



Urban Water Interfaces
(UWI)



Group Global 3000

SINTFLUTEN - VON MYTHEN ZUR WISSENSCHAFT

26. April 2019

Franziska Tügel, MSc¹, Nasrin Haacke, MSc²

¹Fachgebiet Wasserwirtschaft & Hydrosystemmodellierung

²Fachgebiet für Ökohydrologie & Landschaftsbewertung

Technische Universität Berlin

Wer wir sind:



Franziska Tügel, MSc
FG Wasserwirtschaft & Hydrosystemmodellierung
Institut Bauingenieurwesen
Technische Universität Berlin

Forschung:
Modellierung von Sturzfluten in natürlichen und urbanen
Einzugsgebieten in ariden und humiden Regionen
Niederschlags-Abfluss-Simulationen



Nasrin Haacke, MSc
FG Ökohydrologie & Landschaftsbewertung
Institut für Ökologie
Technische Universität Berlin

Forschung:
Räumliche & zeitliche Datenanalyse von Starkregen in DE
(Schad-)Stofftransportvorgänge in urbanen Räumen

Wer wir sind:



**Urban Water Interfaces
(UWI)**



- Interdisziplinäres Graduiertenkolleg aus Ingenieuren und Naturwissenschaftlern der TUB und des IGB
- Gefördert von der DFG

Struktur des Vortrages

1. Sintflut aus der Mythologie
2. Starkregen im Klimawandel
3. Niederschlag (-typen, variablen)
4. Hochwasser und Risikomanagement
5. Urbaner Wasserkreislauf
6. Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

The Flood by Antonio M. Carracci (1583-1618)

5



(entstanden zw. 1616-1618)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Sintflut>

The Deluge by Francis Danby (1793-1861)

6



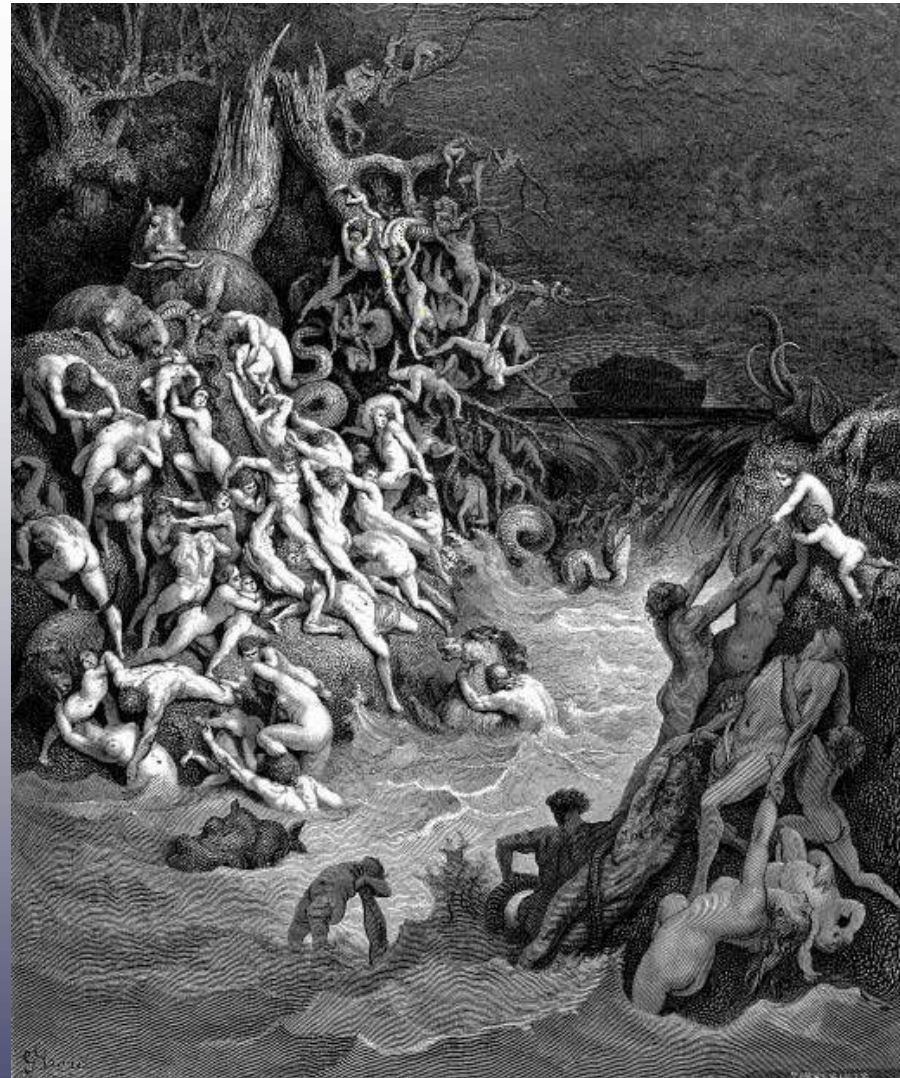
(ausgestellt 1840)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Sintflut>

Sintflut: Etymologie

Woher stammt der Begriff *Sintflut*?

- Althochdeutsch sin(t)fluot und bedeutet „umfassende Überschwemmung“
- Germanische Vorsilbe *Sin-* bedeutet „umfassend“, spätere Umdeutung zu *Sünd-*
- Kein Zusammenhang zu *Sünde* oder *sin* (engl.)



Die Sintflut by Gustave Doré (1832-1883)

Sintflut: Mythos oder Realität?

Wissenschaftliche Theorie **Nr. 1**: Einschlag Eismeteoriten

- Astronom Johannes Riem (1739-1807)
- Theorie basierend auf ca. 270 gesammelte Flutberichte
- Auslöser = Eismeteorit, um sich Wassermassen zu erklären
- Etablierung der Eiszeittheorie (ca. 1830) führte zur Aufhebung der Vorstellung einer prähistorischen globalen Sintflut



<https://www.deutsche-biographie.de/sfz105845.html>

Sintflut: Mythos oder Realität?

Wissenschaftliche Theorie **Nr. 2**: Einschlag eines Kometen

- Geologen Alexander & Edith Tollmann
- Auslöser = ein in 7 Teile zerfallener Komet
- Buch: Und die Sintflut gab es doch (1993)
- Statistische Wiederkehr einer Impakt-Katastrophe von 10.000 Jahren



https://atlantisforschung.de/index.php?title=Dr._Edith_Kristina-Tollmann



Communications of the
society Nachruf Tollmann,
2007,

Sintflut: Mythos oder Realität?

Wissenschaftliche Theorie **Nr. 3**: Bruch einer Landbrücke im Bosphorus

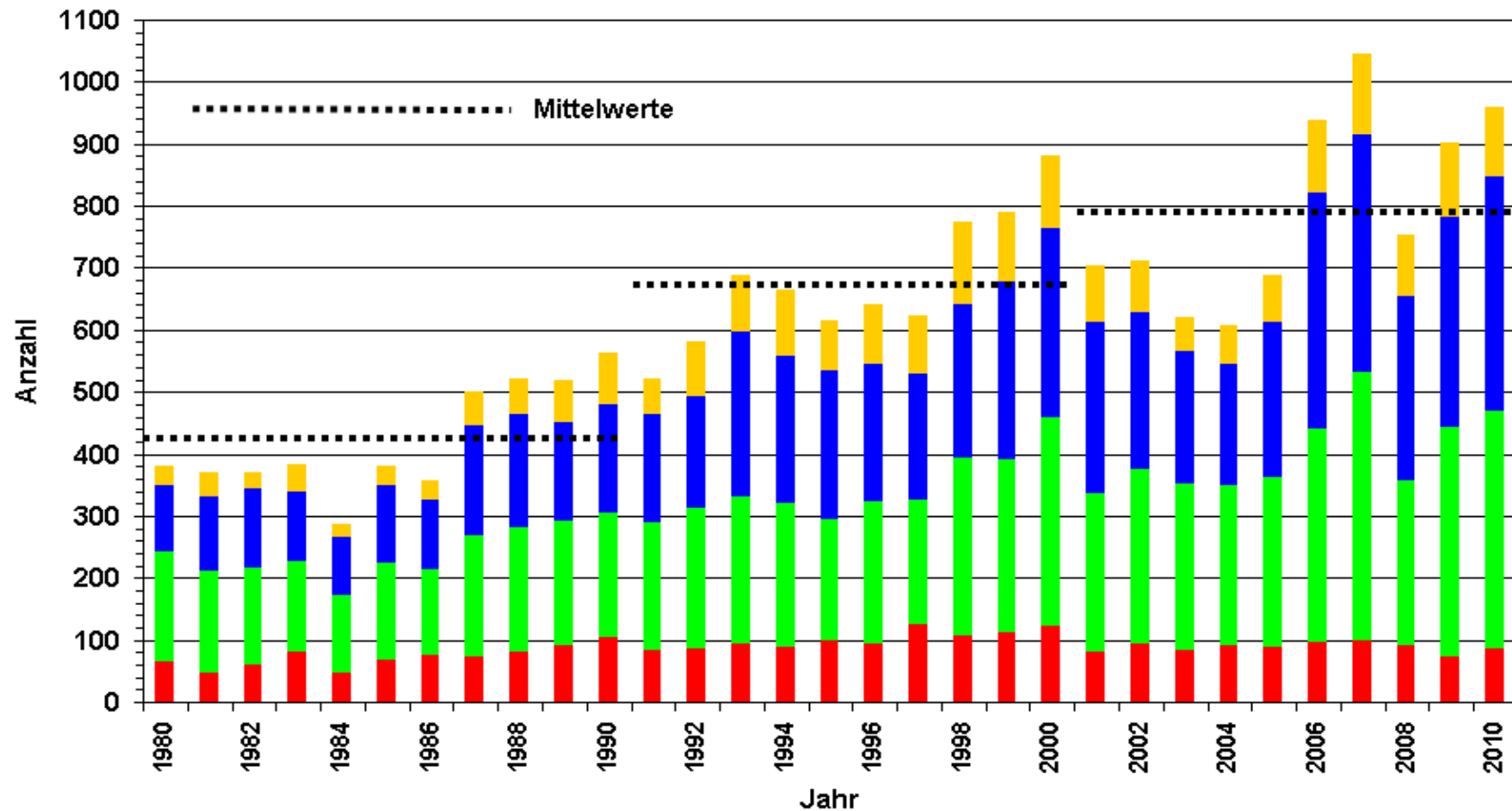
- Geophysiker Walter Pitman (l.) und William Ryan (r.)
- Mittelmeer durchbrach Landbrücke zwischen Europa und Asien vor 7.500 Jahren



<http://atlantipedia.ie/samples/ryan-pitman-n/>

https://de.wikipedia.org/wiki/Libysches_Meer

Anzahl von Extremereignissen 1980 - 2010,
Ereignis: geophysikalisch, meteorologisch, hydrologisch und klimatologisch



Geophysikalische Ereignisse

Erdbeben, Tsunami,
Vulkanausbrüche

Meteorologische Ereignisse

Winterstürme, Tropische
Stürme, Hagel, Tornados,
Unwetter

Hydrologische Ereignisse

Sturzflut, Flussüber-
schwemmungen,
Sturmflut, Erdrutsch

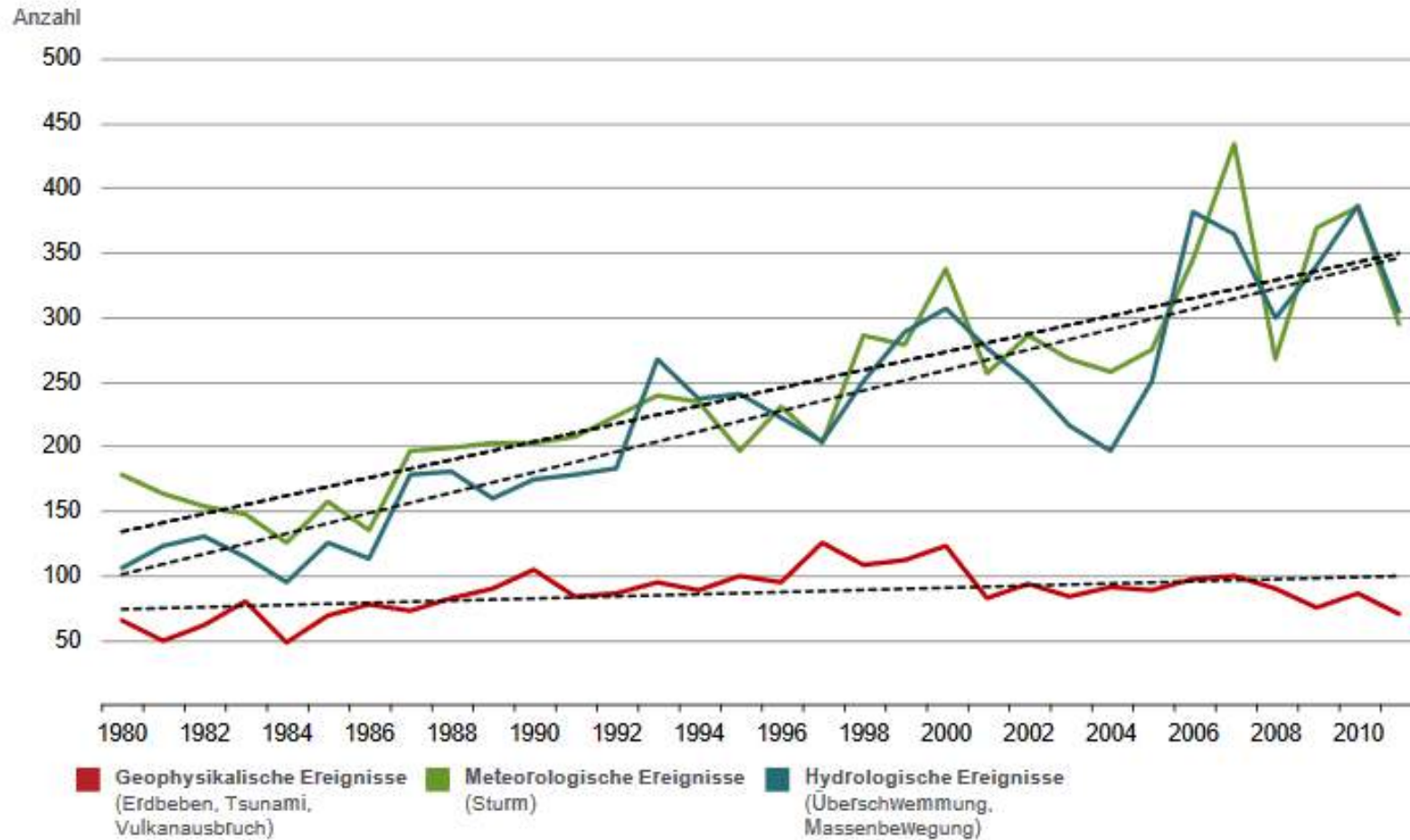
Klimatologische Ereignisse

Hitze- Kältewelle, Waldbrand,
Dürre

NatCatSERVICE

Naturkatastrophen weltweit 1980 – 2011

Anzahl der Ereignisse pro Naturgefahr mit Trend

Munich RE 

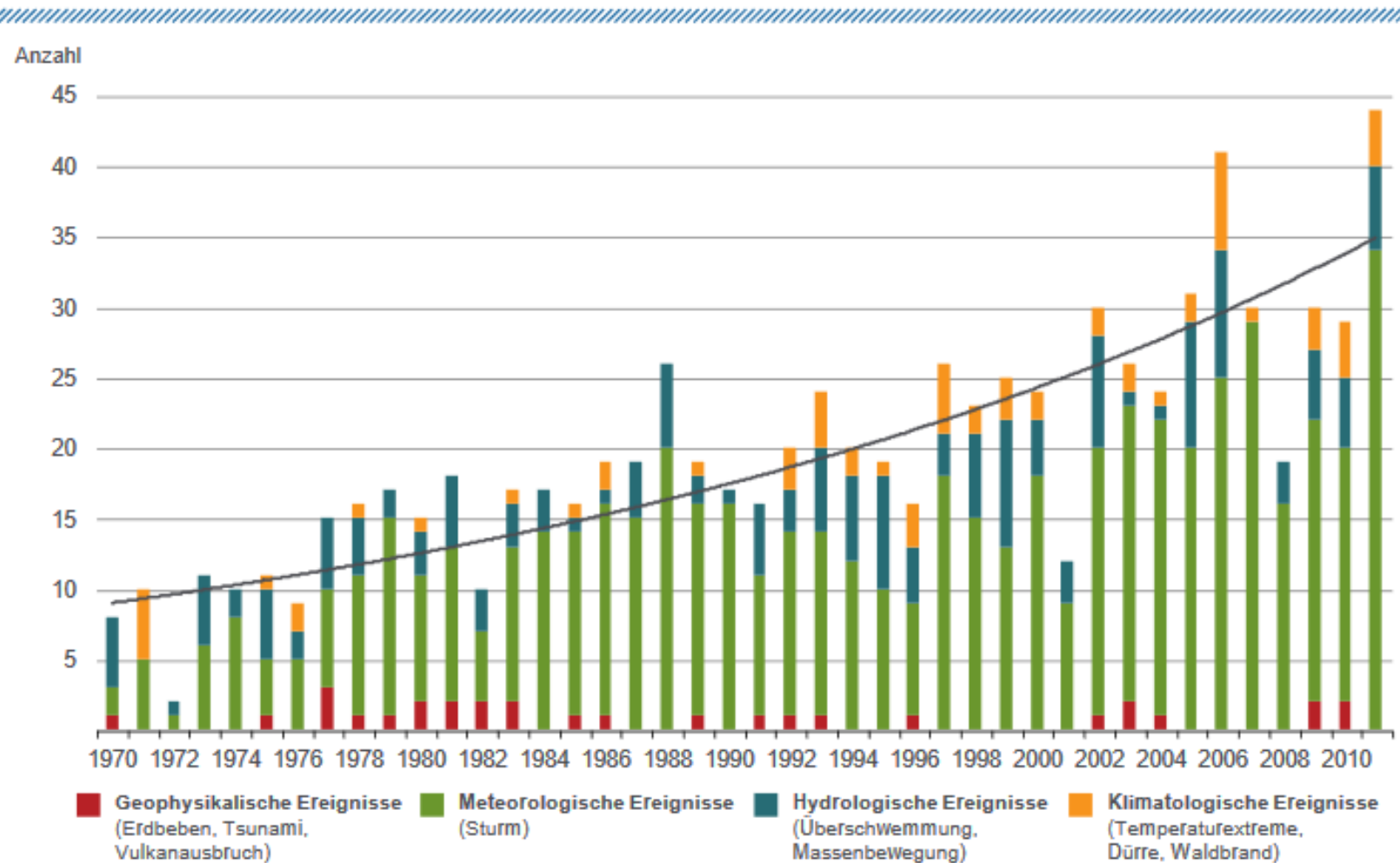
© 2012 Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, GeoRisikoForschung, NatCatSERVICE – Stand Januar 2012

1

NatCatSERVICE

Naturkatastrophen in Deutschland 1970 – 2011

Anzahl der Ereignisse mit Trend

Munich RE 

© 2012 Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, GeoRisikoForschung, NatCatSERVICE – Stand Januar 2012

Der globale Wasserkreislauf

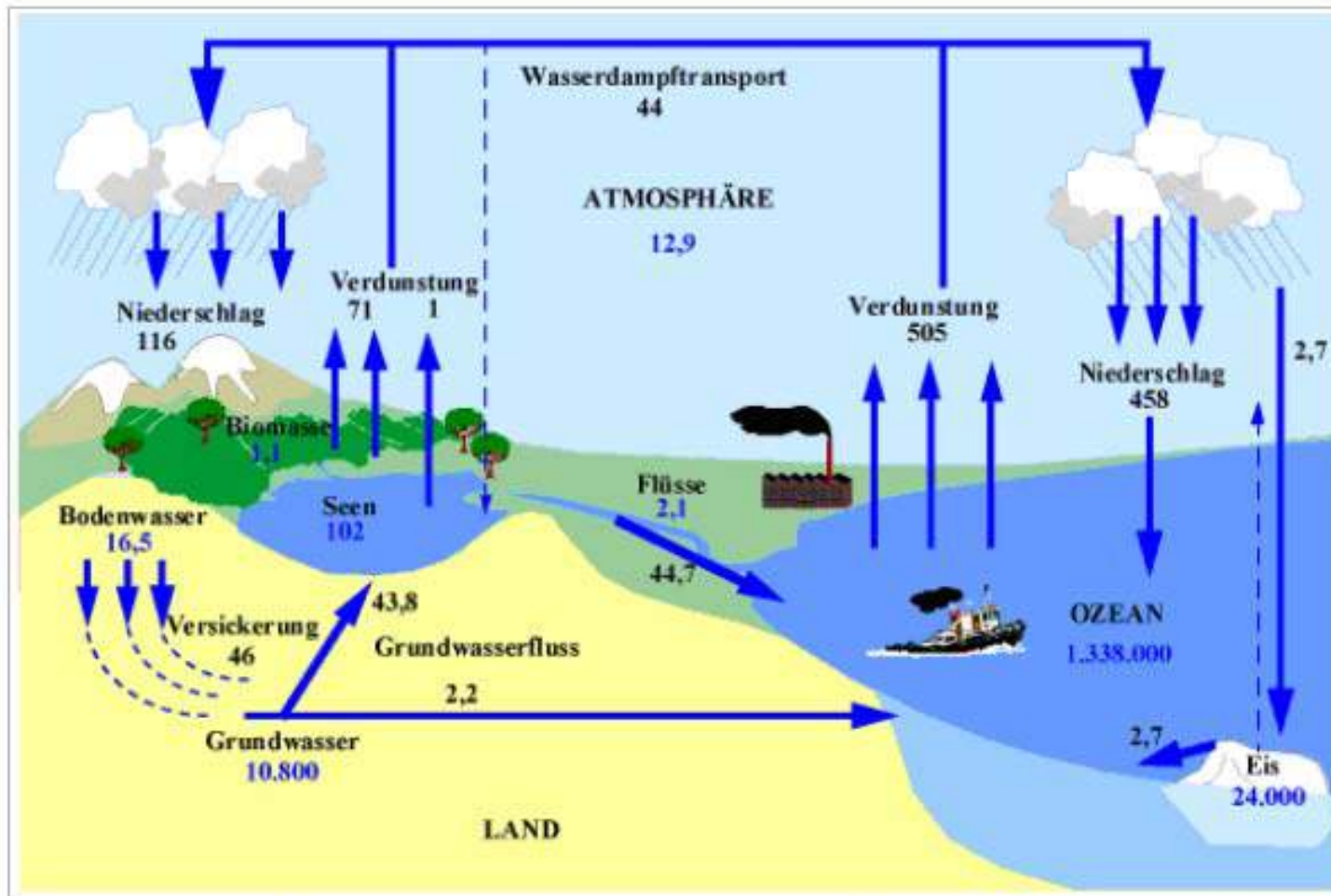
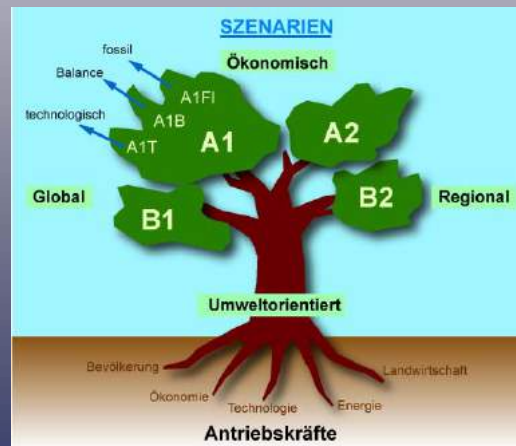
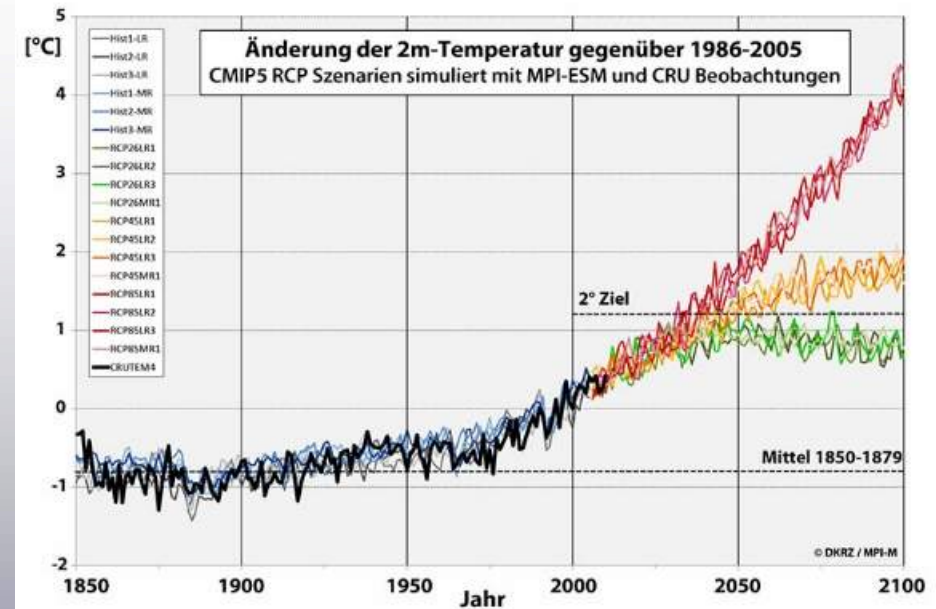
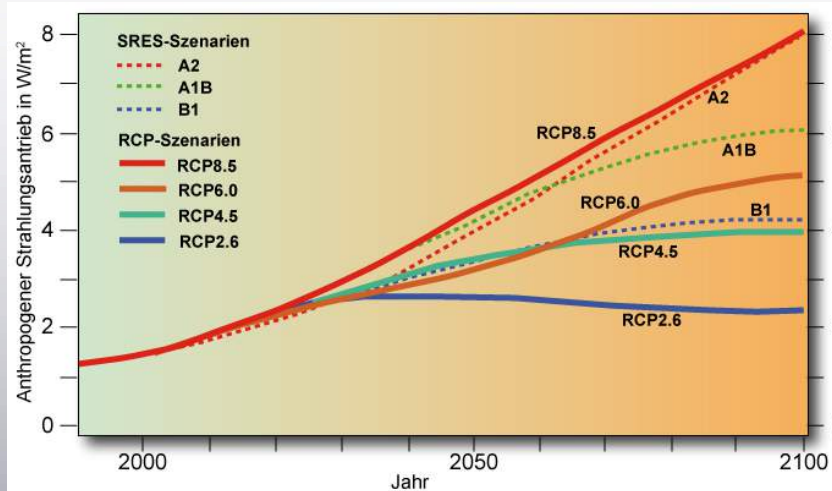


Abb. 1: Der globale Wasserkreislauf: Reservoirs (blaue Ziffern) in 1.000 km³, Flüsse in 1.000 km³/Jahr (schwarze Ziffern)¹

Temperaturanstiege nach verschiedenen Szenarien



RCP-Szenarien für den 5. IPCC-Sachstandsbericht				
Bezeichnung	RCP8.5	RCP6.0	RCP4.5	RCP2.6
Treibhausgaskonzentration im Jahre 2100	1370 ppm	850 ppm	650 ppm	400 ppm
Strahlungsantrieb 1850-2100	8,5 W/m^2	6,0 W/m^2	4,5 W/m^2	2,6 W/m^2
Einstufung	sehr hoch	hoch	mittel	sehr niedrig

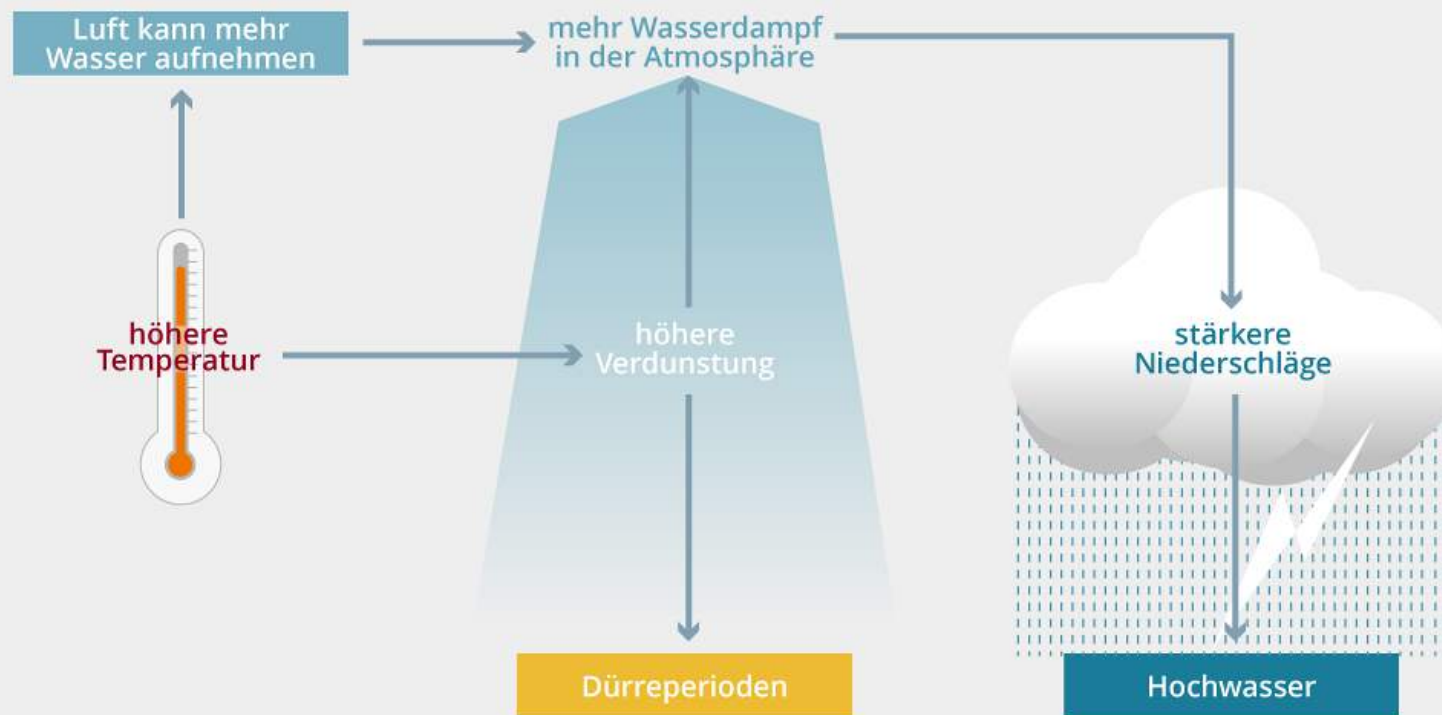
IPCC 2013/2014:
<http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/RCP-Szenarien>

Konzentration 1850: 278 ppm
 Konzentration 2011: 391 ppm
 Strahlungsantrieb $\approx 1.82 W/m^2$

Starkregen

Im Klimawandel

Wetterextreme durch steigende Temperaturen

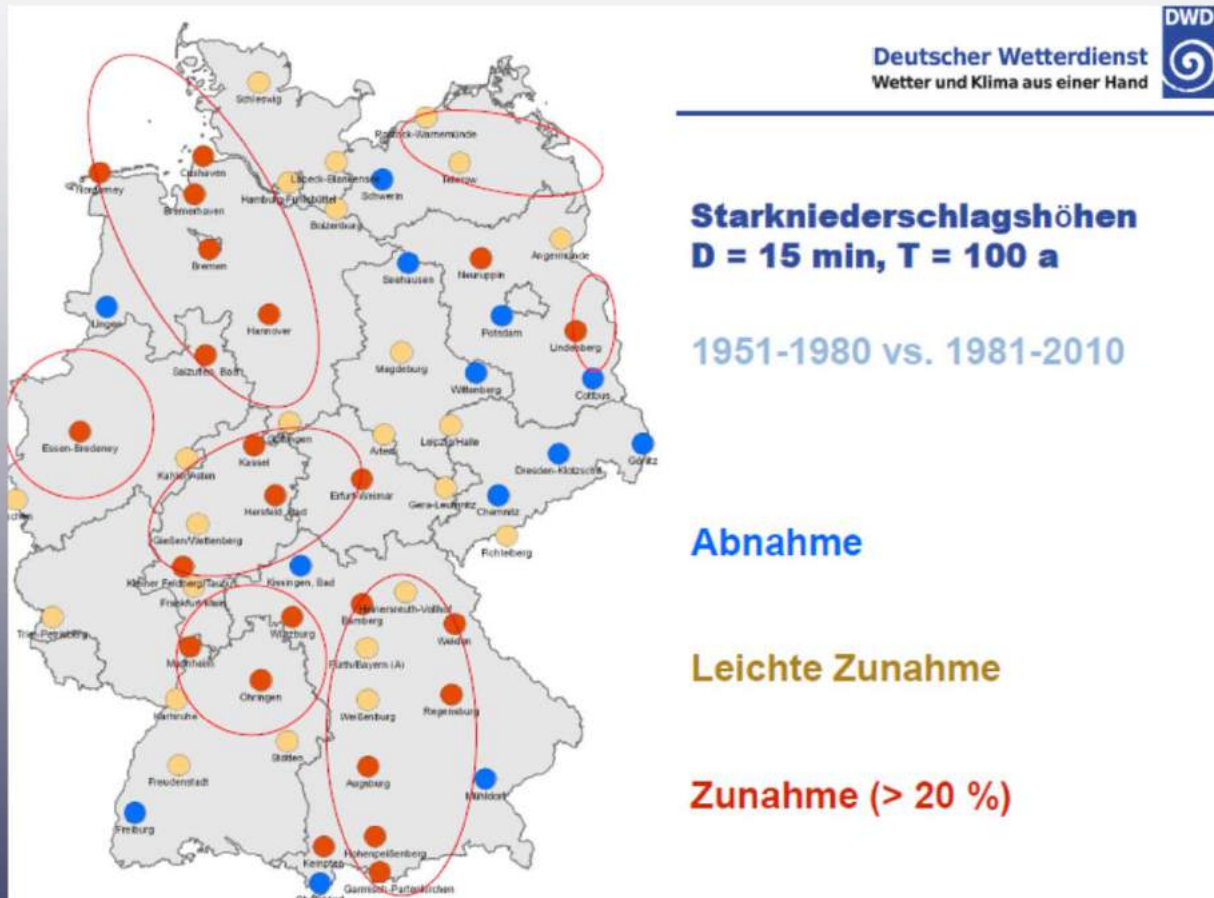


Grafik: BR

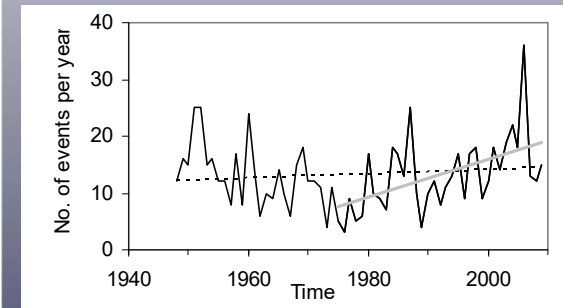
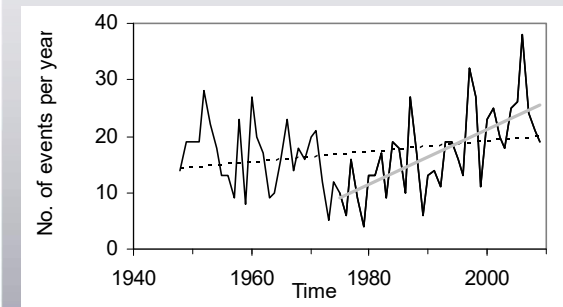
<https://www.br.de/themen/wissen/wetter-extremwetter-klimawandel-100.html>

Starkregen

Im Klimawandel



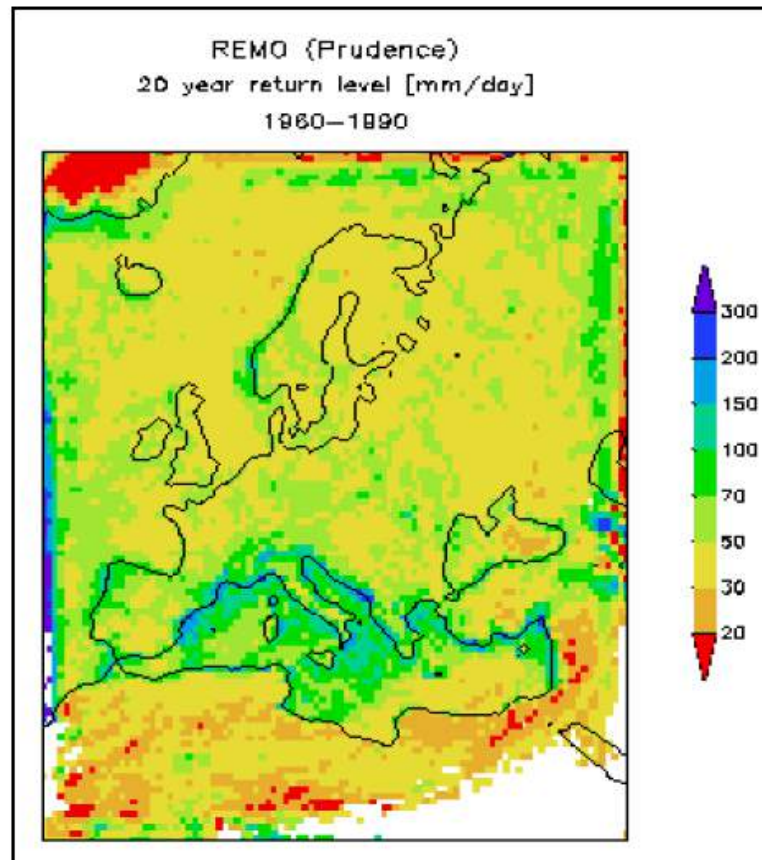
Daten des DWD: https://www.dwd.de/DE/Home/home_node.html



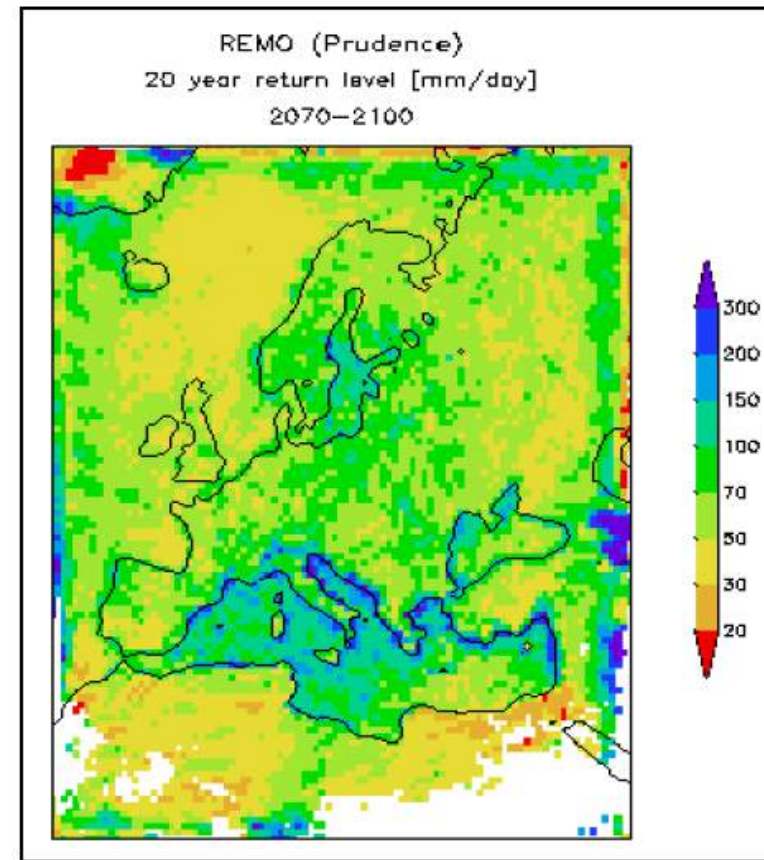
Starkregen

Im Klimawandel

1960-1990



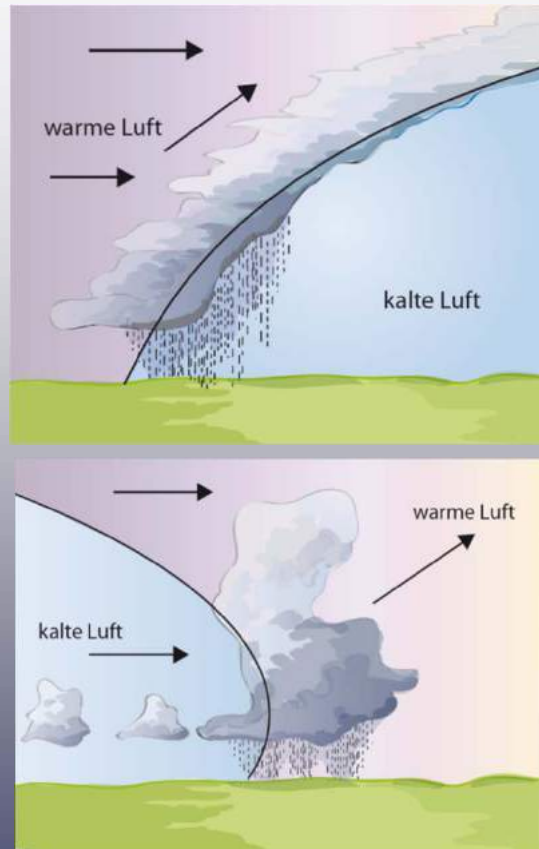
2070-2100



Regionales Klimamodell REMO: Projizierter Anstieg der Tagesniederschlagswerte, die mit einem statistischen Wiederkehrintervall von 20 Jahren auftreten. (Quelle: Daniela Jacob, Max-Planck-Institute for Meteorology, Hamburg)

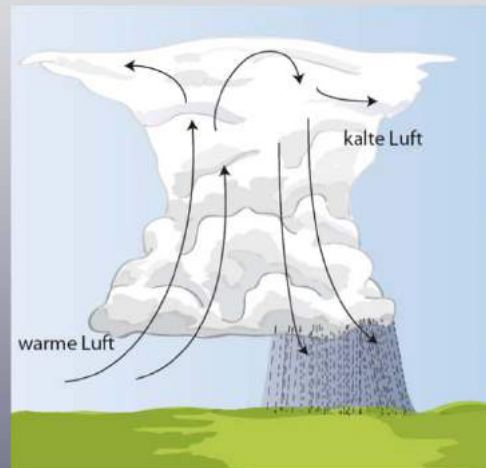
Niederschlagstypen

Zyklonisch



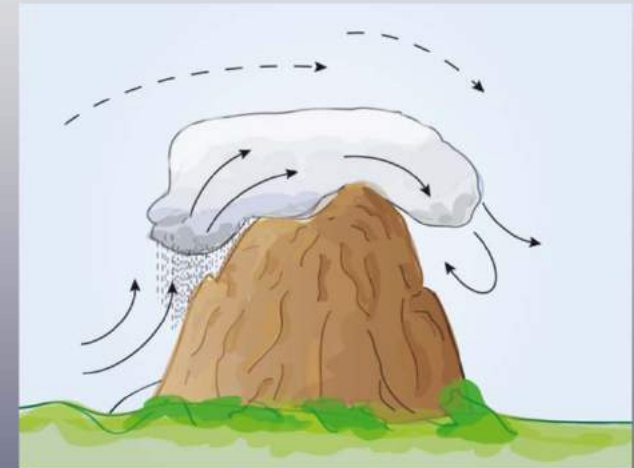
Verantwortlich für
Hochwässer in größeren
Flussgebieten

Konvektiv



verantwortlich für
Hochwässer in kleinen
Einzugsgebieten

Orographisch



Ursache für höhere
Niederschlagssummen
im Bergland

Starkregen (konvektiver Niederschlag)



Central Frankfurt during a storm at sunset. Credit: Jo Chambers/Shutterstock.

Niederschlagsvariablen

Niederschlagsereignis: definiert durch Höhe, Dauer, Intensität und räumliche Verteilung

Höhe h [mm]: Niederschlagshöhe in einem bestimmten Zeitraum

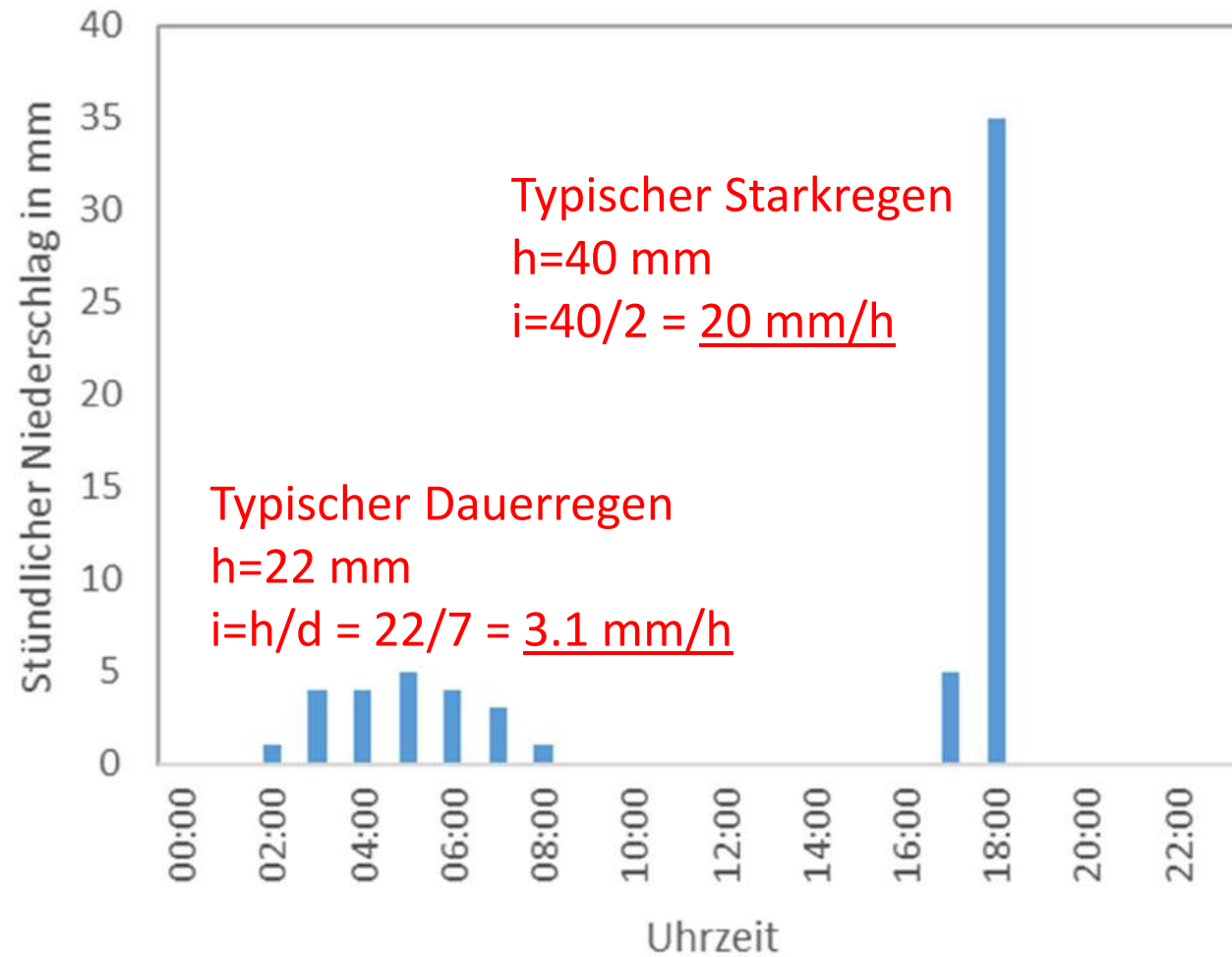
➤ 1 mm Niederschlag entspricht 1 Liter/m²

Intensität i [mm/ Δt]: Niederschlagshöhe bezogen auf bestimmte Zeitintervalle

Dauer d [Δt]: Zeitspanne in welcher Niederschlag fällt

Niederschlagsspende r_N [l/(s·km²)]: Quotient aus Volumen und dem Produkt aus Zeitspanne und Fläche

Niederschlagsvariablen



00:00	0	} 22 mm
01:00	0	
02:00	1	
03:00	4	
04:00	4	
05:00	5	
06:00	4	
07:00	3	} 40 mm
08:00	1	
09:00	0	
10:00	0	
11:00	0	
12:00	0	
13:00	0	
14:00	0	} 40 mm
15:00	0	
16:00	0	
17:00	5	
18:00	35	
19:00	0	
20:00	0	} 40 mm
21:00	0	
22:00	0	
23:00	0	

Definition Starkregen nach DWD (Deutscher Wetterdienst)

Starkregen:

15 – 25 l/m² in 1 h

20 – 35 l/m² in 6 h

Wetterwarnung im
Internet

Heftiger Starkregen:

25 – 40 l/m² in 1 h

35 – 60 l/m² in 6 h

Sturmwarnung im
Internet

Extrem heftiger Starkregen:

>40 l/m² in 1 h

>60 l/m² in 6 h

Extremsturmwarnung
im Internet

Hochwasser

Definition nach EU Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie 2007:

Zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist.

Diese umfasst Überflutungen durch Flüsse, Gebirgsbäche sowie durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser.

3 Arten von Hochwasser

Sturzfluten	Flussüberschwemmungen	Sturmfluten
Kleine, steile EZG* bei extremen Starkregen	Mittlere-große EZG*, meist Winterregen, Schneeschmelze oder Vb-Wetterlagen, oft an begradigten Flussstrecken	Nur im Küstenbereich

*EZG: Einzugsgebiete

Sturzflut: Baunatal



<https://docplayer.org/62503836-Erfahrungen-aus-25-jahren-hochwasserrisikomanagement-an-der-bauna-in-hessen-prof-dr-ing-klaus-roettcher.html>

Sturzflut: Baunatal 1992



<https://docplayer.org/62503836-Erfahrungen-aus-25-jahren-hochwasserrisikomanagement-an-der-bauna-in-hessen-prof-dr-ing-klaus-roettcher.html>

Sturzflut: Braunsbach 2016



<https://www.edac.biz/forschung/hochwasser/feldeinsatze/sturzflut-braunsbach-2016/>

Braunsbach (Landkreis Schwäbisch Hall) 2016: Orlacher Bach

Sturzflut: Braunsbach 2016



Sturzflut: Braunsbach 2016

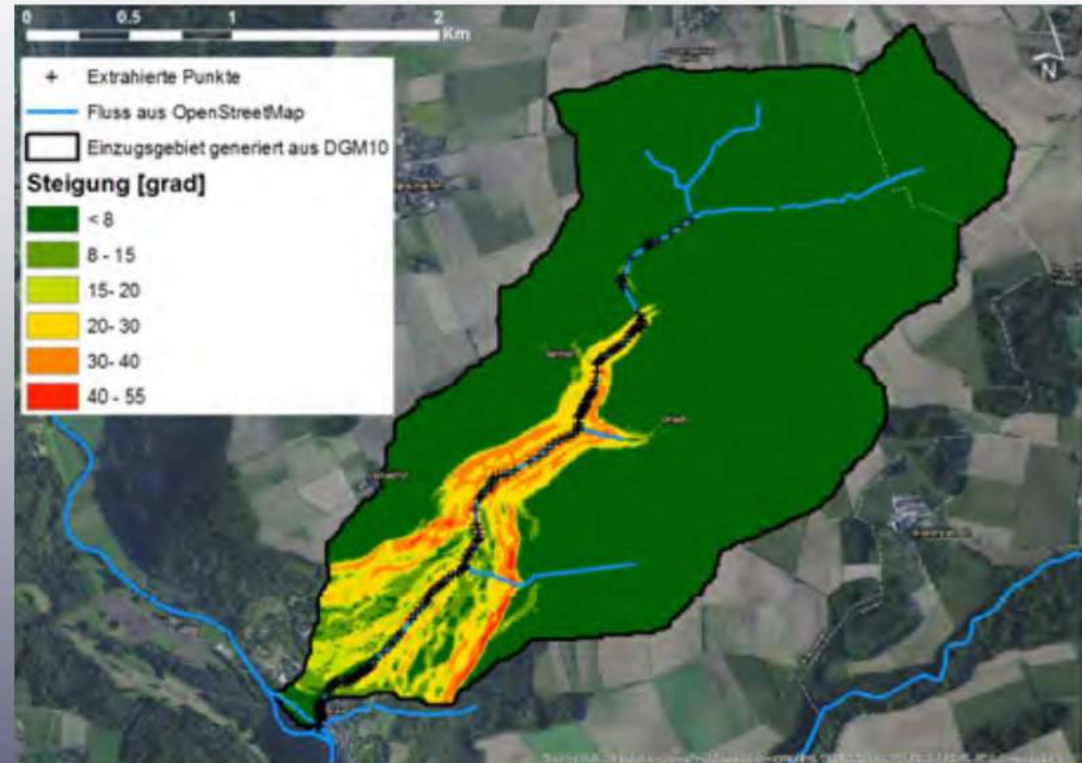


Quelle: facebook/ClaudiaRost

Sturzflut: Braunsbach 2016



~ 105 mm/Tag



Bronstert, A. (2017): Die Sturzflut von Braunsbach am 29. Mai 2016 – Entstehung, Ablauf und Schäden eines „Jahrhundertereignisses“. Teil 1: Meteorologische und hydrologische Analyse

Sturzflut: Berlin 2017



Quelle: N24/Peter Hoentjes

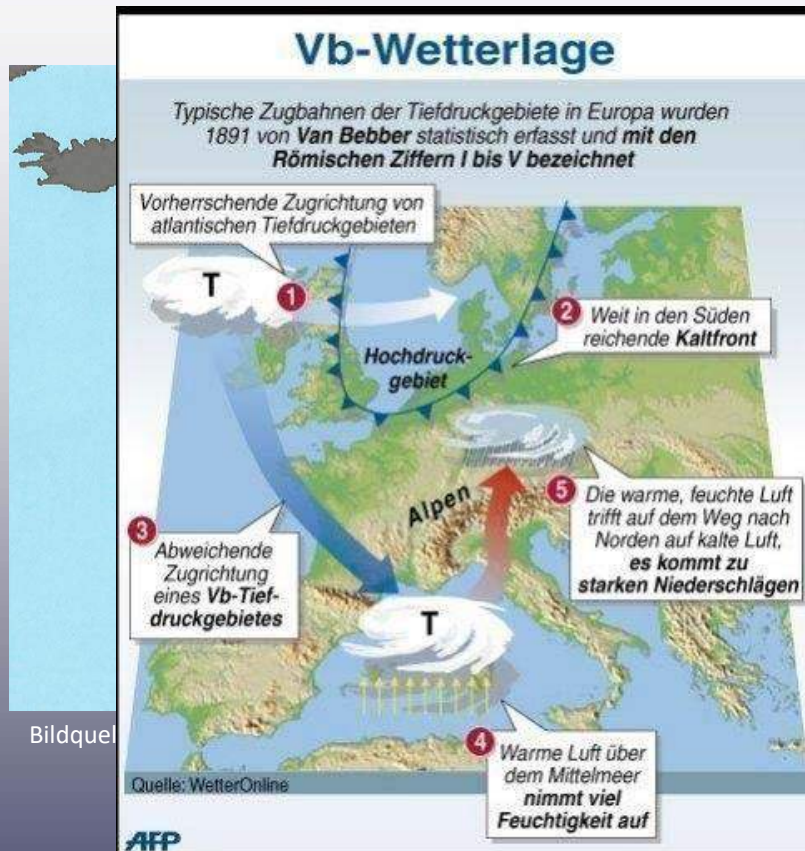
Hochwasser: Flussüberschwemmung



Hochwasser an der Elbe (Quelle: planet-wissen.de)

Flussüberschwemmungen

Extremereignisse durch Vb-Wetterlagen

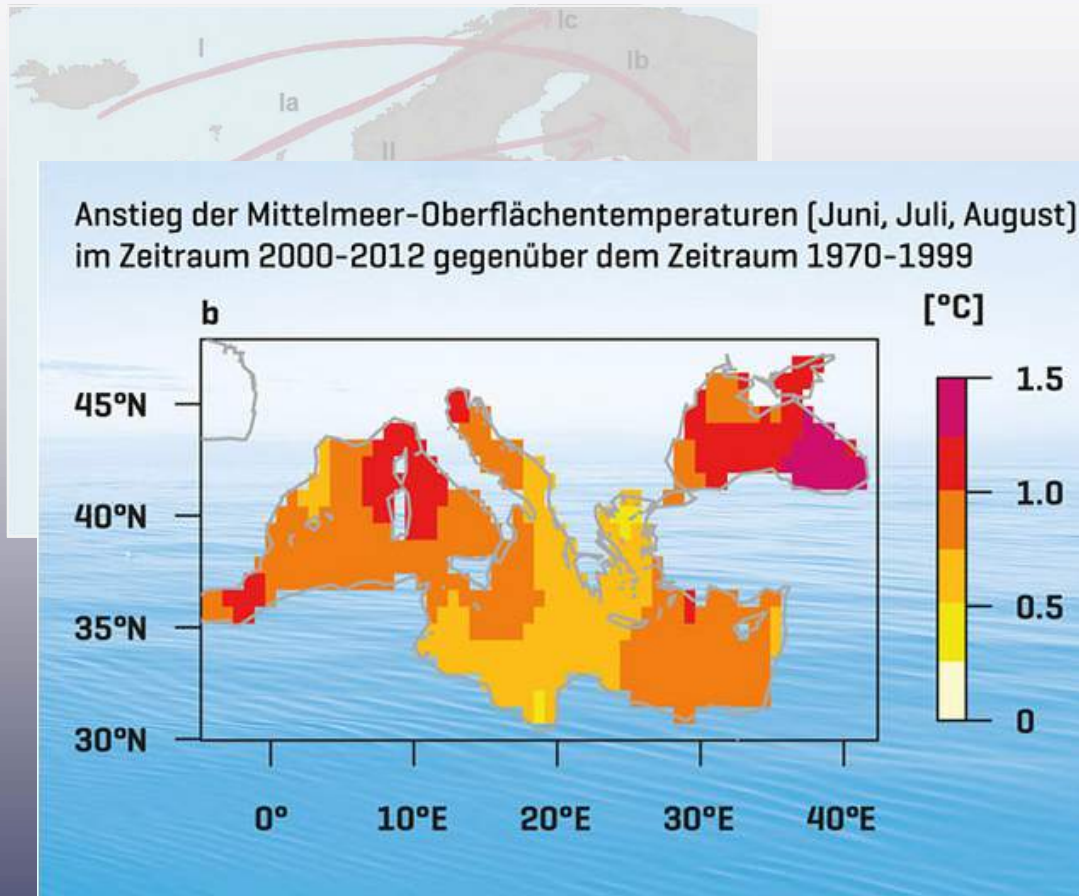


Verantwortlich z.B. für:
 Oderhochwasser 1997 /
 Elbehochwasser 2002 /
 Donauhochwasser 2013

Beschreibung der Vb Zugbahn

- Hochdruckgebiet über dem Nord- und Ostseeraum
- Das von Westen kommende Tiefdruckgebiet muss nach Süden ausweichen
- Das Tiefdruckgebiet zieht daher in den Mittelmeerraum, wo es viel Wasser aufnimmt und damit an Stärke gewinnt
- Anschließend zieht es östlich an den Alpen vorbei nach Norden, wo das Hochdruckgebiet das Tiefdruckgebiet zum Aufsteigen zwingt
- Es kommt zu **starken Niederschlägen nordöstlich der Alpen**

Häufigere Vb-Wetterlagen durch wärmeres Mittelmeer



GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

- Mittelmeer heizt sich auf
- Höhere Verdunstung über westlichem Mittelmeer = Entstehung regenschwerer Luftmassen
- Intensivere Überschwemmungen wahrscheinlich

Sturmfluten

Entstehung und Kategorisierung

Entstehung: auflandige Stürme (meist Orkane, in Europa meist im Winterhalbjahr)

Nordsee (3 Klassen):

- Sturmflut: 1,5 bis 2,5 m über mittlerem Hochwasser (MHW)
- Schwere Sturmflut: 2,5 bis 3,5 m über MHW
- Sehr schwere Sturmflut: mehr als 3,5 m über MHW

Ostsee (4 Klassen)

- Sturmflut: 1,00-1,25 m über mittlerem Wasserstand
- Mittlere Sturmflut: 1,25-1,50 m über mittlerem Wasserstand
- Schwere Sturmflut: 1,50-2,00 m über mittlerem Wasserstand
- Sehr schwere Sturmflut: mehr als 2,00 m über mittlerem Wasserstand

Sturmfluten

Ausmaße

6. Dezember 2013:

Orkantief „Xaver“ verursachte die Sturmflut in Hamburg. Der Wasserstand war 6,09 Meter über Normalnull. Folglich stand der Fischmarkt mannshoch unter Wasser, die Elbchaussee bei Teufelsbrück wie auch Teile der HafenCity waren überspült.

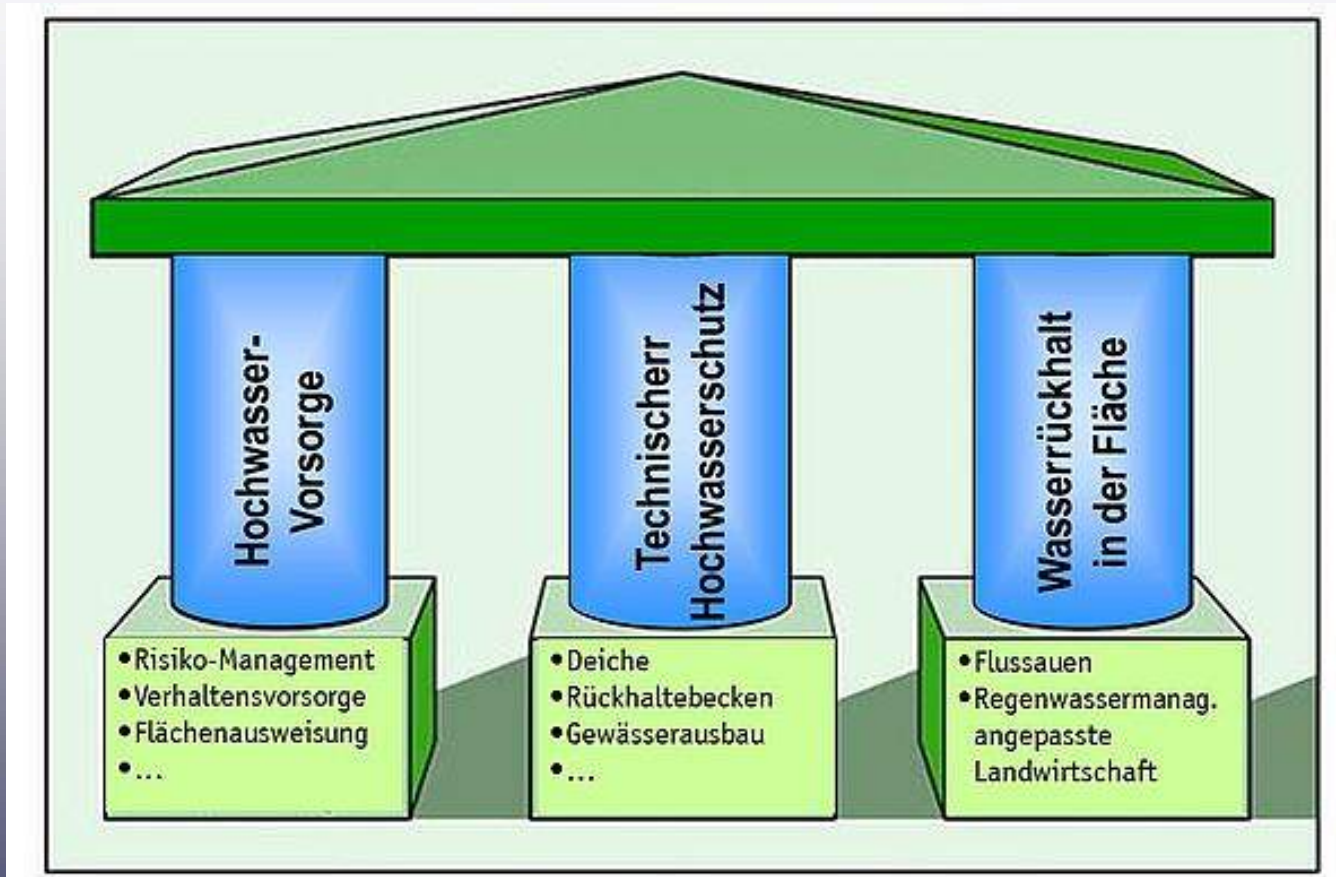


<http://www.globalecho.org/41019/orkan-xaver-kustenwache-gibt-entwarnung-an-der-nordseekuste/>



Hochwasserrisikomanagement

Drei Säulen des Hochwasserschutzes



Quelle: www.sieker.de

Hochwasser ist ein **natürliches Phänomen**, das sich **nicht verhindern lässt**. Allerdings tragen bestimmte menschliche Tätigkeiten und Klimaänderungen dazu bei, die **Wahrscheinlichkeit des Auftretens** von Hochwasserereignissen zu **erhöhen** und deren **nachteilige Auswirkungen zu verstärken**. (HWRM-RL)

Hochwasserrisikomanagement

Definition Risikobegriff

		Eintrittswahrscheinlichkeit		
		hoch	mittel	gering
Schadenspotential	hoch	hoch	mittel	gering
	mittel			
	gering			

Risiko

„Hochwasserrisiko“:

Kombination der **Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses** und der **hochwasserbedingten potenziellen nachteiligen Folgen** auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeiten und erhebliche Sachwerte. (EU Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie 2007)

Hochwasserrisikomanagement

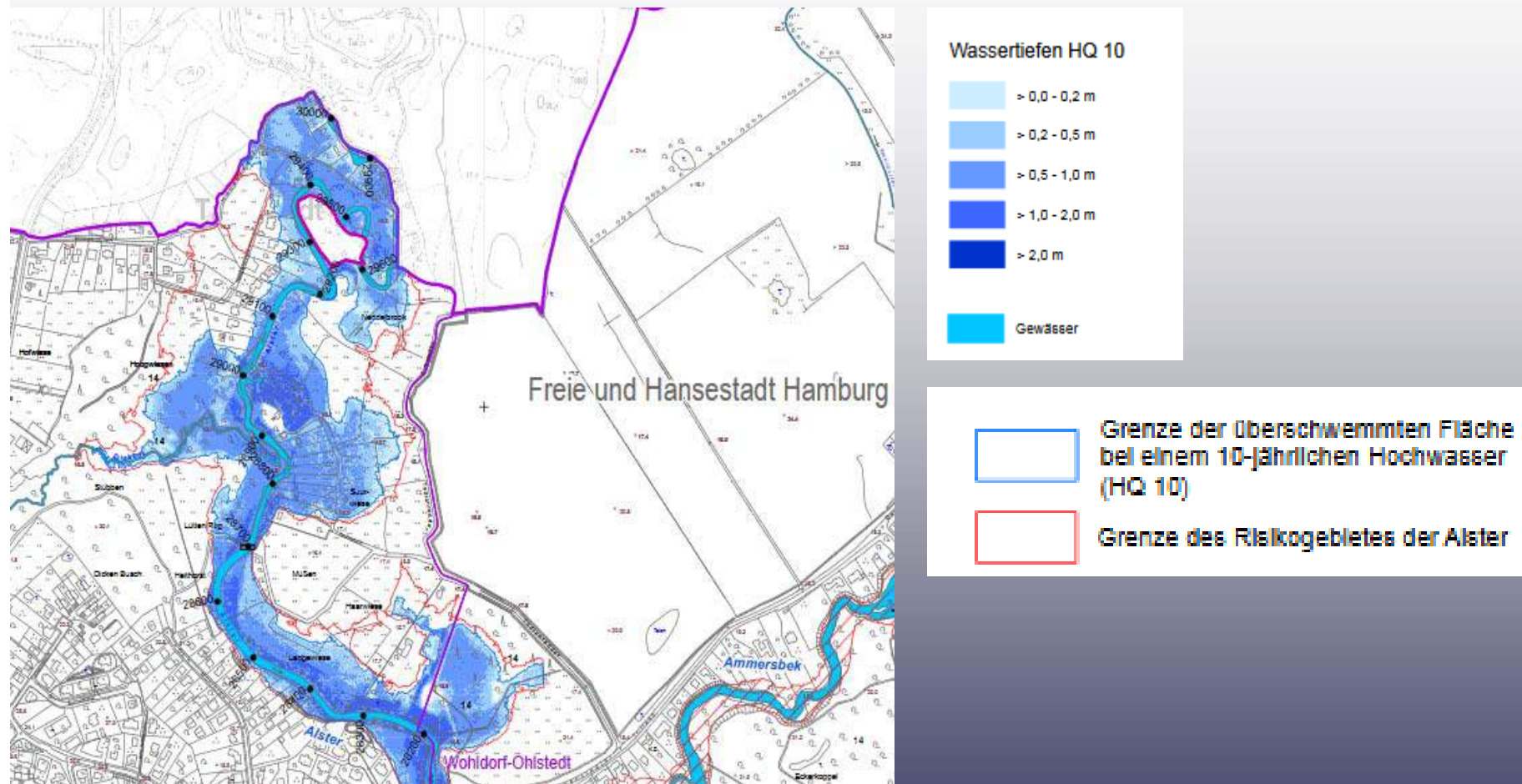
Handlungsschritte nach EU HWRM-Richtlinie



Handlungsschritte nach HWRM-Richtlinie (Quelle: www.sieker.de)

Hochwasserrisikomanagement

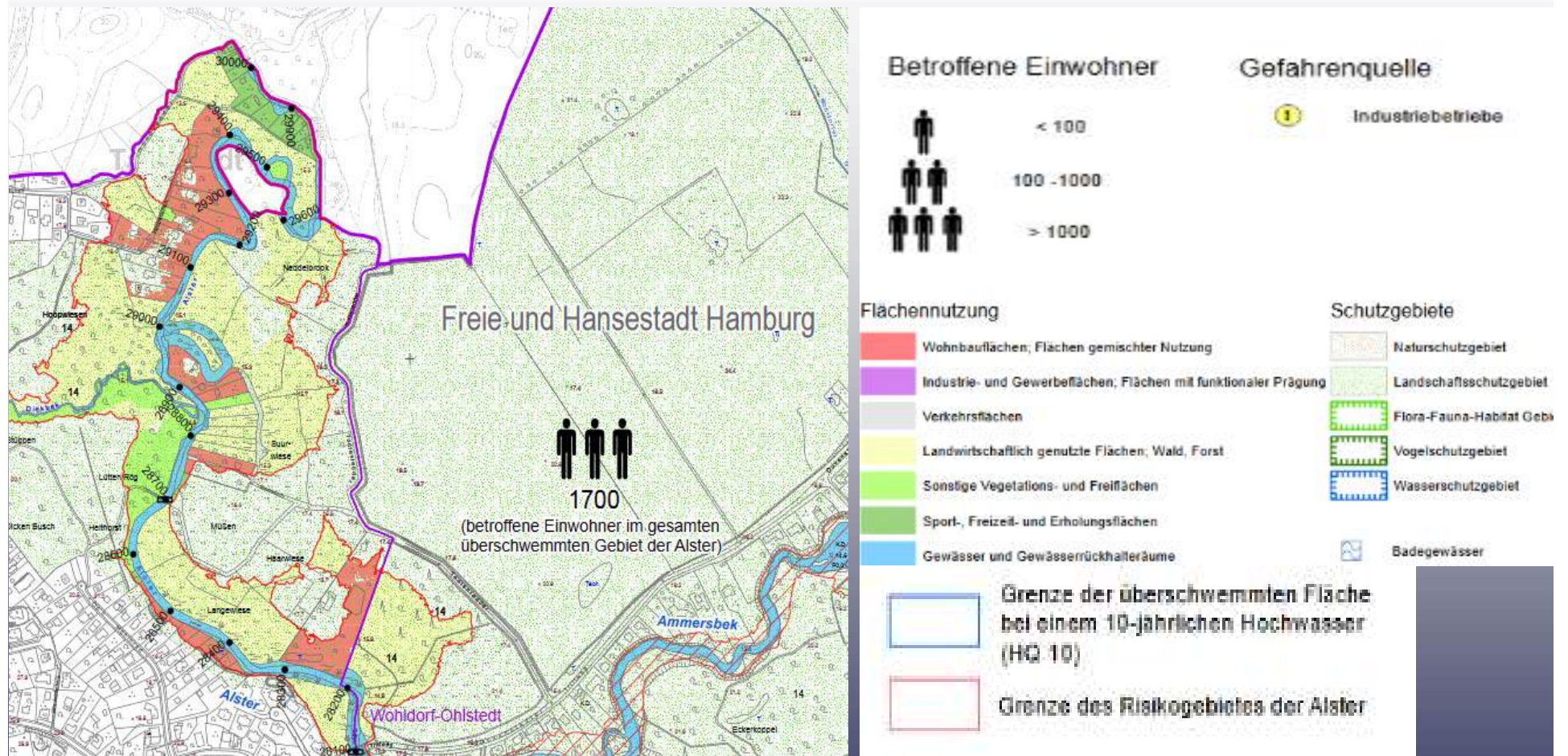
Gefahrenkarten



Ausschnitt aus einer Hochwassergefahrenkarte (Quelle: <https://www.hamburg.de/ Gefahren-risiko-karten>)

Hochwasserrisikomanagement

Risikokarten



Ausschnitt aus einer Hochwasserrisikokarte (Quelle: <https://www.hamburg.de/gefahren-risiko-karten>)

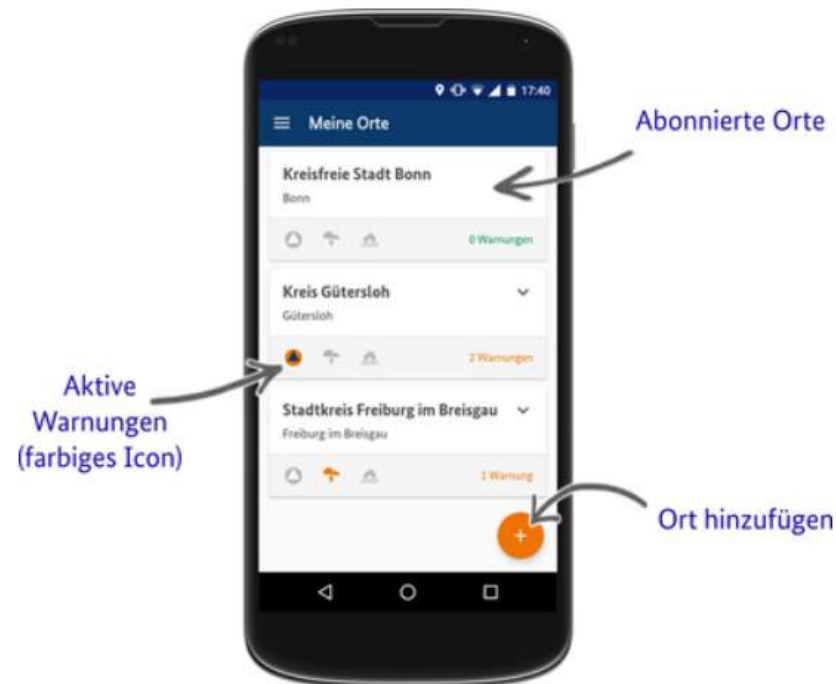
Hochwasserrisikomanagement

Vorwarnung

Bundesamt für
Bevölkerungsschutz und
Katastrophenhilfe

Warn-App NINA

Mit der Notfall-Informations- und Nachrichten-App des Bundes, kurz Warn-App NINA, können Sie wichtige Warnmeldungen des Bevölkerungsschutzes für unterschiedliche Gefahrenlagen wie zum Beispiel Gefahrstoffausbreitung oder einem Großbrand erhalten. Optional auch für Ihren aktuellen Standort. Wetterwarnungen des Deutschen Wetterdienstes und Hochwasserinformationen der zuständigen Stellen der Bundesländer sind ebenfalls in die Warn-App integriert.



https://www.bbk.bund.de/DE/NINA/Warn-App_NINA.html

Hochwasserrisikomanagement

Lokale Schutzmaßnahmen



Bild: Fa. Anhamm

Klappschotte, aufschwimmend oder mit Antrieb

DWA BKW, Bild: Fa. Anhamm

Hochwasserrisikomanagement

Lokale Schutzmaßnahmen



Klappschotte, aufschwimmend oder mit Antrieb

Bild: Fa. Anhamm

DWA BKW, Bild: Fa. Anhamm

Hochwasserrisikomanagement

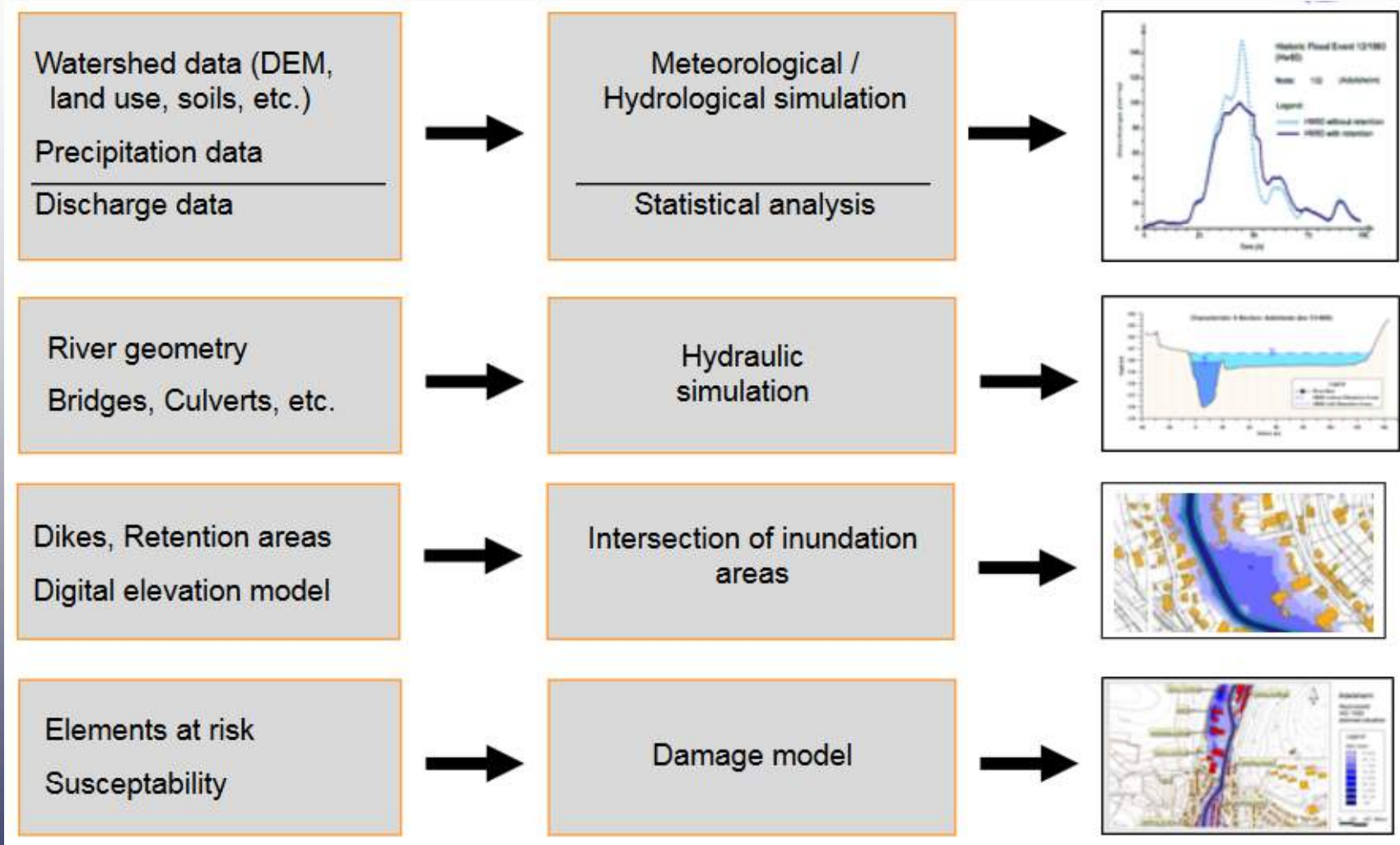
Lokale Schutzmaßnahmen



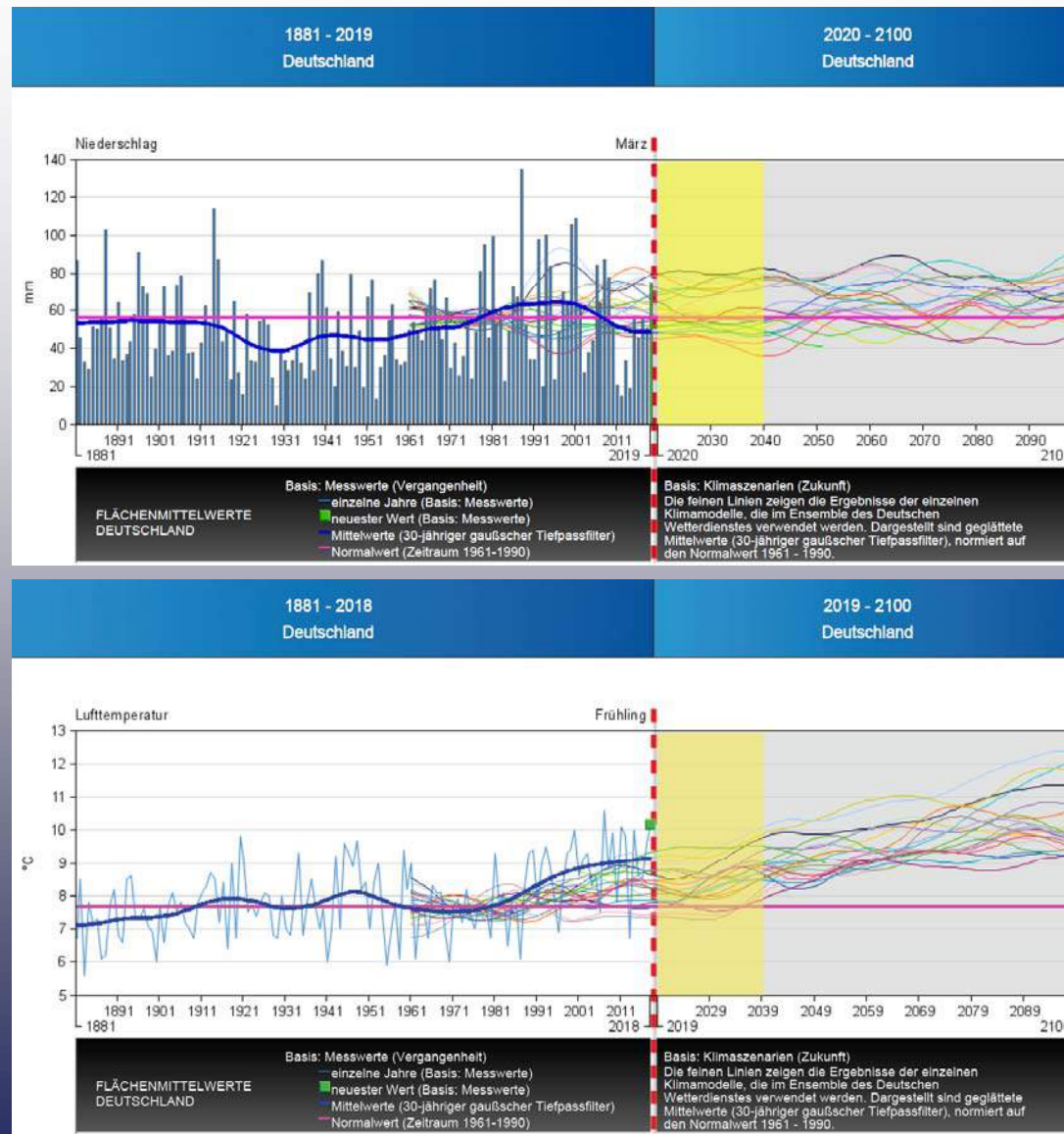
Manuell installierte Barrieren und Sperren (z.B. Dammbalkensysteme)

Bild: Fa. Blobel

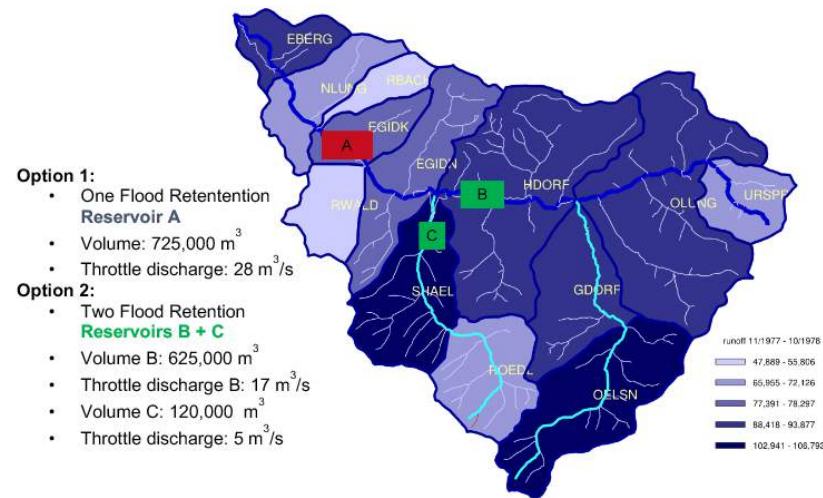
Risikobewertung für Überflutungen



Beispiel: Meteorologische Trendanalysen

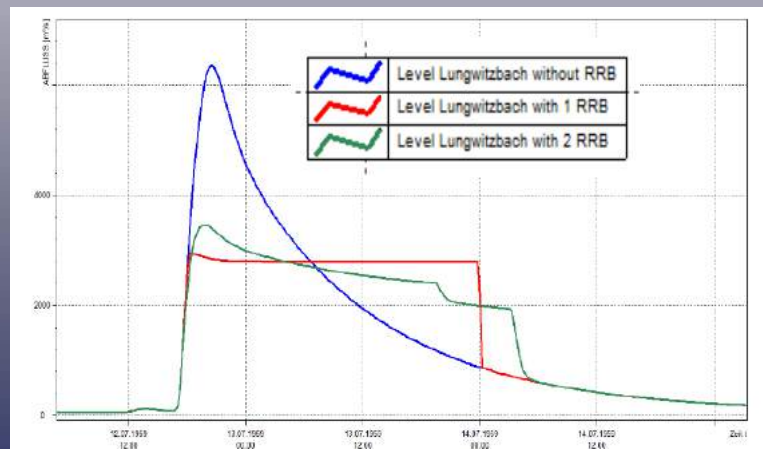


Beispiel: Hydrologische & Hydraulische Simulation

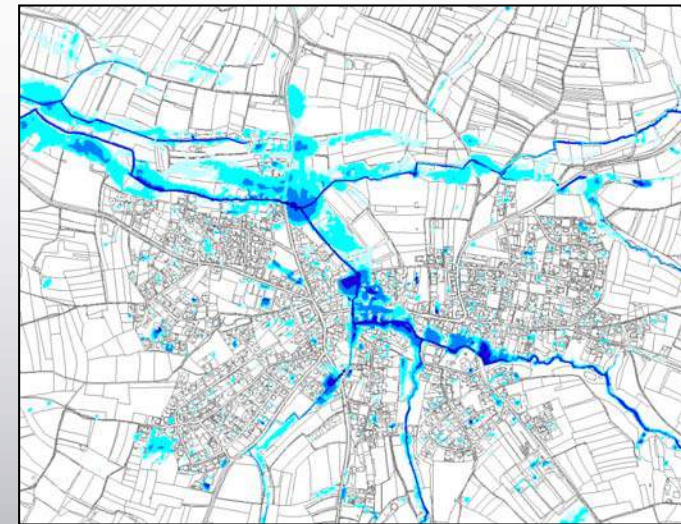


wahyd.tu-berlin.de

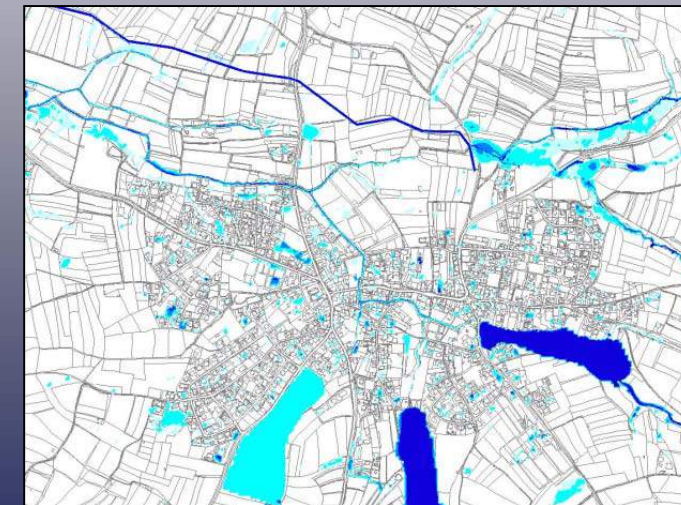
Einzugsgebiet des Lungwitzbachs mit verschiedenen Varianten von Rückhaltebecken



Simulierte Durchfluss-Ganglinien für ein HQ20 Ereignis mit verschiedenen Rückhaltebecken



Überschwemmung im urbanen Gebiet ohne Schutzmaßnahmen

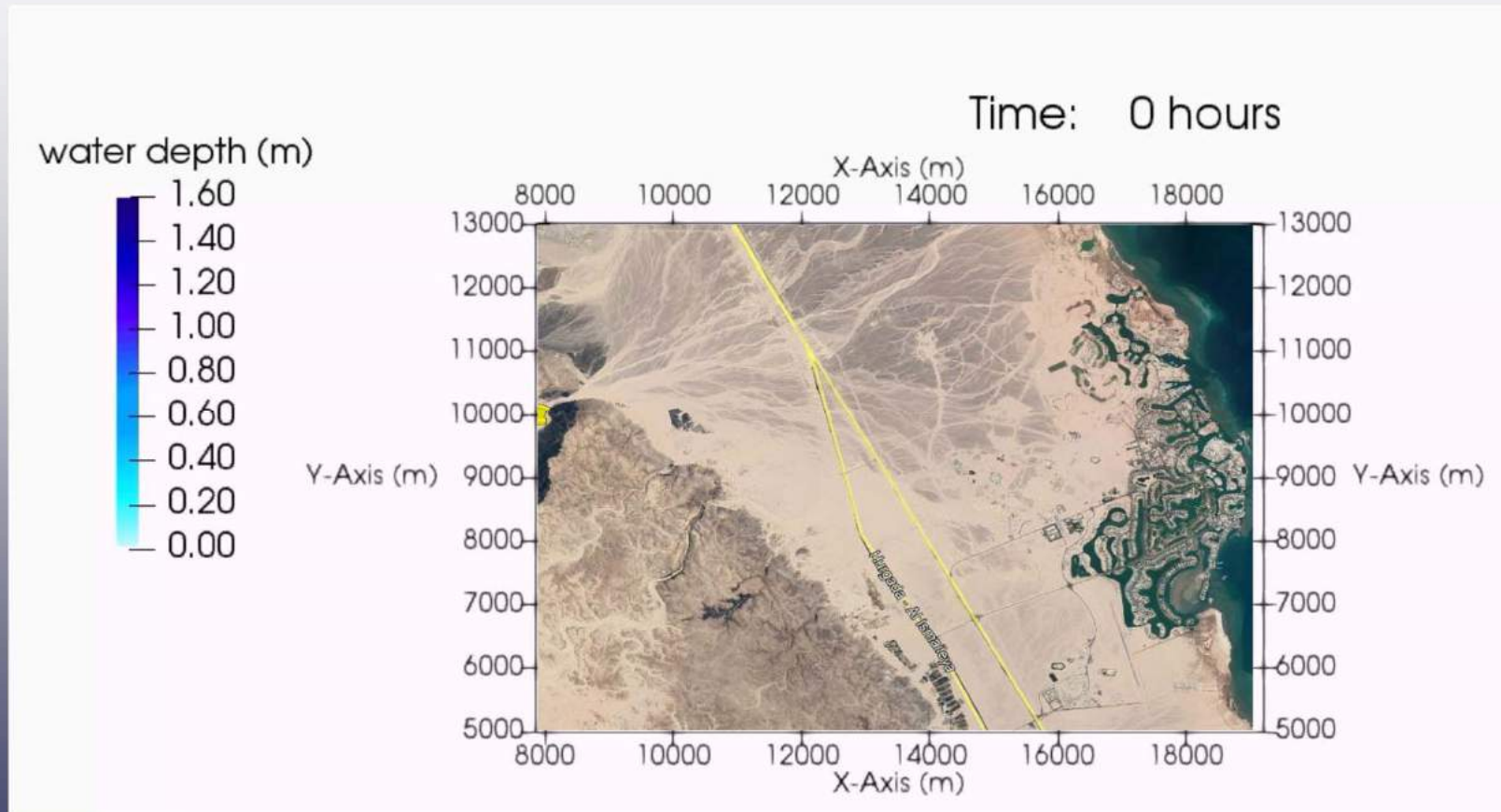


Urbanes Überschwemmungsgebiet mit Hochwasserrückhaltebecken

Lange et al. (2012): Einsatz der Quellermethode bei Hochwasserschutzkonzeptionen im ländlichen Raum. Wasserwirtschaft, Vol. 6: 20-25

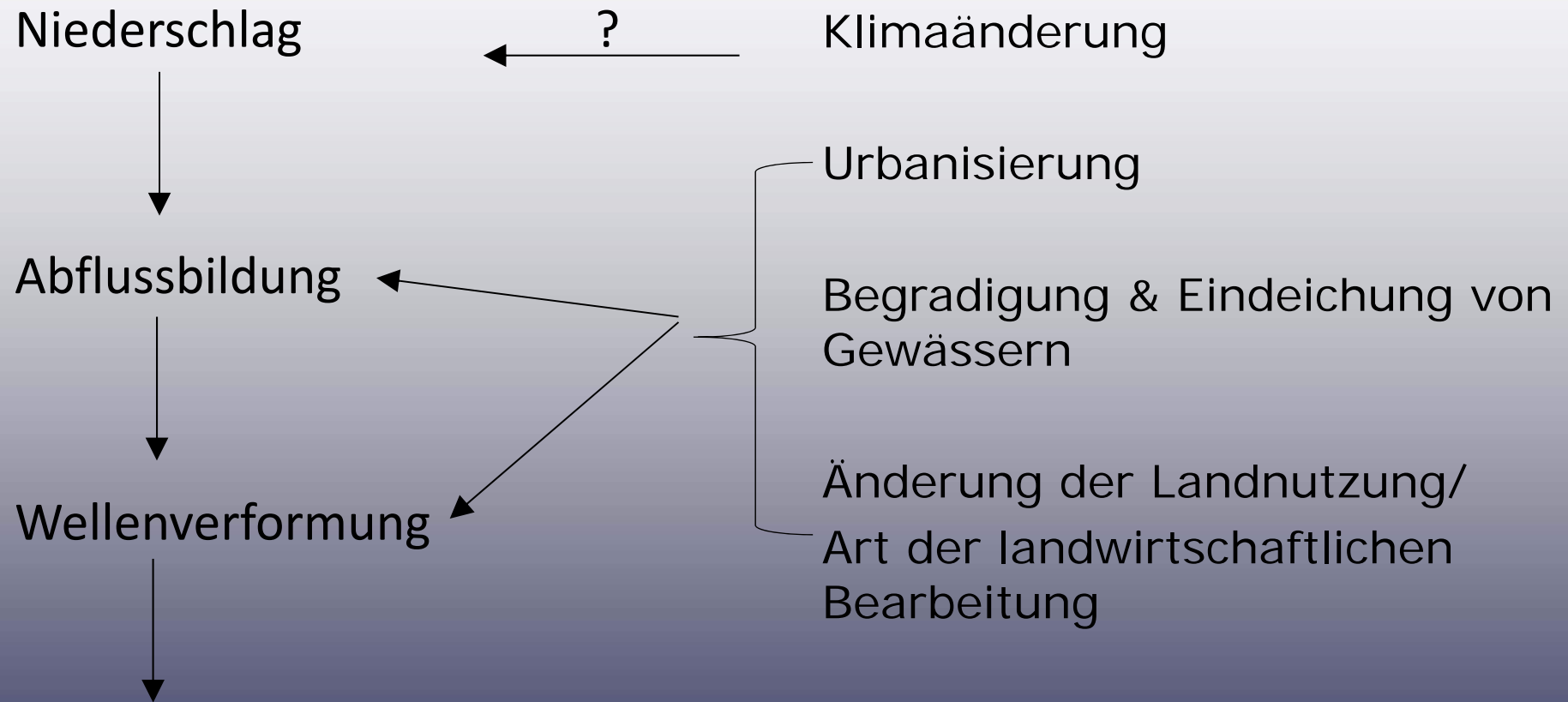
Beispiel: Hydraulische Simulation

Sturzflut in El Gouna, Ägypten



Hintergrund: Satellitenbild El Gouna aus Google Earth

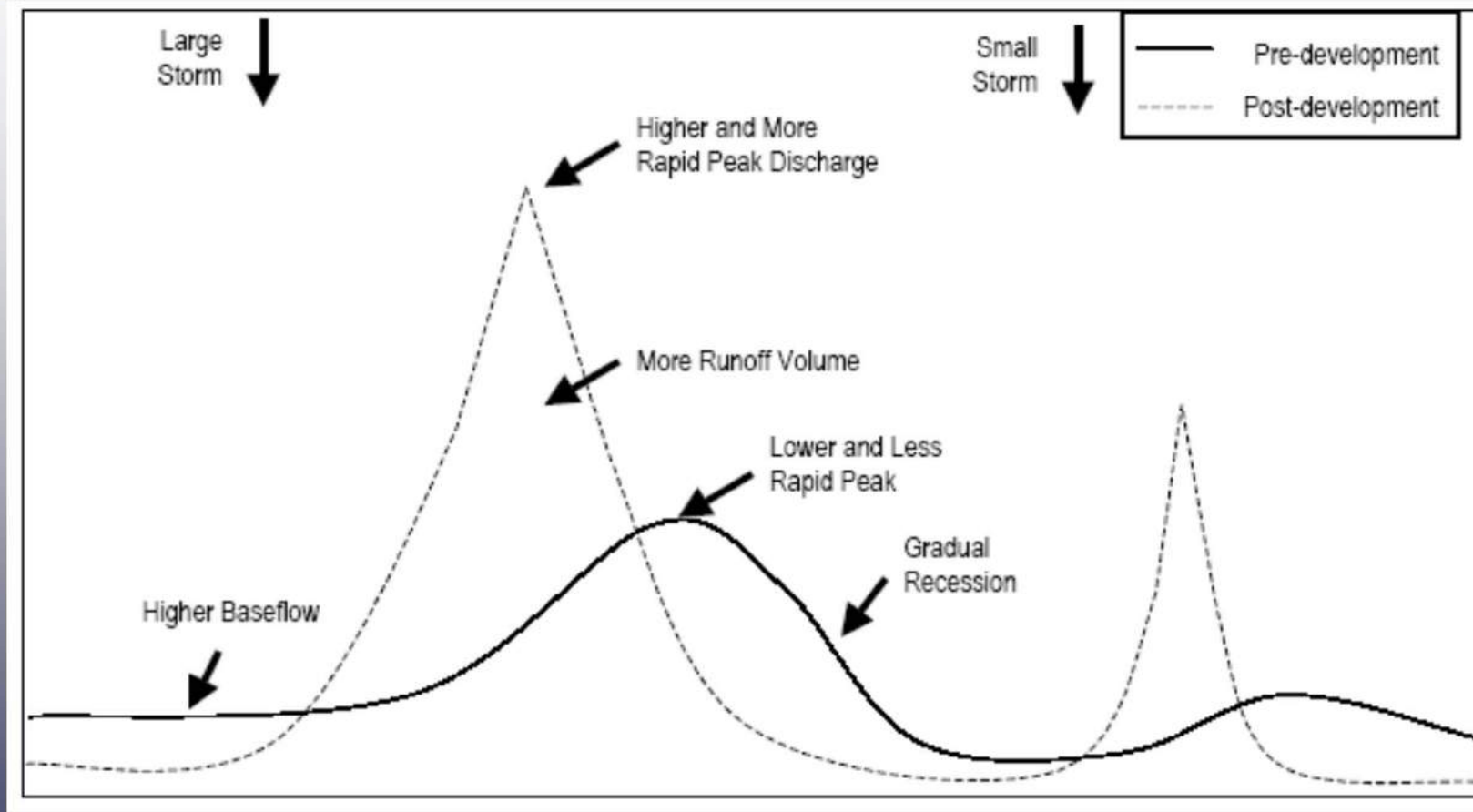
Einfluss des Menschen auf das Hochwassergeschehen



**Verstärkung der Hochwassergefahr ,
Verkürzung der Vorwarnzeit**

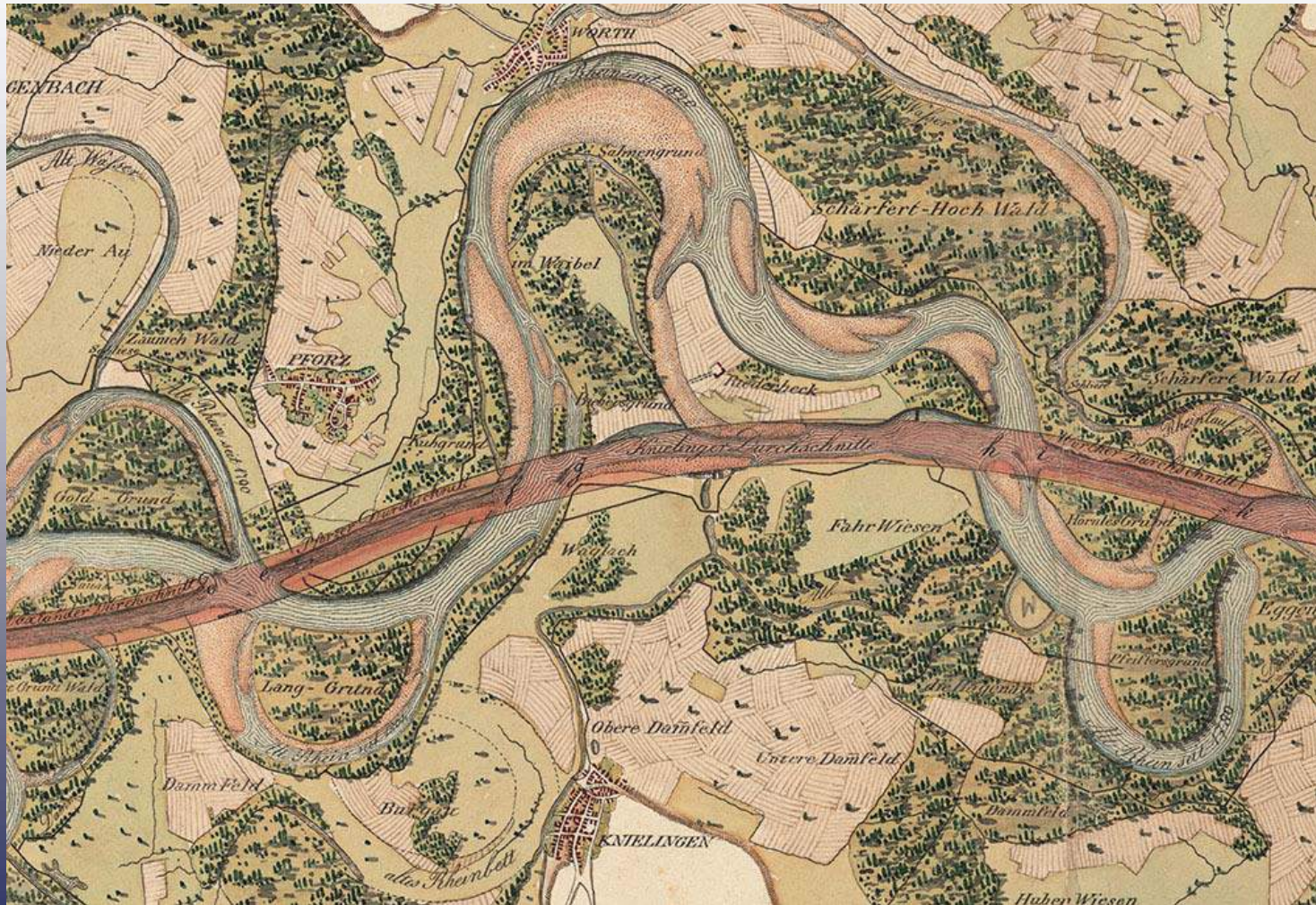
Veränderung der Hochwasserwelle

Durch anthropogene Einflüsse



Quelle: US-EPA, 2004

Begradigung & Eindeichung der Gewässer

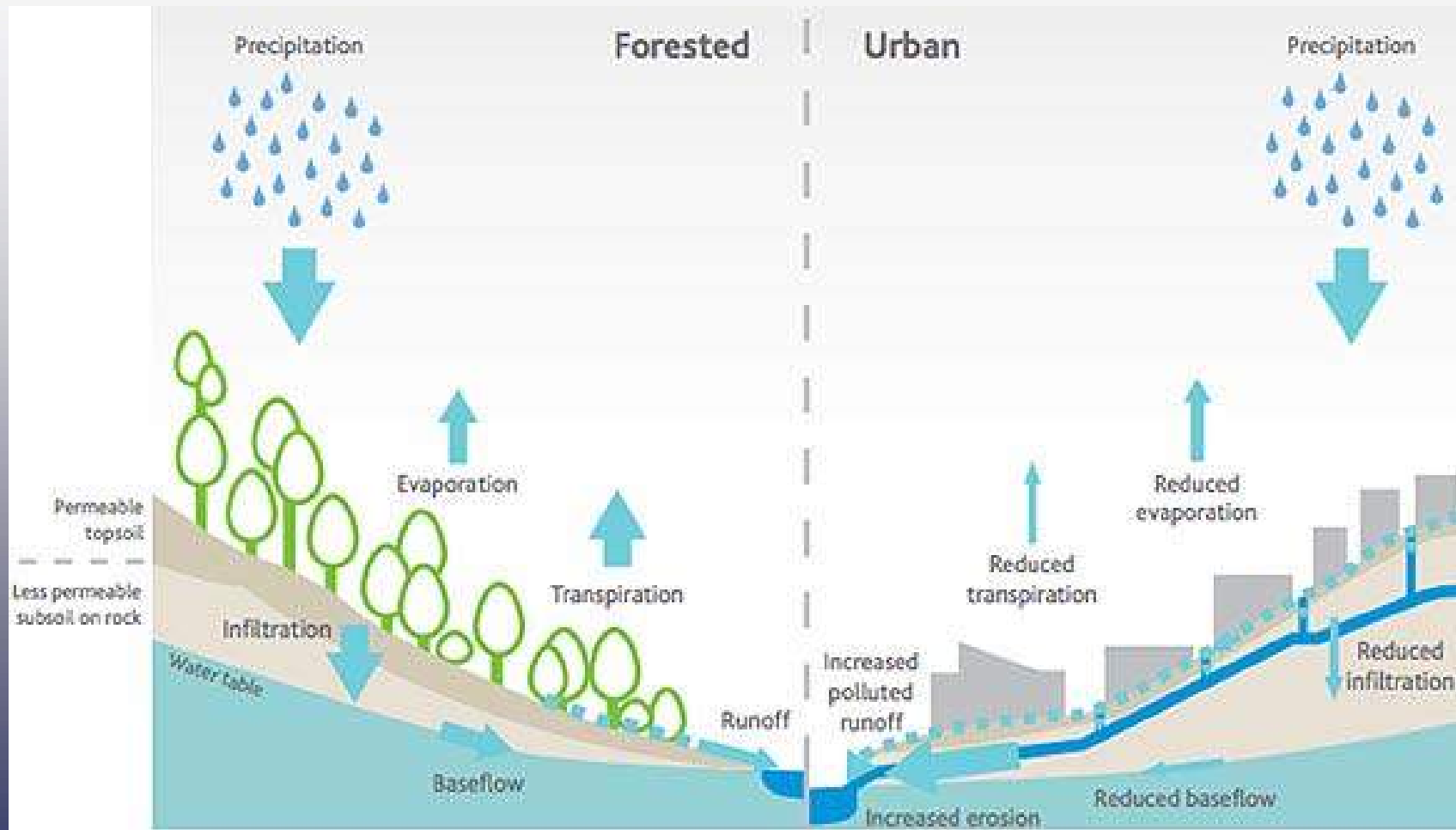


Rheinbegradigung, 1825.

(Vorlage: Landesarchiv BW, GLAK H Rheinstrom Nr. 72, <https://www.leo-bw.de/>)

Der urbane Wasserkreislauf

Veränderte Verteilung von Infiltration, Evapotranspiration und Abfluss



Der urbane Wasserkreislauf

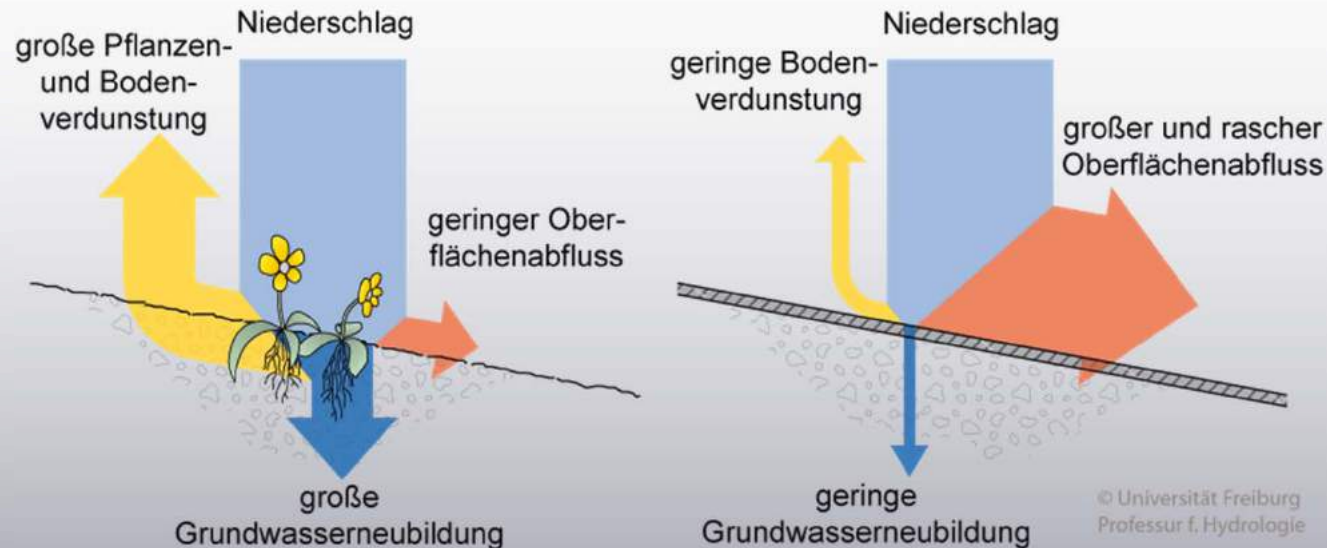
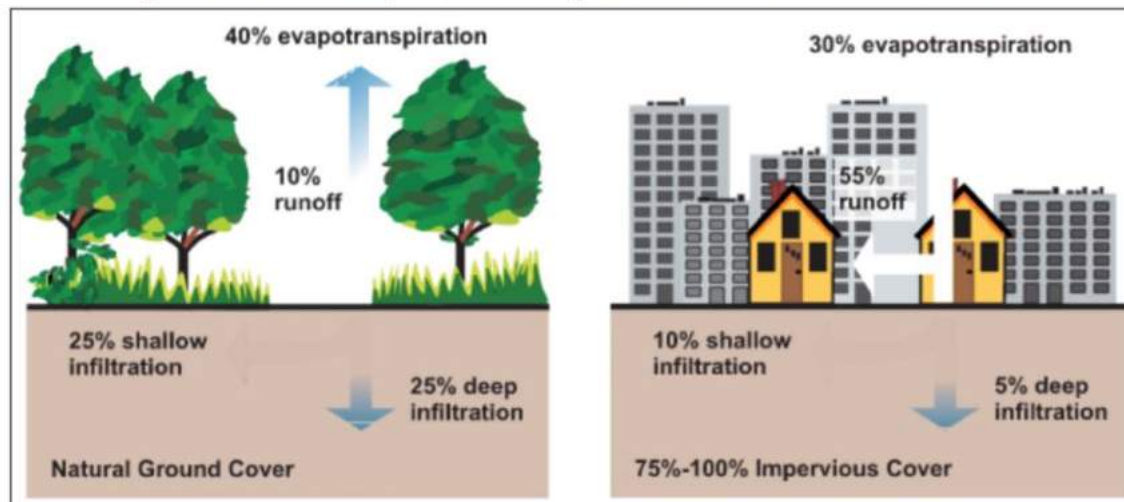


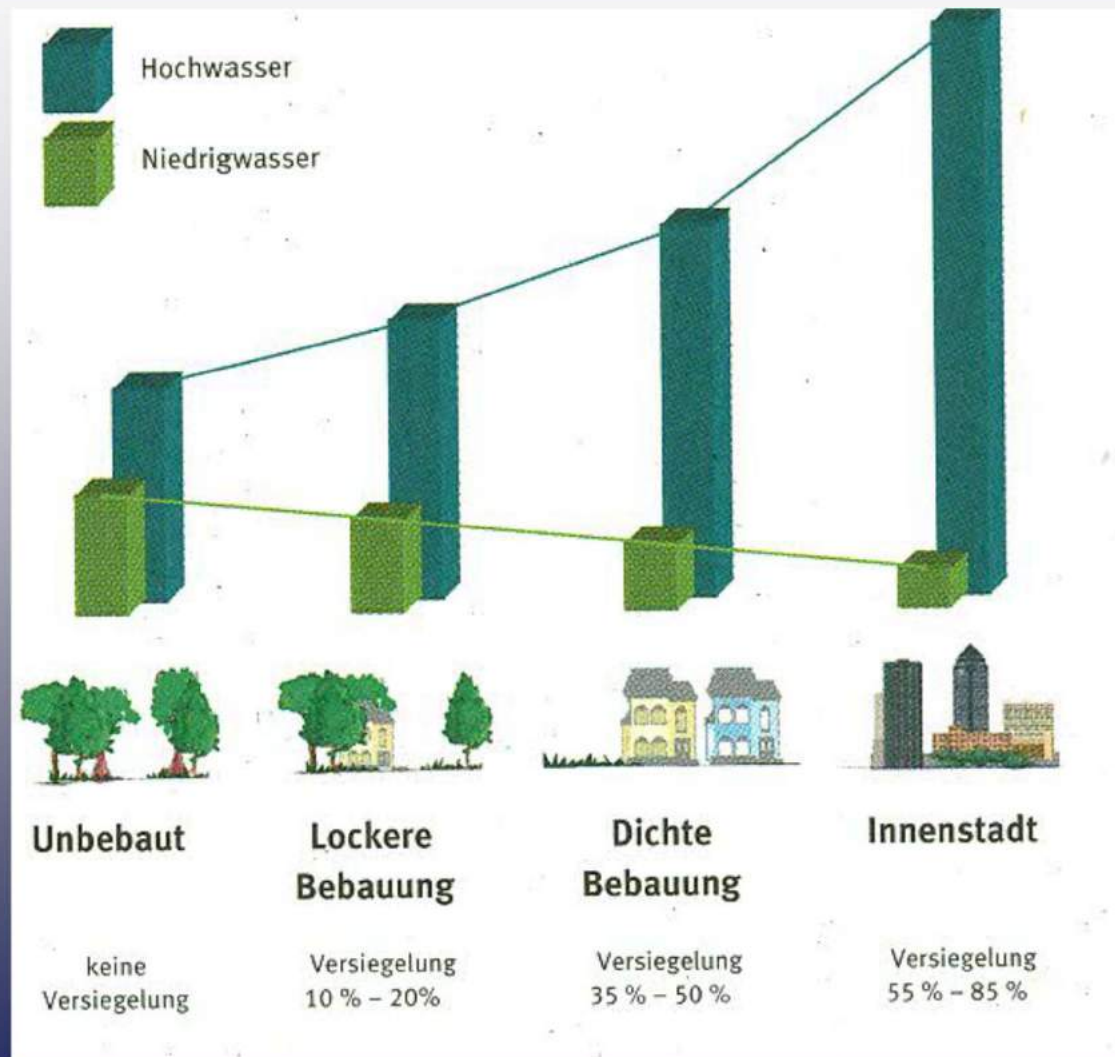
Figure 1. Relationship Between Impervious Cover and Surface Runoff



Source: U.S. Environmental Protection Agency, *Protecting Water Quality from Urban Runoff*, p. 1.

Der urbane Wasserkreislauf

Veränderte Abflussregime



Quelle: DWA-M 609-1

Variabilität des Abflusses als Funktion der Niederschlagsintensität

Warum ist das so?

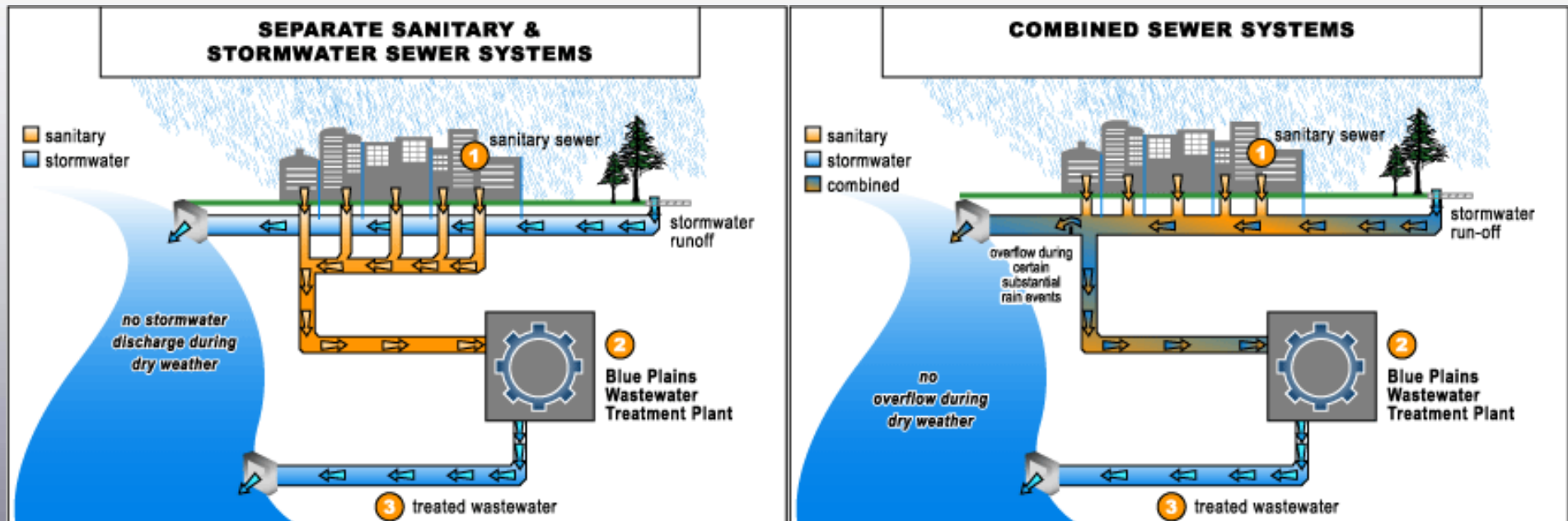
Die entscheidende Rolle spielt der Boden



Quelle: WEBGEO | Hydro Bruker, Kohnle, Nolzen, Freiburg

Der urbane Wasserkreislauf

Stadtentwässerung - Infrastruktur



Trennkanalisation (getrennte Systeme für Regenwasser und Schmutzwasser)

Mischkanalisation (Regenwasser gemischt mit Schmutzwasser)

**Bei Starkregen:
Schmutzwasser gelangt
ungereinigt in die Gewässer!**

Der urbane Wasserkreislauf

Verschmutzungsprobleme

Urbaner Abfluss



Entlastung bei großen Ereignissen:
direkt in den Fluss



Umweltprobleme im Wasserkreislauf

59

Schadstoffverlagerung in der
Landschaft



Wasserverschmutzung



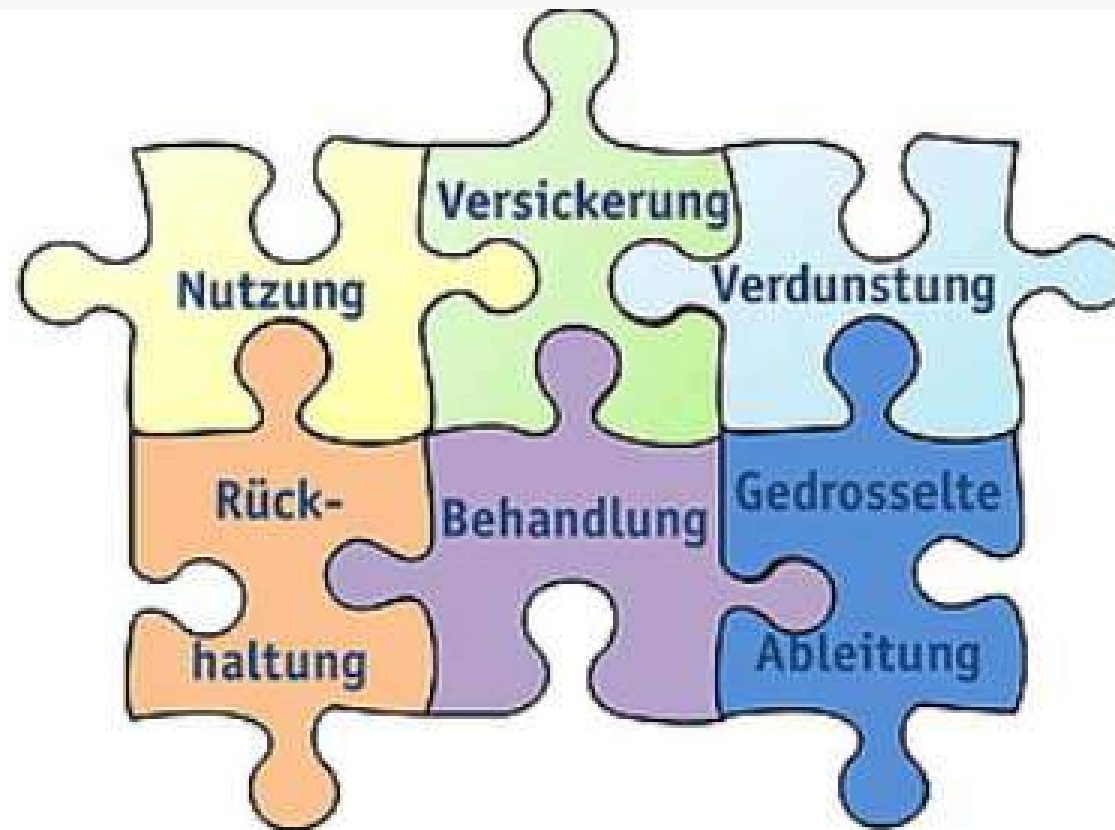
Landdegradierung



Sedimentation



Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

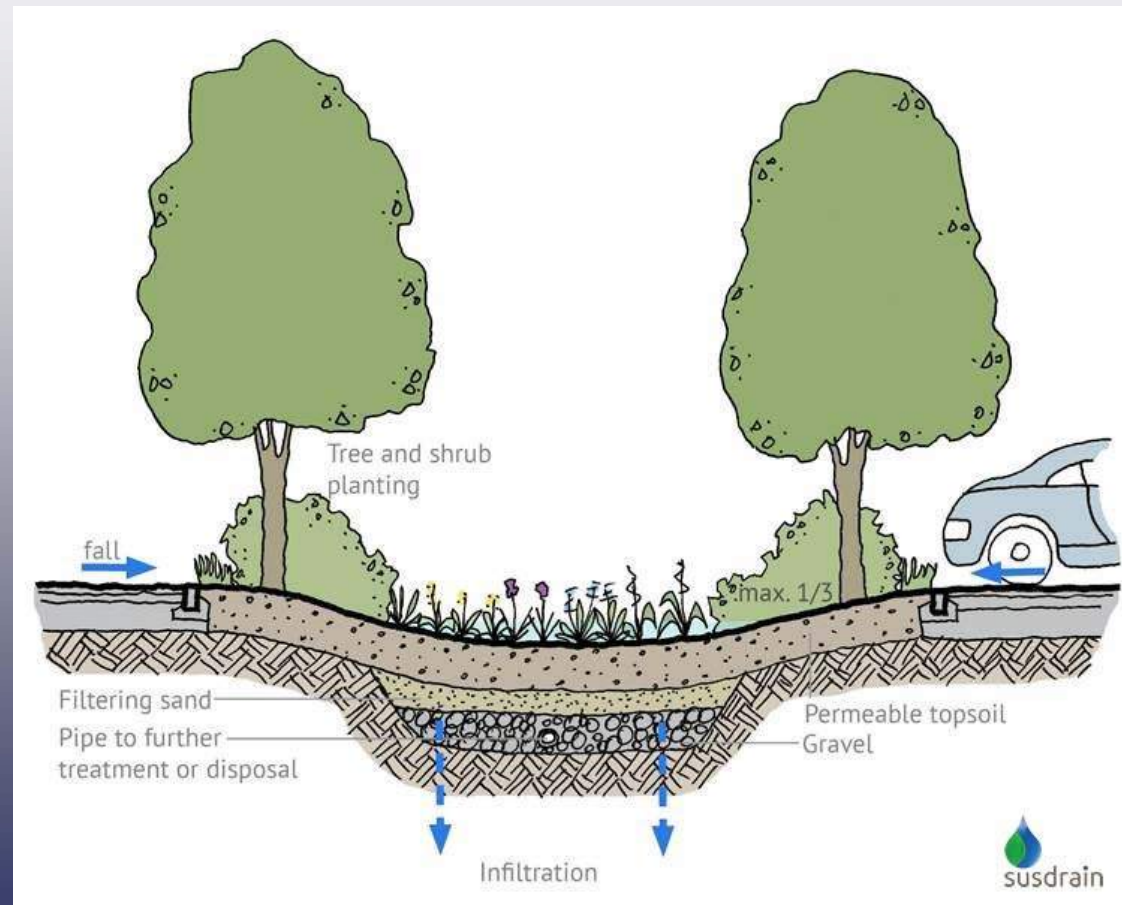


Bausteine der Regenwasserbewirtschaftung

(Quelle: www.sieker.de)

Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

Grüne Infrastruktur: Muldenrigolen zur Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser



Wassersensible Stadt



Implementierung
von urbanem
Grün

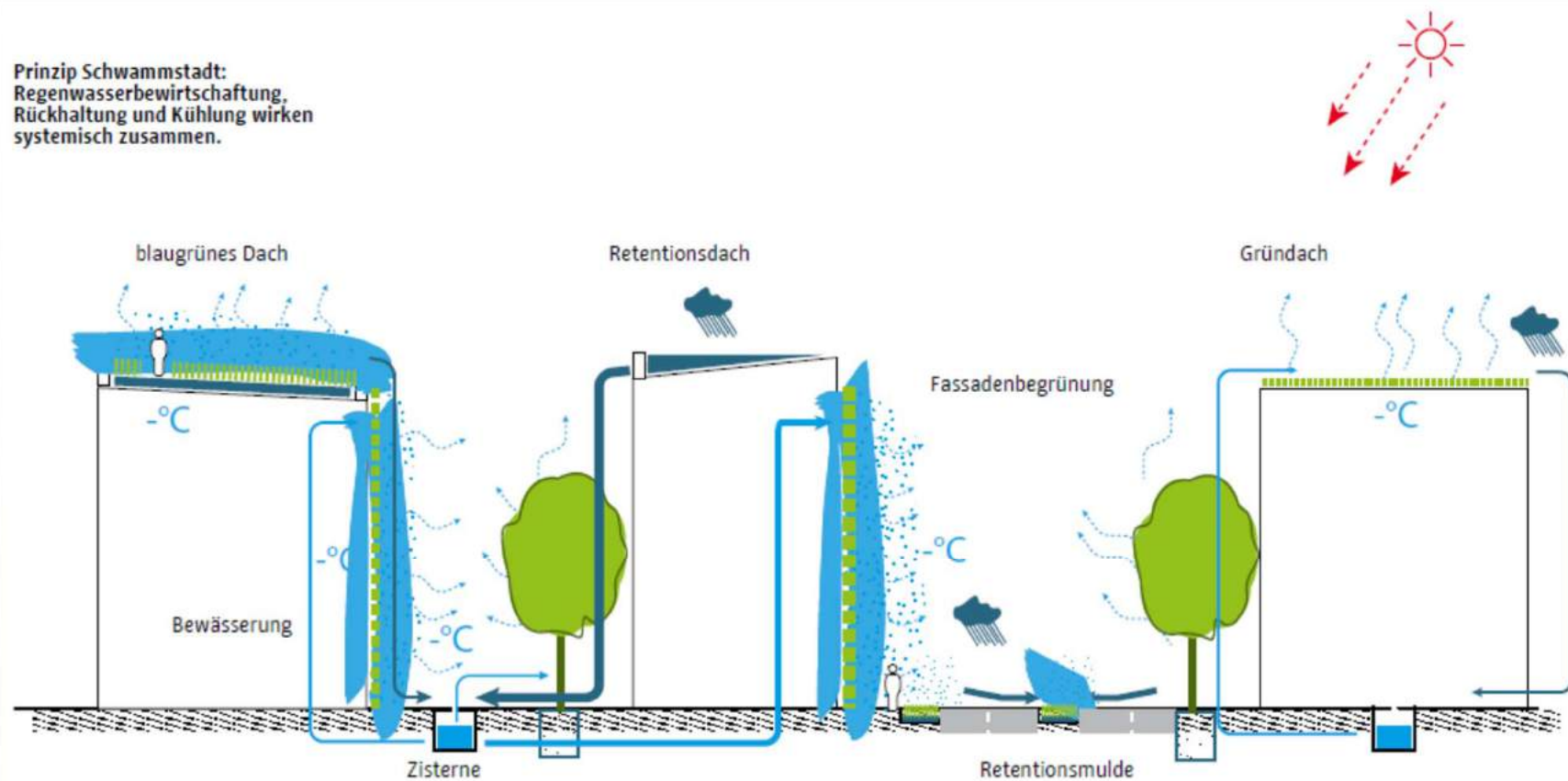
pixabay / lemondessoflife



Bauen mit Wasser

Blau-grüne Straßen

Prinzip Schwammstadt:
Regenwasserbewirtschaftung,
Rückhaltung und Kühlung wirken
systemisch zusammen.



© SenStadtUm / bmr 2016

Bgmr Landschaftsarchitekten. StEP Klima KONKRET

https://www.berlin.de/senuvk/klimaschutz/klimawandel/download/afok_step_klima_konkret.pdf

Bauen mit Wasser

Blau-grüne Straßen



Bauen mit Wasser

Blau-grüne Straßen



Bauen mit Wasser

Klimaanpassungsstrategien

Projekt KLAS:
KLimaAnpassungsStrategien der
Freien Hansestadt Bremen



Quelle: Merkblatt für eine wassersensible Stadt- und
Freiraumgestaltung, Freie Hansestadt Bremen)

Bauen mit Wasser

Renaturierung



Bauen mit Wasser

Renaturierung





Urban Water Interfaces
(UWI)

IGB
Leibniz-Institute of
Freshwater Ecology
and Inland Fisheries



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Indien 2018



Deutschland 2016



Ägypten 2016



Iran 2019



Italien 2018



Mosambik 2019

Bildquellen der letzten Folie:

Mosambik: https://www.focus.de/panorama/welt/unwetter-mosambik-erklaert-wegen-ueberschwemmungen-den-notstand_id_10477783.html

Deutschland: <https://www.bz-berlin.de/berlin/unwetter-in-berlin-darum-kam-es-zur-sturzflut-auf-den-strassen>

Indien: <https://www.zdf.de/nachrichten/heute/zahl-der-monsunopfer-in-indien-steigt-100.html>

Italien: <https://www.dw.com/de/italien-wegen-unwetter-weiter-im-ausnahmestand/a-46083447>

Ägypten: egyptianchronicles.blogspot.de 2016

Iran: <https://www.voanews.com/a/iran-flash-flood-death-toll-up-to-44/4852561.html>