



Wasserressourcen und -versorgung in Zeiten des Klimawandels

Prof. Dr. Mathias Ernst

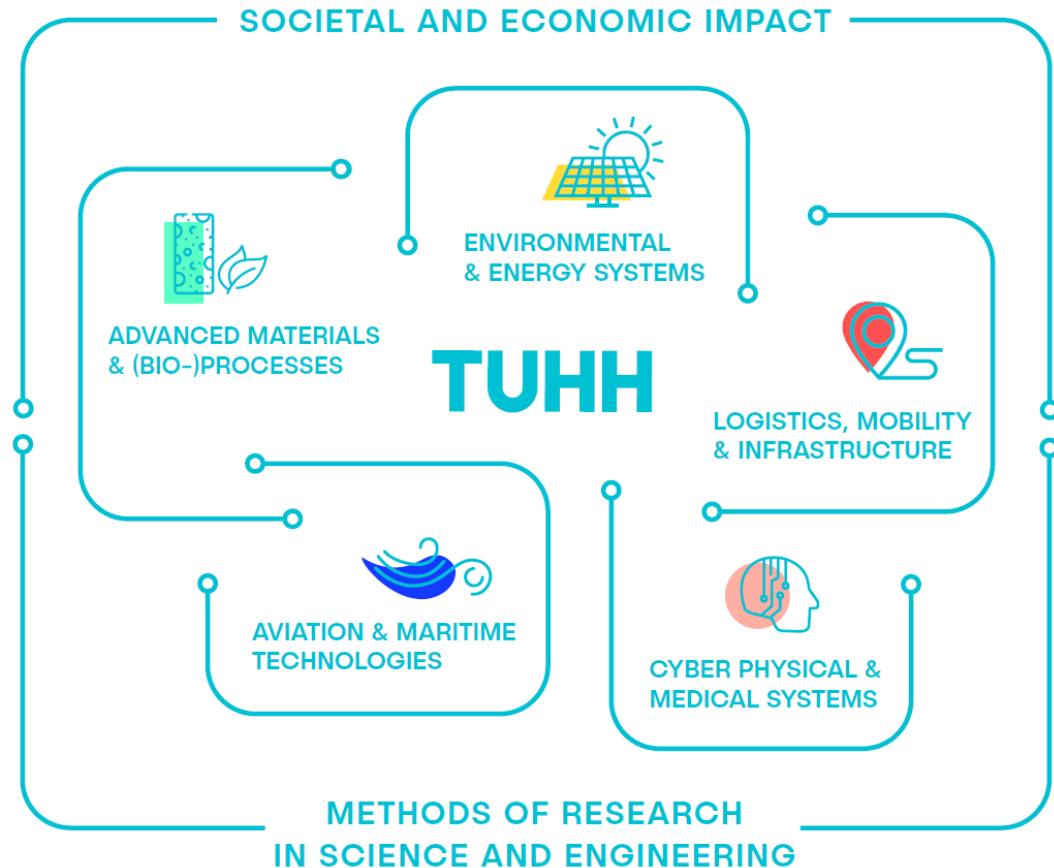
*Institut für Wasserressourcen und
Wasserversorgung, TUHH*

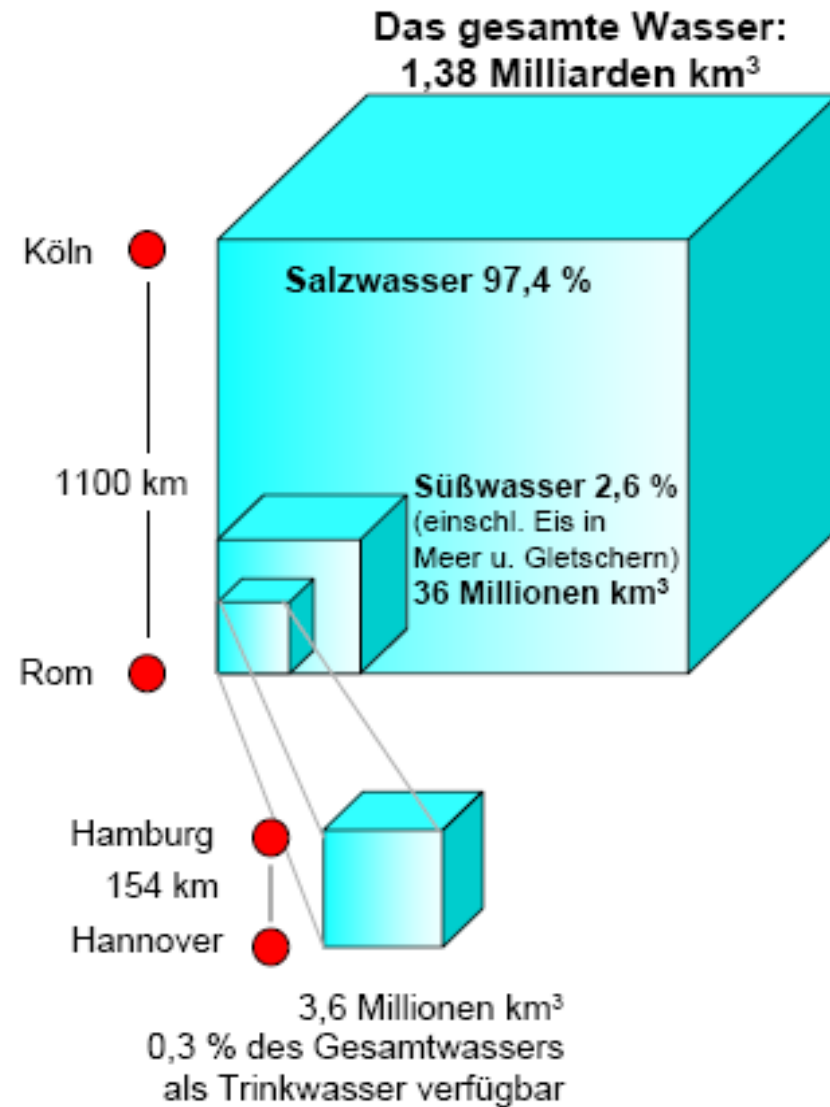
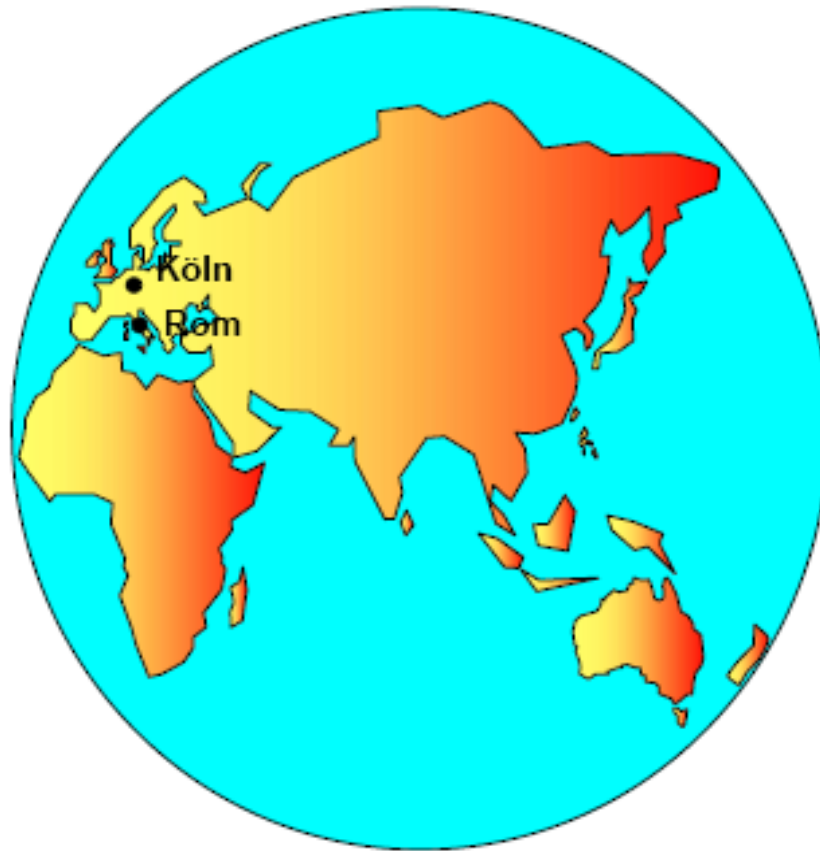
kk23 – Klimaforschung und Zukunftsszenarien, 21.09.2023



World Water Day Photo Contest

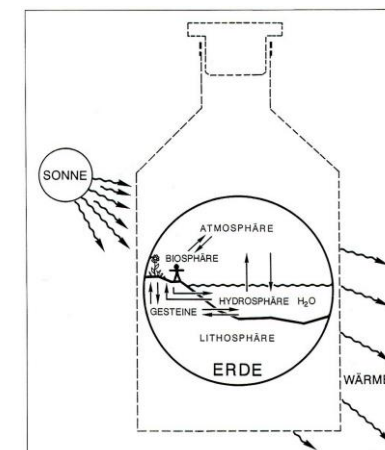
- Wasser - globale Ressource
- Auswirkungen Klimawandel - Welt
- Wasserressourcen, Deutschland
- Anpassungsstrategien für die Wasserversorgung
- EU Projekt SafeCREW
- Ausblick



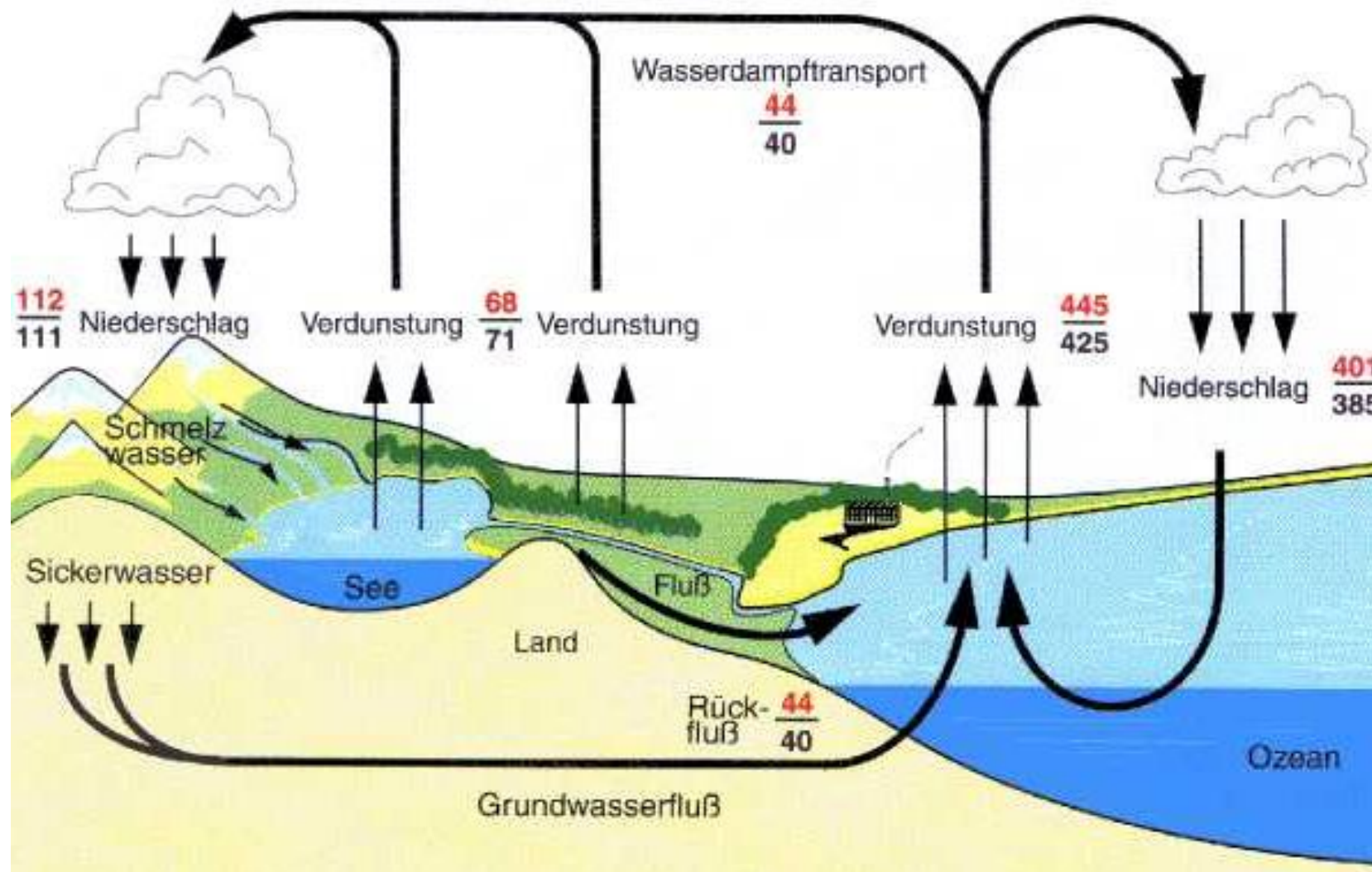


Globale Verteilung des Wassers, Mengen und Anteile

		Wassermenge km ³	Anteil %
Gesamt		1 384 120 000	100,00
Salzwasser (Meer)		1 348 000 000	97,40
Süßwasser (gesamt)		36 020 000	2,60
Süßwasser	Wasser in Polareis, Meereis, Gletschern	27 820 000	2,00
	Grundwasser, Bodenfeuchte	8 062 000	0,58
	Wasser in Flüssen und Seen	225 000	0,02
	Wasser in der Atmosphäre	13 000	<0,01



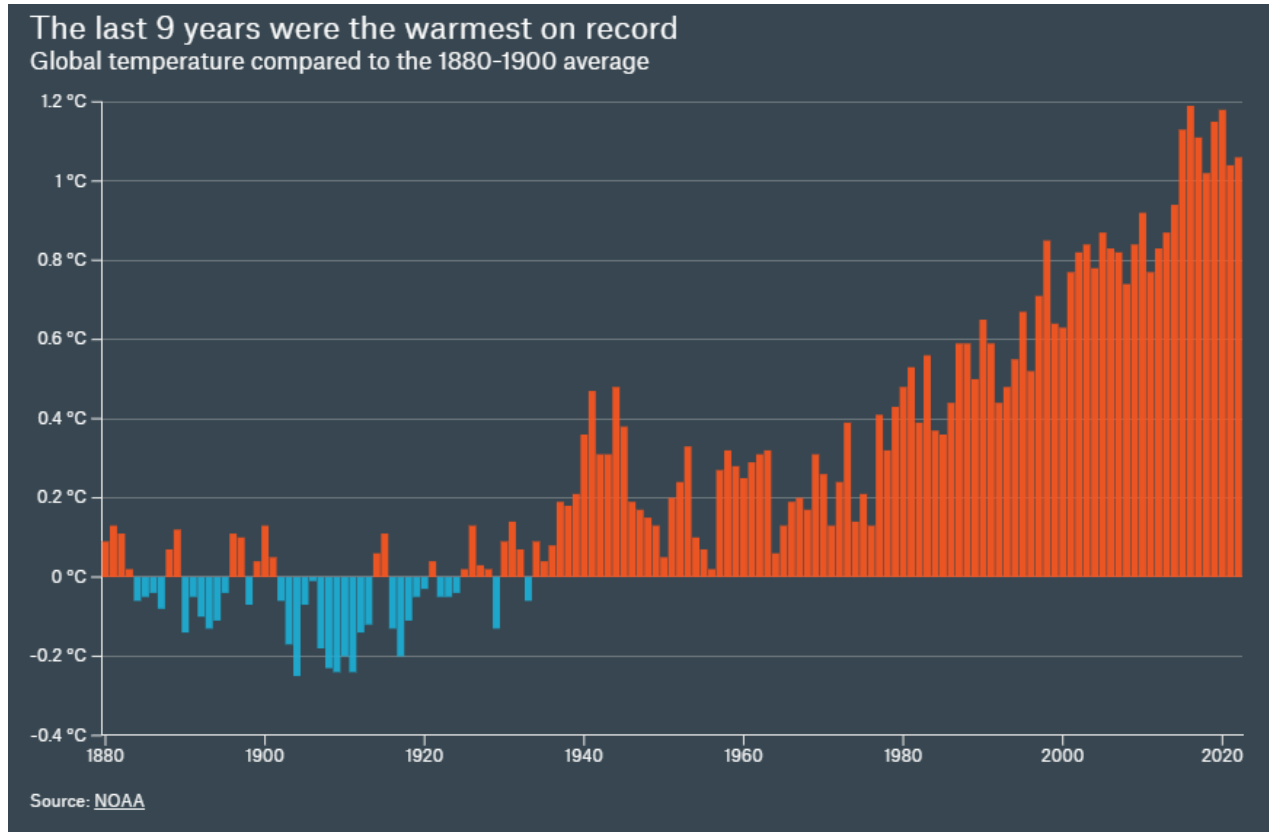
Wasser, 2013



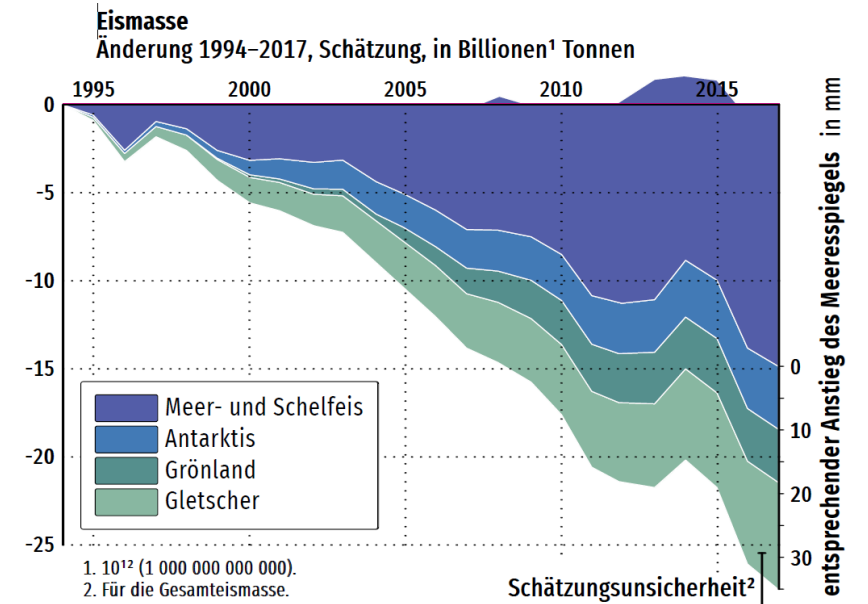
Die Zahlen geben den Transport in **1000 km³ pro Jahr** an. Dunkel Zahlen stellen empirische Werte dar, rote Zahlen stammen aus einer Modellberechnung

(Quelle: www.hydroskript.de)

Einfluss steigender Temperatur

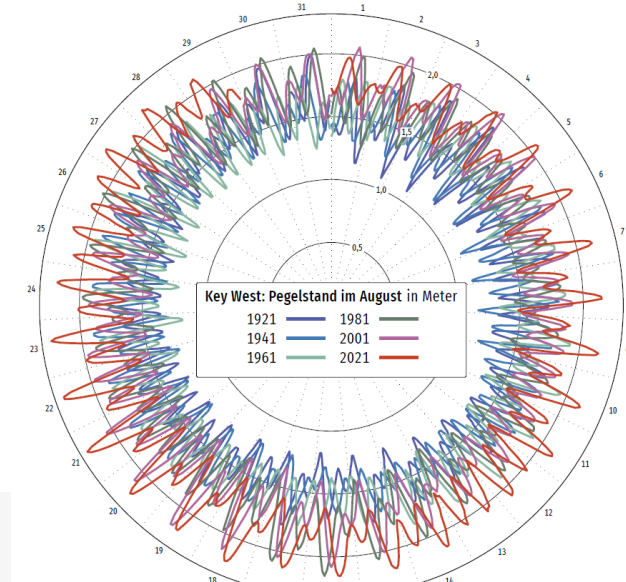


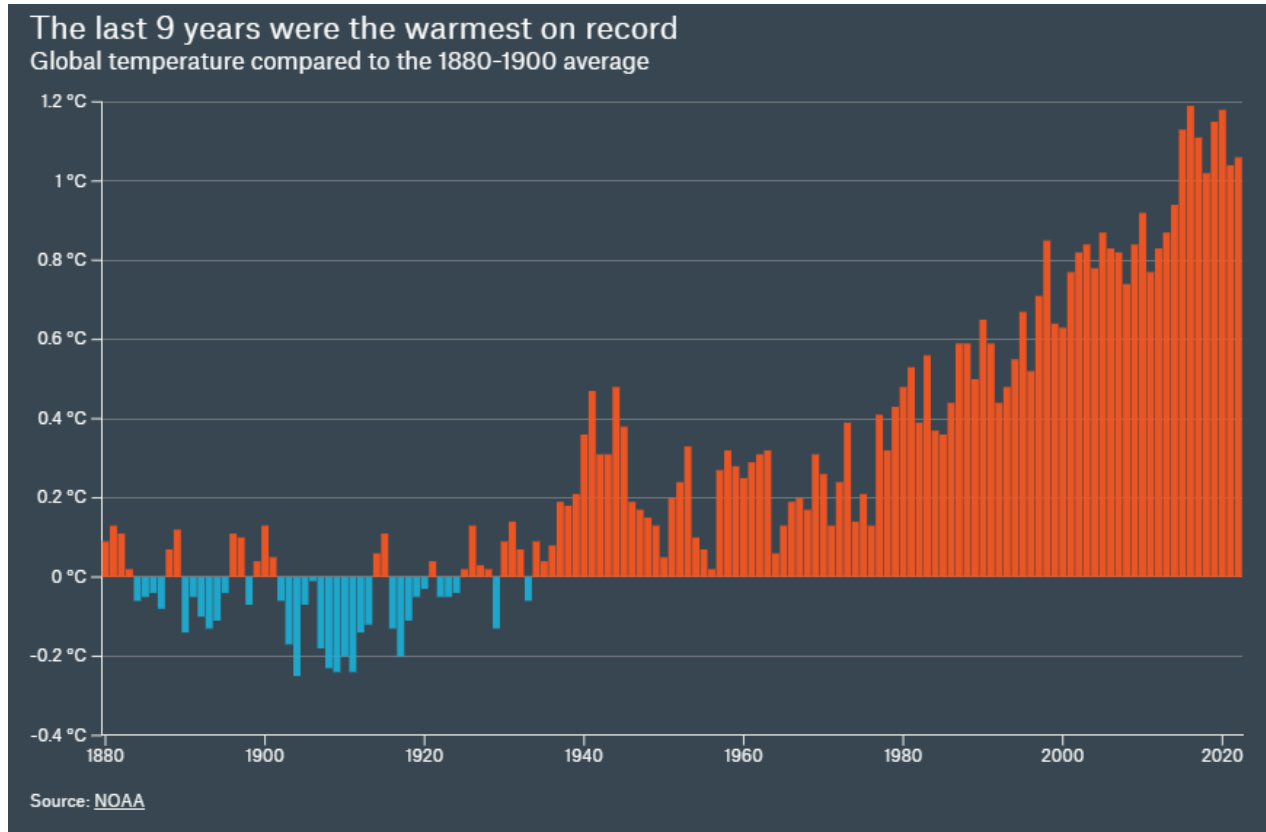
Munich Re NatCatSERVICE, 2023



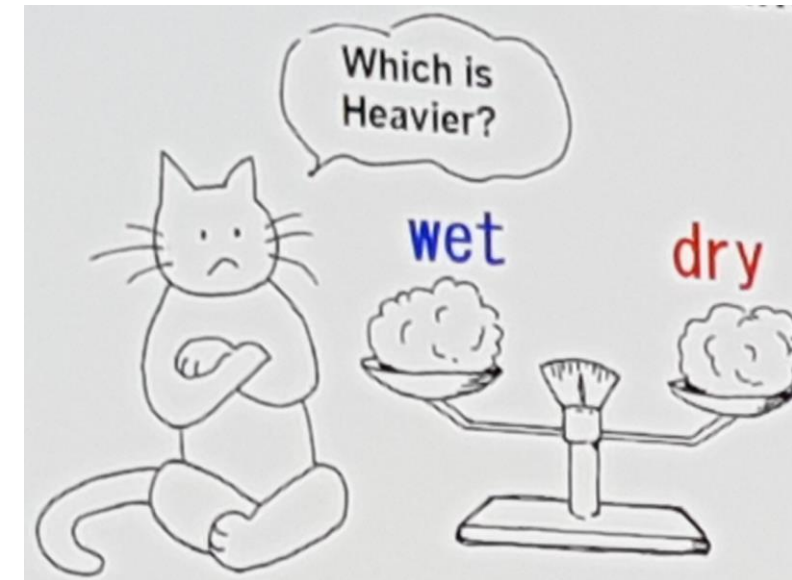
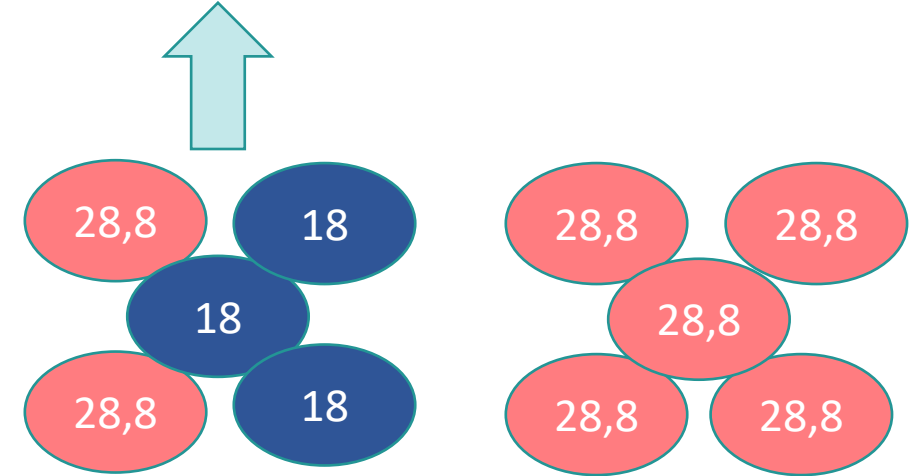
Quelle: Thomas Slater u. a. »Earth's ice imbalance«, The Cryosphere 2021, doi:10.5194/tc-15-233-2021

Adolf Buitenhuis | Le Monde diplomatique, Berlin

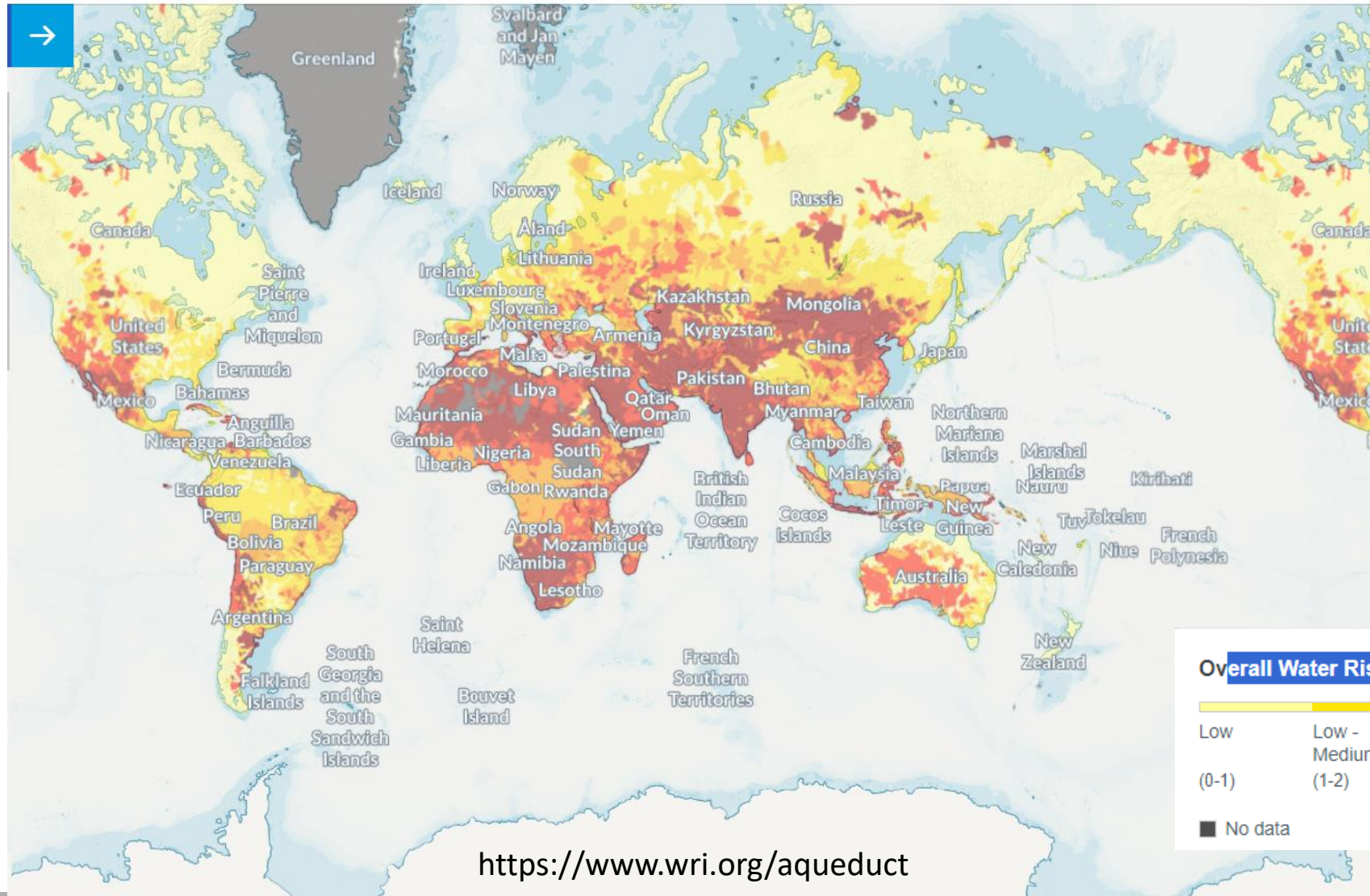




Munich Re NatCatSERVICE, 2023



„Wasserrisiken“, aktuell, Welt



DEFAULT WEIGHTING

Change



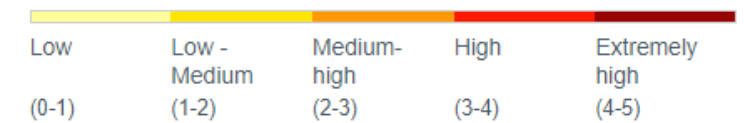
69% Water Quantity Risk
12% Water Quality Risk
18% Regulatory and Reputational

Custom

Default weighting



Overall Water Risk

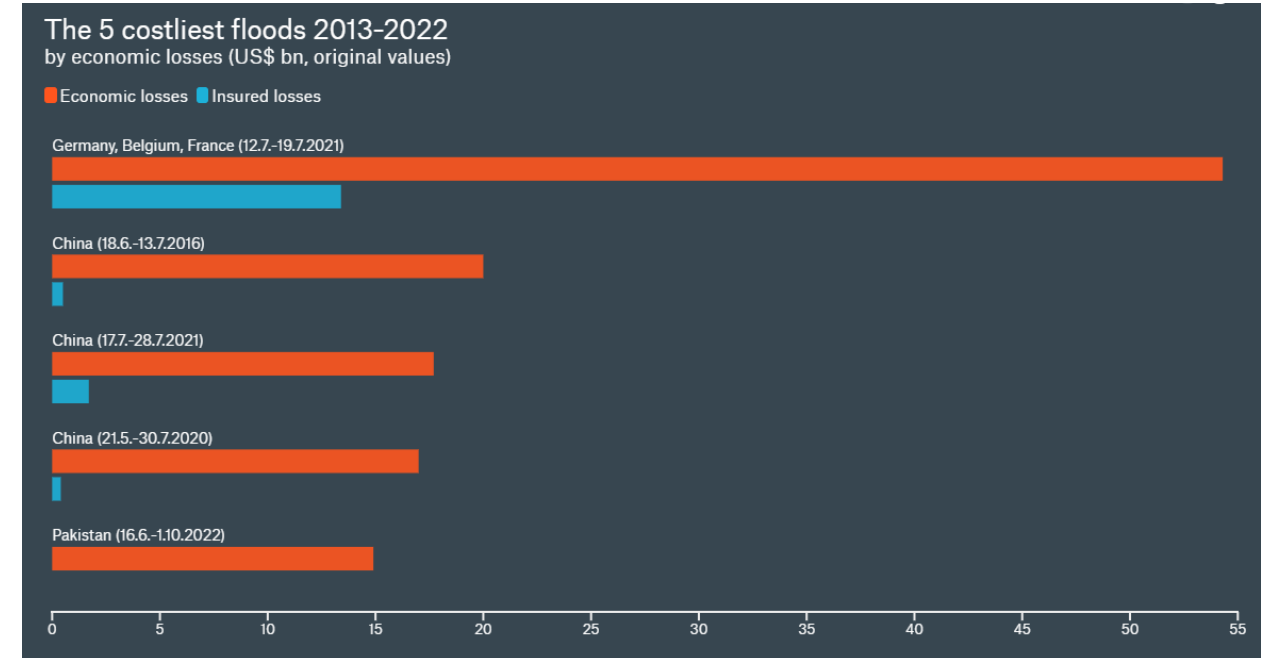
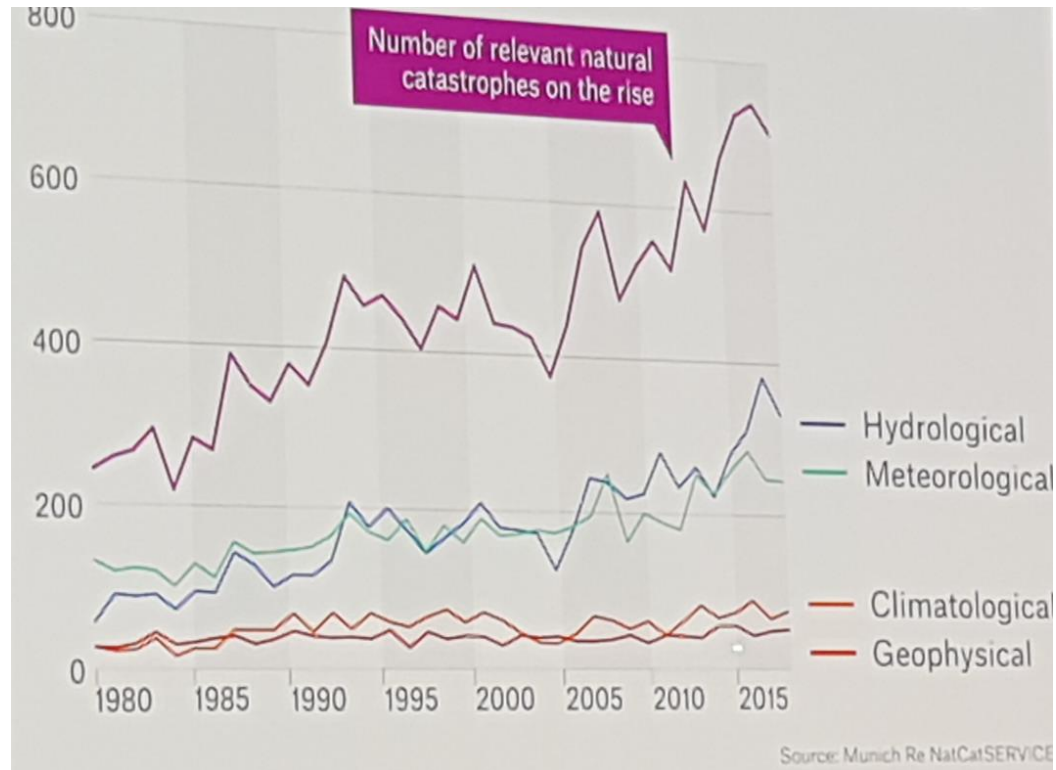


■ No data



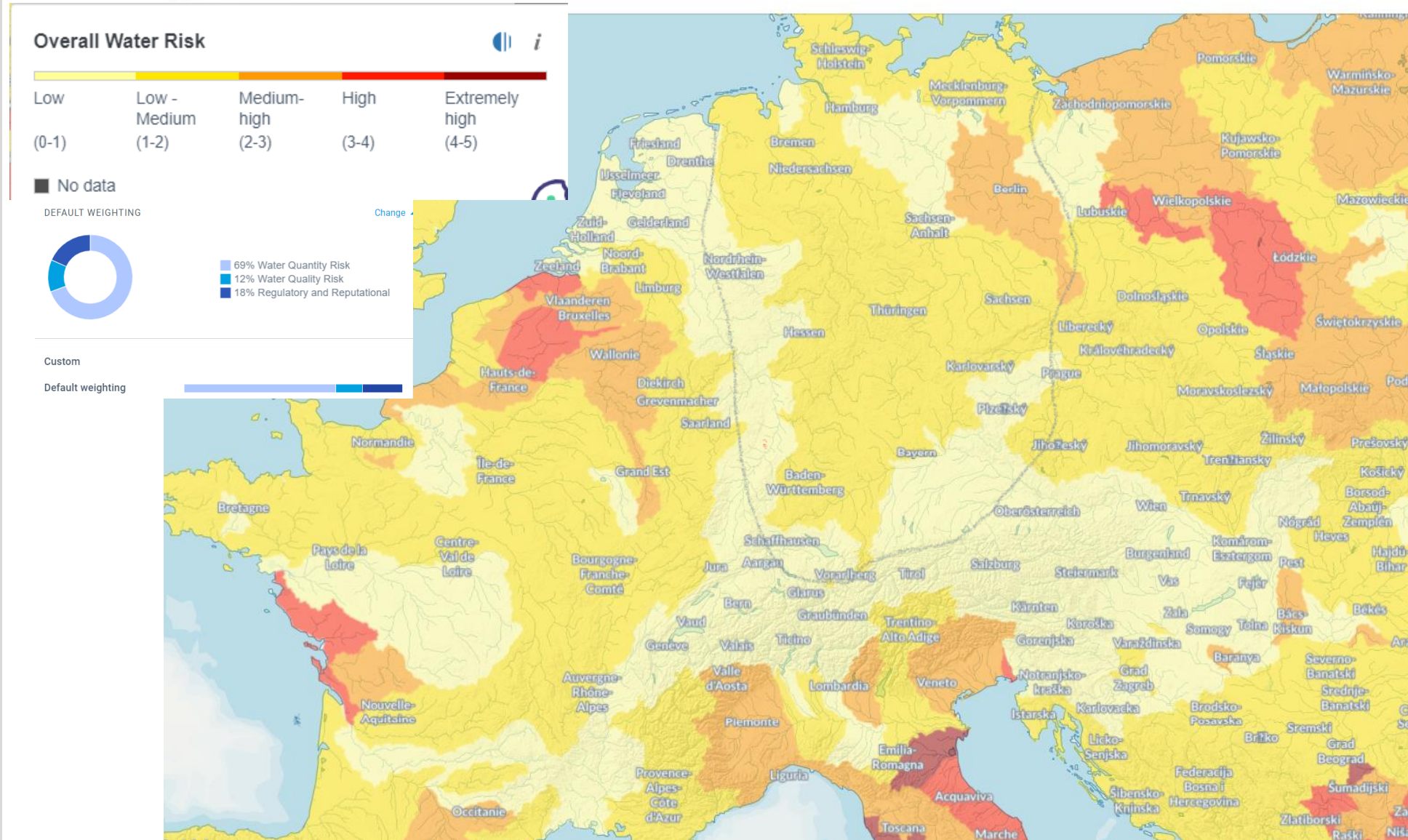
<https://www.wri.org/aqueduct>

Starker Anstieg, der durch Wasser verursachten Naturkatastrophen



Munich Re NatCatSERVICE, 2023

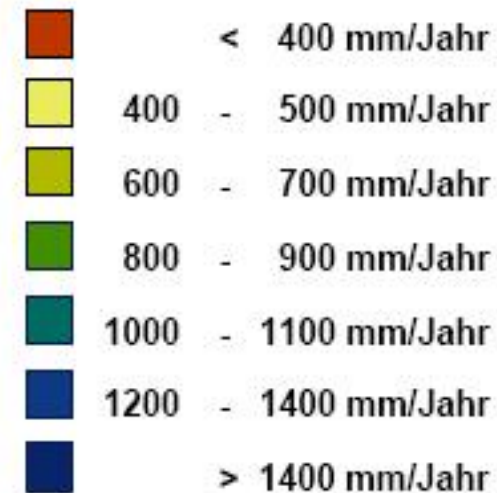
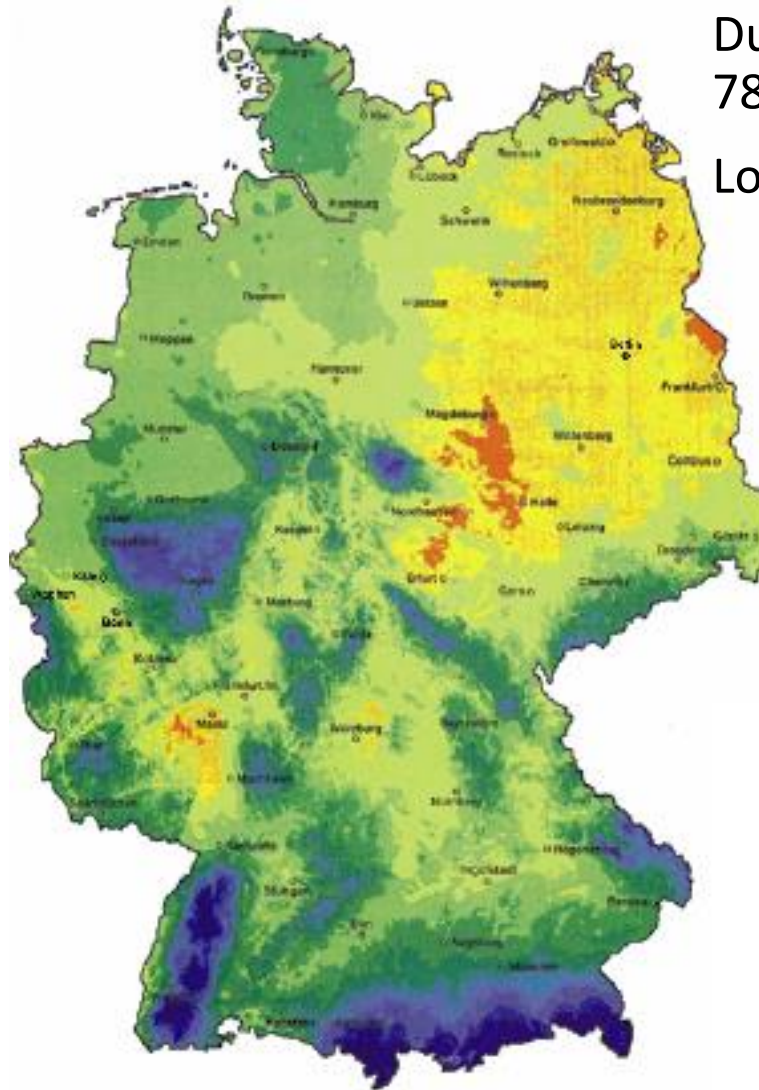
„Wasserrisiken“, aktuell, Zentraleuropa



Mittlerer Jahresniederschlag (1961-2010)

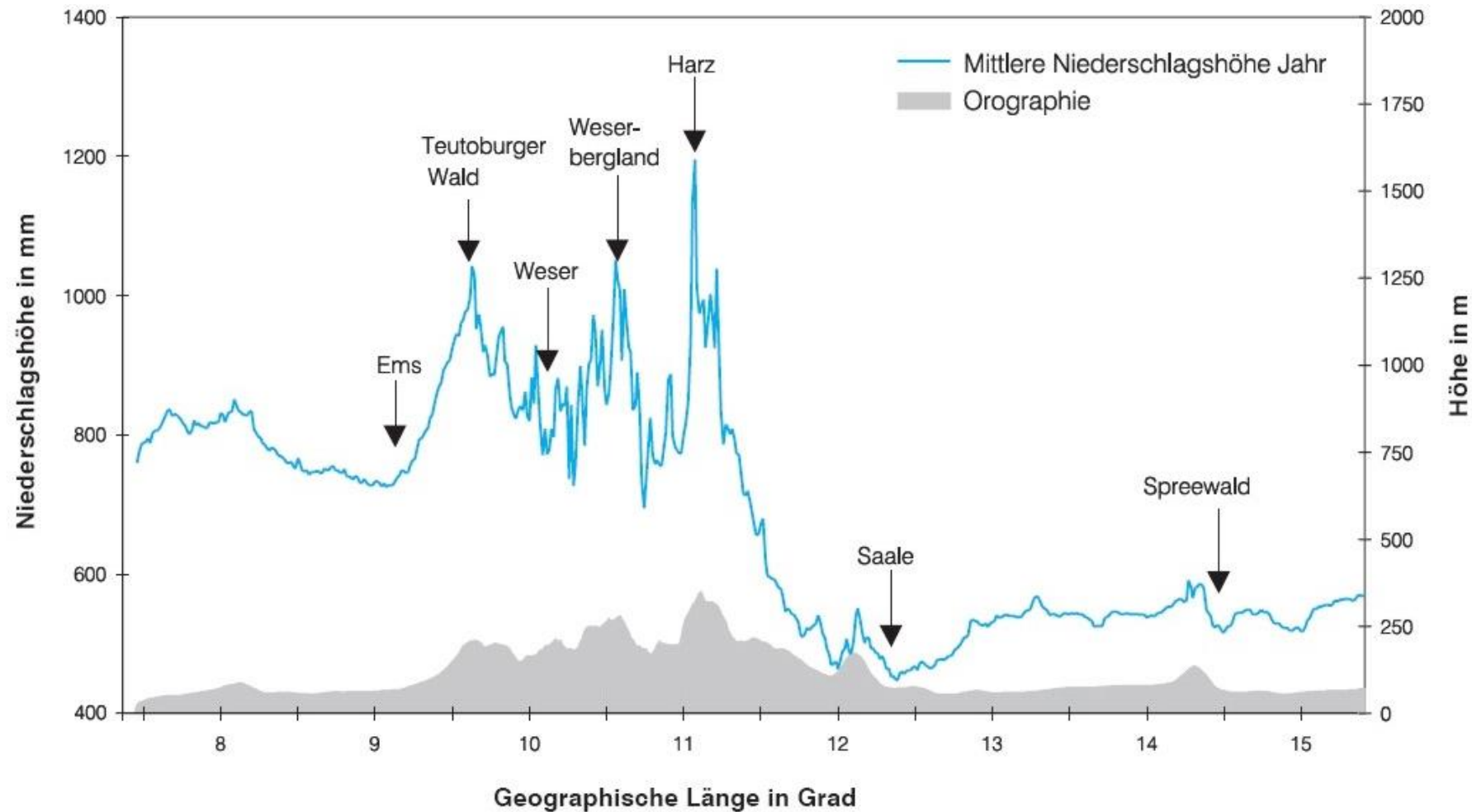
Durchschnittliche mittlere Niederschlagsmenge
780 mm/a

Lokale Unterschiede jedoch beträchtlich

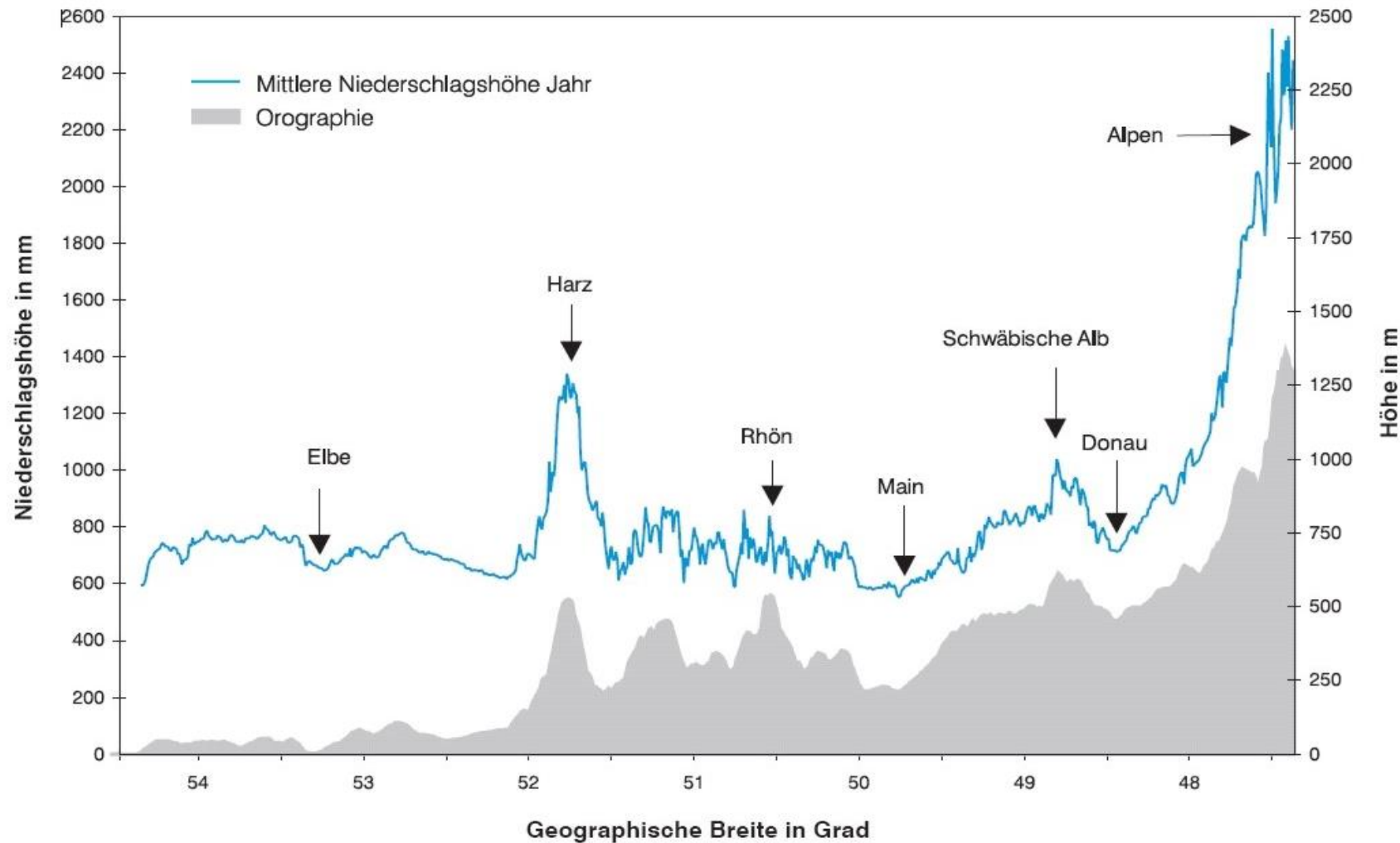


Angaben vom DWD
(Deutscher Wetterdienst Deutschland)

West-Ost-Schnitt mittlerer jährl. Niederschlagshöhen (1961-1990)



- Nord-Süd-Schnitt mittlerer jährl. Niederschlagshöhen (1961-1990)



Der Wasserhaushalt eines bestimmten Einzugsgebietes wird durch die Wasserhaushaltsgleichung beschrieben:

$$N = V + A_o + A_u \pm \Delta S_b \pm \Delta S_g - Z_o - Z_u$$

N: Niederschlag

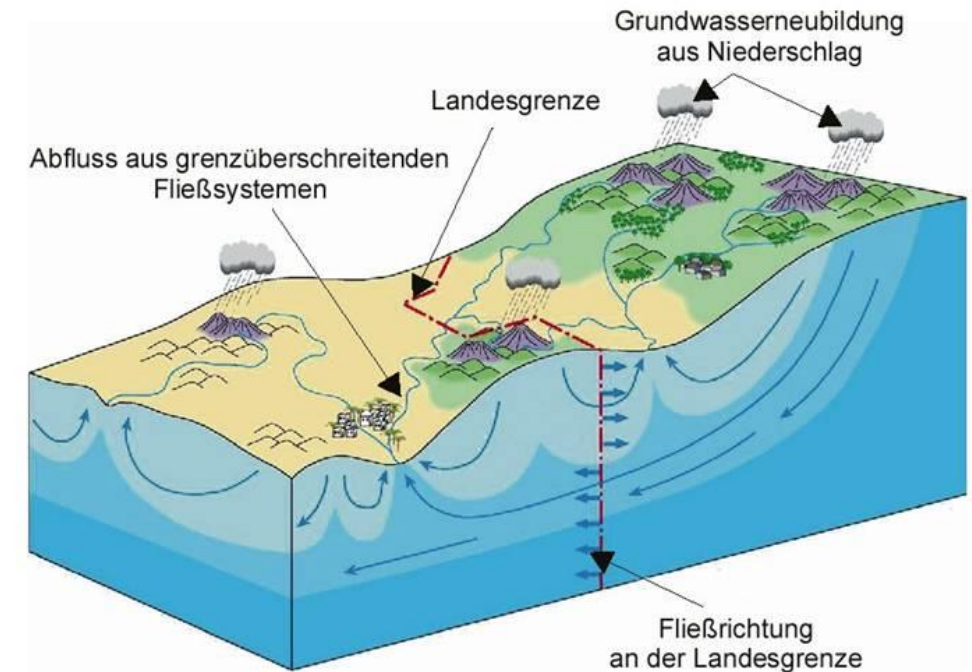
V: Verdunstung

A_o : oberirdischer Abfluss, Z_o : oberirdischer Zufluss

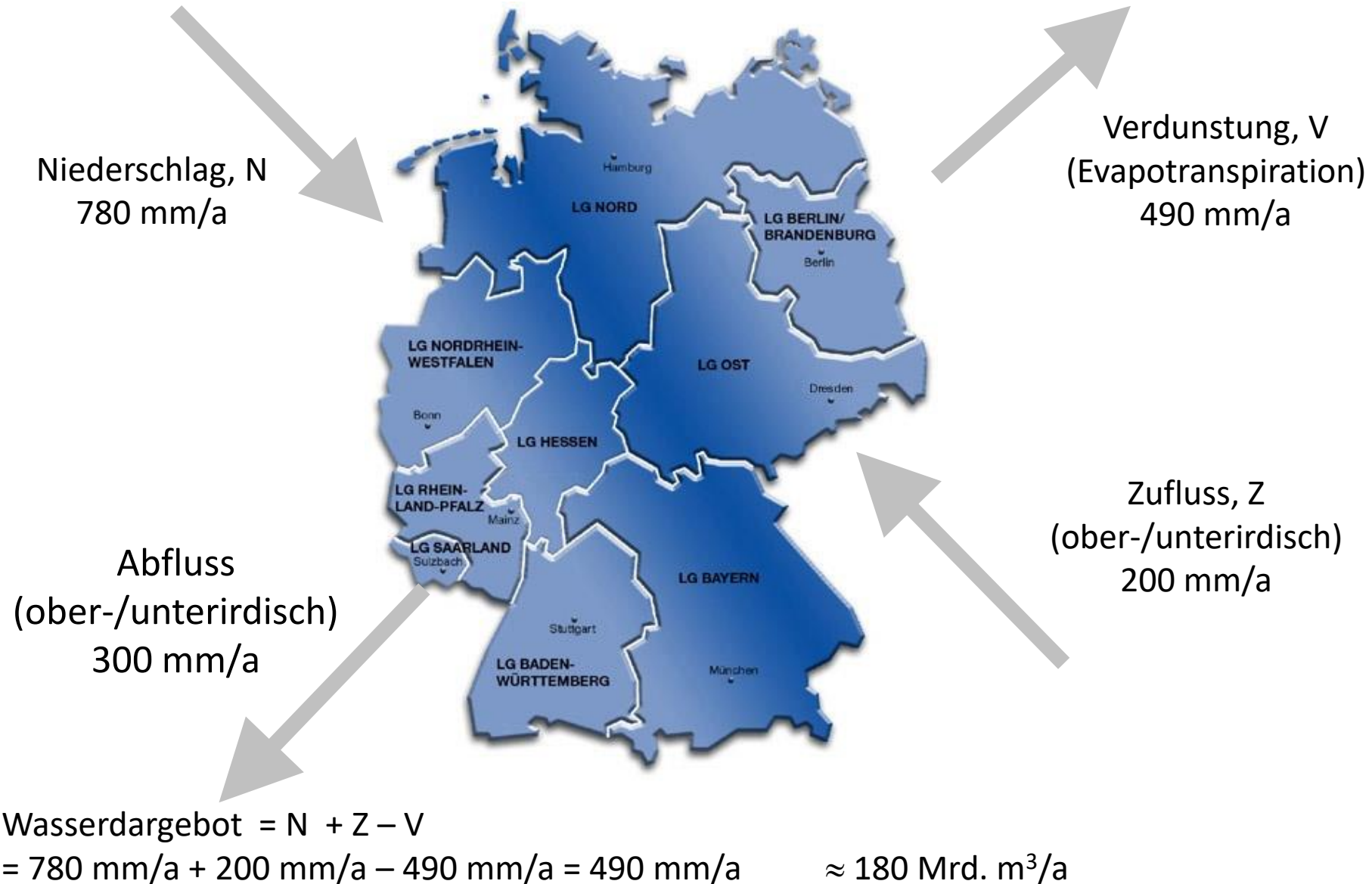
A_u : unterirdischer Abfluss, Z_u : unterirdischer Zuflu

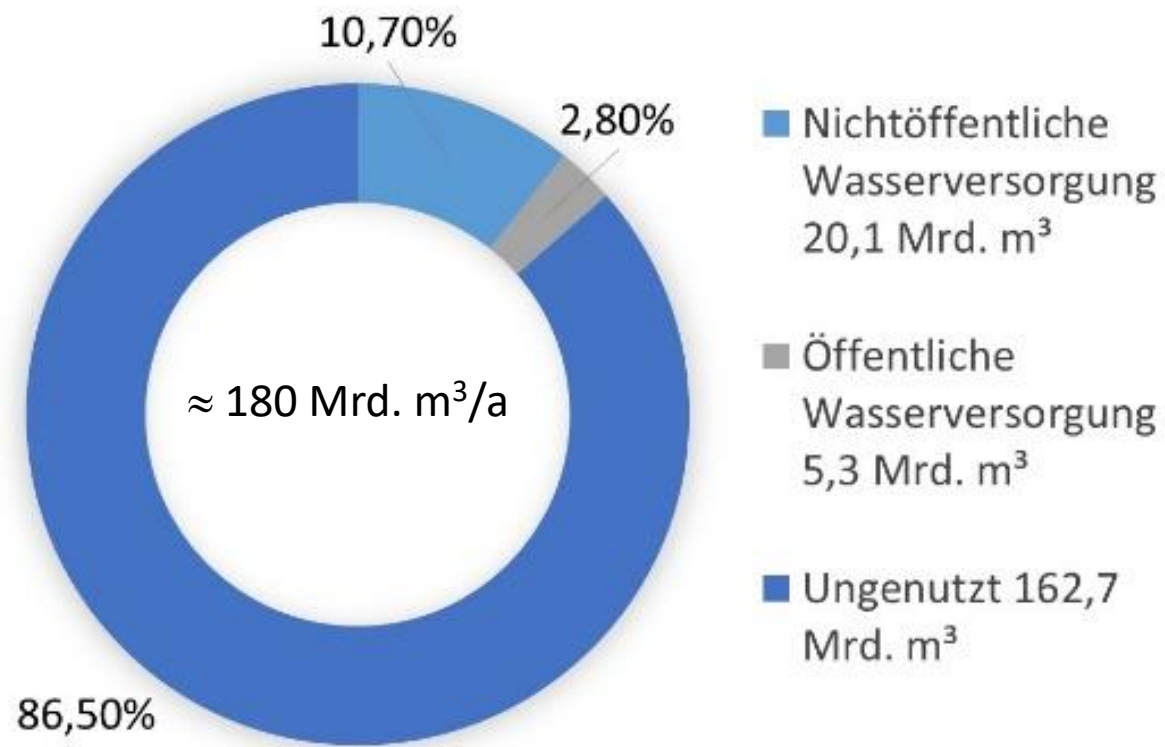
ΔS_b : Vorratsänderung ungesättigter Bereich

ΔS_g : Vorratsänderung GW-Bereich



Wasserbilanz Deutschlands – erneuerbares Wasserdargebot





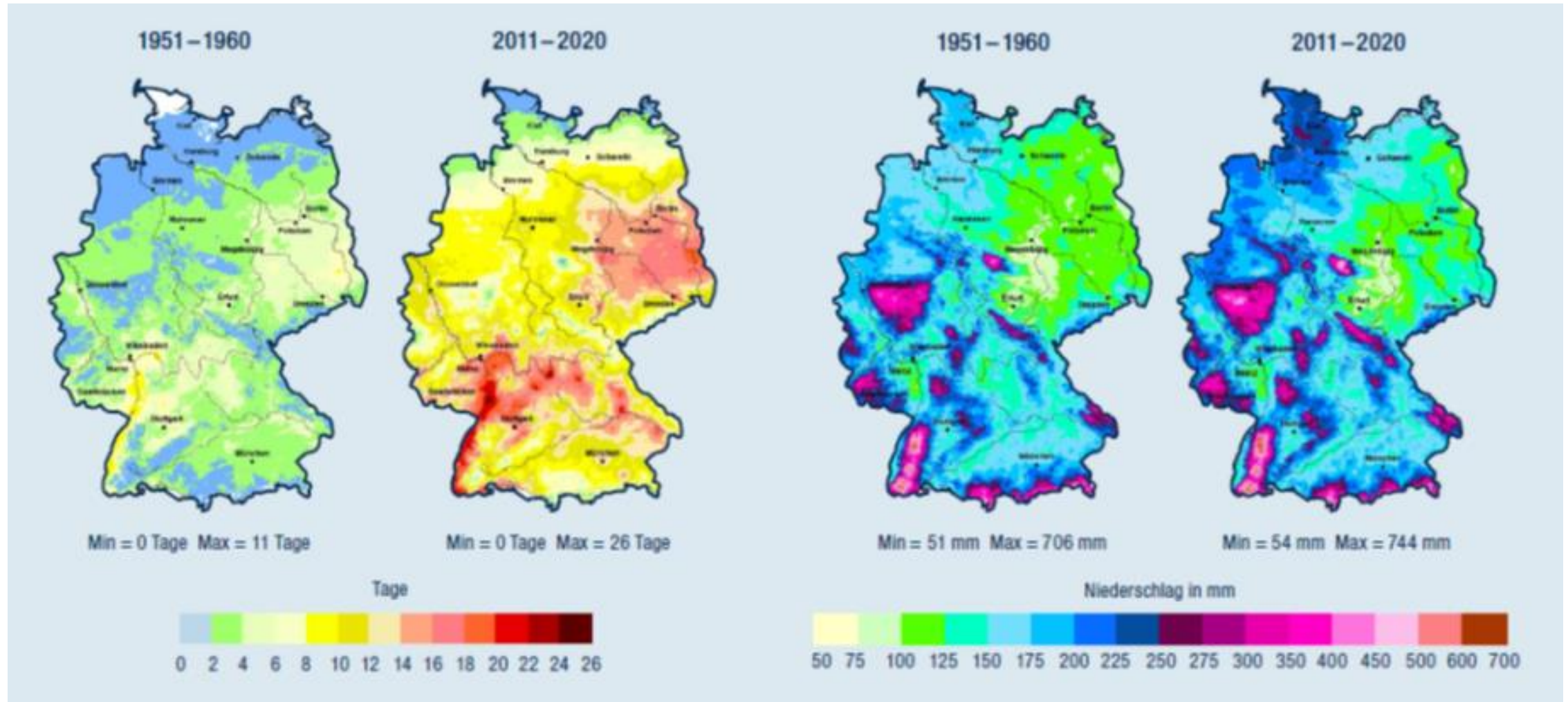
Ernst, DGGL - Wasser-Stadt-Land – Themenbuch 18, 2023

Water Stress Index: Deutschland

Genutztes Wasser/Dargebot
 $25,4/180 = 0,14$

14% der erneuerbaren Ressourcen
werden benötigt

Veränderung: heiße Sommertage $>30^{\circ}\text{C}$, Winterniederschläge

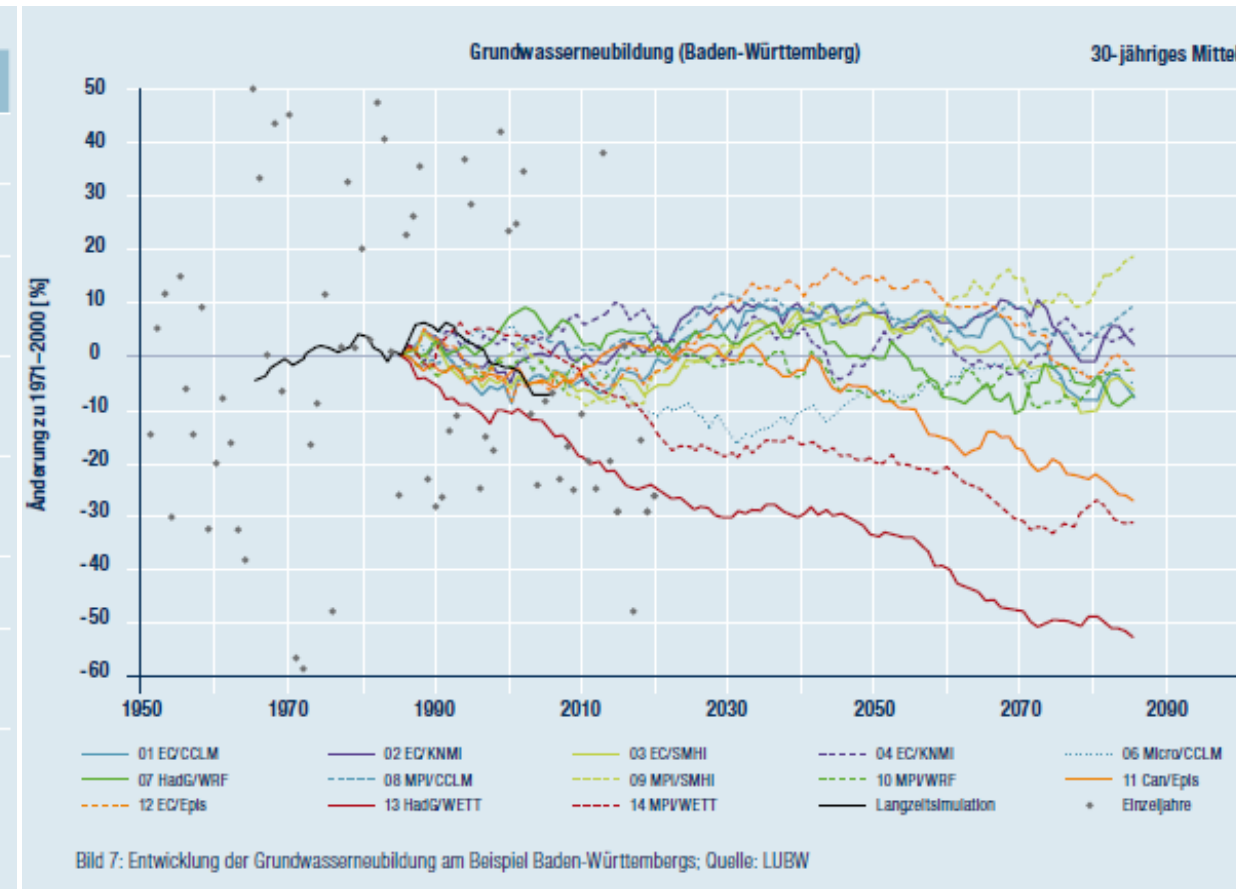


Veränderung der Anzahl der heißen Tage ($T > 30^{\circ}\text{C}$, links) und des Winterniederschlages (in den Monaten Dez-Febr.; rechts) (Deutscher Wetterdienst)

Zentrale Ergebnisse der Klimamodelle im Vergleich

	DWD	FZ Jülich	KLIWA	UFZ (DVGW)
Temperatur	steigende Tendenz	–	–	steigende Tendenz
Anzahl heiße Tage	steigende Tendenz	–	–	steigende Tendenz
Jahresniederschlag	steigende Tendenz	–	leicht steigende Tendenz	steigende Tendenz
Winterniederschlag	deutlich steigende Tendenz	–	steigende Tendenz	deutlich steigende Tendenz
GW-Neubildung	–	gleichbleibende bis sehr leicht steigende Tendenz	gleichbleibende Tendenz	gleichbleibende bis sehr leicht steigende Tendenz
Abflussgeschehen	–	–	–	leicht steigende Tendenz
Aktuelle Evapotranspiration	–	–	–	leicht steigende Tendenz
Trockenheit / Dürre	steigende Tendenz	keine einheitliche Tendenz	–	steigende Tendenz

Tabelle 2: Überblick der Tendenzen der jeweiligen Klimaprojektionen für Deutschland bzw. ausgewählte Regionen im Zeithorizont bis 2100



Wasserstress: Projektion Deutschland, business as usual

 **AQUEDUCT** WATER RISK ATLAS

BASELINE **FUTURE**

Timeframe ?

2030 2050 2080

Scenarios ?

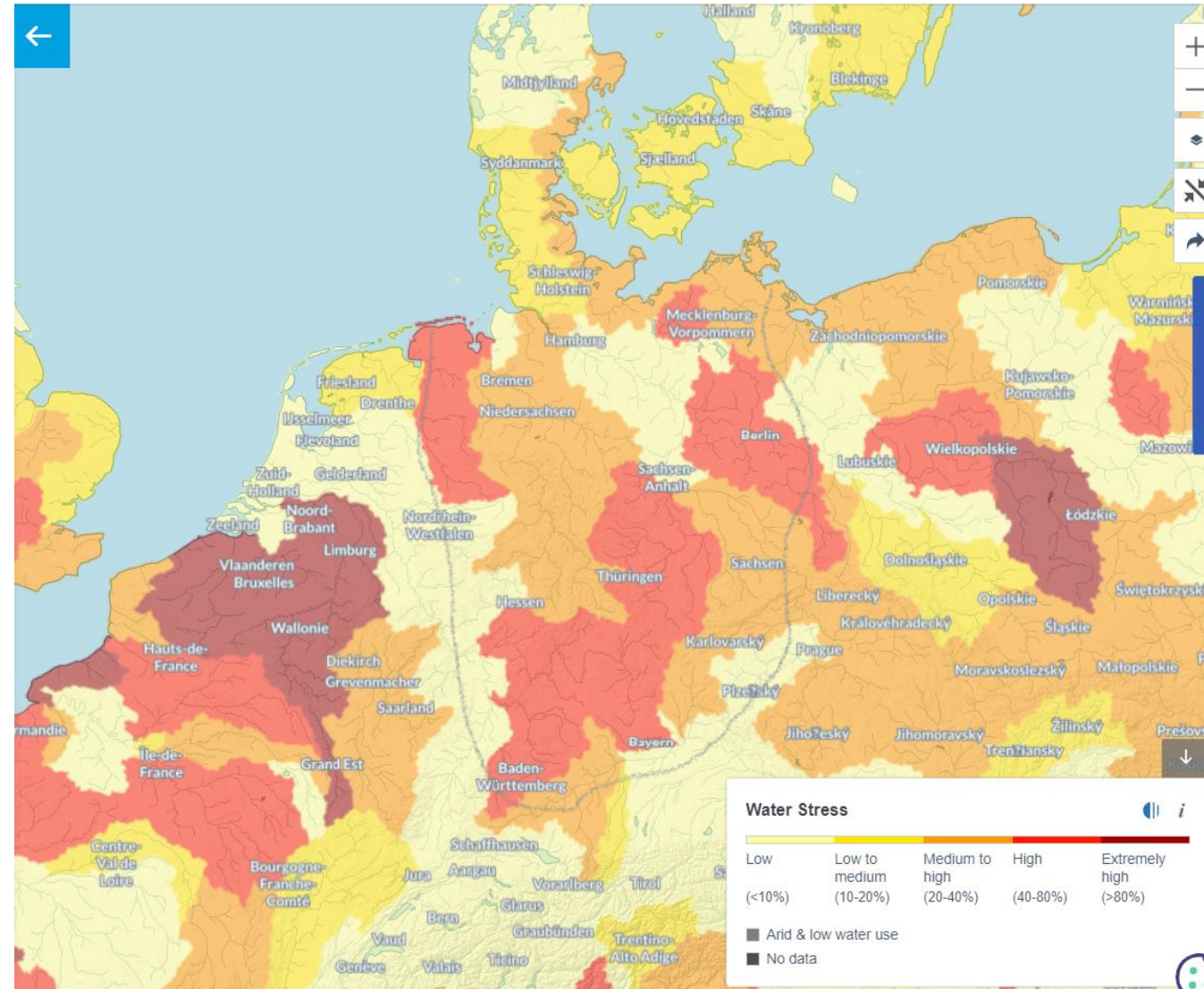
☐ Pessimistic ☒ Business as usual ☐ Optimistic

Unit of Measurement ?

☒ Absolute value

Indicators

- ☒ Water Stress ?
- ☐ Seasonal Variability ?
- ☐ Water Supply ?
- ☐ Water Demand ?
- ☐ Interannual variability ?
- ☐ Water Depletion ?



<https://www.wri.org/aqueduct>

TUHH
Technische Universität Hamburg

[zdf.de](#) > [Politik](#) > [frontal](#) > [Deutsche Flüsse in Not - Verteilungskampf ums Wasser](#)

Video verfügbar bis 14.08.2025

 Mehr von frontal

 Check for updates<https://doi.org/10.1038/s41467-022-28770-2> OPEN

Andreas Wunsch¹✉, Tanja Liesch¹ & Stefan Broda²

[illegible][illegible]

Eingebung von der TU Berlin auf zum Beispiel: „Nicht Versuche sind zum schicksalhaften Erfolg auf abendliche Arbeit. Es seien ganz Anstrengung der Richtig ist zum Beispiel, dass der Fokus nicht auf dem anderen darauf liegt, ohne irgendein Wasser zu übertragen (dies zu vermeiden).

Lange gibt es aber auch Leute, die das Problem in Fragestellung angeht, Thomas Gassner: „Es ist in der Lage, und produziert sich auch etwas aus, das vor ihm in Beziehung steht, auch nicht jemand verändert hat. Lande nicht mit dem, was man, experimentieren, sondern was man diese Schritte schließt auf. Ein, zwei Jahre hat man es in der Vorstufe verbunden aus. Aber dann?“,

„Guten Nacht, ich bin in der Lage, und produziert sich auch etwas aus, das vor ihm in Beziehung steht, auch nicht jemand verändert hat. Lande nicht mit dem, was man, experimentieren, sondern was man diese Schritte schließt auf. Ein, zwei Jahre hat man es in der Vorstufe verbunden aus. Aber dann?“,

„Früher stand auf dem Hachen Berg, der Gemeinde gibt eigentlich als unklarheit! Aber nicht das Bogen hat der Bundesrepublik

E

4

vor 50 Jahren
am 20.10.1968 können die
Brandenburger unter
Dienstreisungsgang

Diese nicht mehr stand, Gährt verzeichnet
eine Entschädigung von einem Drittel. Du
wurde dem klar, das er etwas veränderten muss.
Kaiserthum wachsen normalerweise in
Nordafrika, auch in Spanien, viel in Indien. So
kommen wir wenig Wasser aus. Man können
auch sagen: Kaiserthum leben. Treckelheit
Und in Indien Kaiserthum eben Brandenburger
Seit Gährt vor drei Jahren mit seinem Expre-

Diese drei Plan aufgeben können, heißt sich beschneiden, daß es besonders trocken war am Juni 2022.

Damals hatte ich sein Weizen nicht mehr richtig gegossen, die Sonne brannte, seine Thomas Gießbar habe mit dem Auto über meine Felder bei Tübingen, 50 Kilometer südlich Berlin. Aber er vergibt, liegt sich die Straßenschilder aus den Äugen und langte. Gießbar ließ im Feld, brackte sich und schaute sich einen der vielen grünen Pflanzenzettel ab, die aus den gelbgelben Sandsteinen sprangen. „Siehe gar aus!“, er war zufrieden.

Der Advent ist, in diesem Sommer, ein Fest nach dem anderen. Das beginnt im Juli, als es zwei Wochen für durchgehend achtstündige, nur nicht ganz für seine Feiern gewissermaßen, sagt Gähner. Die Untereinheit, zwischen dem Kirchenbesuch und dem Besonderen, heißt die Feiern sogar vernünftig.

2024 will es die Ausdehnung werden und kleineren, ganz aufgehen mit Gähner nicht. Nächsten Jahr, es heißt dann ein Mal, andere veranlassen, das ebenfalls überlegt ist von der Kirche, das, werde es ein Nordsee Hand der Untereinheit sein. Falls es auch noch genug sein sollte.

www.nordseejournal.de



Save the date!

Workshop am 29. Februar 2024 in Leipzig

Klimawandel und Klimafolgenanpassung:
Wie sicher ist die Trinkwasserversorgung aus Talsperren?

Was erwartet uns und wie sind die zukünftigen Herausforderungen lösbar?

Die Sicherheit der Trinkwasserversorgung aus Talsperren wird in besonderer Weise durch klimatische Veränderungen beeinflusst. Neben den für alle sichtbaren Dürre- und Hochwasserereignissen sind die Auswirkungen auf die Wasserqualität gravierend. Anpassungen im Management der Einzugsgebiete und Talsperren sowie in der Technologie der Wasseraufbereitung sind nötig. Oft fehlen auf regionaler Ebene fundierte Prognosen und Werkzeuge, um valide Aussagen für erforderliche Maßnahmen zu treffen. Der Workshop für die Fachöffentlichkeit soll offene Fragen adressieren, Handlungsoptionen aufzeigen und weitere Schritte im Sinne eines besseren Verständnisses der Prozesse für die Versorgungsunternehmen aufzeigen.

Themenswerpunkte

- Globale Trends und lokale Extreme
- Anpassungsmaßnahmen und Nutzungsprioritäten
- Forschungs- und Finanzierungsbedarf

Kontakt
 Hartmut Willmitzer, Geschäftsführer der ATT
willmitzer.att@thueringer-fernwasser.de

ATT
 Arbeitsgemeinschaft
 Trinkwassertalsperren e.V.

Institut für
**WASSERRESSOURCEN
UND WASSERVERSORGUNG**

Wasserqualität (WQ): Wasserinhaltsstoffe und Größenbereich

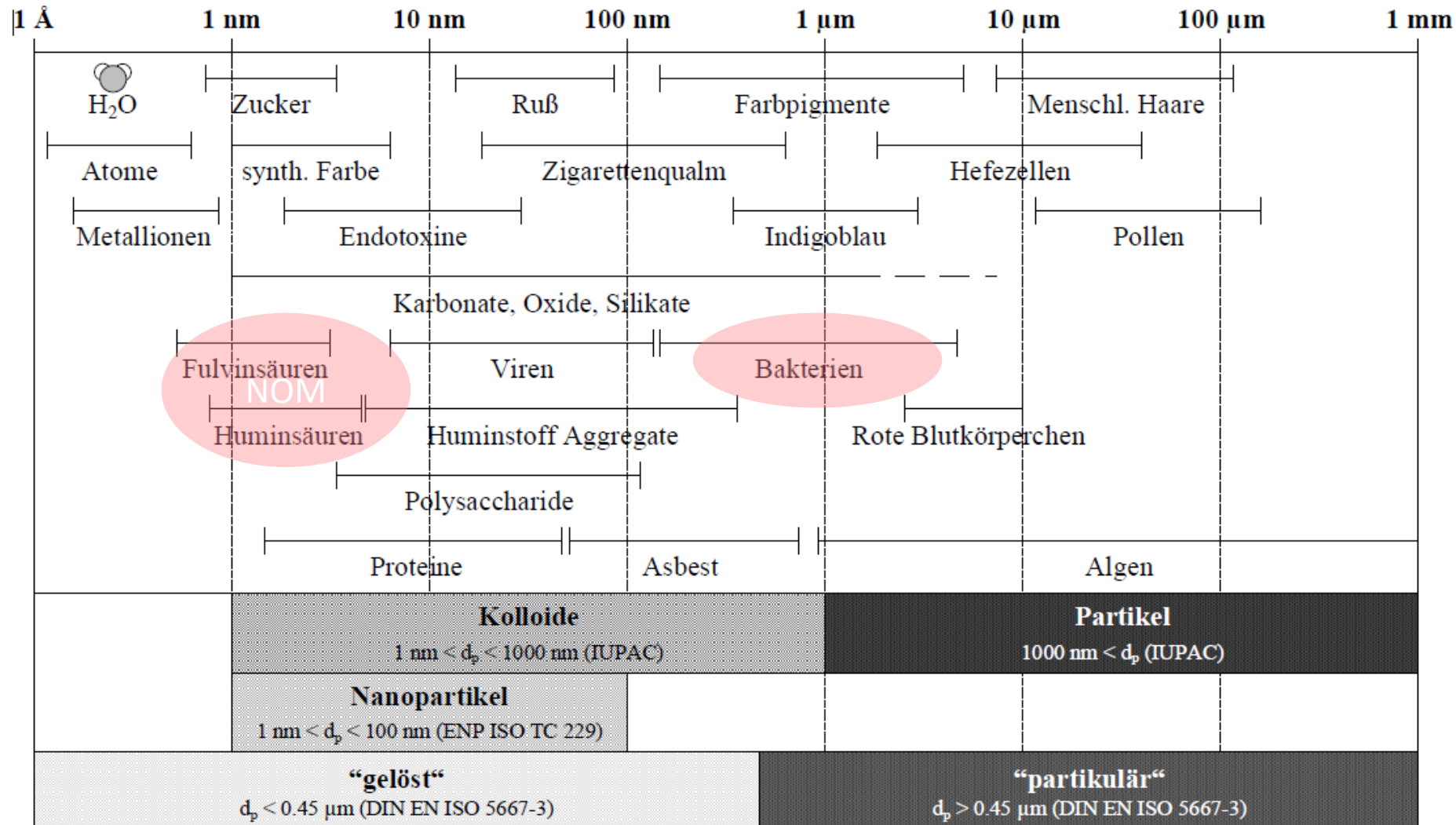
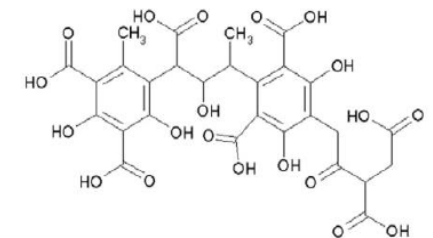
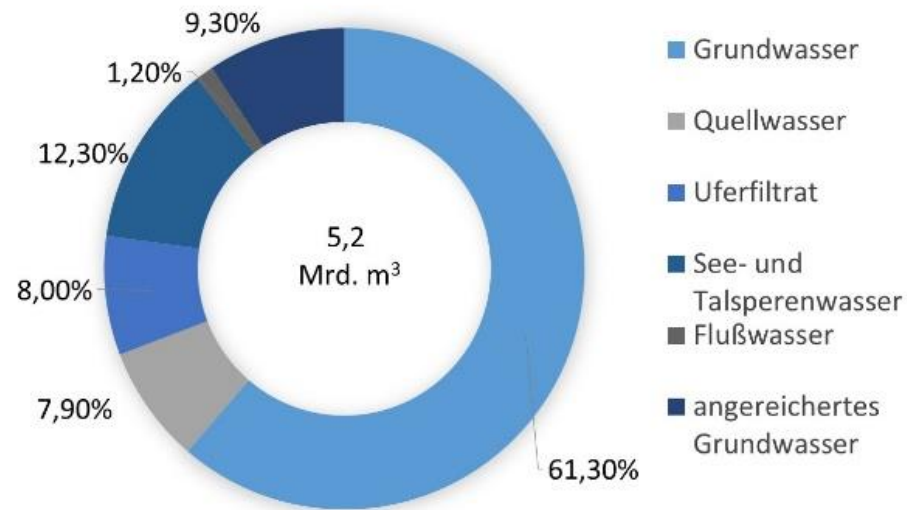


Figure D.10: Visual appearance of humic substance samples diluted in ultrapure water to a DOC concentration of 10.15 mg/L and at pH = 7.0. From left to right: SABA, RHA, SRNOM and HSNOM.

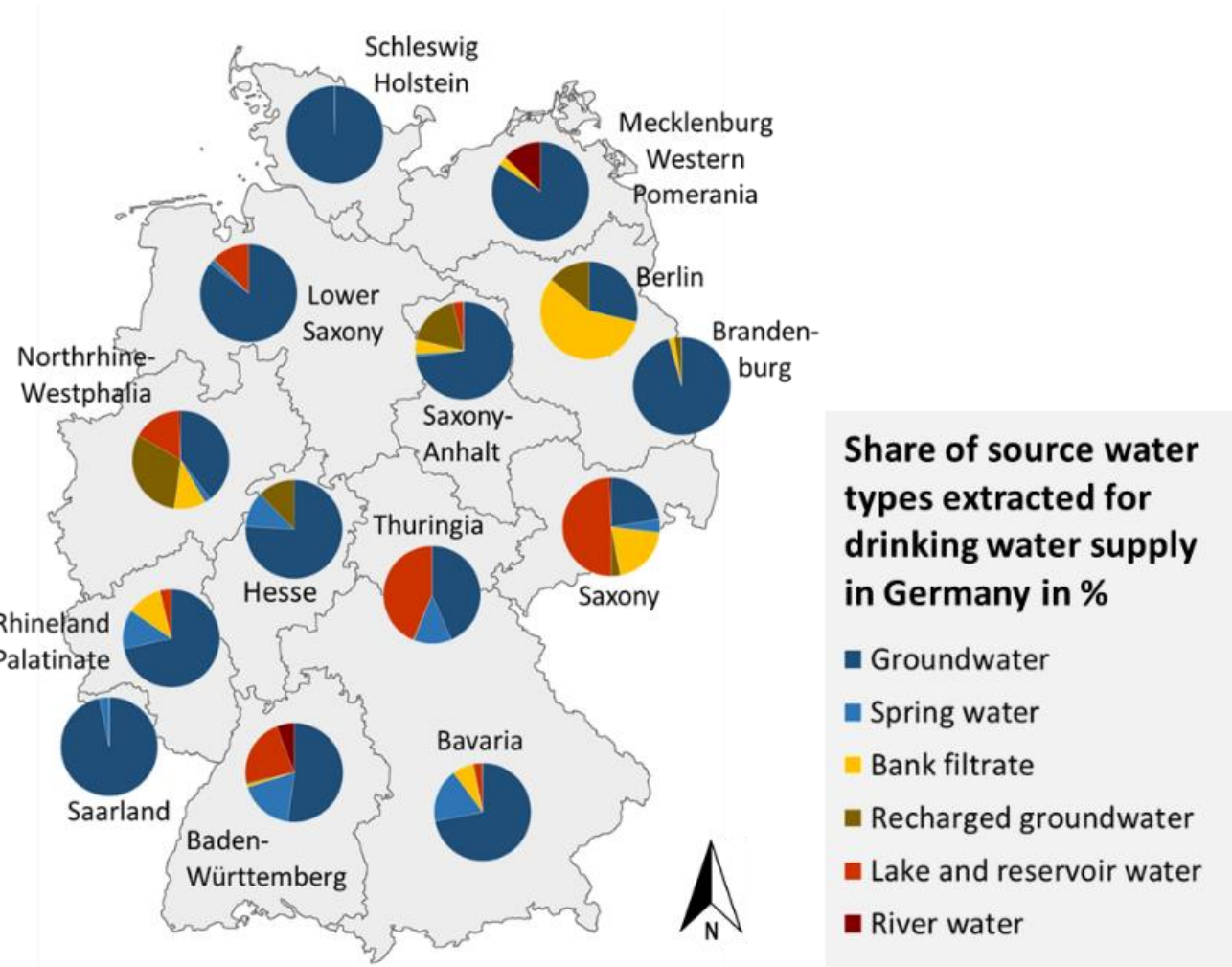
(a) humic acid (e.g. C₁₈₇H₁₈₆O₈₉N₉S)

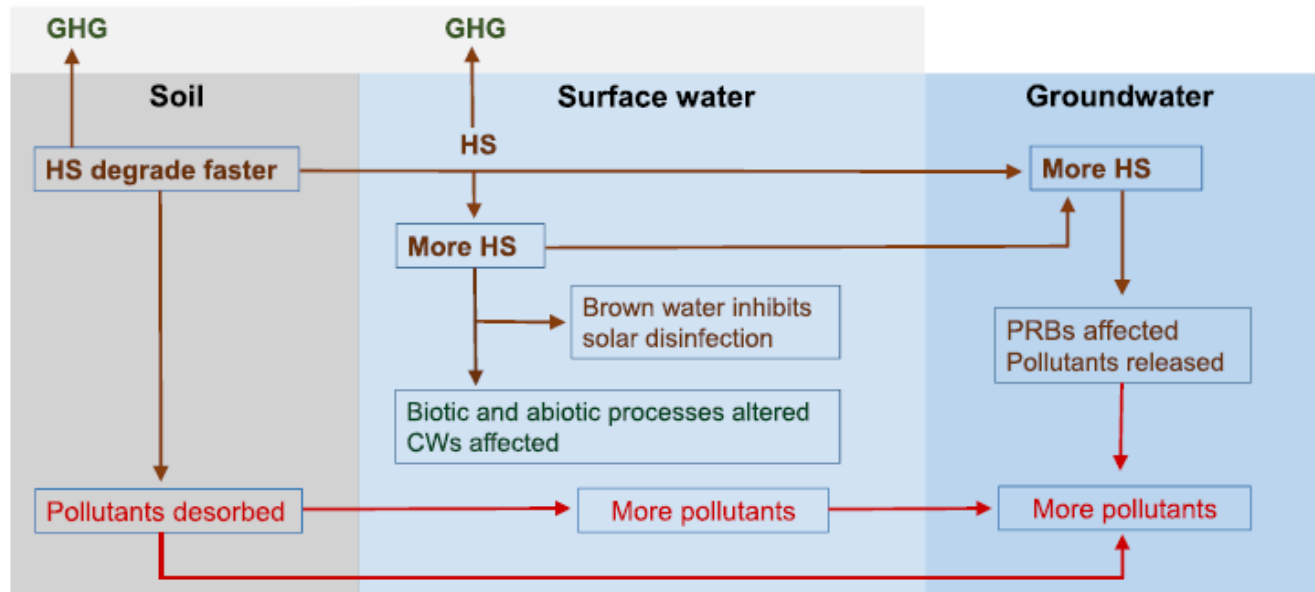


Natürliche Organische Stoffe (NOM), bestimmender Anteil der gelösten organischen Stoffe (DOC)

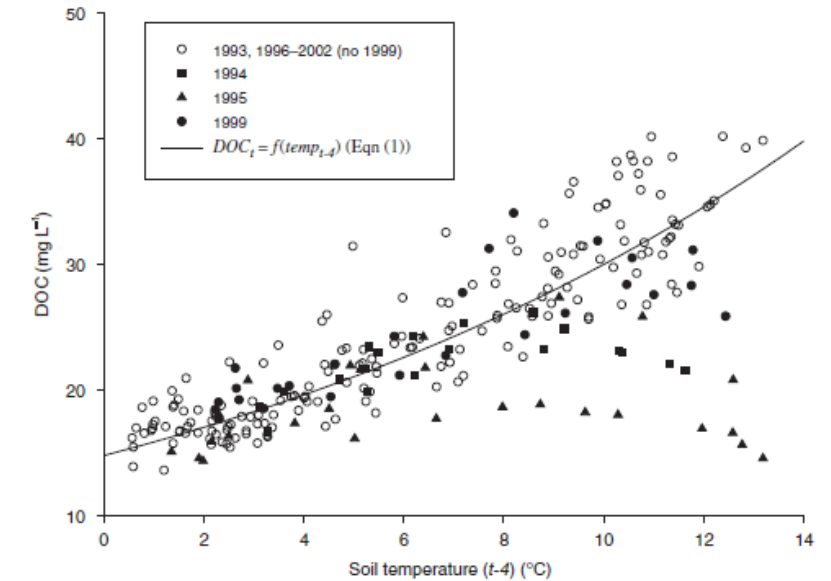


Ernst, DGGL - Wasser·Stadt·Land – Themenbuch 18, 2023





Lipczynska-Kochany, 2018; DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.376

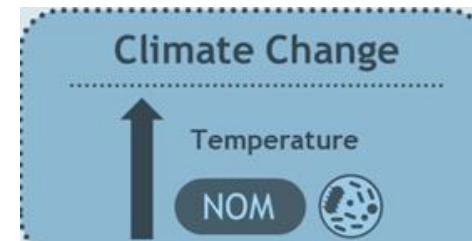


Clark et al., 2005; DOI: 10.1111/j.1365-2486.2005.00937.x

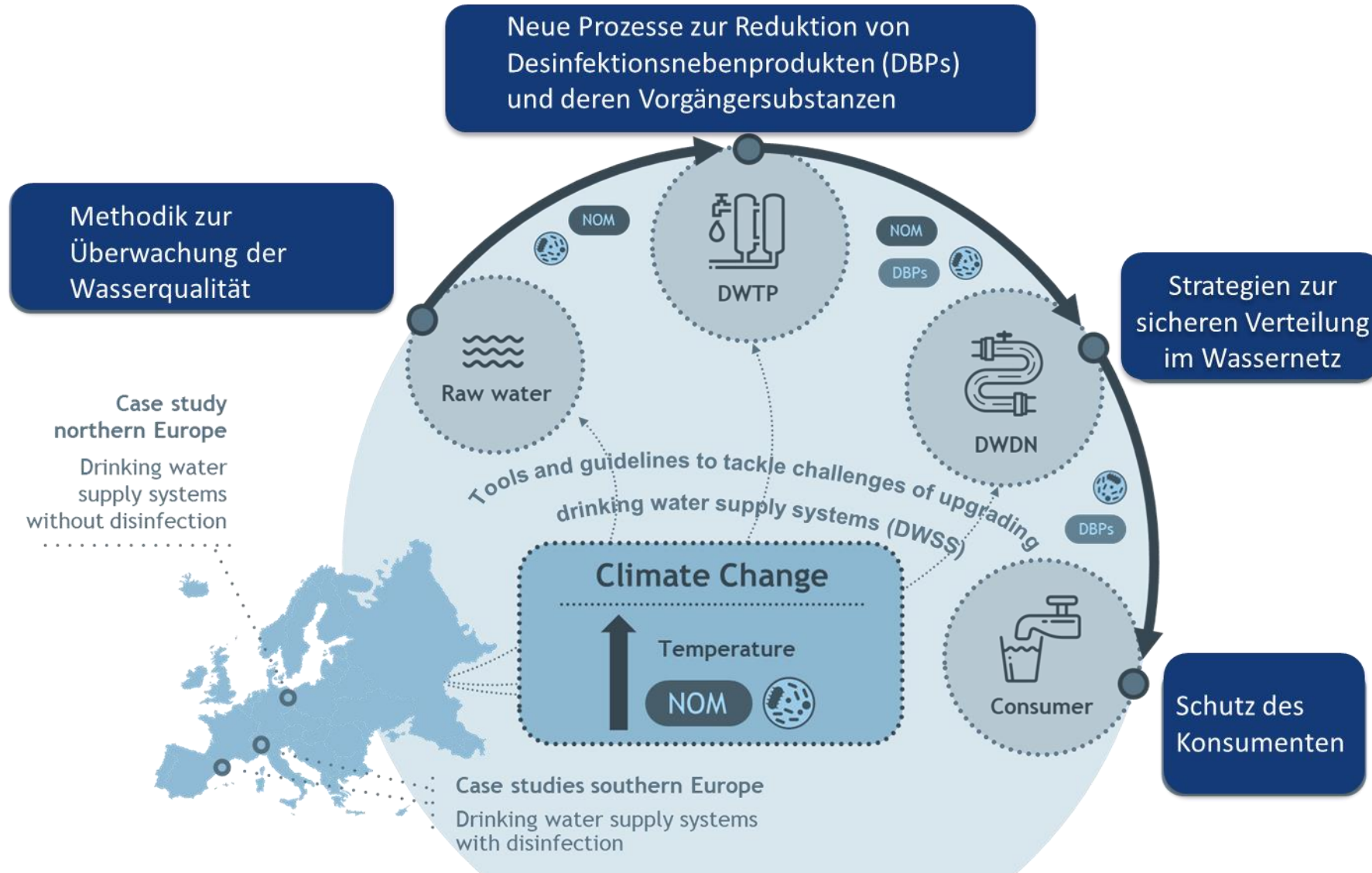
assoziierte Probleme

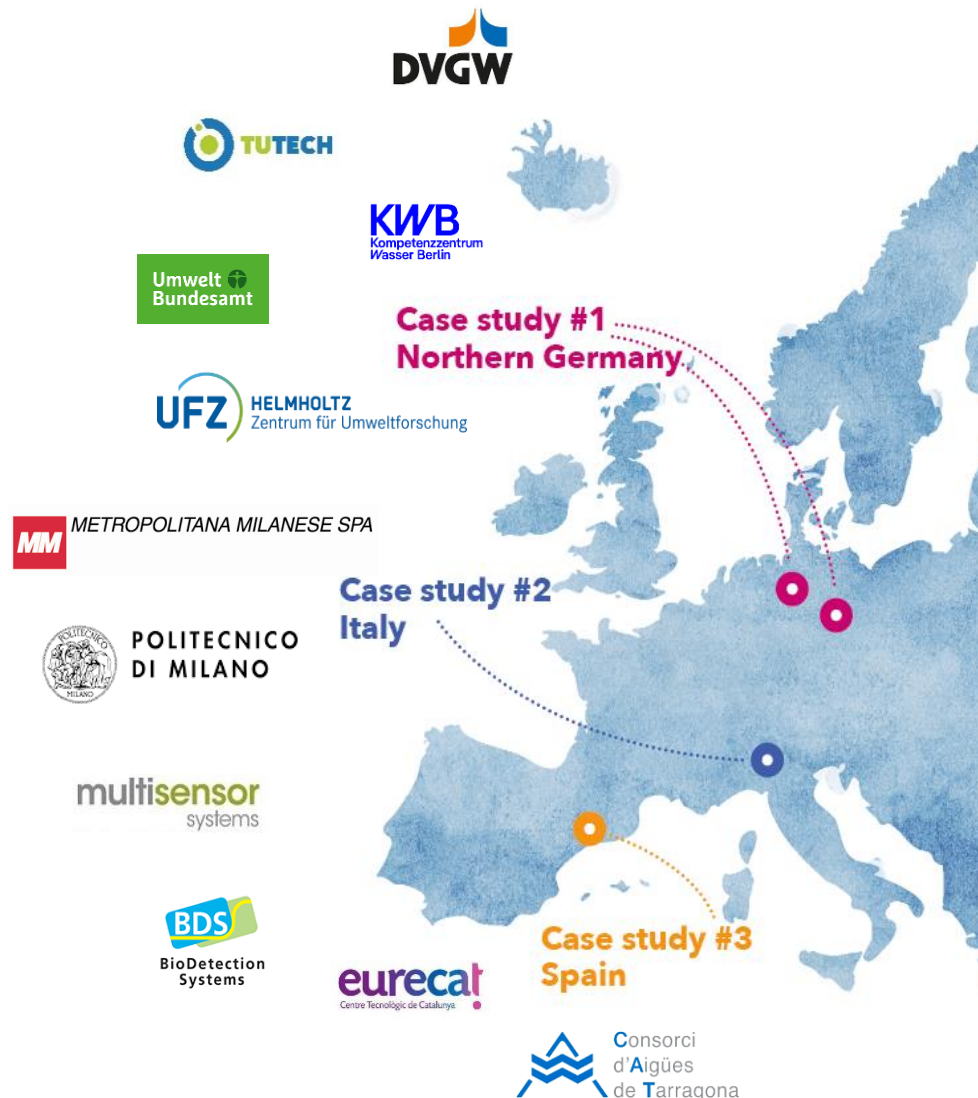
Desinfektionsnebenprodukte (DBP) $\approx$ DOC

Anstieg der Pathogenen



Klima-resilientes Management für sichere Wasserversorgungs, sowohl nicht-desinfizierte als auch desinfizierte





- ❖ DVGW Forschungsstelle TUHH
- ❖ Tutech GmbH
- ❖ Kompetenzzentrum Wasser Berlin
- ❖ Umweltbundesamt
- ❖ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)



- ❖ Consorci d'Aigües de Tarragona (Wasserversorger)
- ❖ EURECAT



- ❖ Metropolitana Milanese Spa (Wasserversorger)
- ❖ Politecnico di Milano - POLIMI



- ❖ BioDetection Systems B.V.



- ❖ Multisensor Systems Limited

Fallstudie #1: Berlin, Hamburg

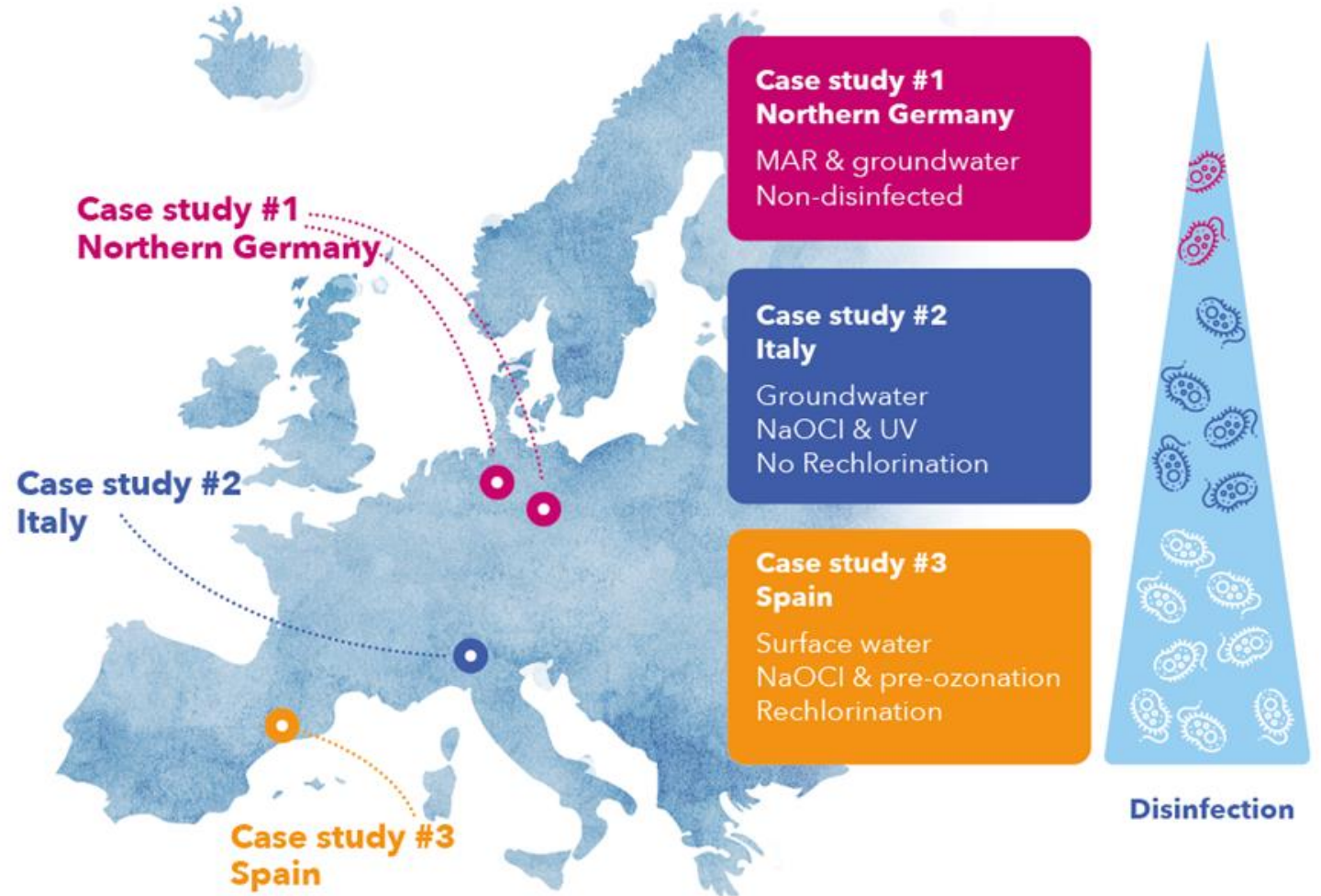
- ❖ Detektion von Pathogenen in niedrigen Konzentrationen
- ❖ Identifizierung von *tipping points* und Strategien zur erstmaligen Desinfektion

Fallstudie #2: Mailand

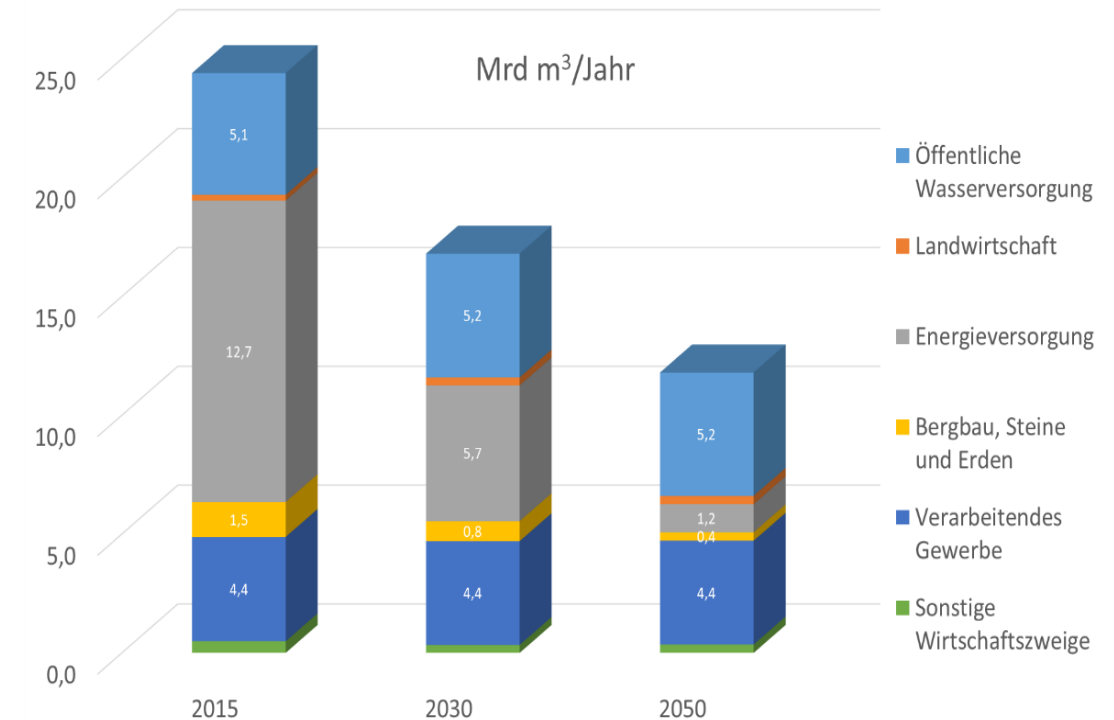
- ❖ Optimierung der Desinfektion
- ❖ DNPs durch Wechselwirkungen mit Rohrmaterialien

Fallstudie #3: Tarragona

- ❖ Verringerung DNP durch Veränderung/Verminderung von NOM
- ❖ Frühwarnsysteme für DNP
- ❖ Risiko-basiertes Management



- Klimawandel beeinflusst die Wassermengen sowie die Wasserqualität (global/EU/D)
- Insbesondere Ostdeutschland wird die Auswirkungen in den nächsten Jahre deutlich zu spüren bekommen
- Anpassungsstrategien sind notwendig:
 - Wassermengen: Ferntransport, effiziente Nutzung, Wiederverwendung
 - Wasserqualität: Pathogen, DOC, Temperaturen
- Neue flexible Technologien müssen adaptiert werden
- Eine gute Nachricht: Der Wasserbedarf wird aufgrund der Energiewende sinken



Ernst, DGGL - Wasser·Stadt·Land – Themenbuch 18, 2023

Danke für Ihr Interesse !