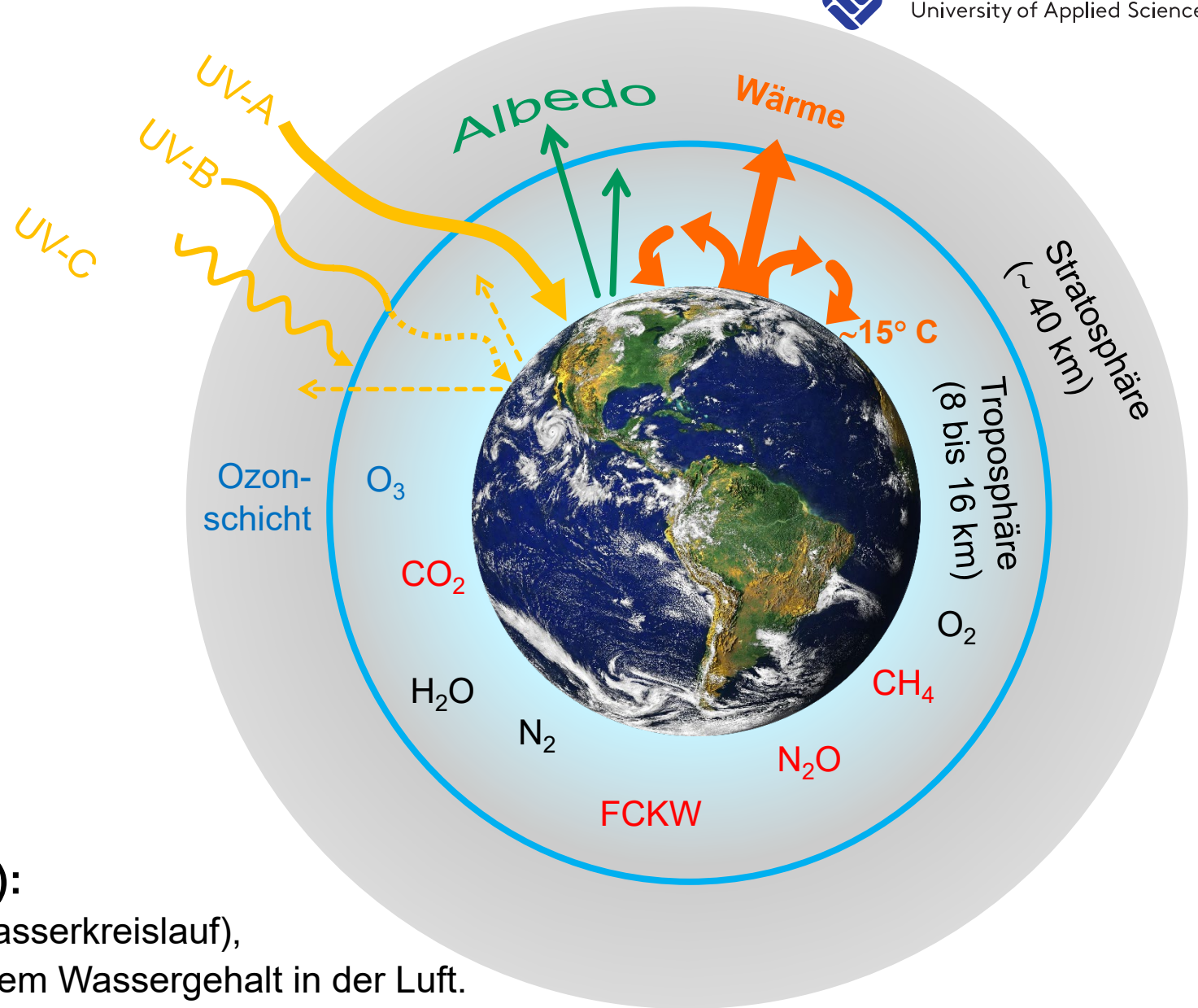
Umwandlung kurzwelliger Sonnenstrahlen in langwellige Wärmestrahlen. Rückhalt durch Treibhausgase. Dadurch Durchschnittstemperatur: + 15 °C (ansonsten – 18 °C)

Anthropogen

Steigerung des Anteils bestimmter Treibhausgase (z.B. CO₂ und CH₄). Dadurch verstärkter Wärmerückhalt.

Wasserdampf (60 % Treibhauseffekt):

Wasservorkommen insgesamt konstant (Wasserkreislauf), aber höhere Temperaturen führen zu höherem Wassergehalt in der Luft.



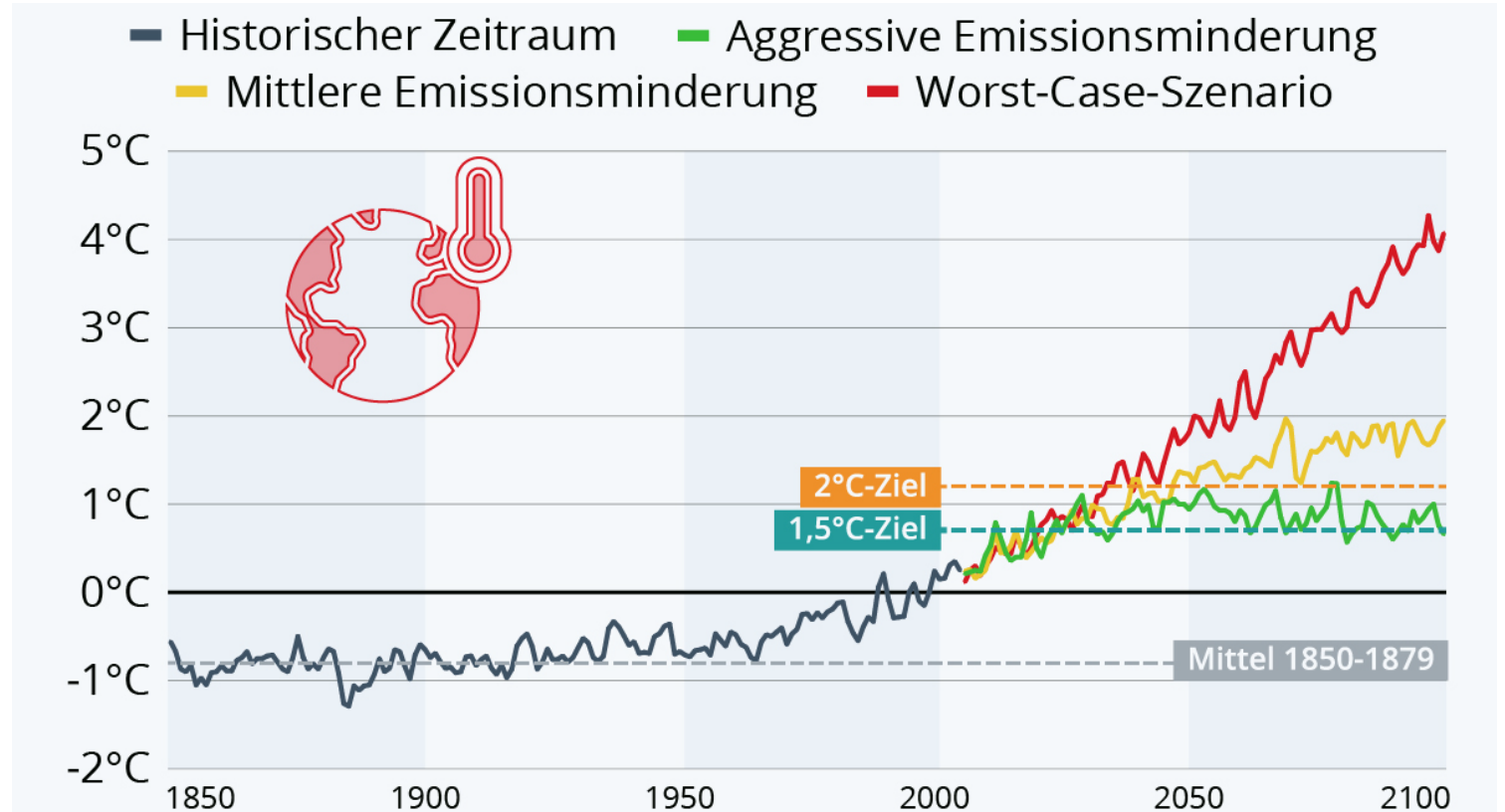
Klimaentwicklung

Temperaturschwankungen

- „Worst-Case-Szenario“: So weiter machen wie bisher.
- „Mittleres Szenario“: Politisch formulierte Zielmarke
- Aggressive Emissionsminderung: Entspricht etwa dem 1,5 °C-Klimaziel von Paris

So könnte sich das Klima aufheizen

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



Quelle: Deutsches Klimarechenzentrum



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

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

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

- Regenschauer 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**.

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).

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)

2023

wird das heißeste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen



Klimaentwicklung: Hitze

Klimasensible Erkrankungen nehmen zu

- 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.

(Studie der BKK – 2010 bis 2019)

- Psychische Erkrankungen (Zukunftsängste)
- Allergien (z.B. Verlängerung der Saison)
- Infektionskrankheiten übertragen durch Zecken, Tigermücke etc.

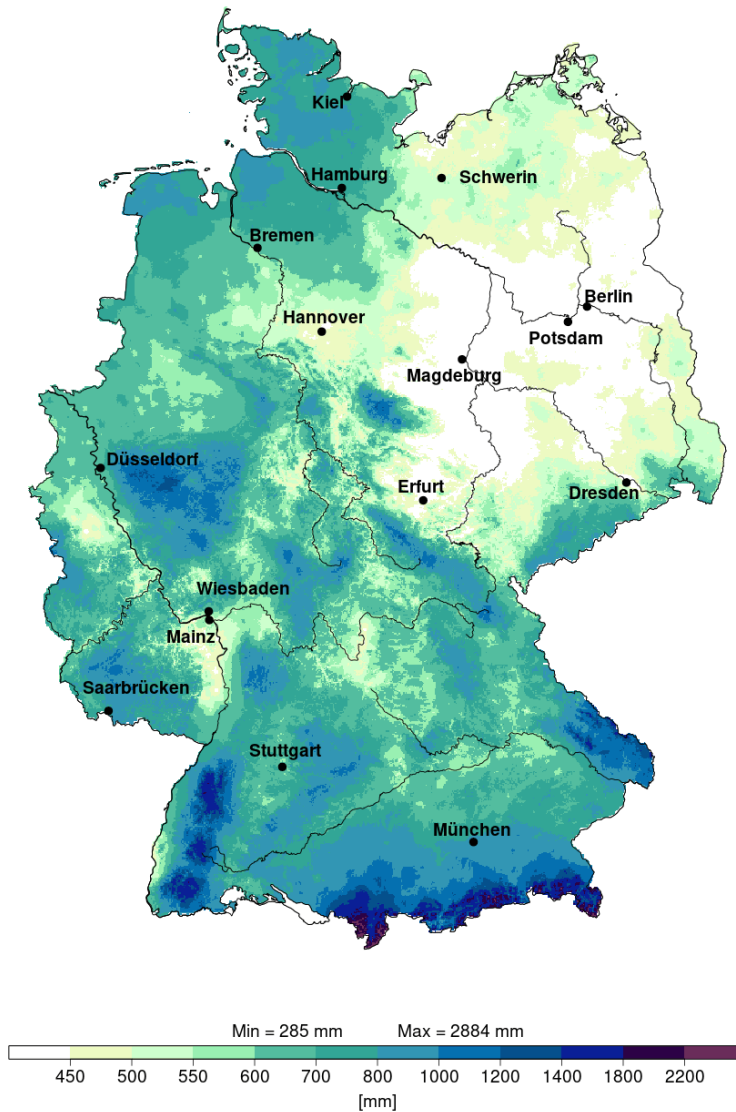


Klimaentwicklung: Hitze

Fehlender Niederschlag im ostdeutschen Raum

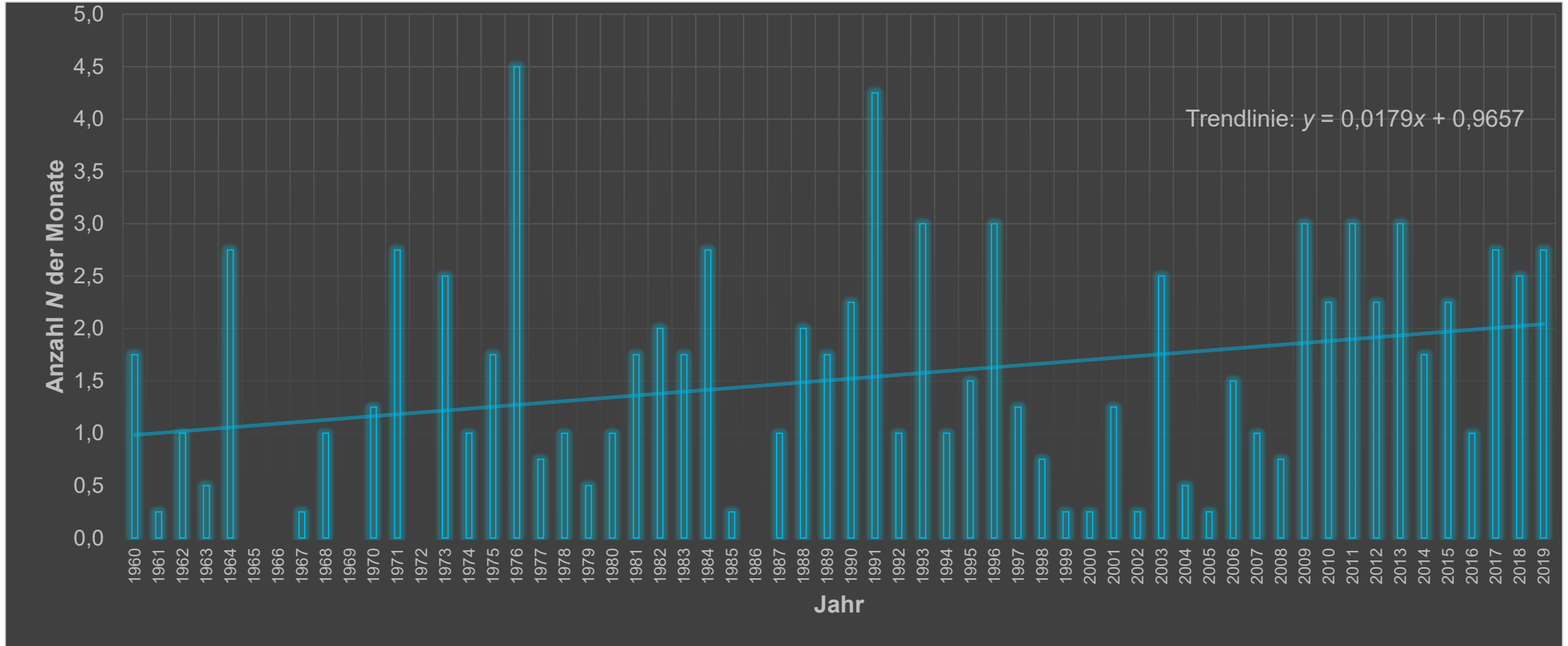
Bild rechts: Deutscher Wetterdienst 2023: Deutscher Klimaatlas
URL: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html

Juni 2023



Klimaentwicklung

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



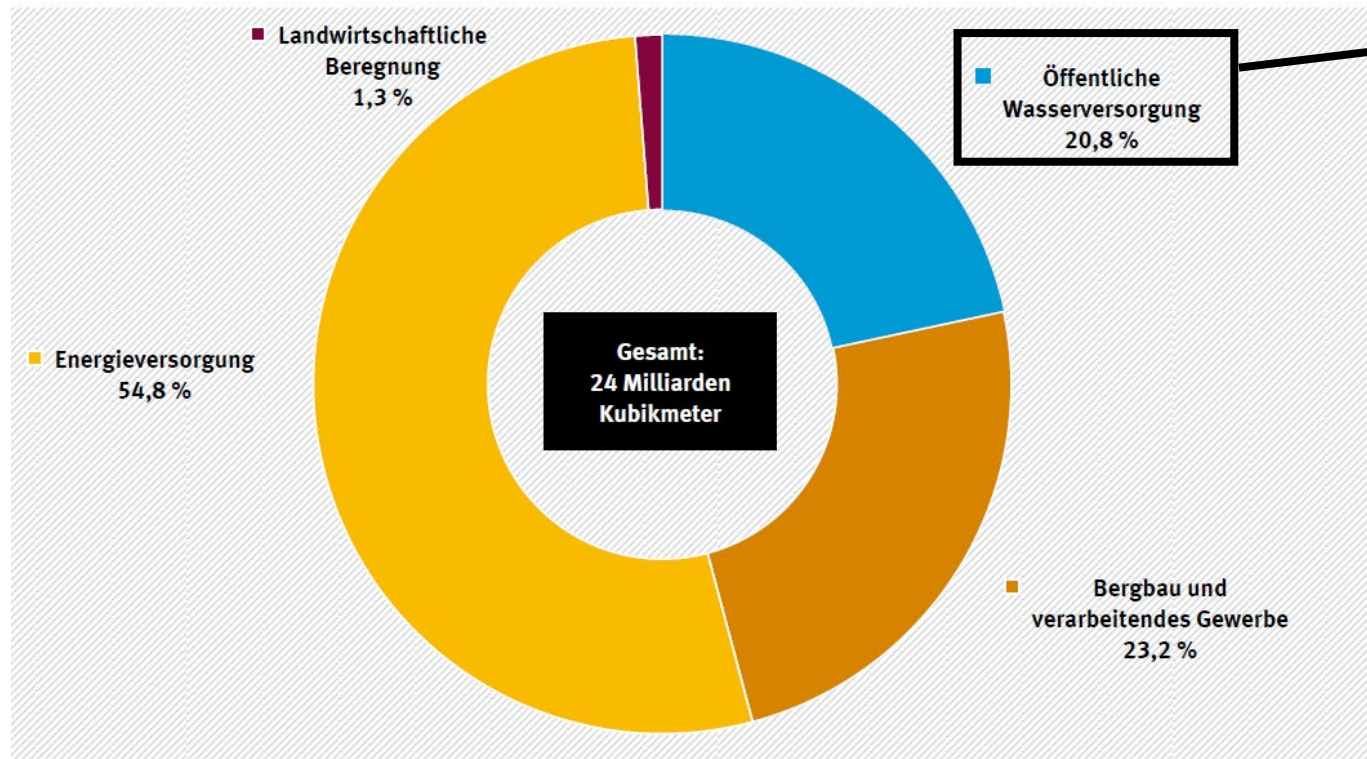
https://www.bodenkunde-projekte.hu-berlin.de/boku_online/pcboku10.agrar.hu-berlin.de/cocoon/boku/sco_6_wasserhaushalt_127cf8.html

Klimaentwicklung

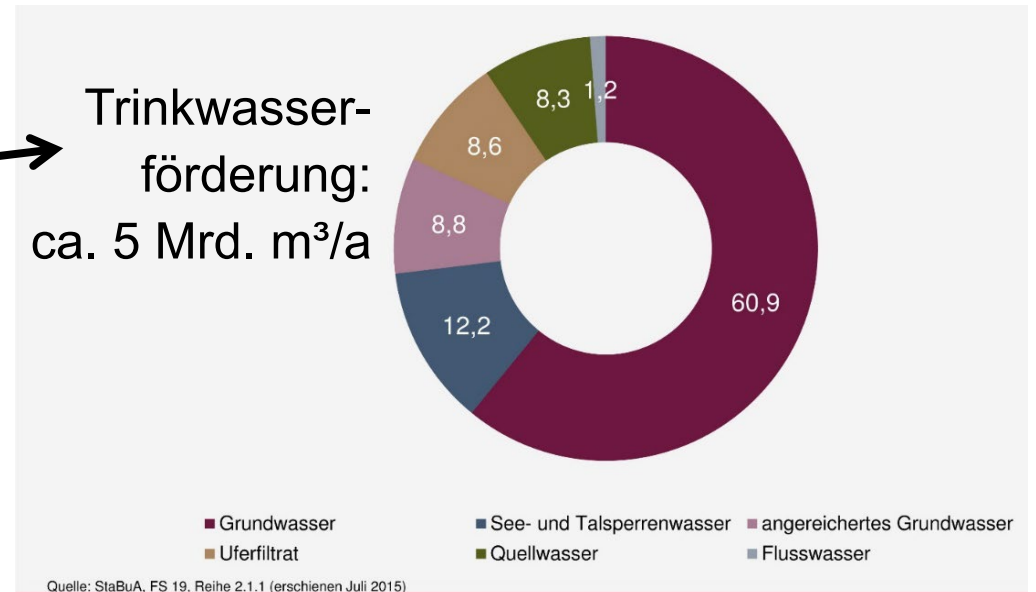
Droht Wassermangel?

Wasserdargebot BRD: 188 Mrd. m³/a

Wasserbedarf (Haushalt und Industrie): 24 Mrd. m³/a



Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, R. 2.1.1 und 2.2, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge



<https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserressourcen-ihre-nutzung#wasserreiches-deutschland>



Klimaentwicklung: Hochwasser und Sturzfluten



Bemessungsniederschlag

KOSTRA-DWD-2010R (© DWD)



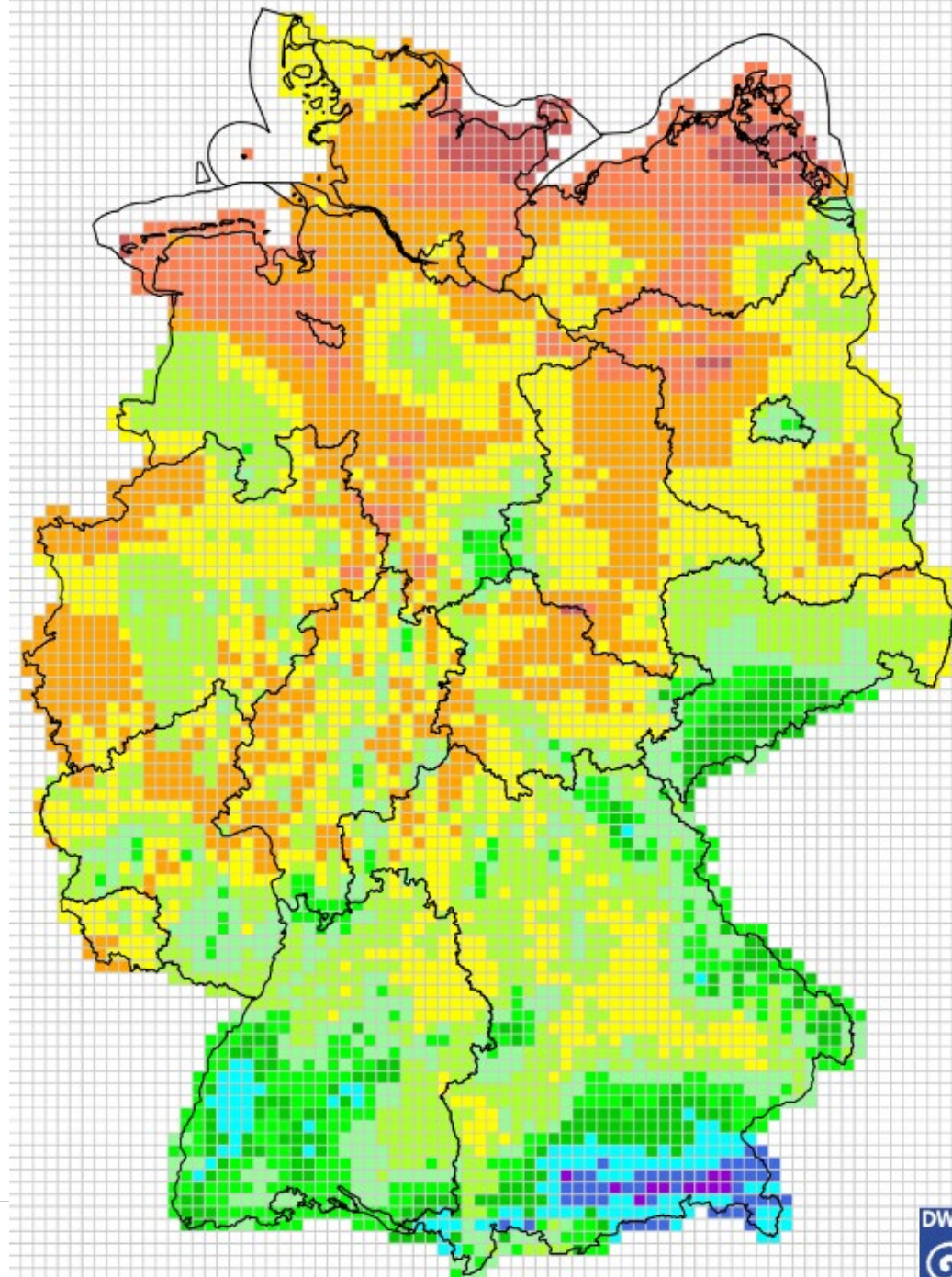
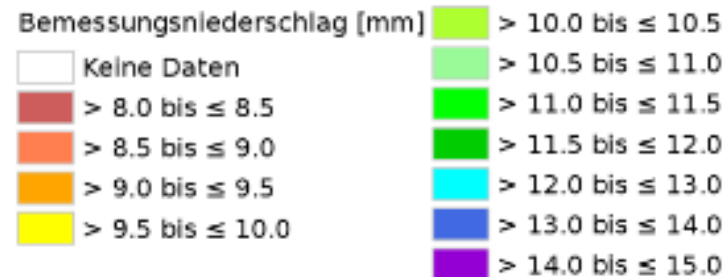
Koordinierte Starkniederschlags- regionalisierung und -auswertung

- Dauerstufen 5 min bis 72 h
- Jährlichkeiten $T = 1 \text{ a}$ bis 100 a
- Rasterfeld: rd. 67 km^2

Bemessungsniederschlag

$D = 15 \text{ min}$

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

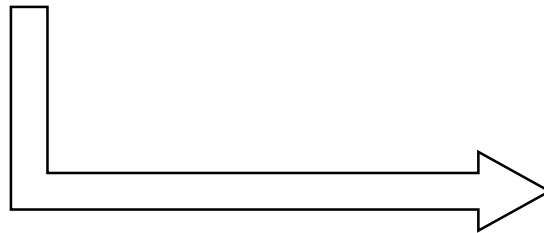


Bemessungsregen

Häufigkeit ~ Risiko

Starkregenindex (nach Schmitt)

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



DIN EN 752
„kanalindizierte Überflutungen“

Auswirkung	Beispielhafte Orte	Beispiele für Bemessungshäufigkeiten von kanalindizierten Überflutungen	
		Jährlichkeit in Jahren	Überschreitungswahrscheinlichkeit je Jahr
Sehr gering	Straßen oder offene Flächen abseits von Gebäuden	1	100 %
Gering	Agrarland (in Abhängigkeit von der Landnutzung, z. B. Weidegrund, Ackerbau)	2	50 %
Gering bis mittel	Für öffentliche Einrichtungen genutzte offene Flächen	3	30 %
Mittel	An Gebäude angrenzende Straßen oder offene Flächen	5	20 %
Mittel bis stark	Überflutungen in genutzten Gebäuden mit Ausnahme von Kellerräumen	10	10 %
Stark	Hohe Überflutungen in genutzten Kellerräumen oder Straßenunterführungen	30	3 %
Sehr stark	Kritische Infrastruktur	50	2 %

Die Jährlichkeit sollte erhöht werden (Wahrscheinlichkeiten reduziert), wo das Wasser aus Überflutungen schnell fließt.

Bei der Sanierung von bestehenden Systemen und wo das Erreichen derselben Bemessungskriterien für ein neues System übermäßige Kosten zur Folge hätte, darf ein niedrigerer Wert in Betracht gezogen werden.



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

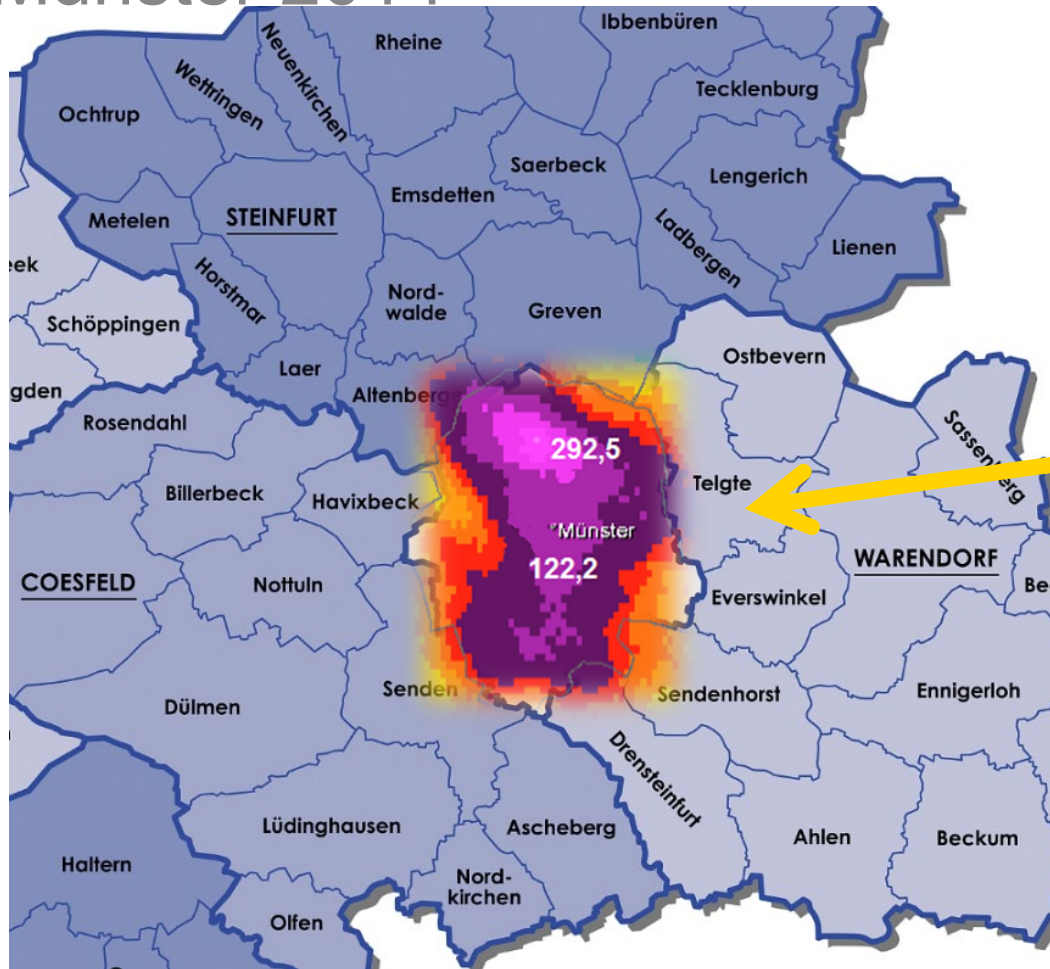
- Großräumige länger anhaltende advektive Niederschläge
- Ausuferung von Gewässern
- Großräumige Gewässereinzugsbereiche
- Schäden an Gebäuden und Infrastruktur – Todesopfer
- Weniger dynamisch – Vorwarnzeiten



Urbane Sturzflut z. B. Münster 2014

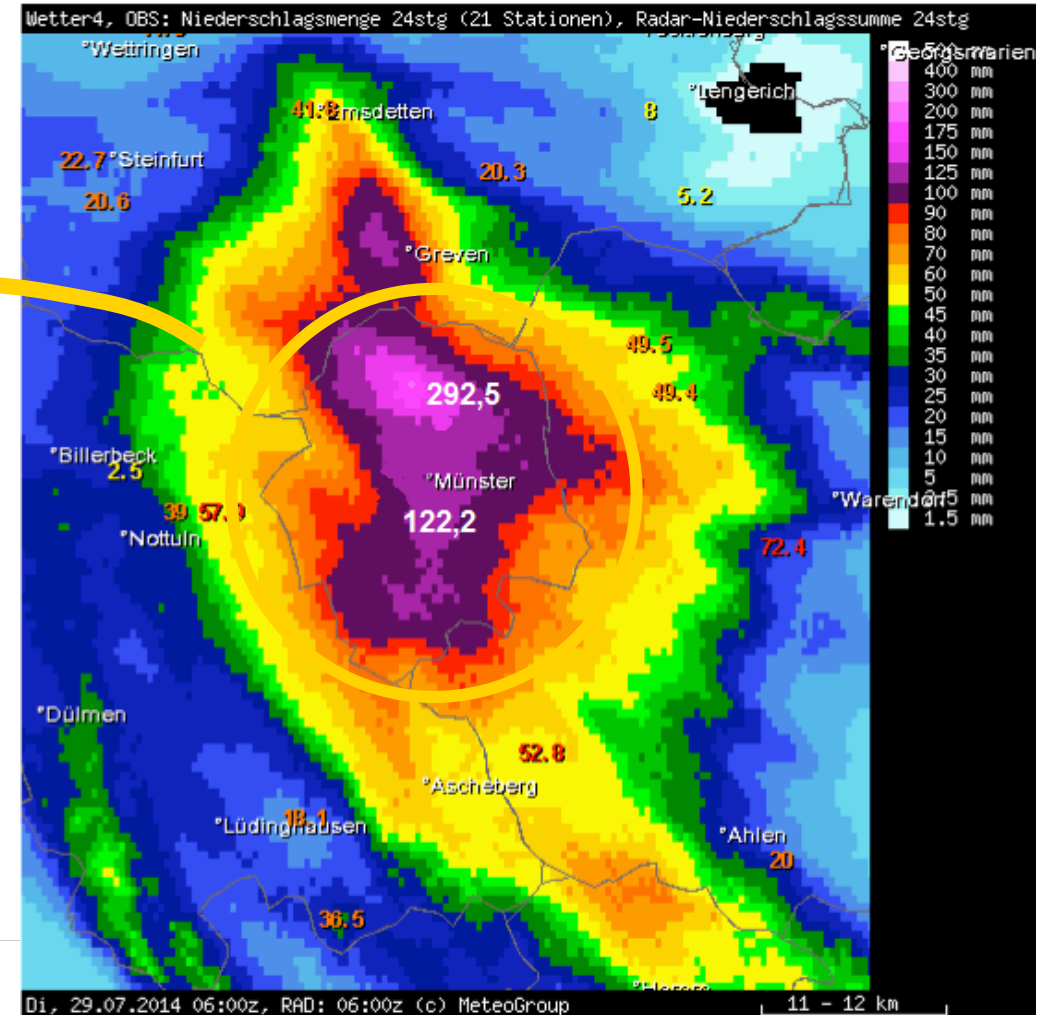
Überflutung durch urbane Sturzflut

Münster 2014



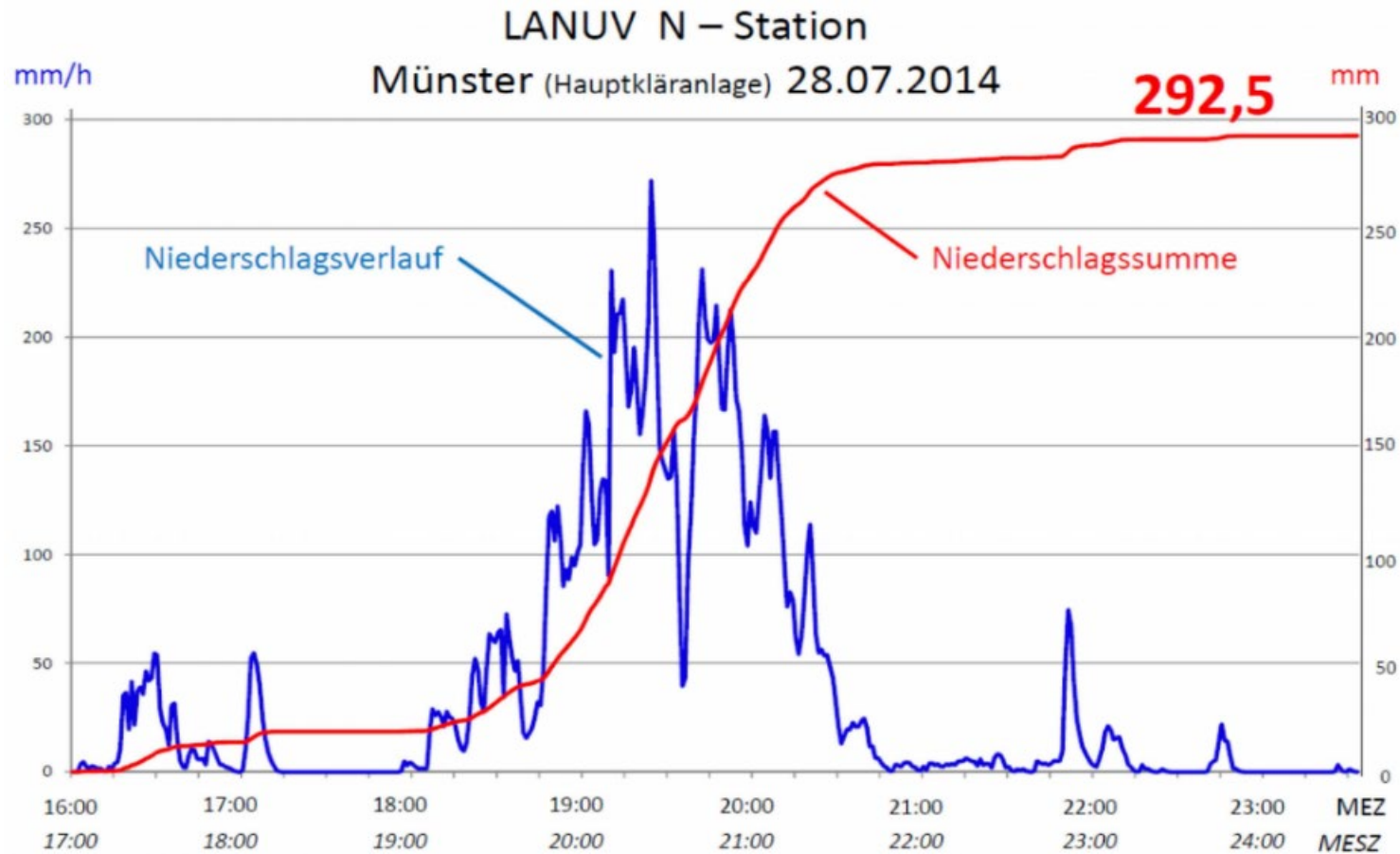
Grafik: Schwarzkopff

Bild: MeteoGroup



Überflutung durch urbane Sturzflut

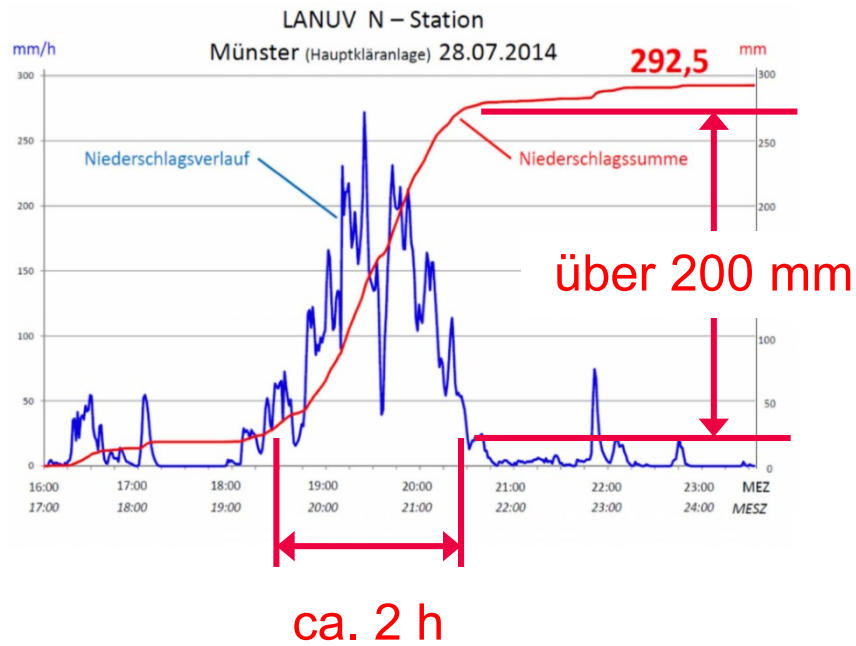
Münster 2014



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)



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

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

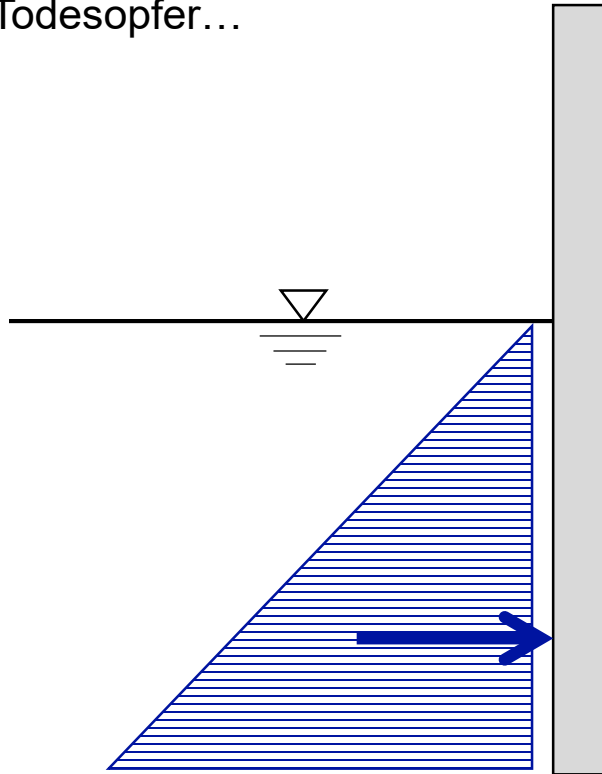
Dauerstufe D	Wiederkehrzeit T (in a)					
	1	2	5	10	30	100
5 min	164,9	221,5	296,2	352,8	442,4	540,6
10 min	131,2	168,4	217,5	254,7	313,6	378,2
15 min	108,9	138,0	176,5	205,6	251,7	302,2
30 min	72,1	91,3	116,6	135,7	166,0	199,3
60 min	43,1	55,6	72,3	84,9	104,8	126,7
2 h	24,8	32,0	41,6	48,9	60,5	73,1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

Wasser im Gebäude: Gefahr!!!

20.000 Wohnungen betroffen...

...und besonders dramatisch sind zwei
Todesopfer...



Strom-
verteilung

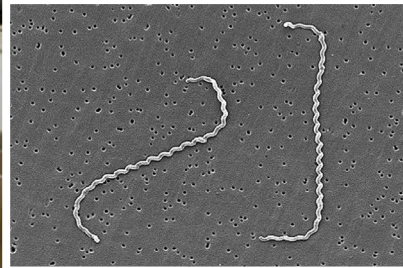
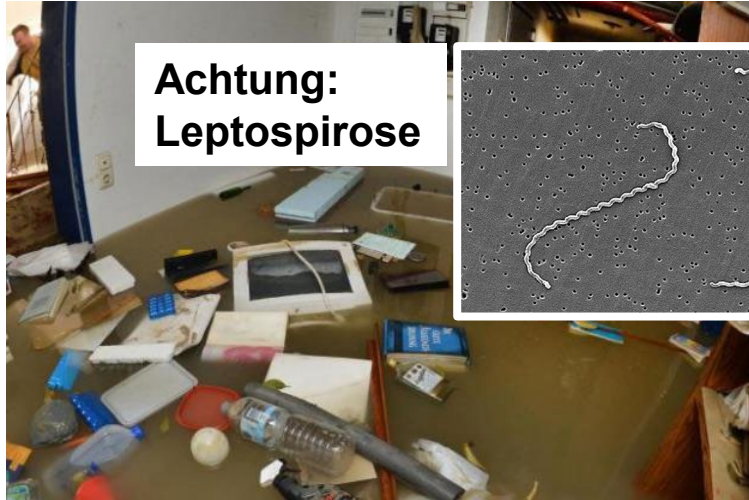


Bild: Fa. ACO

Wasserdruck

Überflutung durch urbane Sturzflut

Wasser im Gebäude – Aufräumaktion



20.000 Wohnungen betroffen und vielfach unbewohnbar

10.000 t Sperrmüll in drei Wochen (doppelt soviel wie in einem Jahr)

Hygiene



A topographic map of the Ahr region, showing elevation contours in various colors (red, orange, yellow, green, blue). Several colored blocks (red, yellow, black) are placed on the map to indicate water levels during a flood event. The map is overlaid with a blue diagonal hatched pattern in the bottom right corner.

Hochwasser Ahrtal 2021

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/m² innerhalb von 24 h.

Kühle Luft aus Frankreich



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

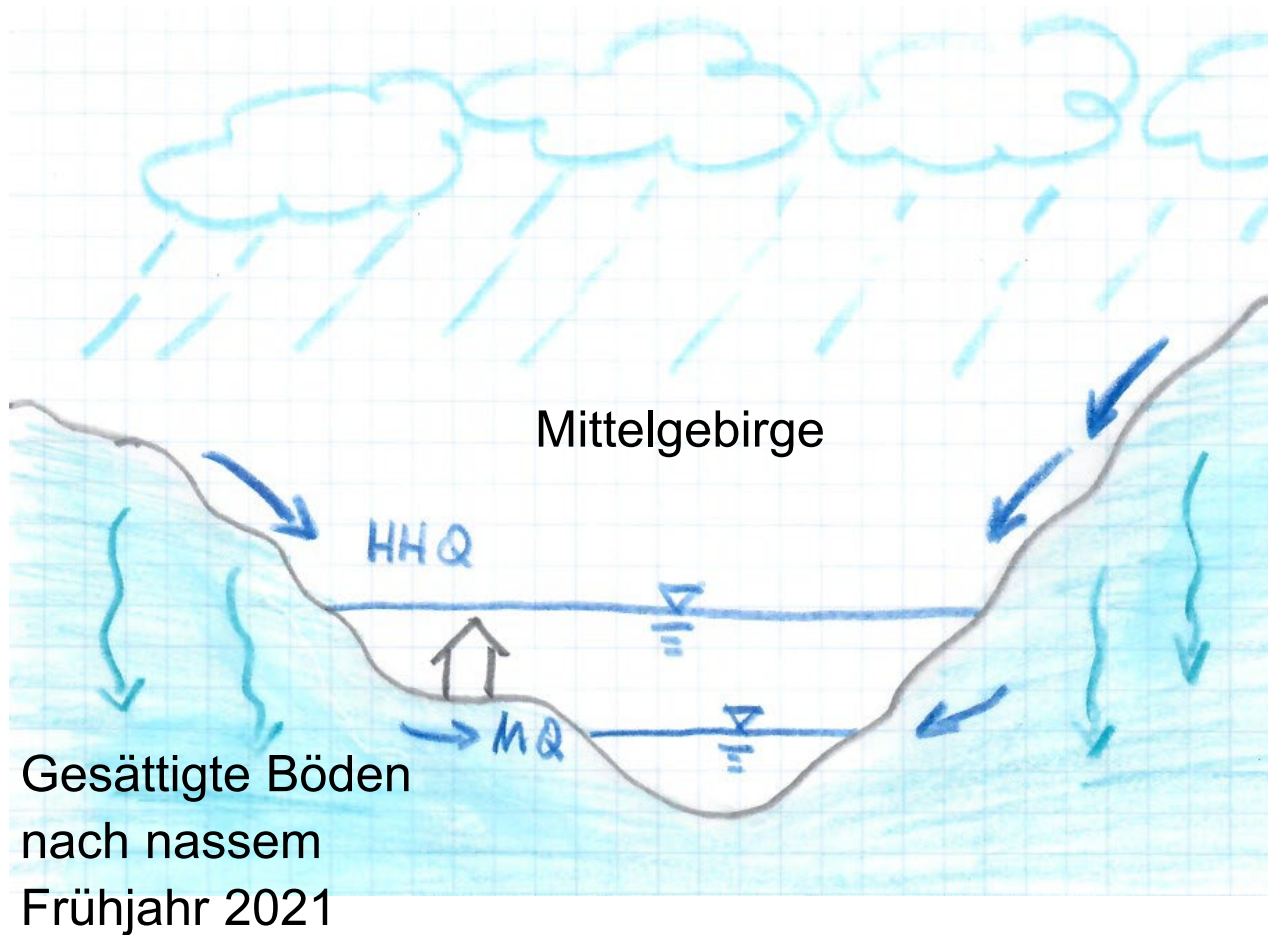
Globales Klima führt aber dazu, dass sich Tief- und Hochdruckgebiete länger an einem Ort festsetzen.

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



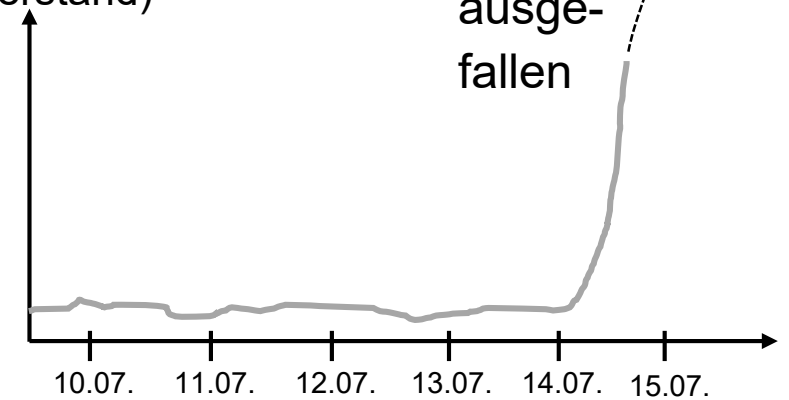
Hochwasser 2021

Geografie und Hydrologie



Pegel
(Wasserstand)

Pegel
ausge-
fallen



Hochwasser 2021

Geografie und Hydrologie

Kleinräumiges Tief am 30. Juni 2021 im Nordosten Brandenburgs:
Niederschlagsintensität von 300 l/m² (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
- Zahlreiche Brücken (Verkläusung)



Hochwasser 2021

Und nun?

Jetzt selbst gestalten! Rohdiamant bereit zum Feinschliff!

 53507 Dernau

175.000 €
Kaufpreis

120 m²
Wohnfläche

5.0
Zimmer

392 m²
Grundstücksfläche

Diese 1932 erbaute Doppelhaushälfte versprüht einen angenehmen Charme. Leider verursachte das Hochwasser im Juli 2021 einen Schaden. **Das gesamte Keller-, Erd- und Obergeschoss wurde überflutet und muss entsprechend saniert werden.**

Hier haben nun Handwerker und handwerklich begabte die Möglichkeit, am Wiederaufbau dieser schönen Doppelhaushälfte mitzuwirken und Ihr ein neues Innenleben zu geben.





Michael Kemper/EGLV

„Schutz“ vor Hochwasser



Hochwasser

Rückhalteräume: Hochwasserrückhaltebecken (HRB)



Überflutungsvorsorge

Regenrückhalteraum: Der Aasee



Presseamt Münster/Bernhard Fischer

Fläche: ca. 40 ha

Volumen: ca. 740.000 m³

Max. Tiefe: 2 m (flach...)

Multifunktionaler Nutzen:

- Fischzucht (Idee ehem. Zoodirektor)
- Sportliche Nutzung/Freizeit
- Naherholung
- Klimawirkung (Verdunstungskühlung)
- Regenrückhaltung!

Wasserbewusste Stadtentwicklung

Gewässer und Hochwasservorsorge

Maßnahmen: Fließwiderstände (hydraulische Verluste) analysieren und möglichst beseitigen.

Beispiele:

- Brücken (Verklausungen)
- Kanalisierte Abschnitte (Übergang offener in geschlossenen Bereich)
- Gebäude im Gewässerquerschnitt
- Seitliche Einläufe/ Zuflüsse

Engstellen und Turbulenzen



Platz und Entwicklungen

Trocken fallende
Gewässer

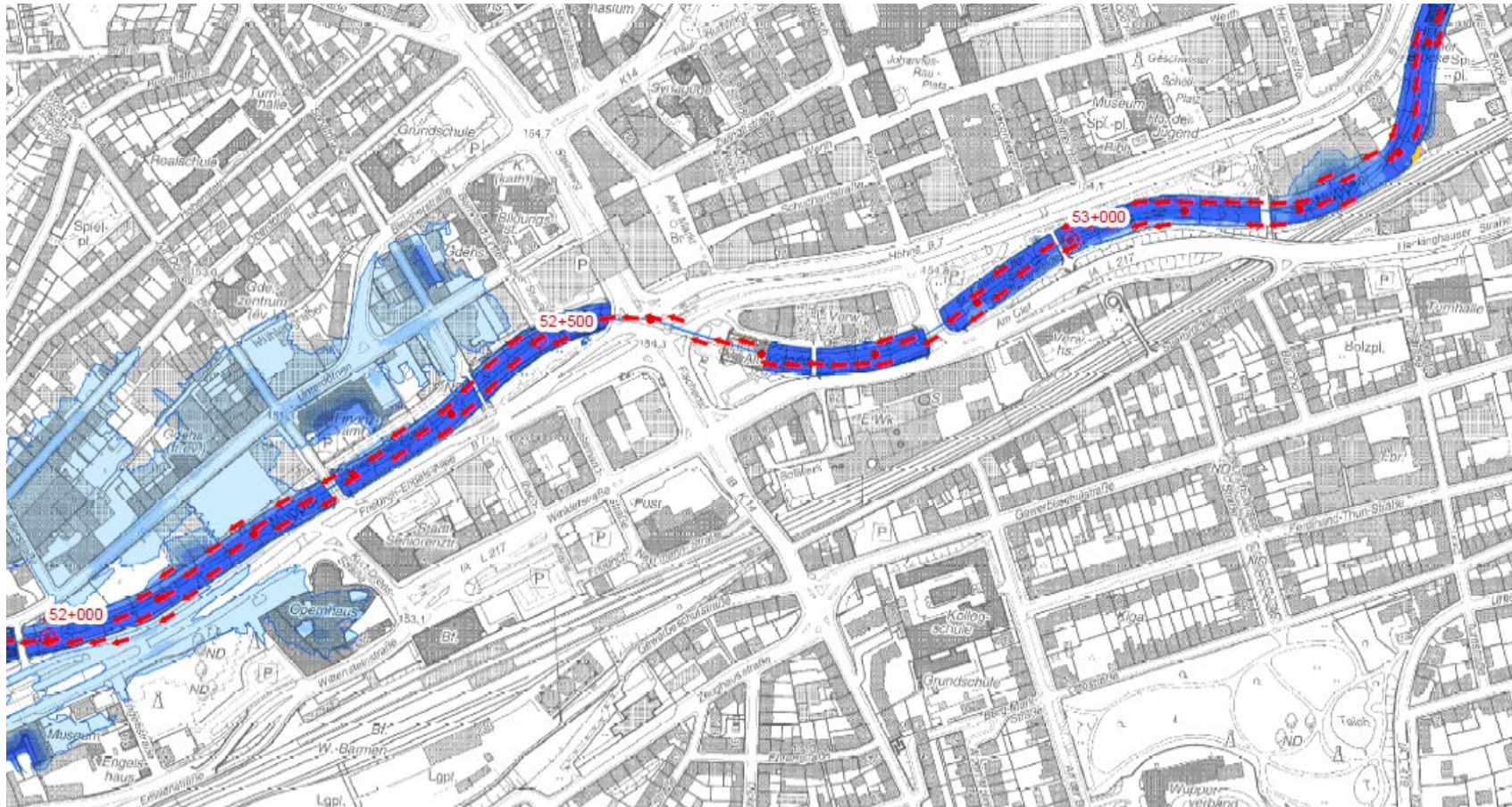


Beengter Abfluss-
querschnitt



Vorsorge und Information

Hochwassergefahrenkarten (Bezirksregierung Düsseldorf)



Keine kritische Infra-
struktur in überflutungs-
gefährdete Bereiche!

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_{extrem})

Maßstab 1 : 5.000

11/2019

Kartenblatt 14/18

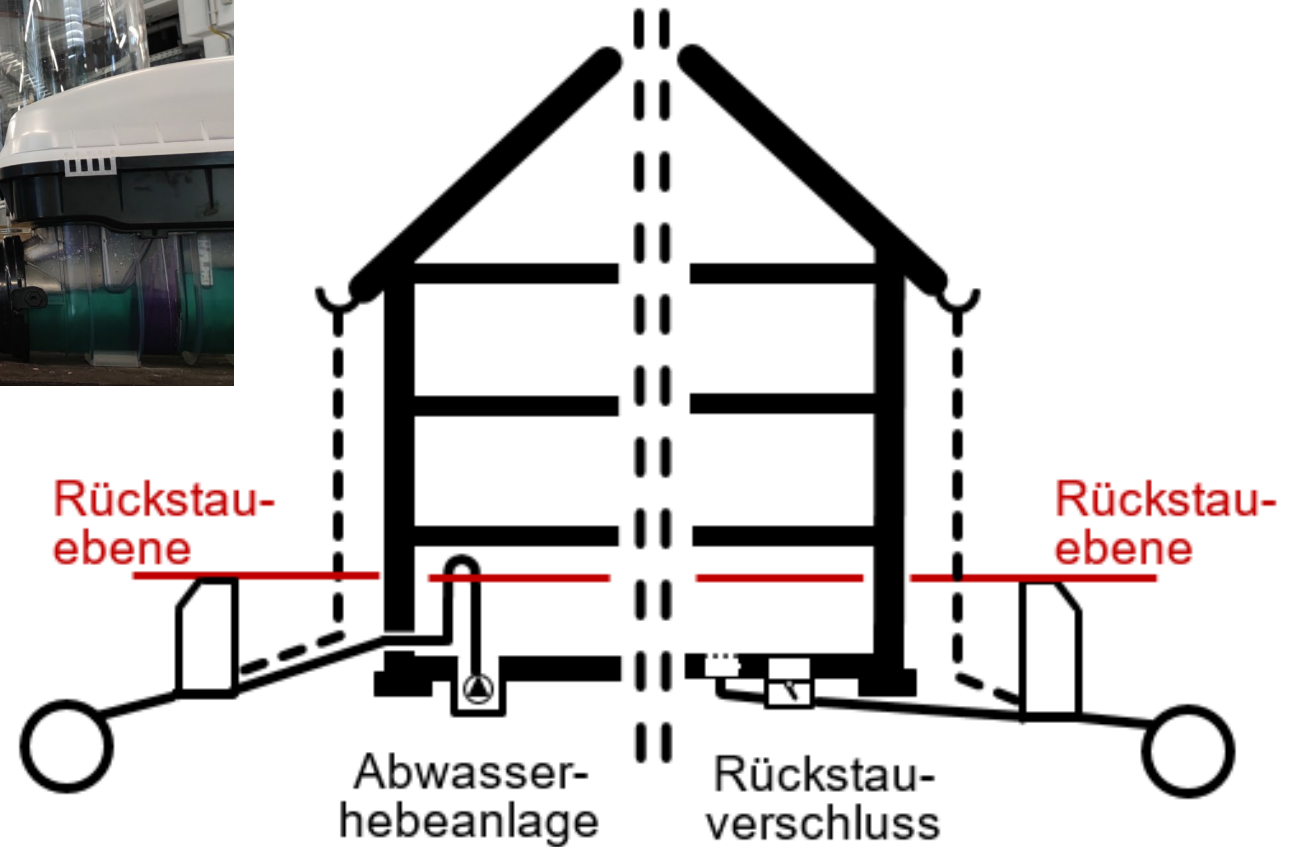


Vorsorge im urbanen Raum



Grundstücksentwässerung

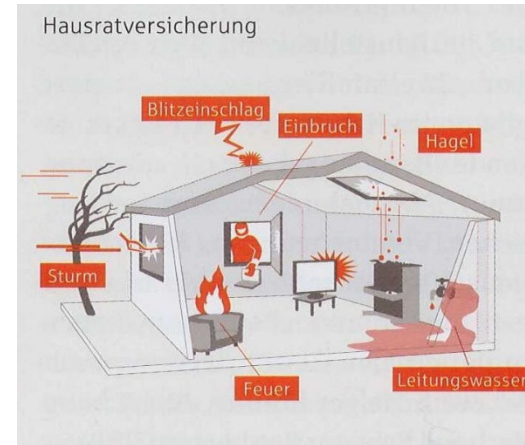
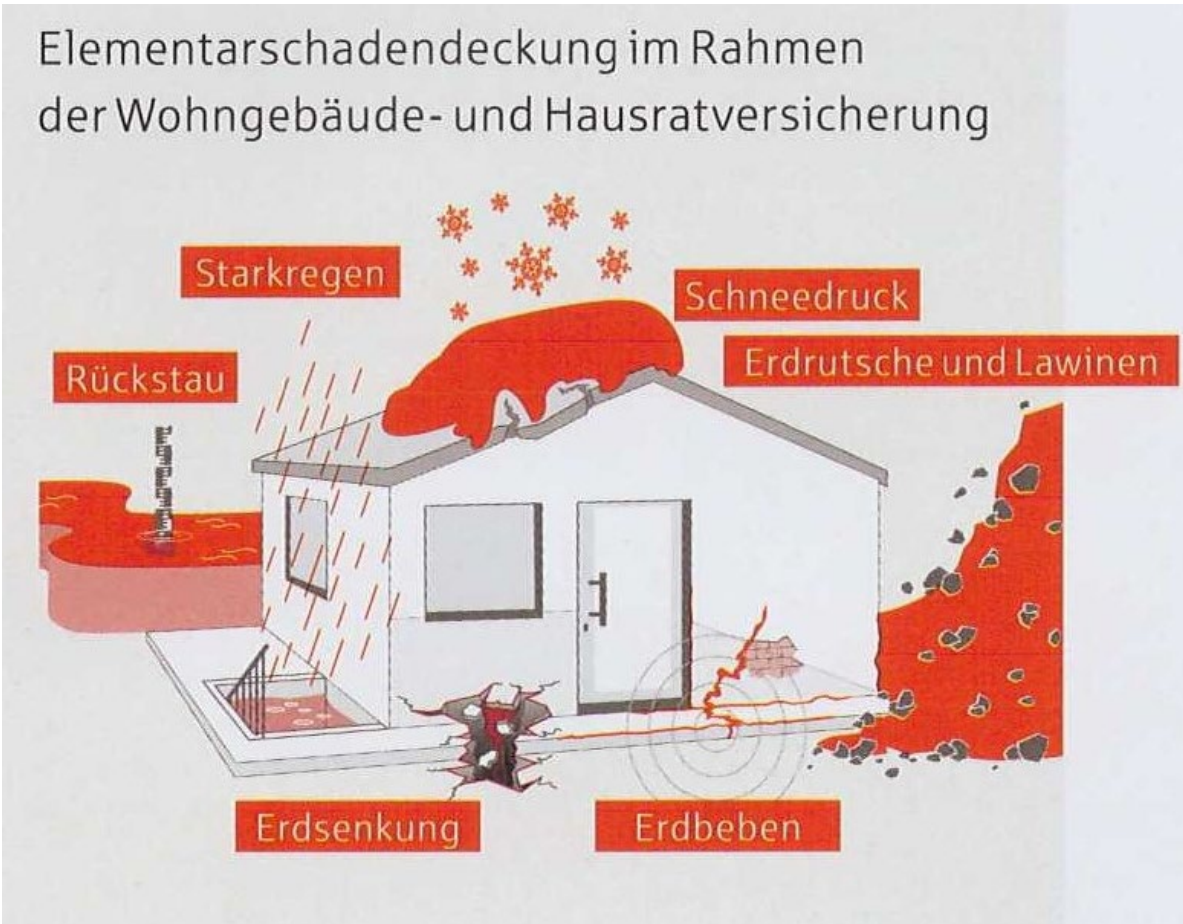
Rückstausicherung und Grundstücksgestaltung



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 (DWA-M 119)





Wasserbewusste Stadtentwicklung



Vorsorge

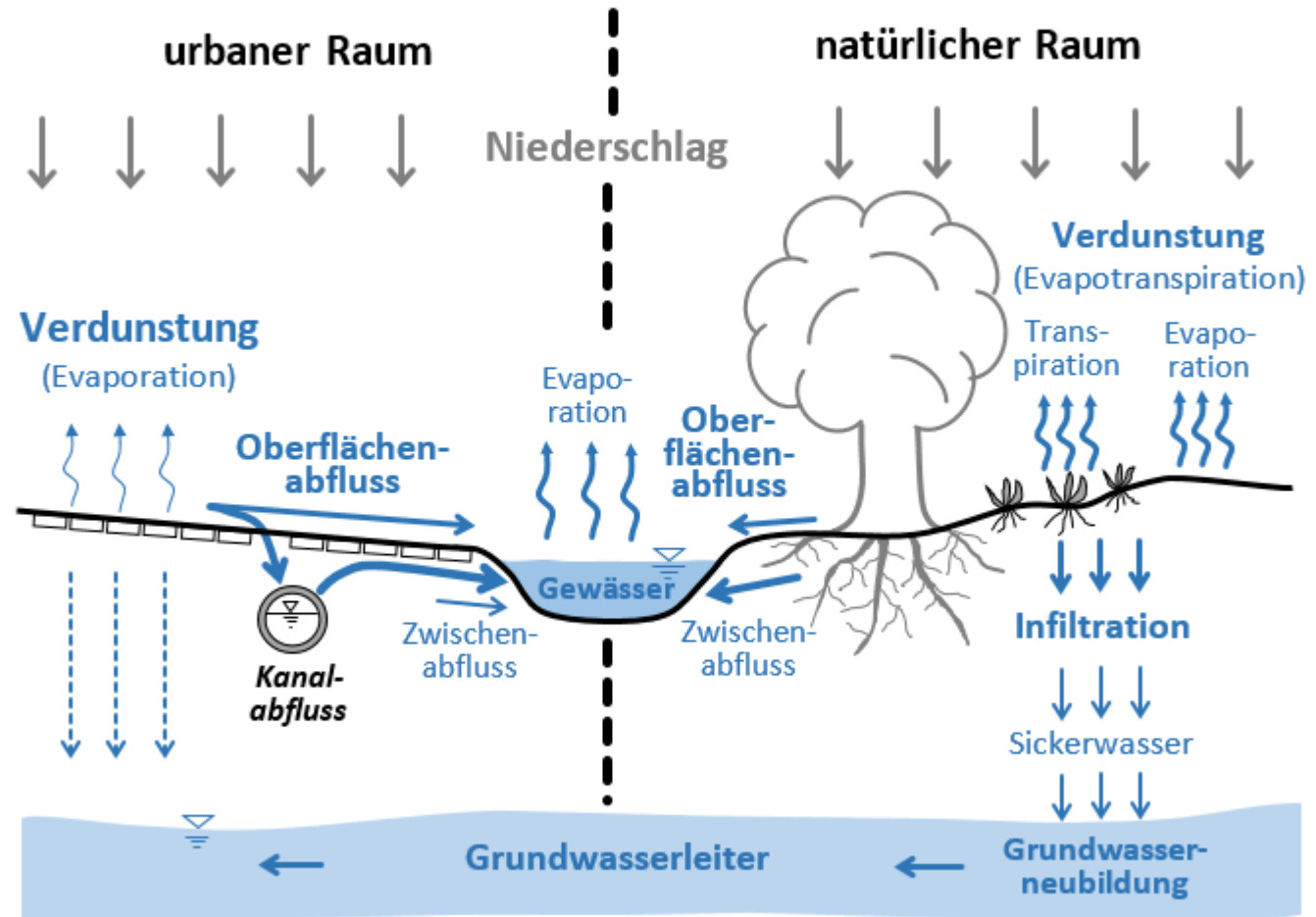
Konzepte für urbanes Grün???



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



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/>



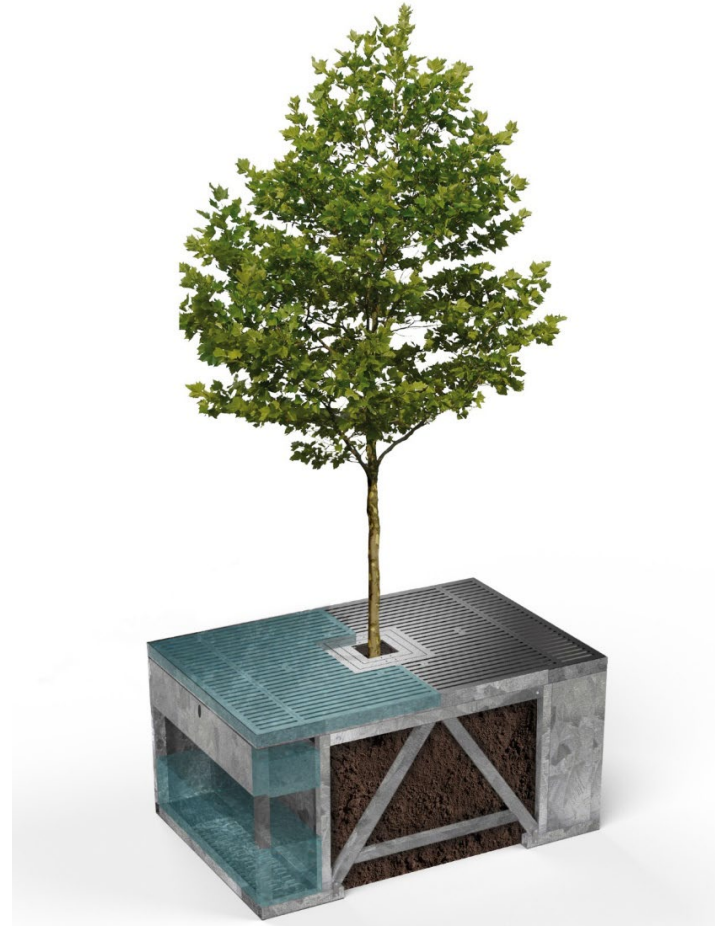
Wasserbewusste Stadtentwicklung

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 Wärme-aufnahmeverhalten zur Verminderung der Wärmestrahlung



Wasserbewusste Stadtentwicklung

Multifunktionale Flächen (MUST Städtebau)



Fazit

Es wird sich vieles verändern (müssen)...

Dürre- und Hitzephasen nehmen zu

Es ist nicht weniger Wasser – aber anders verteilt...

Hochwasser und Überflutungen nehmen zu → Vorsorge: Absoluten „Schutz“ gibt es nicht.

Verantwortung: Wir alle!

Stadtplanerisches Umdenken erforderlich - „versickern und verdunsten“ vor „ab- und einleiten“

Wird das teuer?

Wie teuer wird es, wenn wir nichts tun?



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

CLIMATE CHANGE
...loading...



...please wait...

Weitere Informationen

Link zum Technikum und weiteren Informationen:

<https://www.fh-muenster.de/egu/laboratorien/hydraulik-und-stadthydrologie/hydraulik-stadthydrologie.php>

Grüning H. und Pecher K.H. (2021) Kanalnetzplanung und Überflutungsvorsorge. 2. Auflage 2021, ISBN: 978-3-8356-7383-4 (Print) und 978-3-8356-7456-1 (eBook), Vulkan-Verlag GmbH, Essen

Kuttler, W. (2013) Klimatologie. 2., aktualisierte und ergänzte Auflage, Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn

Otto, F. (2019) Wütendes Wetter. 3. Auflage, Ullstein Buchverlage GmbH, Berlin

Patt H. und Jüpner R. (Hrsg.) (2020) Hochwasser-Handbuch. 3., neu bearbeitete Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden

Plöger, S. (2020) Zieht euch warm an, es wir heiß. 3. Auflage, Westend Verlag GmbH, Frankfurt/Main

Plöger, S. (2023) Zieht euch warm an, es wir noch heißer. 2. Auflage, Westend Verlag GmbH, Frankfurt/Main