



Klimaänderungen und Wasserressourcen - auf was müssen wir uns einstellen?

12. Juni 2022

Axel Bronstert
Universität Potsdam
Professur für Hydrologie und Klimatologie

& Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, AG Wasserforschung

axelbron@uni-potsdam.de

Wasserressourcen und klimatische Veränderungen - auf was müssen wir uns einstellen?

I Stand des Wissens

- Anthropogen bedingte Klimaänderung
- Zusammenhänge zwischen Wasserkreislauf und Klima
- Beispiele für aktuelle große Probleme

II Herausforderungen in Deutschland und Brandenburg

- Wasserversorgung
- Hydrologische Extreme
- Vergleich mit anderen anthropogenen Einwirkungen

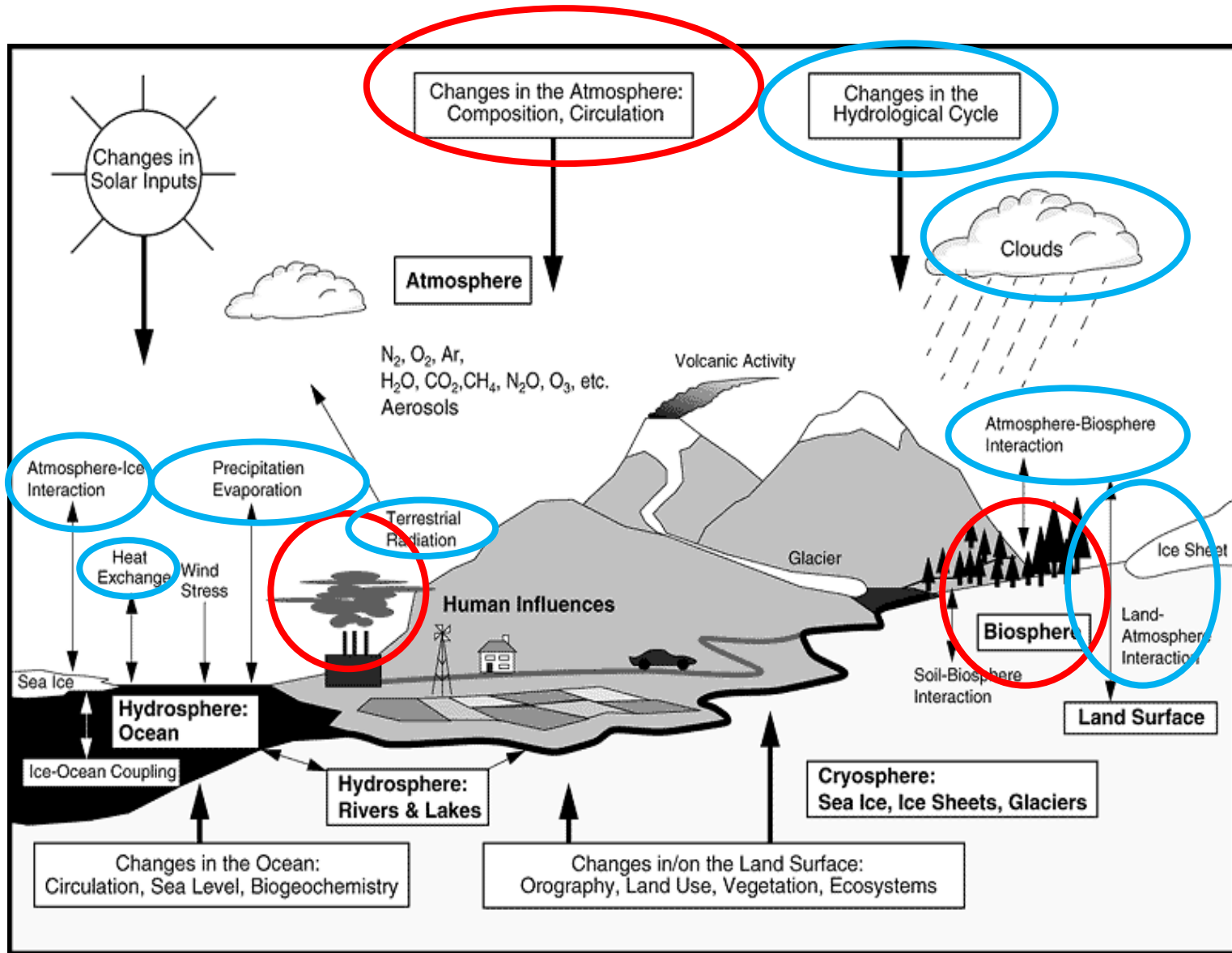
III Anpassungsstrategien

IV Schlussfolgerungen

I Klimaänderung: Stand des Wissens

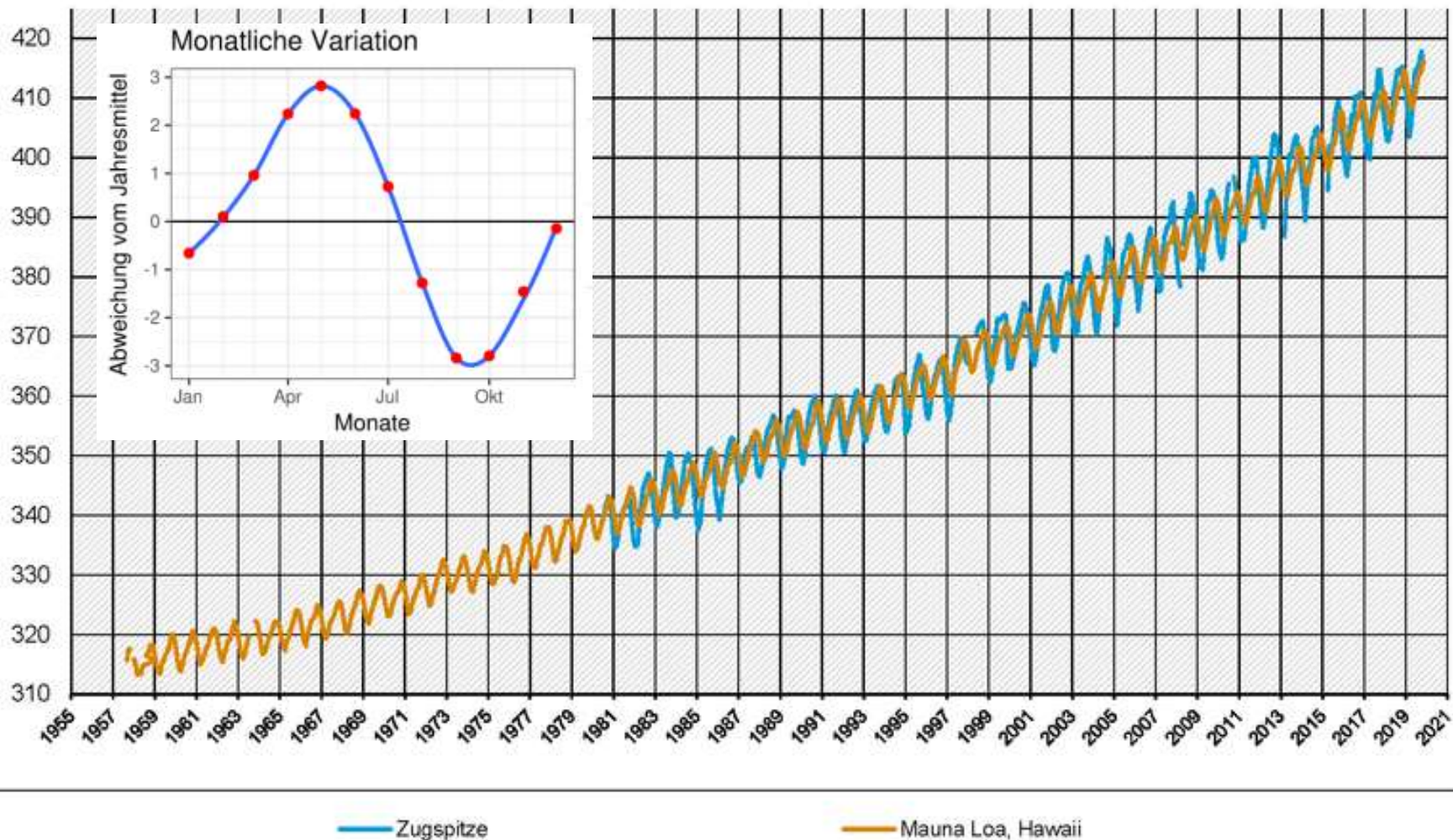


Das Klimasystem



Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre (Monatsmittel)

Kohlendioxid in parts per million bezogen auf das Volumen

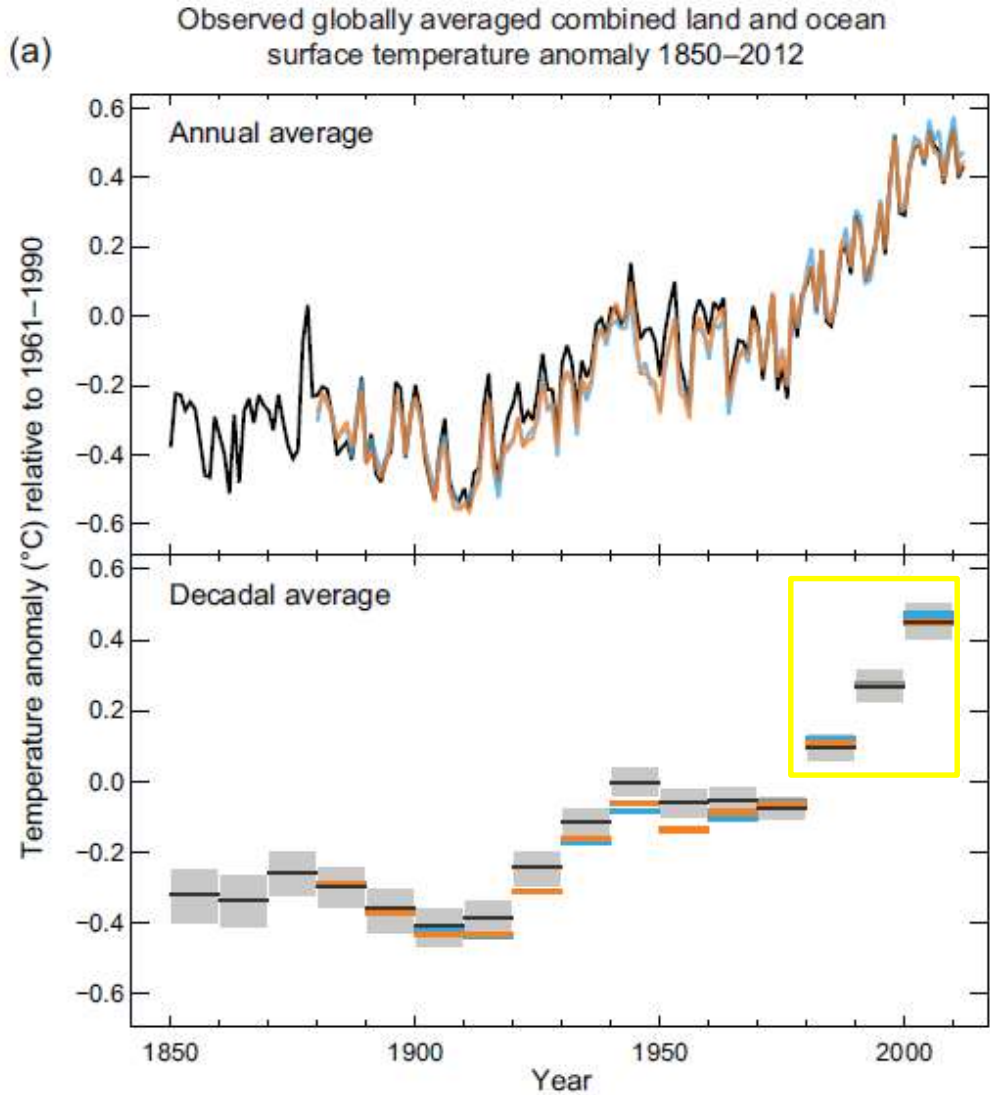


*1 ppmV = 10⁻⁶ = 1 Teil pro Million = 0,0001 %, angegeben als Molenbruch

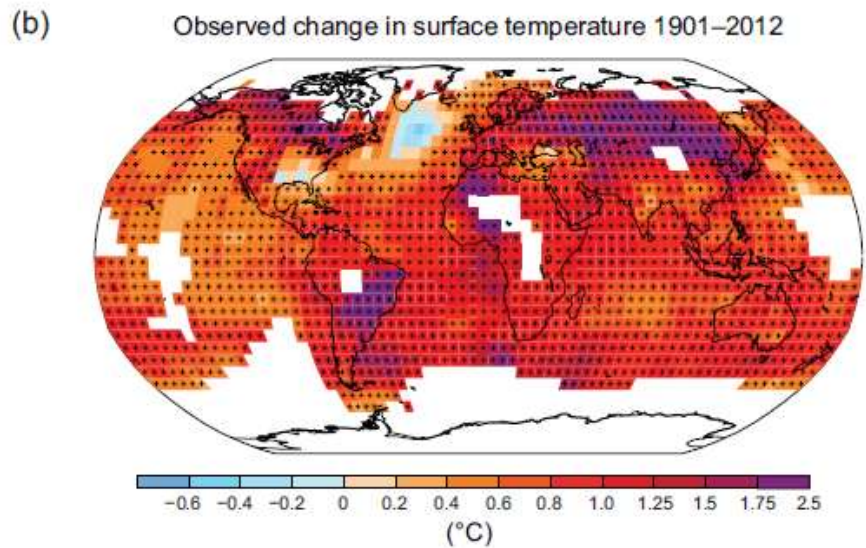
Quelle: Umweltbundesamt (Zugspitze), NOAA Global Monitoring Division and Scripps Institution of Oceanography (Mauna Loa, Hawaii)

Topic 1: Observed Changes and their Causes

Human influence on the climate system is clear, and recent anthropogenic emissions of greenhouse gases are the highest in history. Recent climate changes have had widespread impacts on human and natural systems.



Warming of the climate system is unequivocal, and since the 1950s, many of the observed changes are unprecedented over decades to millennia. The atmosphere and ocean have warmed, the amounts of snow and ice have diminished, and sea level has risen.



Quelle: IPCC, 2013



Abweichung der Jahresmitteltemperatur

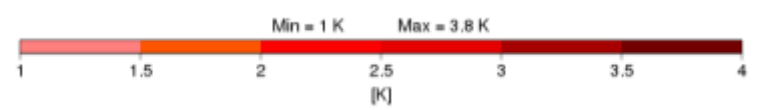
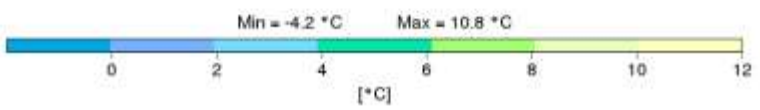
(Jahresmitteltemperatur 1961-1990) (Abweichung gegenüber 1961-1990)

U
n
i
v
e
r
s
i
t
ä
t
&
P
o
t
s
d
a
m

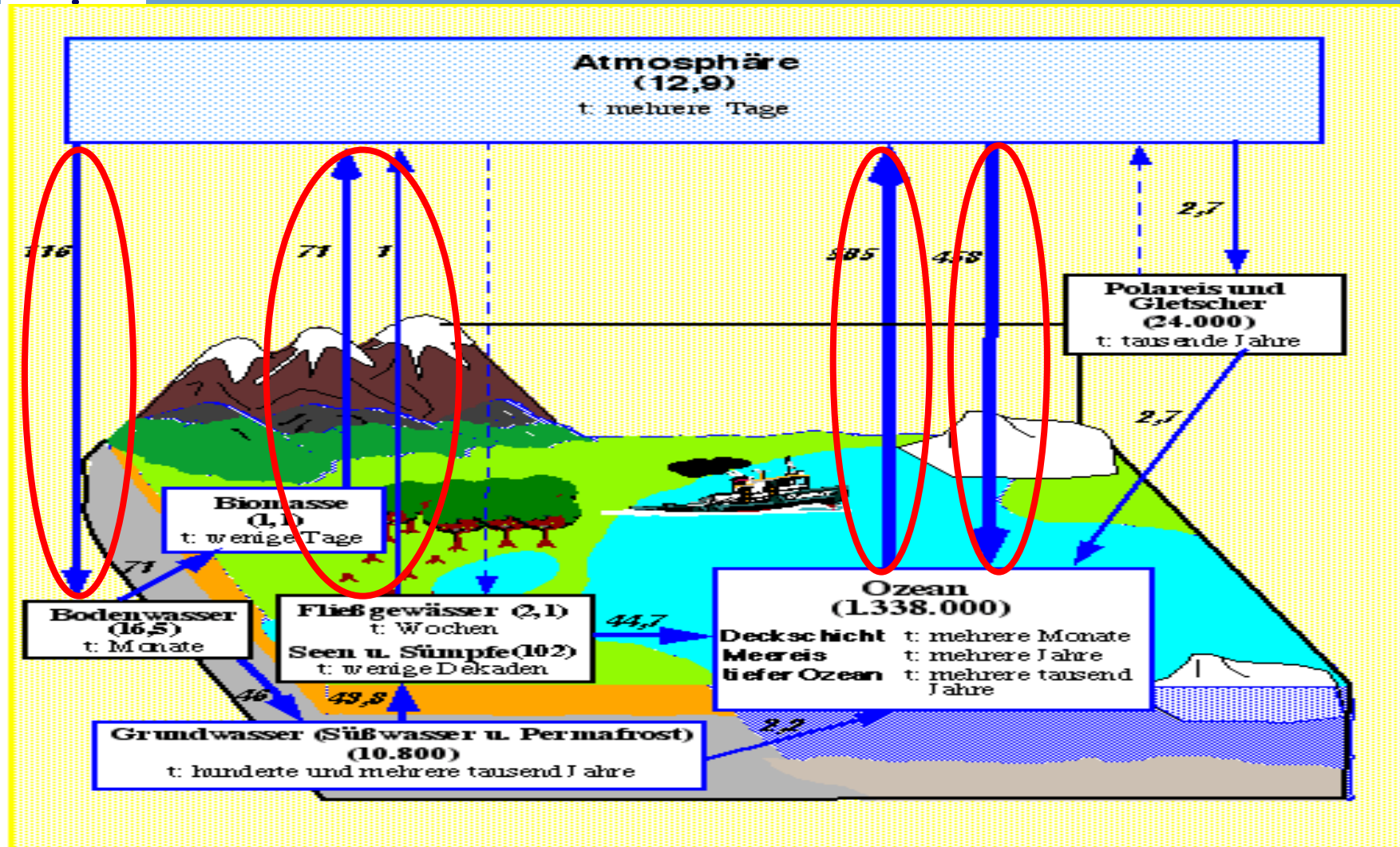
H
y
d
r
o
l
o
g
i
e
&
K
l
i
m
a
t
o
l
o
g
i
e

1961-1990

Quelle: DWD




Der globale Wasserkreislauf



Gespeicherte Wassermengen [Tm³], Flussraten [Tm³/a], Aufenthaltszeiten [Tage]

Hydrologie & Klimatologie
 Universität Potsdam



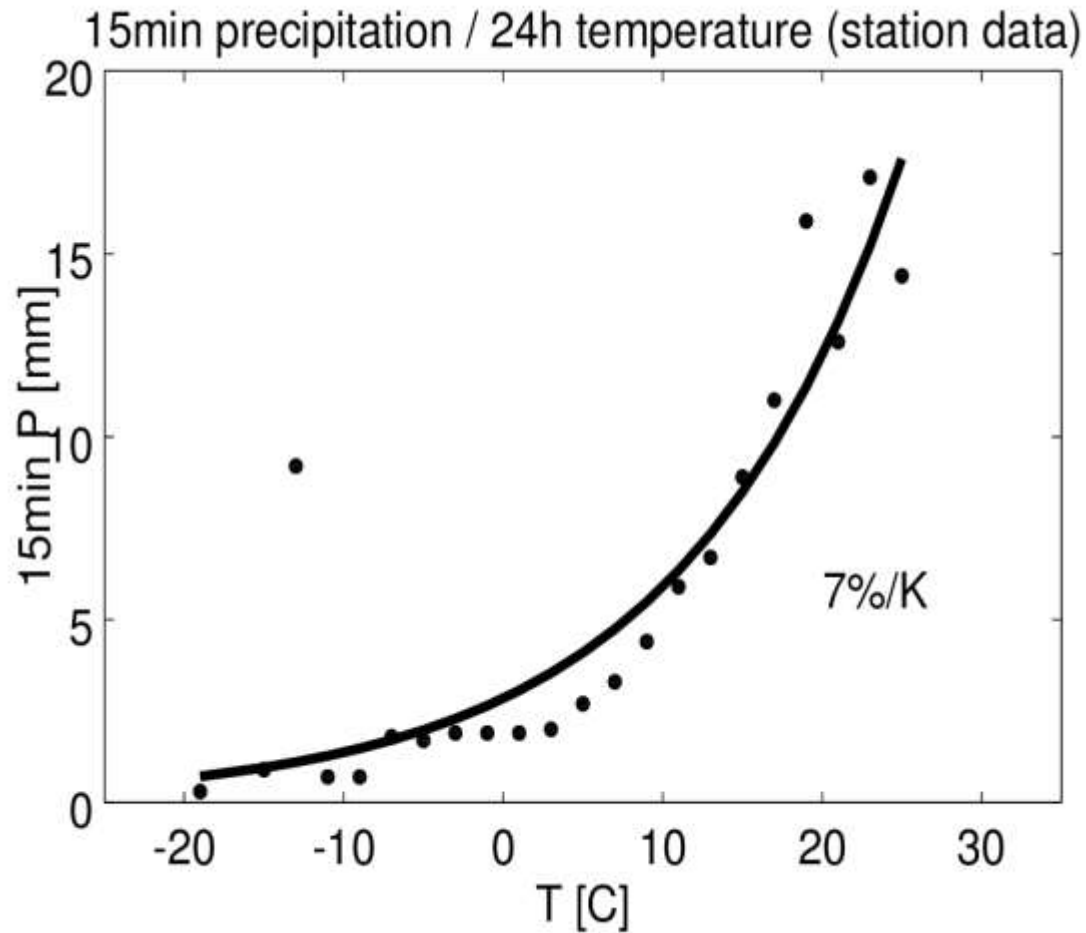
**Beispiele für aktuelle
große regionale
Probleme
bezüglich des
Wasserkreislaufs**

Hochintensive Starkregen



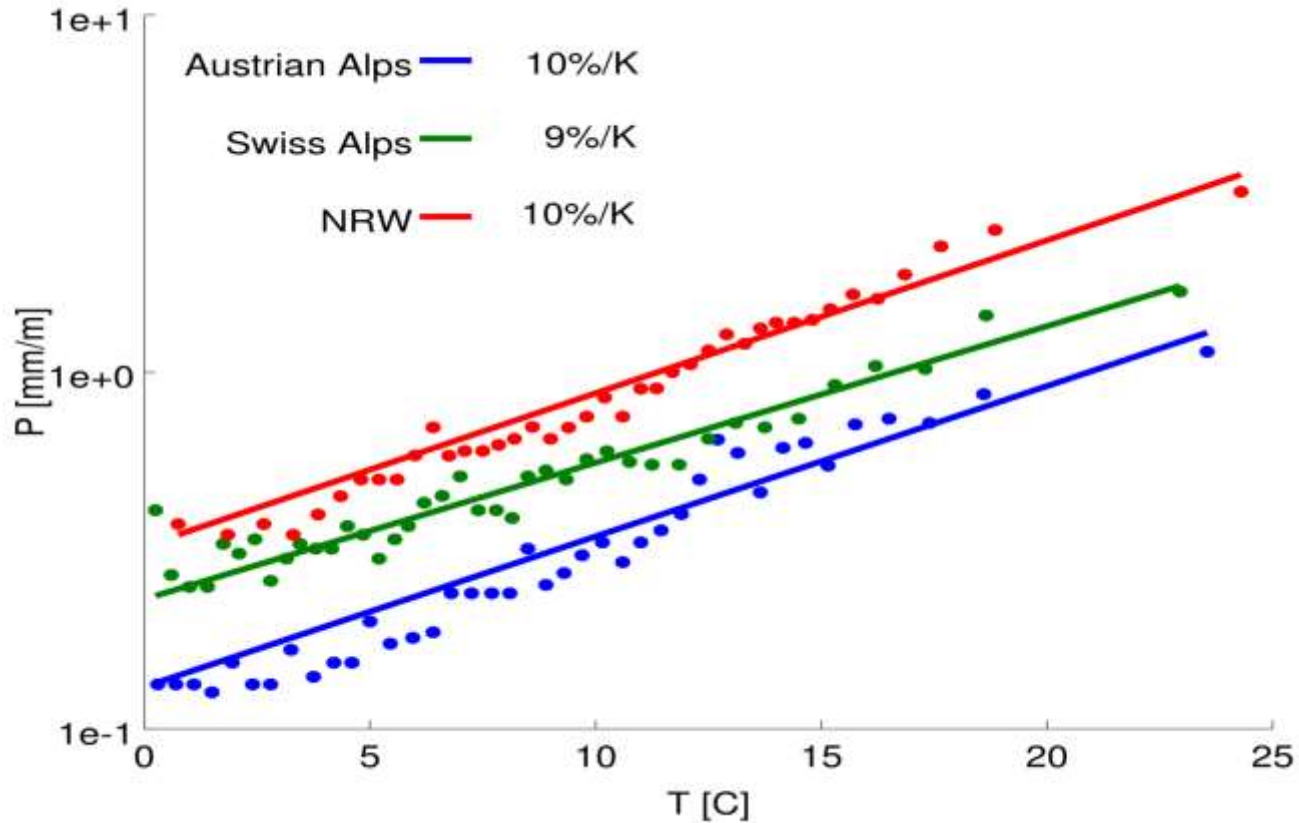
Gewitterwolke über Bayern, 29. Mai 2016

15min-Intensitäten, 99.9% Quantile aus 1412900 Ereignissen (Brixenbachtal, Längental, Ruggbachtal)



15min

15min-Intensitäten, 99.9% Quantile Österreichische Alpen, Schweizer Alpen, NRW



Änderung komplexer Wasserhaushaltsregime: Fallbeispiel Lake Malawi / Afrika

U
H
n
i
v
e
r
s
i
t
ä
t
&
P
o
t
s
d
a
m

The catchment



The Lake



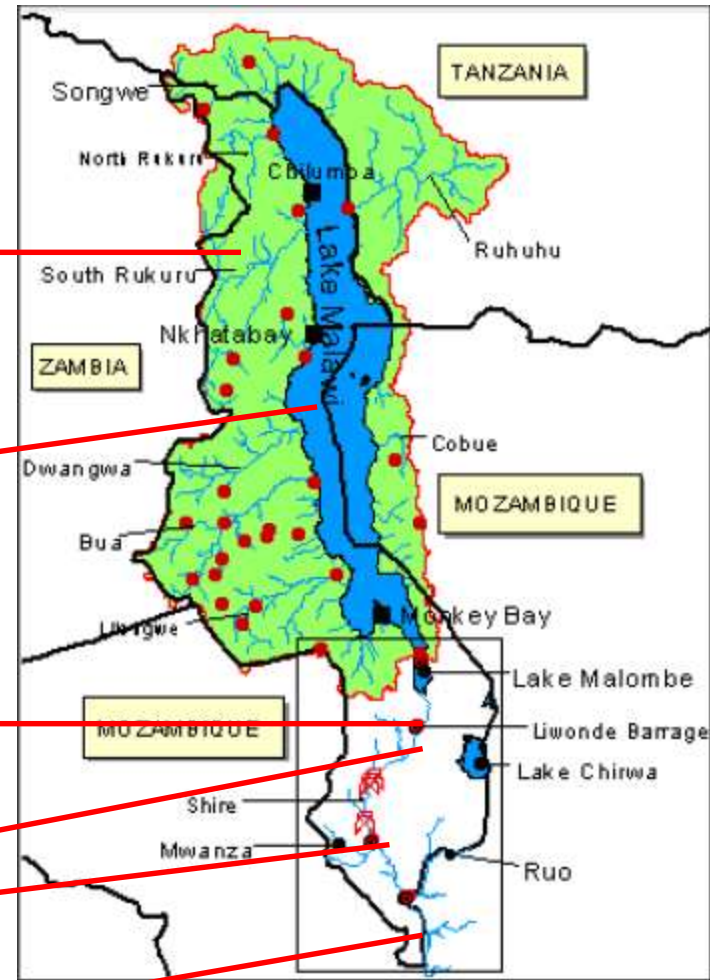
Shire regulation



Hydro Power plants

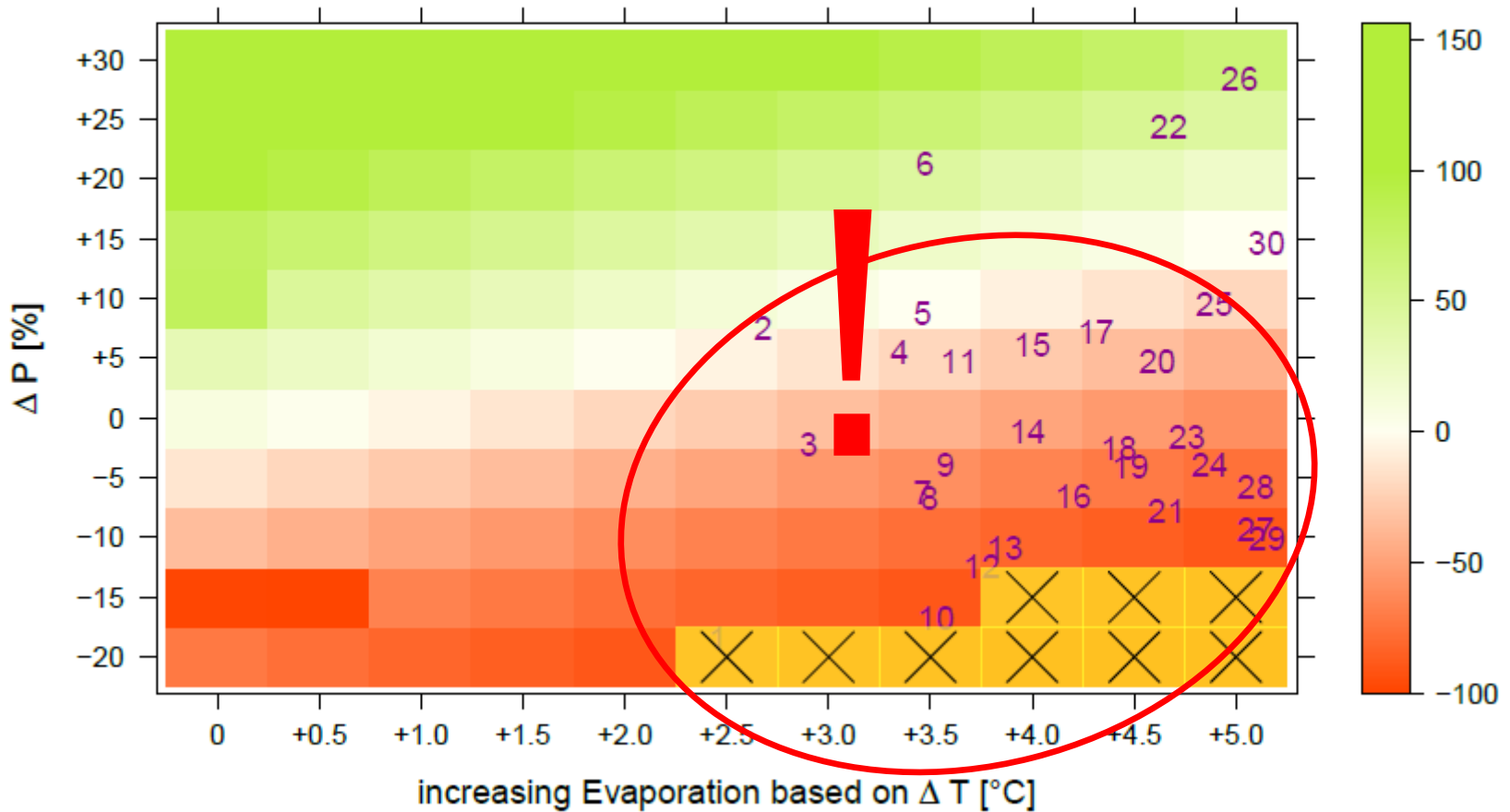


Lower Shire



Künftiger Wasserhaushalt Lake Malawi: Gefährdung der Wasserkraftproduktion

Δ Minimum Hydropower Productivity [%]



**Die Zahlen stehen für projizierte ΔT , ΔP für 30 CMIP5 GCMs; RCP8.5; 2081-2100;
Gelbe Bereiche: Fälle, bei denen der Abfluss aus dem See temporär zu Erliegen kommt.**

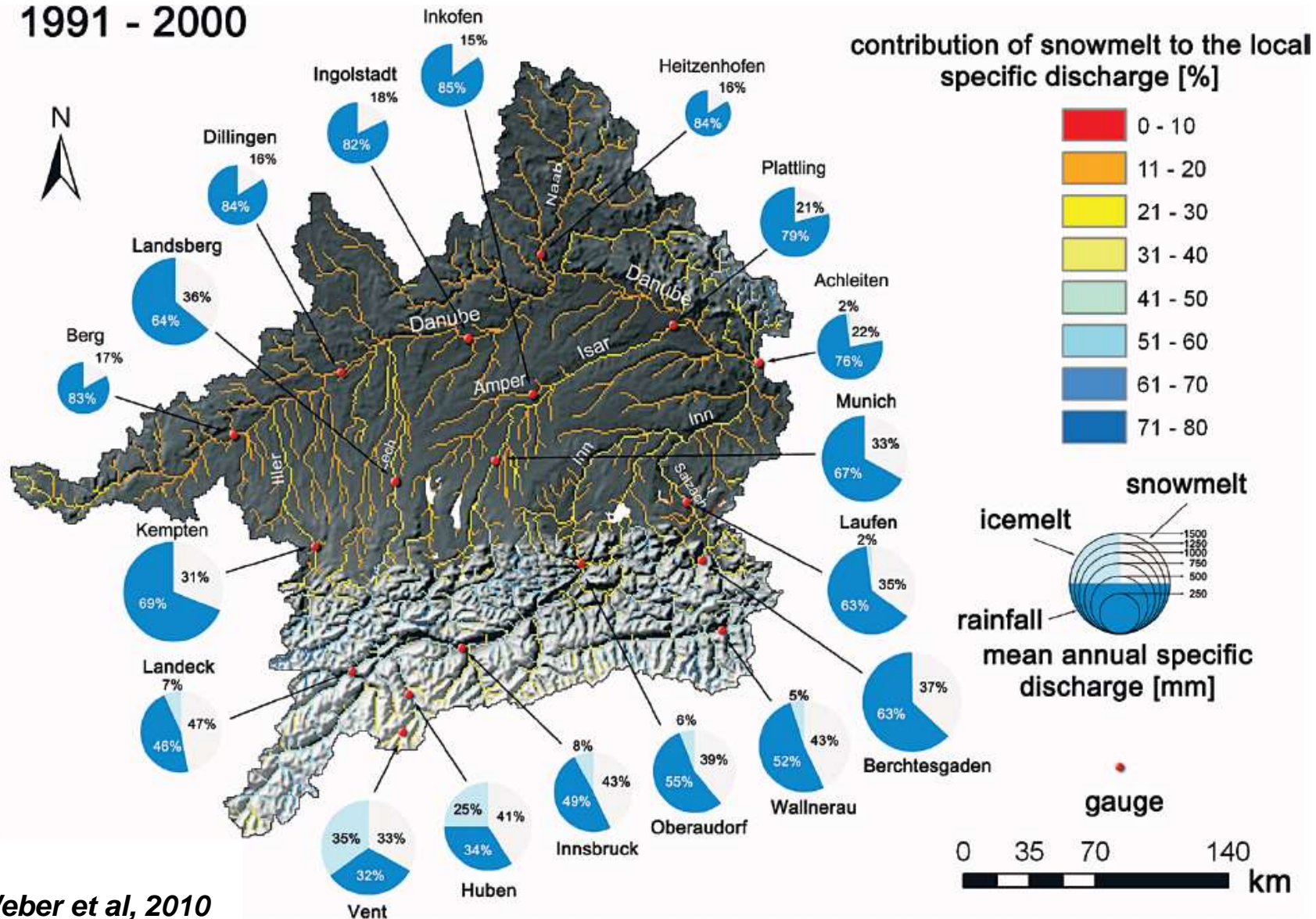
Gletscher: die Tragödie ...



Abdeckung des Diavolezza-Gletschers, Engadin, Schweiz, Somme 2018; Foto: Rolf Wengartner, Uni Bern

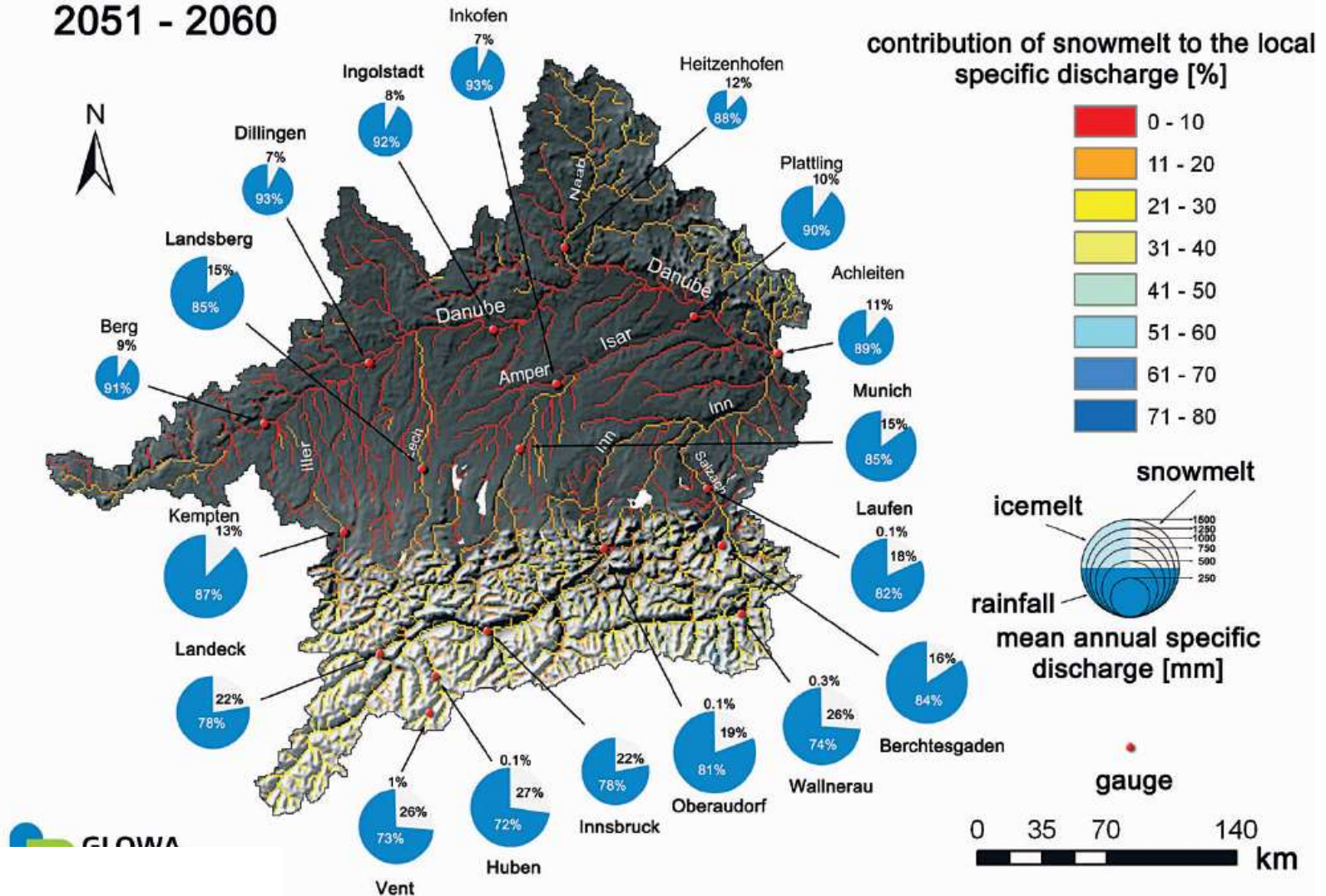
Eis und Schnee im Hochgebirge ...

1991 - 2000



Gletscher im Hochgebirge: die Tragödie

Scenario REMO regional baseline
2051 - 2060



Weber et al, 2010

Knapp Wasserressourcen ?



**Das ist nicht immer ein
„Klimaänderungsproblem“**



Abnahme des Niedrigwasserabflusses von Flüssen

**Sogar grosse Flüsse werden zu
saisonalen Flüssen. Die Oberlieger-
Unterlieger Konflikte nehmen zu**

Austrocknung der Feuchtgebiete

**Abnahme der Fläche um 50% seit
1900**

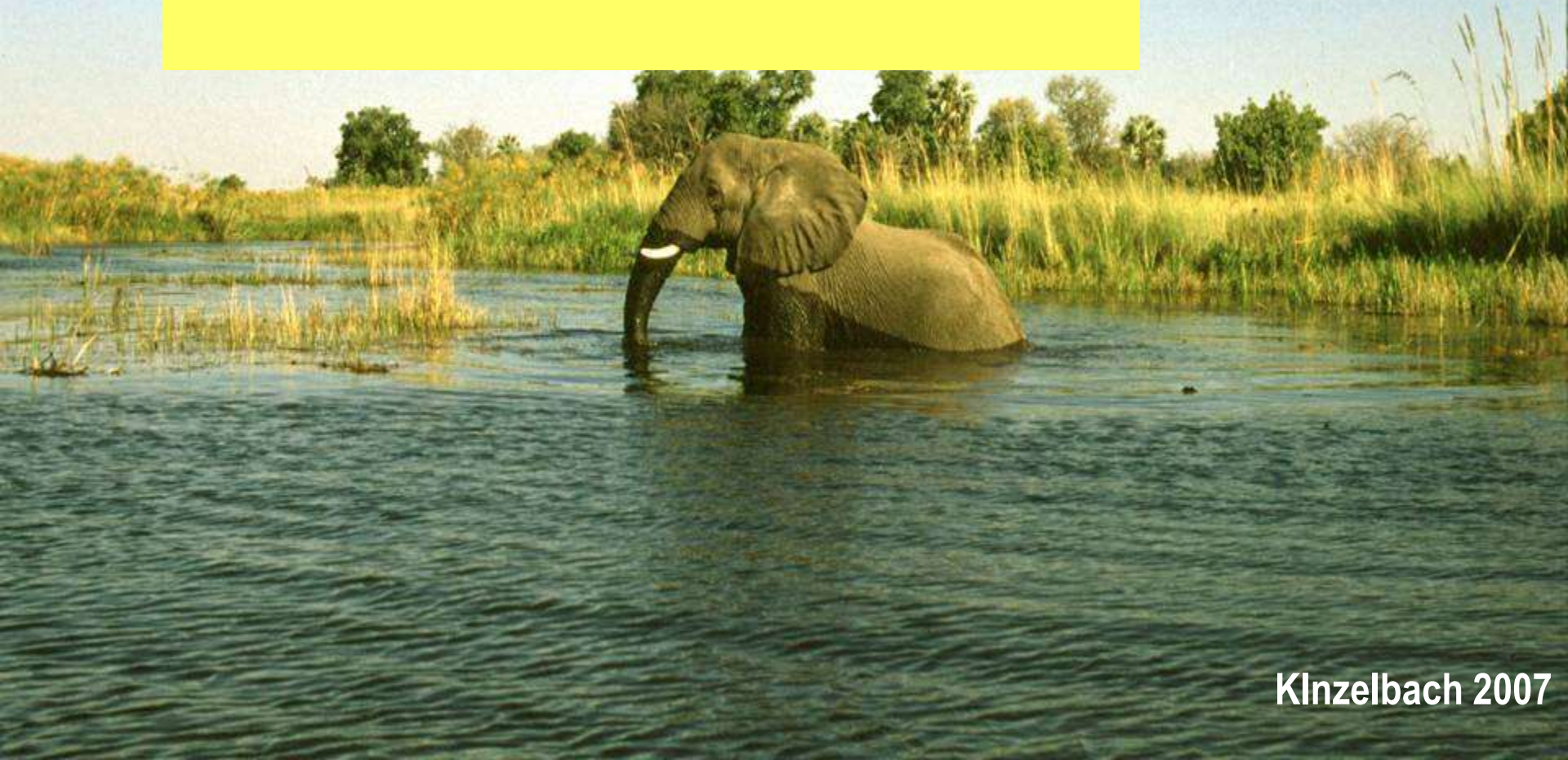


Foto: swissduc.ch



Weizenanbau mit Bewässerung, Punjab, Indien

In manchen semi-ariden Regionen nehmen die hydroklimatisch verfügbaren Wasserressourcen ab

Dort werden die Wasser-Ressourcen heute oft schon übernutzt

- **Die landw. Produktion ist dort durch die W-Verfügbarkeit limitiert**



In Deutschland verlängert sich die Wachstumsperiode

Dies ist prinzipiell positiv für die Landwirtschaft

Bewässertes Erdbeerfeld in Deutschland

- **Die landwirtschaftliche Produktion ist aber auch bei uns in manchen Regionen durch die Wasser-Verfügbarkeit begrenzt**

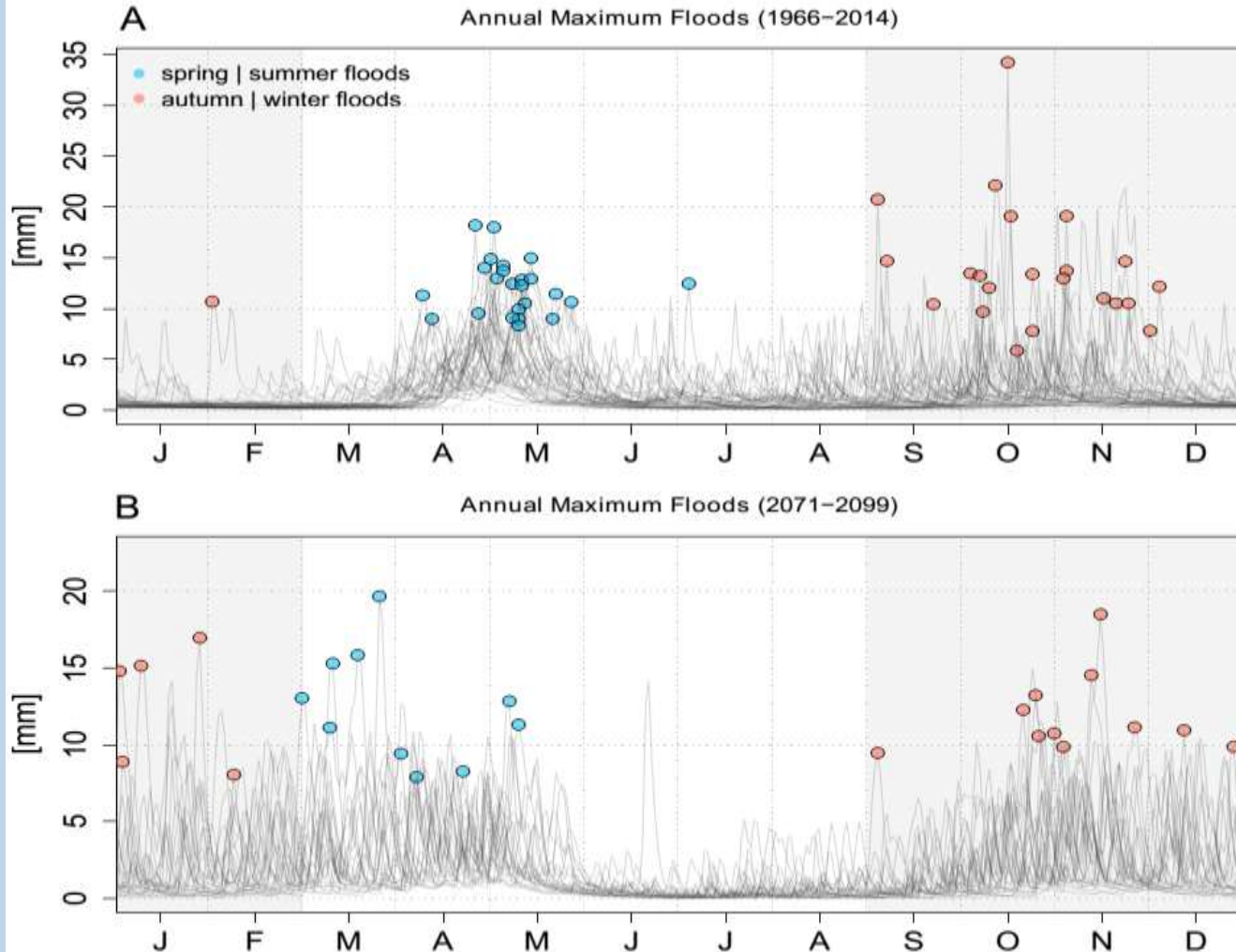
Herausforderungen in Deutschland und Brandenburg



Herausforderungen bzgl. Hydrologischer Extreme

Hochwasser

Änderung saisonaler Hochwasserregime: Beispiel Norwegen



Beob. vs. sim. Abflussganglinien 1966-2014 vs. 2071-2099; Kråkfoss-EZG Norwegen.
Die Jahresmaxima sind farbig markiert (blau: Schneeschmelz-HW, rot: Regen-HW)

*Hydrologische
Abflussregime
können sich
ändern...*

*Das gilt auch für
Hochwasser-
Regime, insb.
Änderungen bei
Schneeschnelz-
hochwassern*

(Vormoor et al, 2016)

- **Besonders in nival und pluvio-nival geprägten Flussgebieten können sich die Hochwassertypen und –häufigkeiten ändern ...**

Häufigere „Flash floods“

Auswirkungen von „flash floods“: 29. Mai 2016

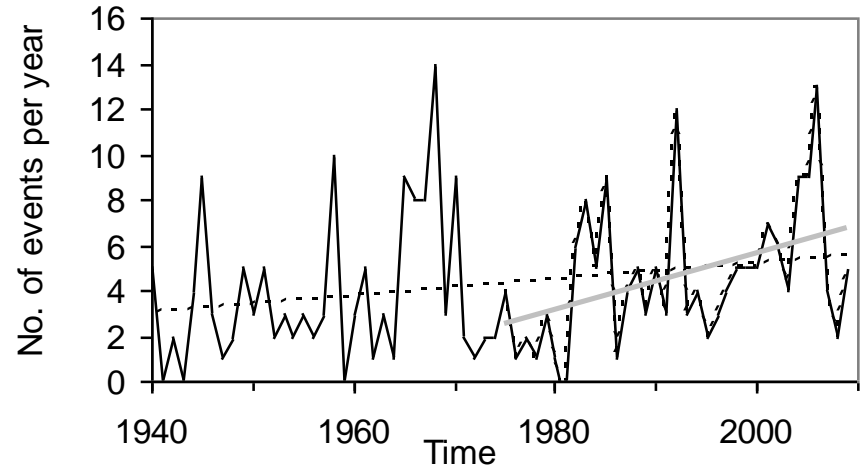




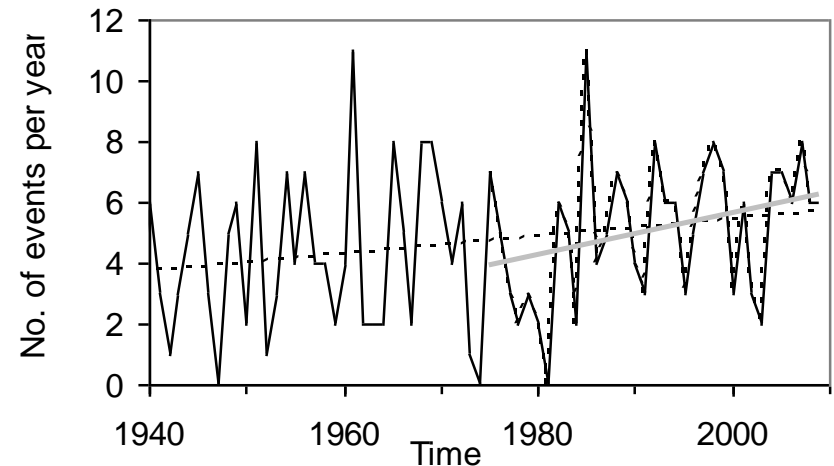
Starkregen / flash floods

Starkregenentwicklung: *Station Soest*

N-Dauer: 1 min
N-Höhe: 1-2 mm
N-Intensität: 1-2 mm/min



N-Dauer: 4 min
N-Höhe: 2-3 mm
N-Intensität: 0.5-0.7mm/min



Starkregen / flash floods



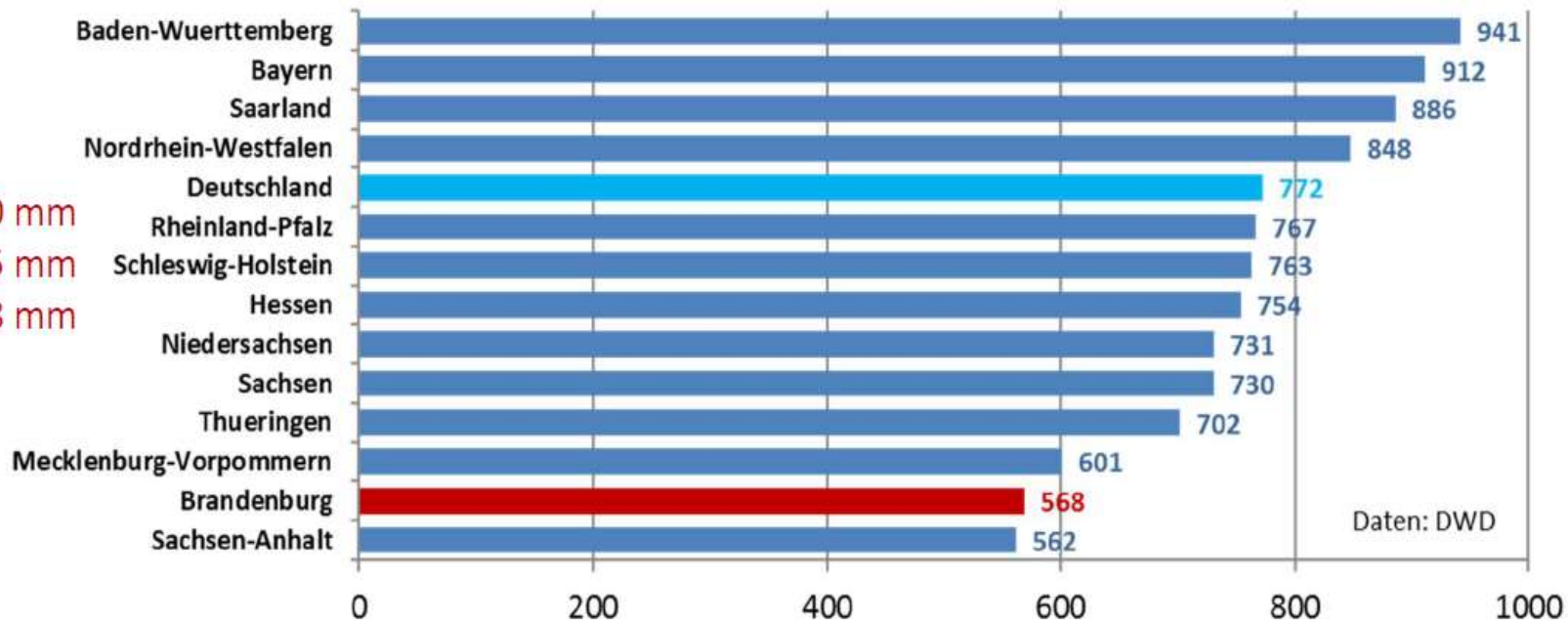
- **Hochintensive Starkregen treten häufiger auf...**
- **Dies bedingt vermutlich vermehrte «flash floods» (Sturzfluten)**
- **Mit Auswirkungen, u.a.:**
 - **Ernteschäden**
 - **Bodenerosion**
 - **Verlandung von wasserbaulichen Anlagen**
 - **Nährstoff- und Schadstoffmobilisierung**
 - **Eutrophierung von Gewässern**
 - **Überlastung urbaner Entwässerungssysteme**

Herausforderungen bzgl. Hydrologischer Extreme

Niedrigwasser / Dürren

2018: 390 mm
2019: 505 mm
2020: 508 mm
(LfU)

Mittel der jährlichen Niederschlagssummen 1881-2017 [mm/a]



und...

- hohe Verdunstungsraten aufgrund hoher GW-Stände und vieler Seen, zunehmend auch im Frühling und Winter
- Geringes Speichervermögen sandiger Böden



Schwarze Elster Juli 2020

Bildquelle: Garnitz, LfU

Beispiel Seddiner See



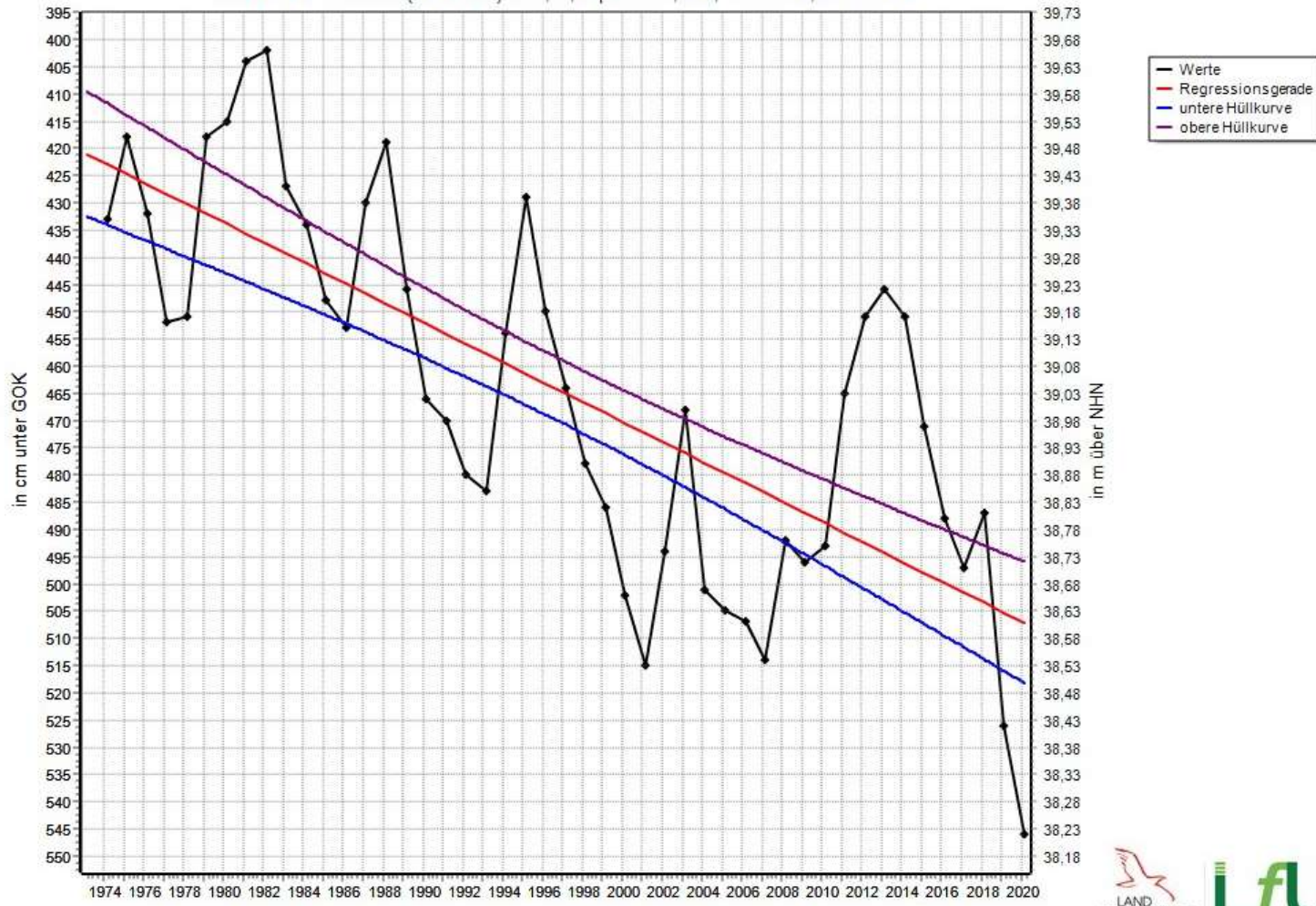
Fragen:

Wieviel Verdunstet die Landschaft?

Wieviel Oberflächenwasserentnahme verträgt die Landschaft?

Beispiel Seddiner See

Mittlere Jahres-GW-Stände Messstelle - 3744 1853/Seddin,Weg"Blumesiedlung 1-6" (erstellt 12.09.202
Jahresreihe 1973/2020 (ohne 1973) $r = ,73$, $\text{Alpha} \leq 1,68\%$, $\text{Trend} = -1,83 \text{ cm / Jahr}$



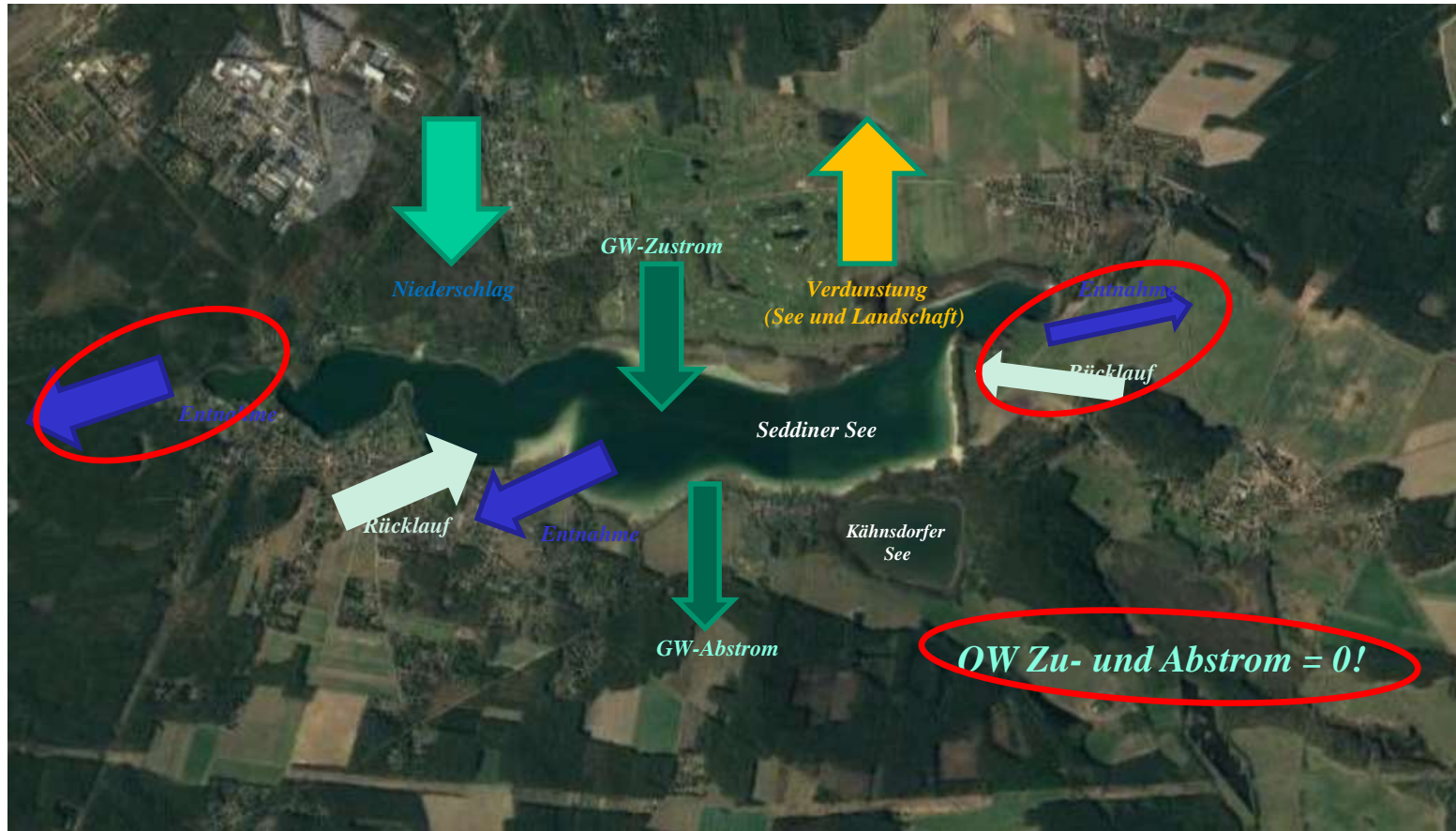
Berechnung für Abflussjahre

Beispiel Seddiner See



Wassermangel: auch im Oberflächengewässer

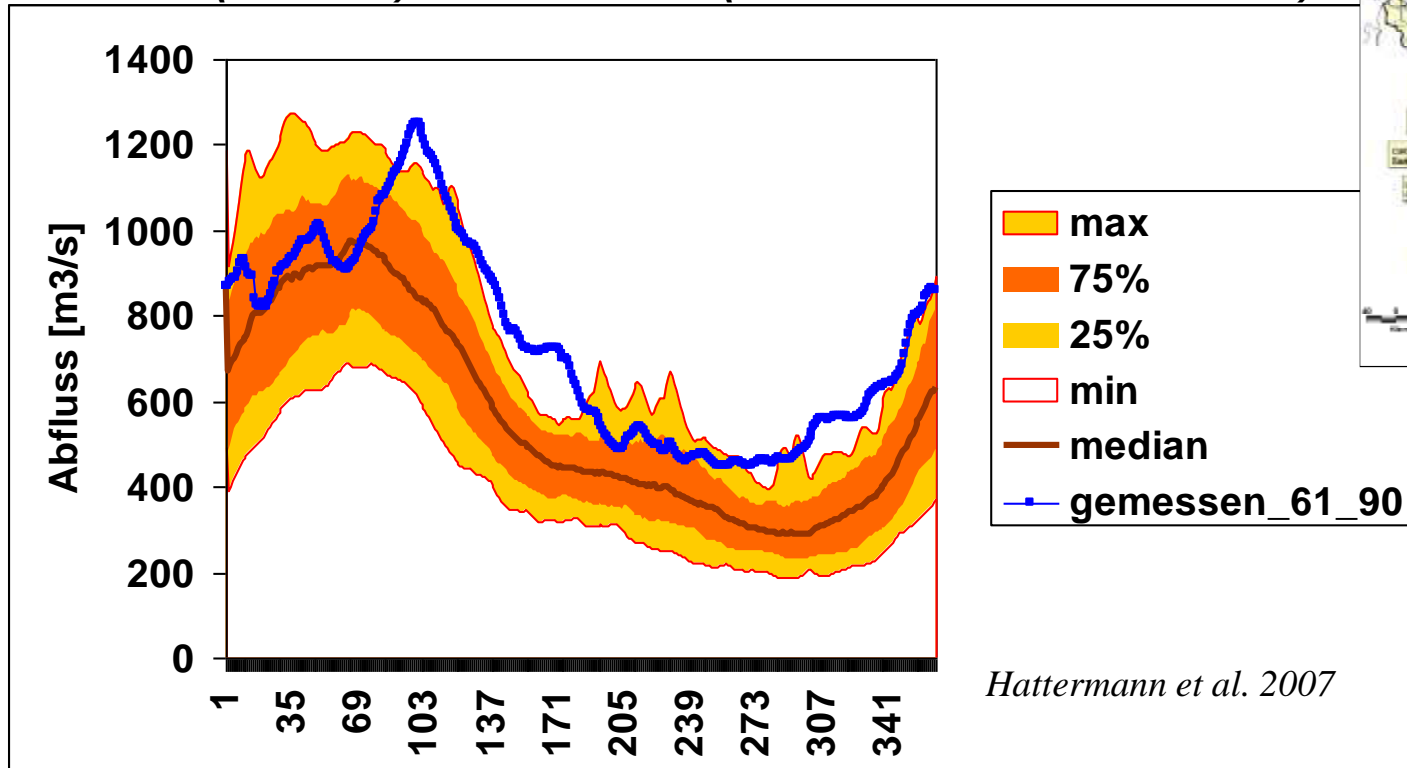
Beispiel Seddiner See



Wasserbilanz der Landschaft ...

Niedrigwasserphasen an einem großen Fluss: Elbe

Täglicher Abfluss an Pegel Neu Darchau
Referenz (1961-90) und Szenario (100 Realisationen 2051-55)



Hattermann et al. 2007

- **Der Anteil der Verdunstung am WK wird zunehmen**
- **Dies bedingt vermutlich längere und stärkere NW-phases**
- **Mit Auswirkungen, u.a.:**
 - **Schifffahrt**
 - **Kühlung der Wärmekraftwerke**
 - **Eutrophierung**

Schlussfolgerungen: was können wir tun?



1. Anpassung

III Anpassungsstrategien

Landwirtschaft:

- Bewässerungslandbau verstärken ?
- Zwei Ernten erwägen ?

III Anpassungsstrategien



Tourismus:

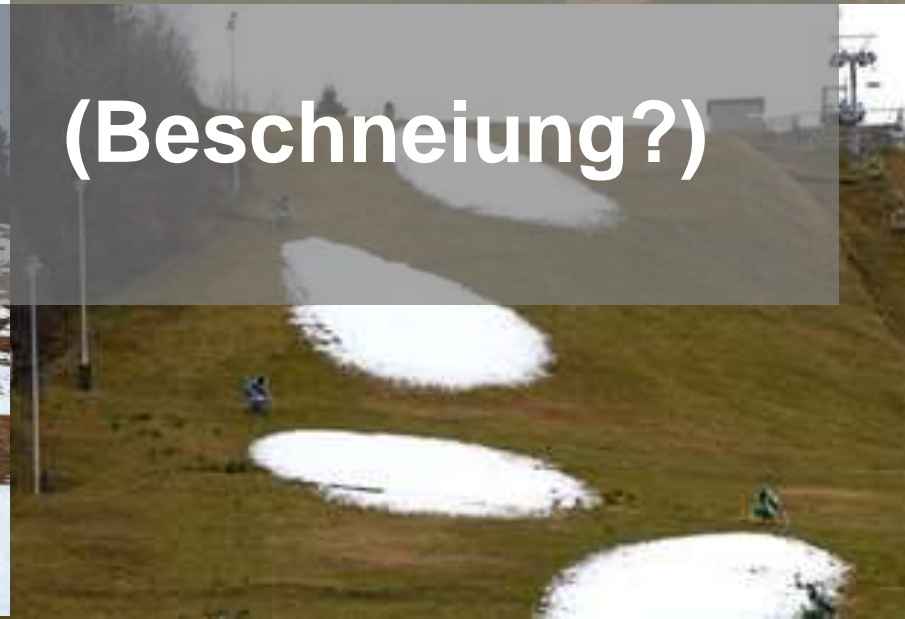
➤ Sommer:



(Marketing ?)



➤ Winter:



(Beschneigung?)

III Anpassungsstrategien

Großräumige Hochwasser:


- Untersuchungen zu Änderungen der Hochwasserregime

III Anpassungsstrategien

Sturzfluten / „Flash Floods“:

- Weiterentwicklung der HW-Vorhersage für Sturzfluten (inkl. Radarniederschlagshydrologie)
- Überarbeiten der Bemessungsgrundlagen
- Anpassungen der wasserbaulichen Maßnahmen der Vergangenheit

III Anpassungsstrategien



Niedrigwasser an den Flüssen

Anpassung der Schifffahrt ?

Geschl. Kühlkreisläufe f. Kraftwerke ?

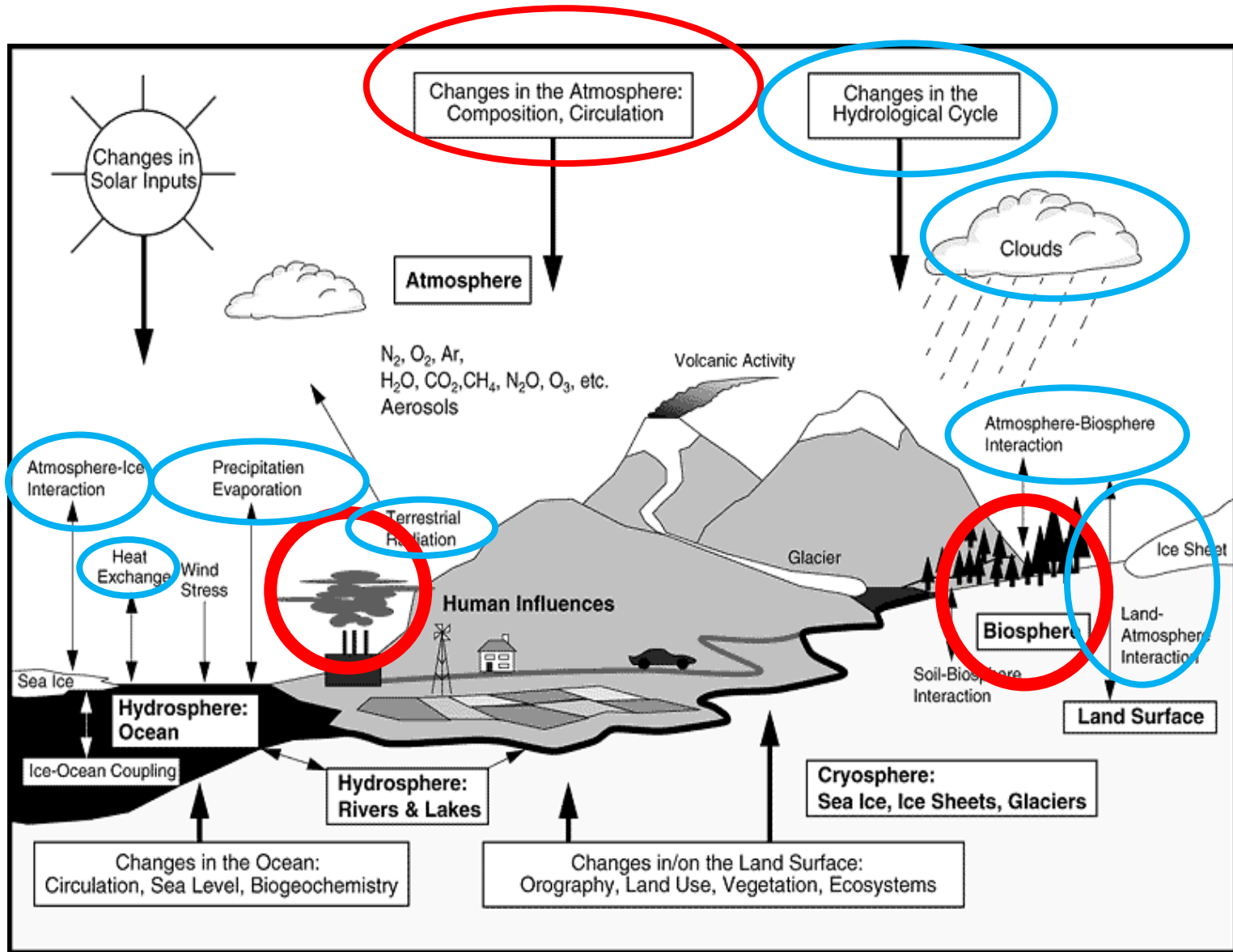
Weniger Rudern?

Schlussfolgerungen: was können wir tun?



**2. Eindämmung,
Minderung des
Klimawandels:
=> z.B. „2° Ziel“**

Das Klimasystem



Schlussfolgerungen

- **Management *bitte nicht nach dem „Großmutterprinzip“!***
- **Die Menschen haben in der Geschichte oft mit *geänderten Rahmenbedingungen* umgehen müssen**
- **Das kann erfolgreich sein, oder auch nicht!**
- **Ein „Misserfolg“ kann *katastrophale Folgen haben!***

- **Die relevante Skala ist die regionale Skala (Managementskala)**
- **Anpassungsmaßnahmen müssen spezifisch auf die Fragestellungen zugeschnitten werden !**

Wasserwirtschaft und klimatische Veränderungen – auf was müssen wir uns einstellen?



Vielen Dank!