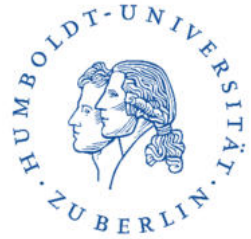


# Hydrologie und Dürren in Brandenburg



## Doerthe Tetzlaff

Leibniz Institut für Gewässerökologie & Binnenfischerei

Geographisches Institut, Humboldt Universität Berlin &

Northern Rivers Institute University of Aberdeen, Scotland



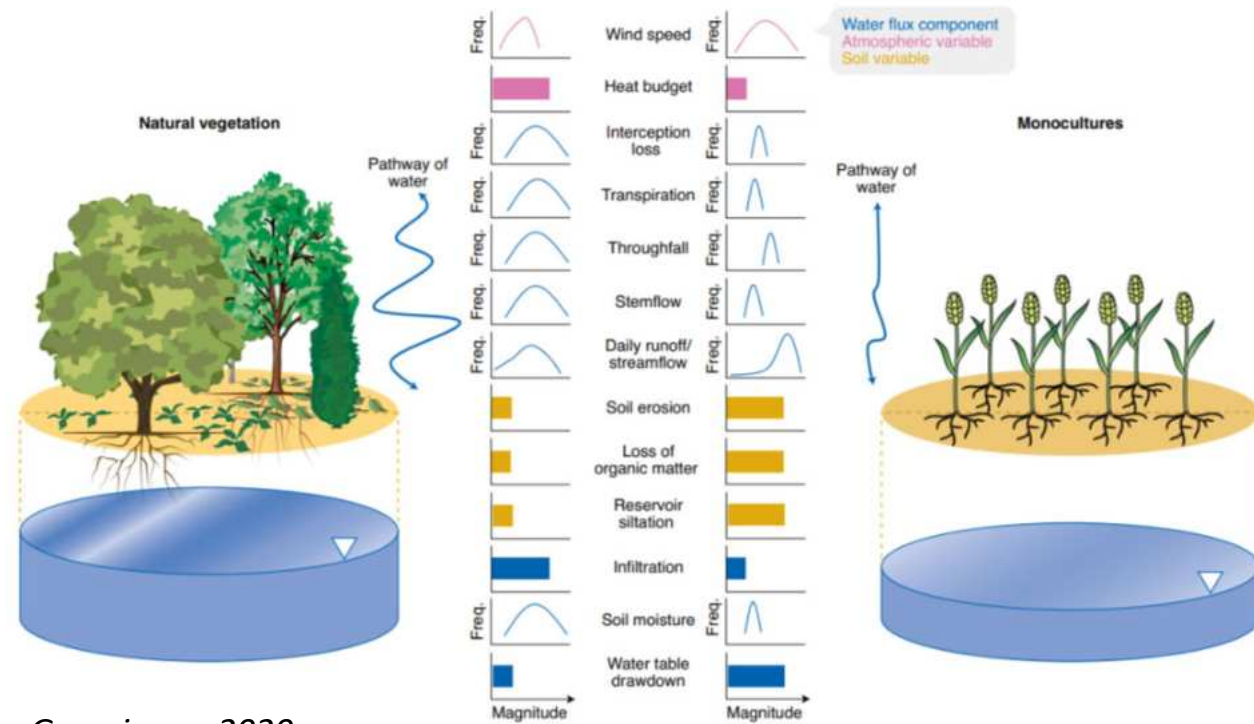
**IGB**

Leibniz Institute of Freshwater Ecology  
and Inland Fisheries



# Herausforderungen für unsere Wasserressourcen durch Klimawandel

- Klimaextreme: Starkregenereignisse & Dürren
- Landnutzungsänderungen: Intensivierung, Abholzung, Wasserkraft
- Veränderungen im Wasserhaushalt & Resilienz gegenüber Extremen
- Wassersicherheit: genügend sauberes Wasser



Levia et al., Nature Geoscience, 2020

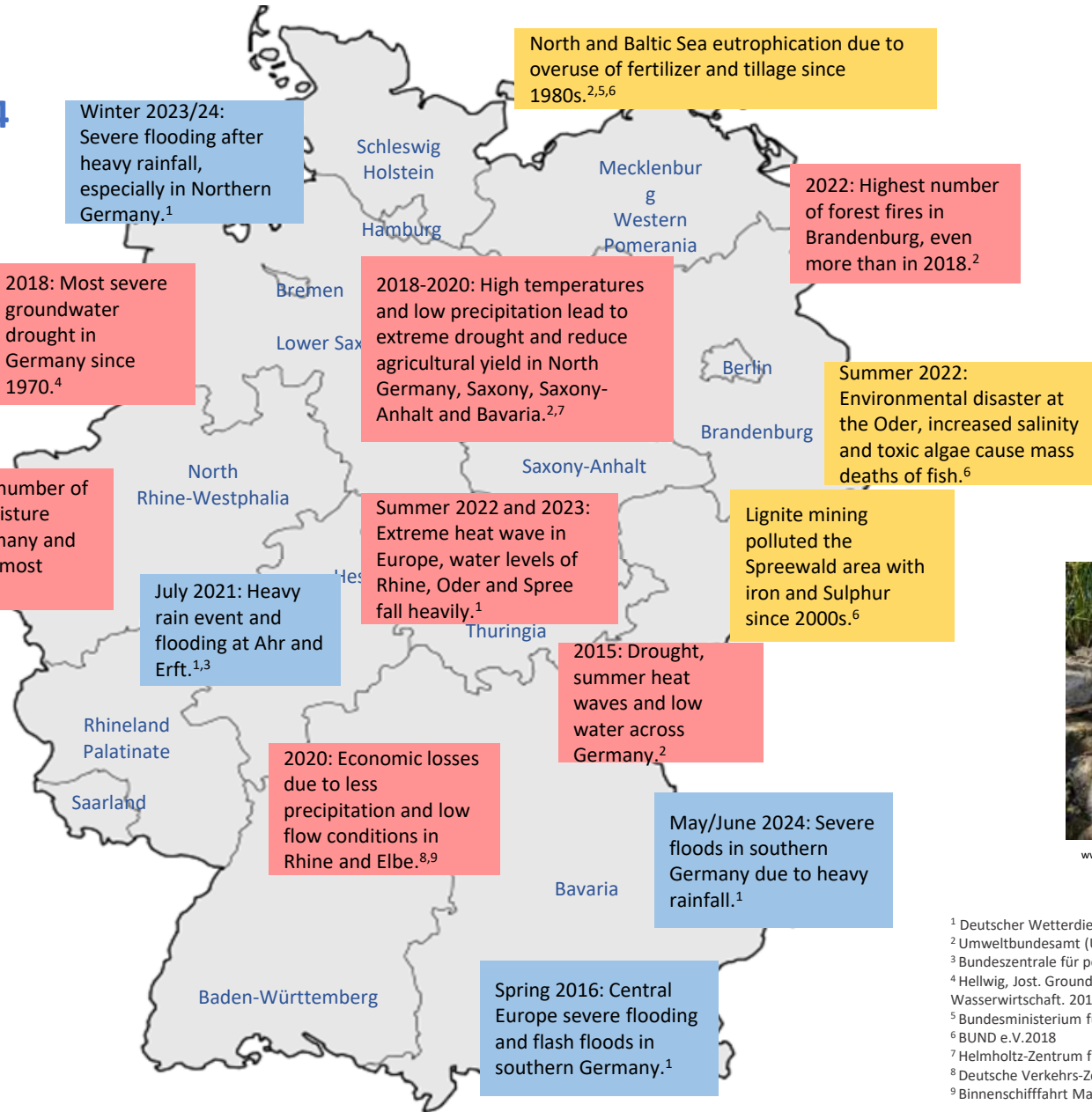
# Wasserprobleme in Deutschland seit 2014



www.stern.de



www.swr.de



## Type of extreme

- Water quality
- Drought
- Heavy rain events and flooding



www.rp-online.de

<sup>1</sup> Deutscher Wetterdienst (DWD)  
<sup>2</sup> Umweltbundesamt (UBA)  
<sup>3</sup> Bundeszentrale für politische Bildung  
<sup>4</sup> Hellwig, Jost. Groundwater droughts in Germany from 1970 to 2018. Korrespondenz Wasserwirtschaft. 2019(12).  
<sup>5</sup> Bundesministerium für Umwelt  
<sup>6</sup> BUND e.V. 2018  
<sup>7</sup> Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung  
<sup>8</sup> Deutsche Verkehrs-Zeitung 2021. Das Niedrigwasserproblem der Elbe.  
<sup>9</sup> Binnenschifffahrt Magazin 2020. Niedrigwasser bereitet Probleme auf dem Rhein.



## Notwendigkeit des Verstehens von Prozessen

Weltweite "Globale Dürren", "Mega-Dürren", "Blitzdürren":

- Verringerte Wasserverfügbarkeit
- Zunehmend unregelmäßige & trocken fallende Flussläufe
- Verschlechterung der Wasserqualität
- erhebliche negative Auswirkungen auf Biodiversität in Landschaften

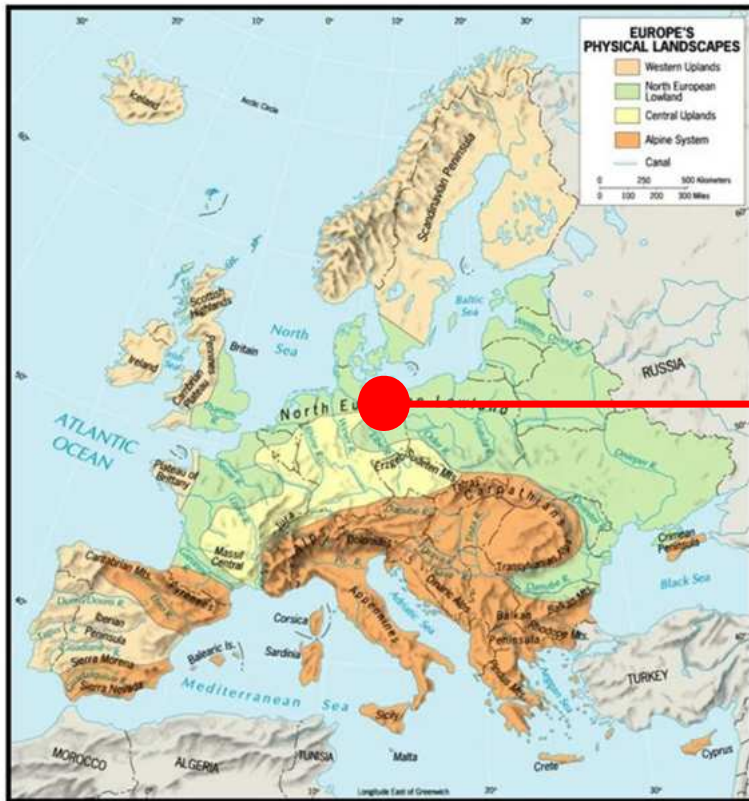
ABER: Die **zugrunde liegenden Wechselwirkungen** zwischen Klimafaktoren, Landnutzung, Wasserqualität & hydrologischen Prozessen sind noch **unzureichend verstanden**. DIESE Prozesse bestimmen Entwicklung, Dauer & Schwere von Dürren.



# Tieflandsgebiete in Zeiten des Klimawandels

Kritische Ökosystemdienstleistungen: landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Produktion, Grundwasserneubildung, Abflussbildung flussabwärts

Tieflandsgebiete in Zentraleuropa



3K Szenario: *Klimawandel Projektionen*

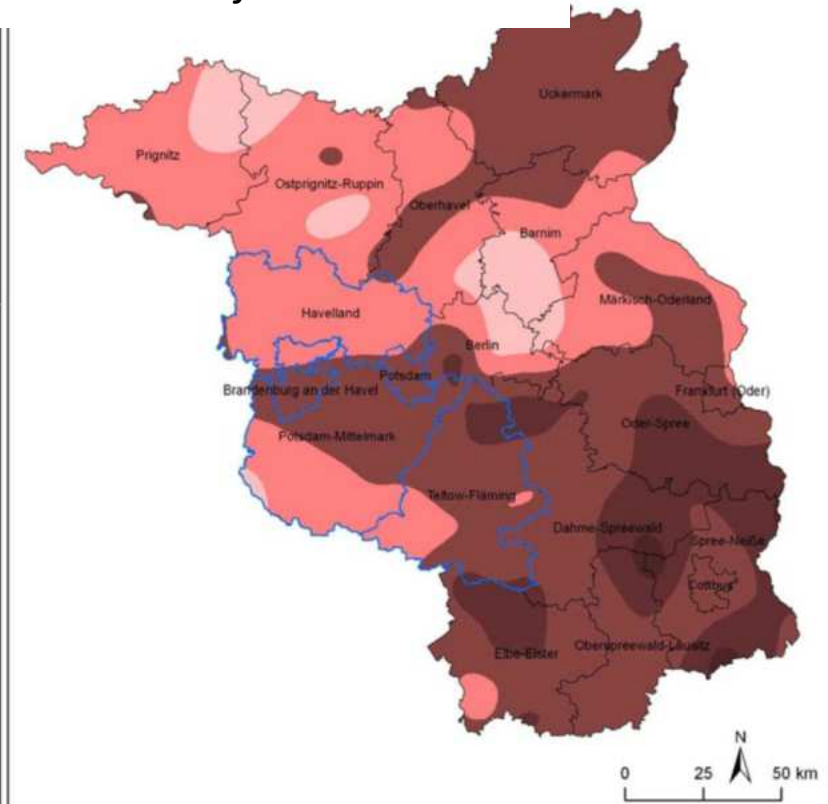
Difference  
precipitation [mm]  
2031-2060  
VS  
1977-2006

### Legende

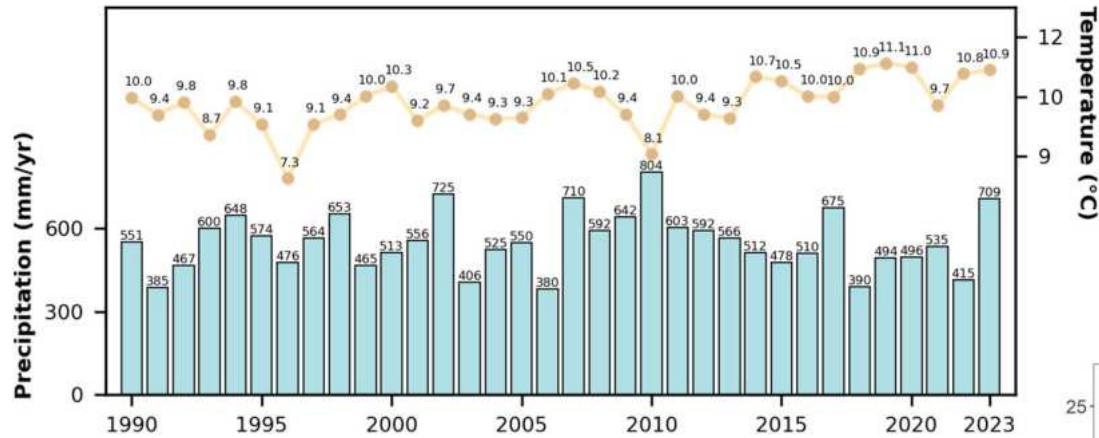
- Landkreise
- MORO Projektregion

[mm]

- < -100
- 100 - -75
- 75 - -50
- 50 - -25
- 25 - 0
- 0 - 25
- 25 - 50
- > 50

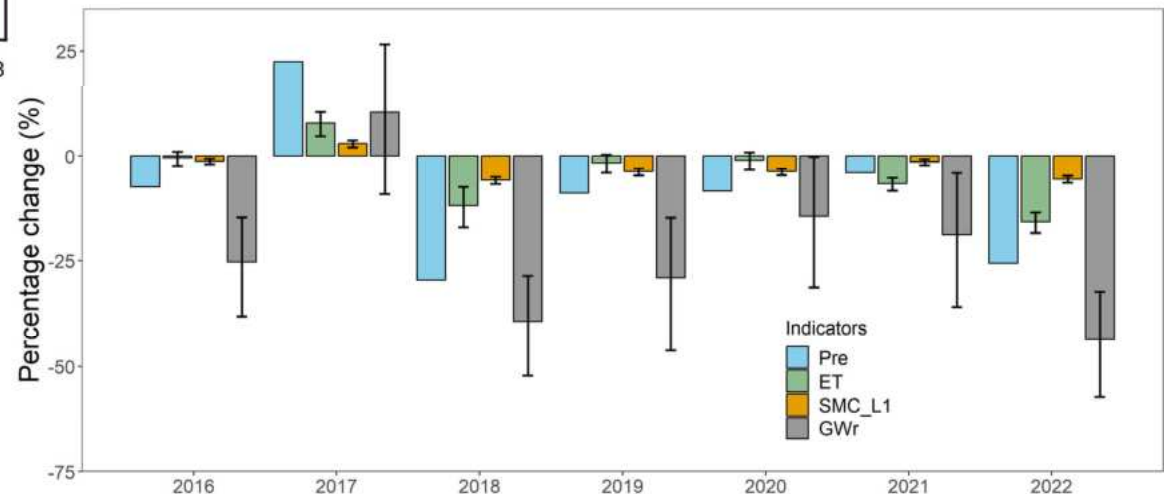


# Intensive Dürre seit 2018: % Änderung gegenüber langjährigem Mittel



Tetzlaff et al, Wasserwirtschaft, 2021  
Shuxin Luo et al: 2024 JoH

Lang anhaltende Periode negativer Niederschlagsanomalien seit 2017; steigende Temperaturen; zunehmender Mangel an feuchten Jahren



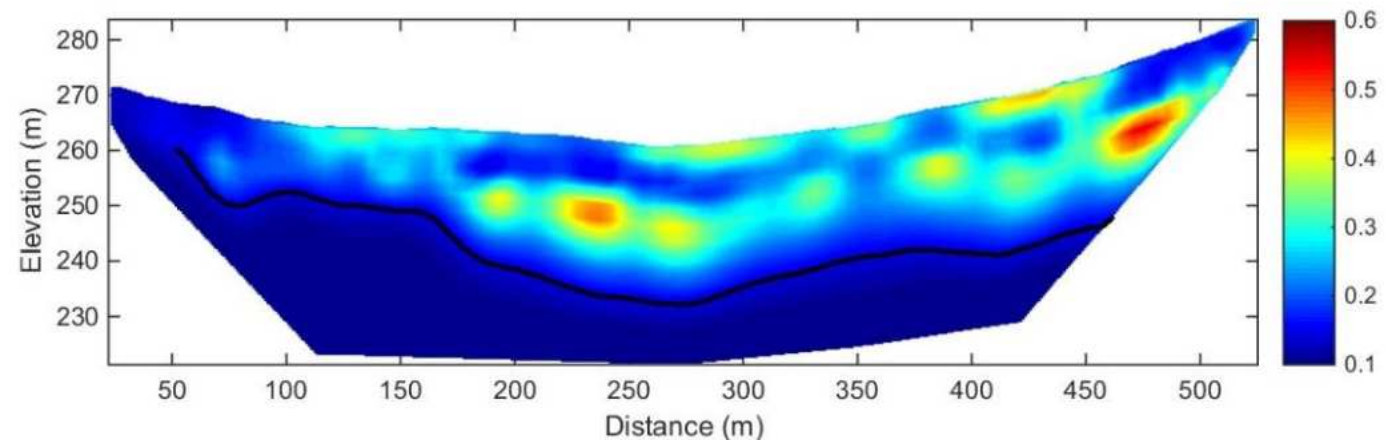
2018: Jährlicher P 30% Rückgang (als Langzeitmittel)

GW: >30% Rückgang

> 2 Jahre durchschnittlicher P nötig, um Defizite im GW auszugleichen

# Immer noch schwierig: zuverlässige Bewertung des Wasserhaushalts

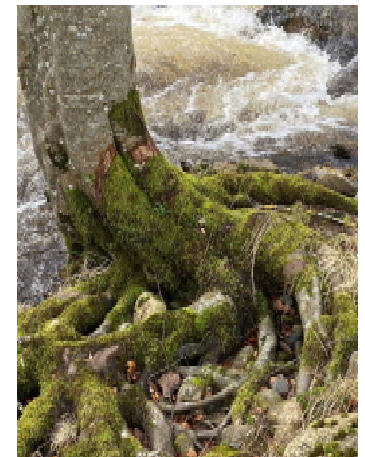
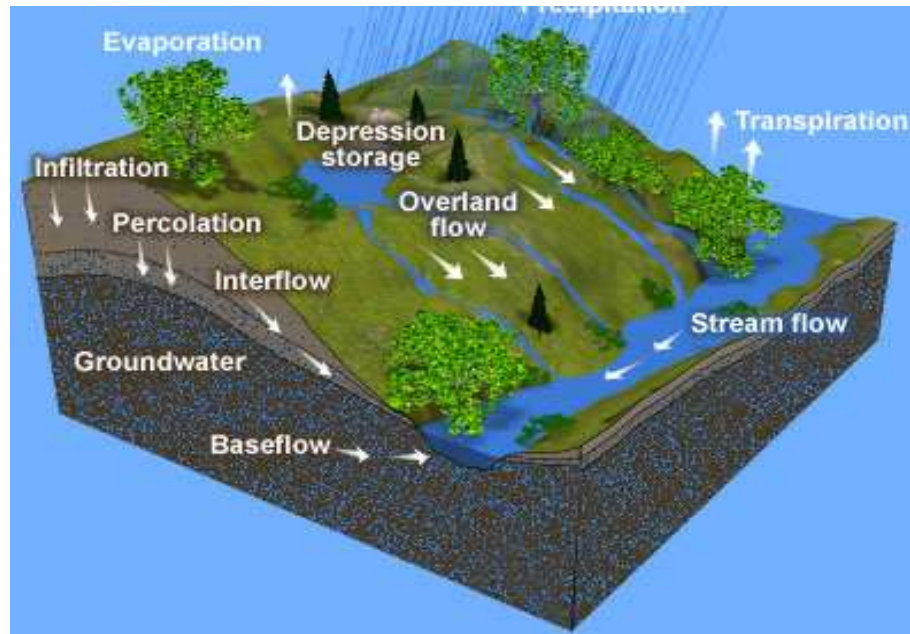
- Großteil an hydrologischen Prozessen: schwer quantifizierbar (vielleicht abgesehen von P & Q)
- Reaktionen auf Niederschlags-Input ist abhängig von Veränderungen im Speicher in der Landschaft (Boden, Grundwasser)
- Speicher (ungesättigte & gesättigte Zone): schwer zu quantifizieren





## Forschungsfragen:

- Wie beeinflussen **Vegetation & Landnutzung** die Verteilung des Niederschlags in der Landschaft?
- Welche Auswirkungen hat **Landnutzung** auf **Wasserspeicherung & Prozesse**, die Auswirkungen von Dürre bestimmen?





# Verschiedene Methoden auf unterschiedlichen Skalen

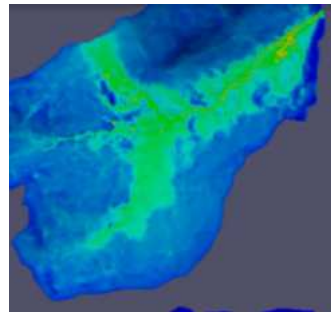
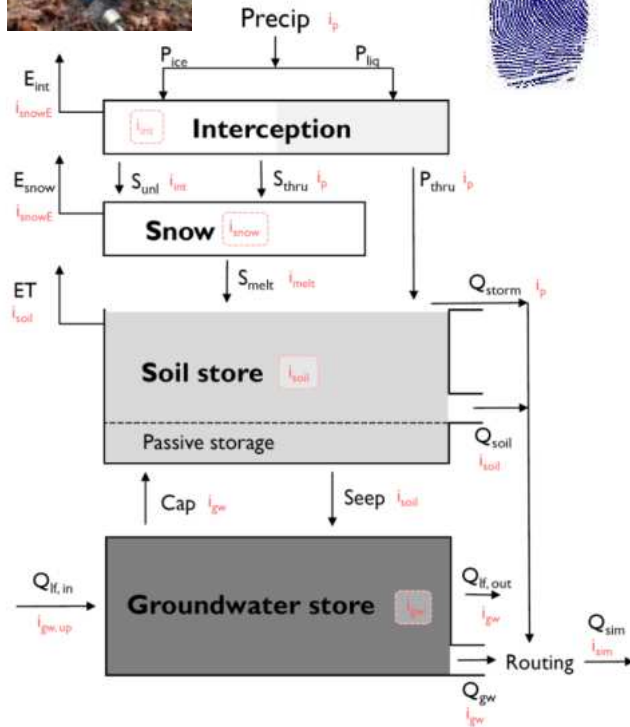
## Plot- & Hangskala:

Detaillierte Feldmessungen, um Atmosphäre-Pflanze-Boden-Wasser Wechselwirkungen & Speicherdynamiken zu verstehen

(Hydrometrie PLUS Isotope in P, Q, Boden, GW, Kronendurchlass, Stammabfluss, Pflanzenxylem)



Isotopen als "Fingerabdrücke" des Wassers



## Einzugsgebiet-Skala:

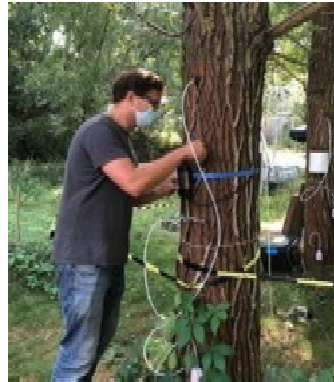
Räumlich verteiltes Monitoring PLUS tracergestützte Modellierung um Wasser- & Tracertransport in Landschaft & Mischung zu verstehen

# Intensives terrestrisches und aquatisches Monitoring

Abfluss



Sapflux,  
Stammwuchs; Leaf  
area index



Fluss-und  
Grundwasserbeprobung  
Wasserchemie, Isotope



Niederschlagsisotope



Bodenfeuchte



Bodenwasserisotope

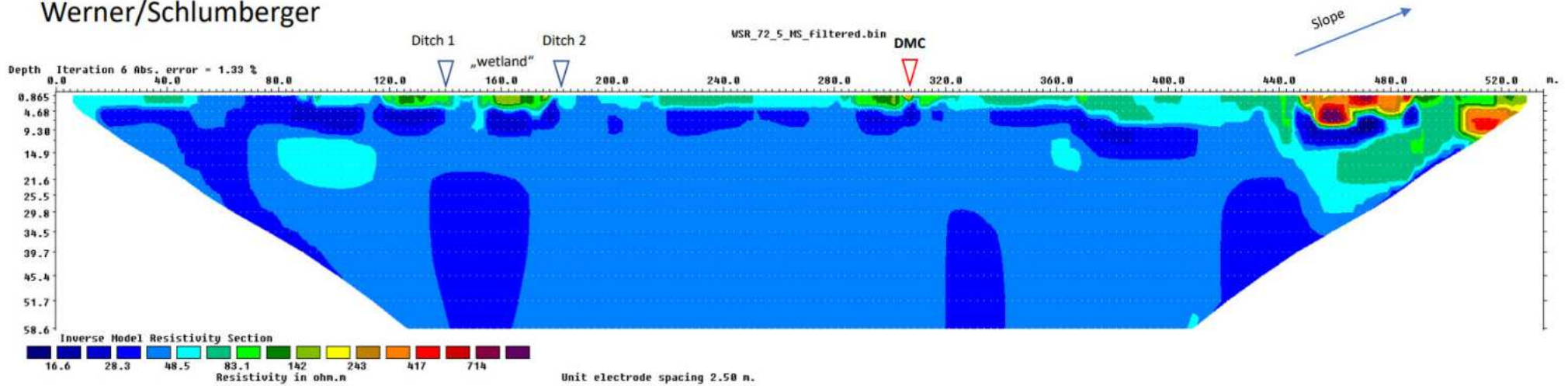


Eddy flux Systeme

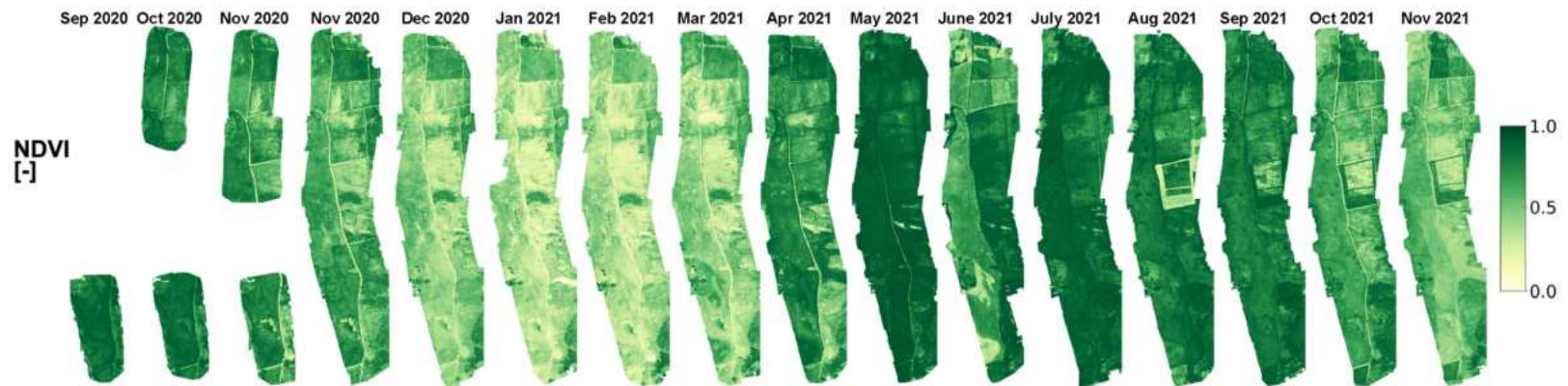


# Geophysics um Speicher zu quantifizieren

Werner/Schlumberger



## UAV hohe räumliche UND zeitliche Auflösung

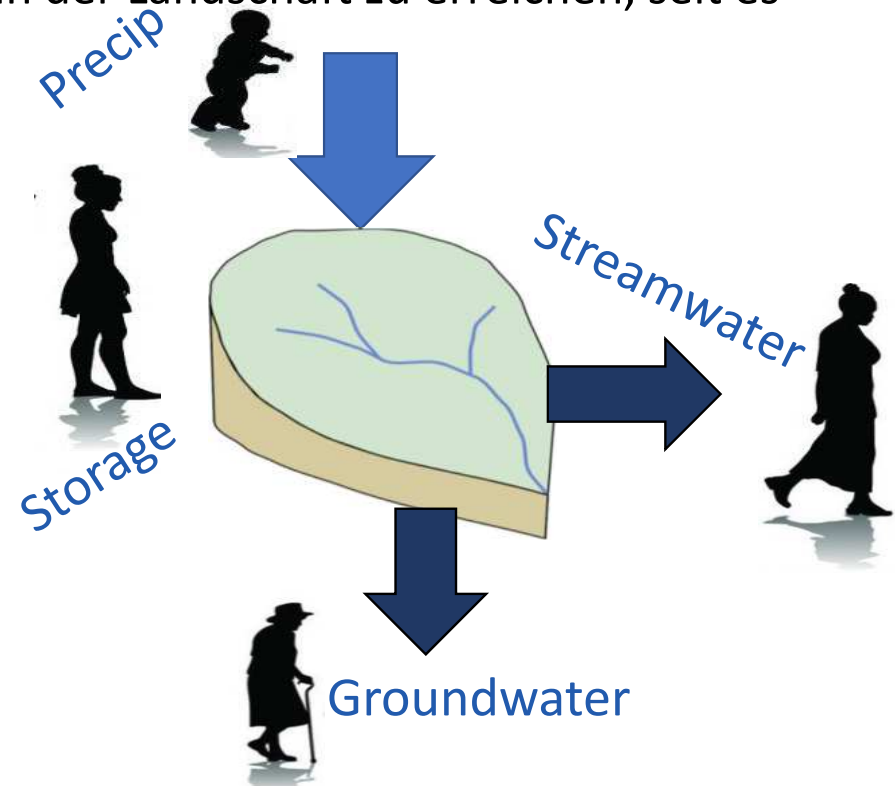
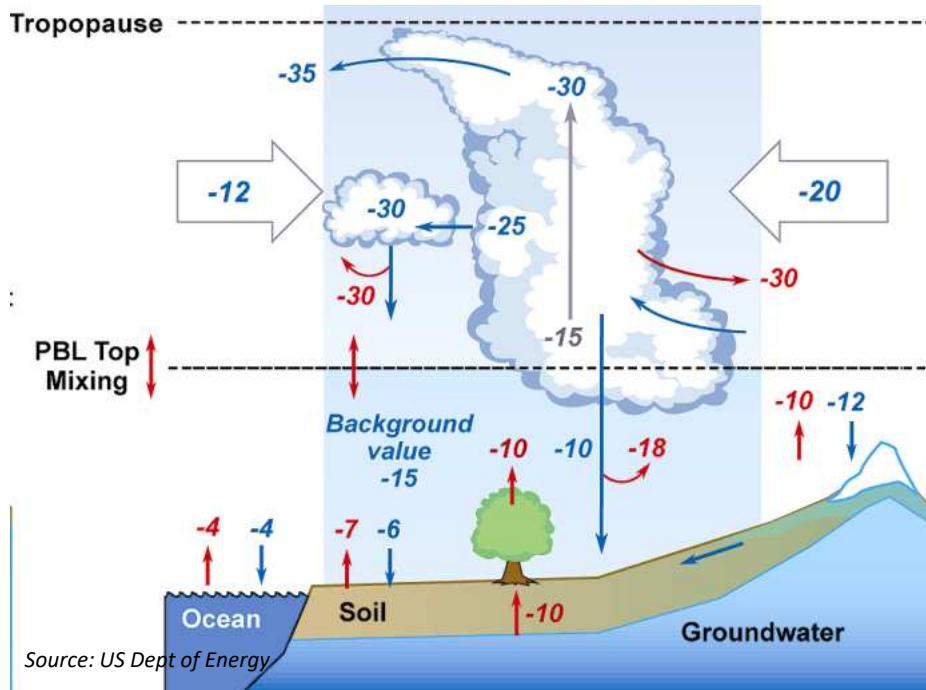




# Stabiler Wasserisotope

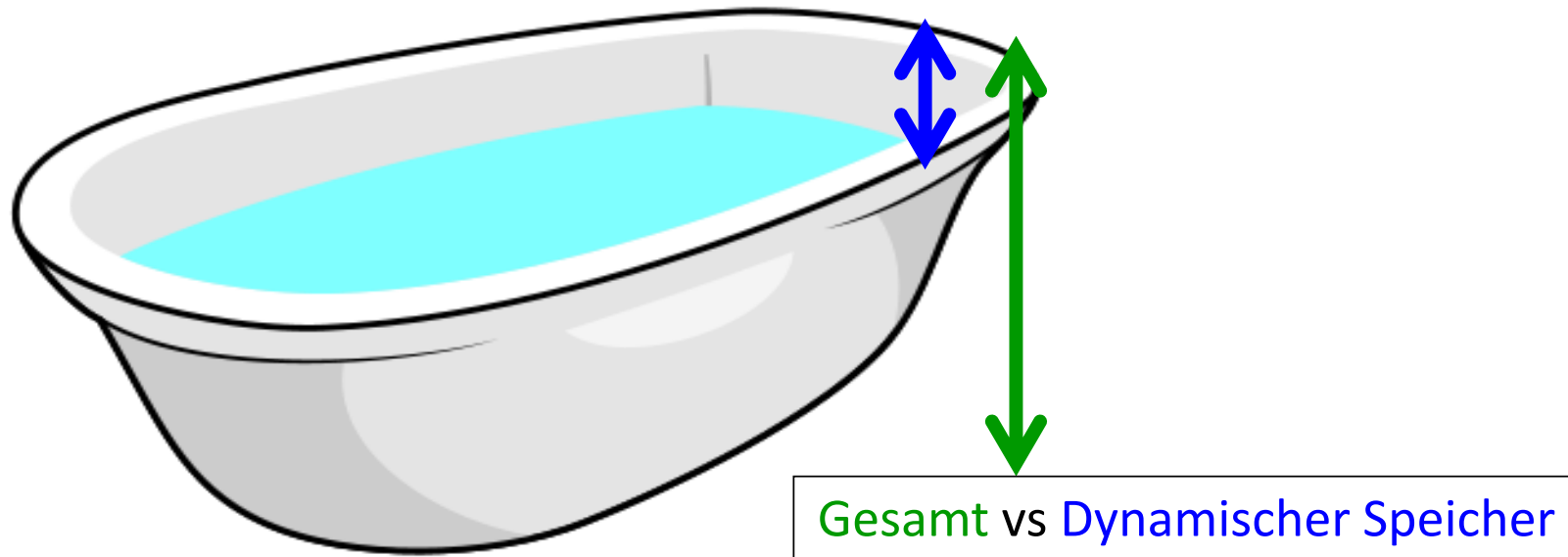


- Konservative Tracer im Wasserkreislauf = „Fingerabdrücke“ des Wassers
- Jeder Teil des Wasserhaushalts ist durch spezifische Isotopensignatur charakterisiert
- Dämpfung des Niederschlagsignals spiegelt Wasser wider, das in Böden & Grundwasser gespeichert ist
- 2 Prozesse in Landschaften verändern isotopische Signaturen: Mischung, evaporative Fraktionierung
- Wasseralter: die Zeit, die Wasser benötigt, um einen Punkt in der Landschaft zu erreichen, seit es angekommen ist (seit „Geburt“ als Niederschlag)



# Das „Badewannen-Konzept“: Wie wird „altes“ Wasser in Landschaften mobilisiert?

Vorstellung: „Gefärbtes“ Wasser, das sich bereits in der Badewanne befindet vs. klares Wasser aus dem Wasserhahn



In Landschaften mischt sich das vorhandene gespeicherte „alte“ Wasser und wird ersetzt durch neues „junges“ Niederschlagswasser



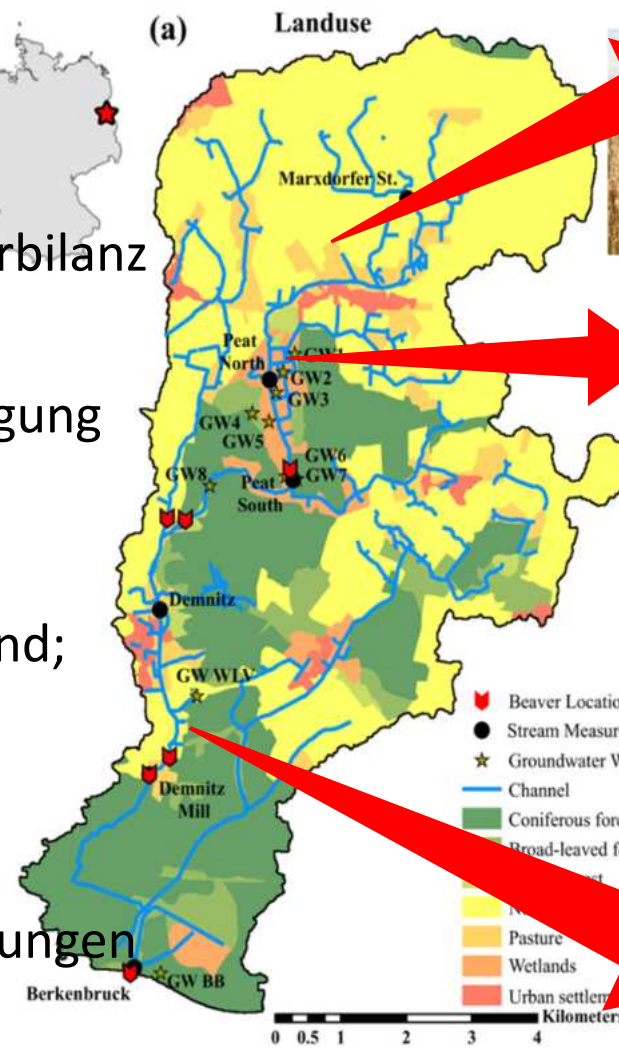
# Langfristiges Untersuchungsgebiet Demnitzer Mühlenfließ

66 km<sup>2</sup>  
 P: 580 mm; Q / GW Neubildung < 100mm  
 ET: dominierende Komponente der Wasserbilanz

Flache Topographie: durchschnittliche Neigung <2%, 50m Höhenunterschied

60% Landwirtschaft; renaturiertes Moorland; Wald

>30 Jahre Daten über Klima, Abfluss, Wasserchemie, sowie intensive Untersuchungen an Land & im Fluss seit 2018



Tetzlaff et al., 2023, Earth System Science Data.



# Charakteristika der Landschaften im Land Brandenburg

*Historisch (vor ~1750):* junge, glaziale Landschaft; umfangreiche Feuchtgebiete (& organische Böden): Hohe Speicherung & langsame Abgabe von Wasser



<https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/>



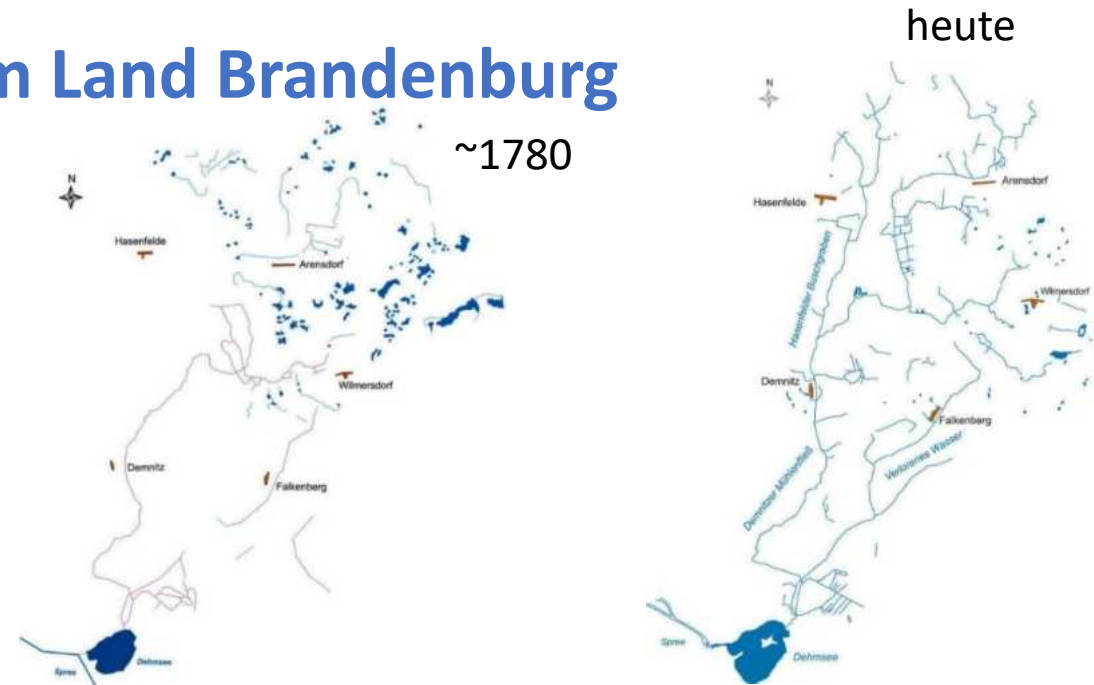
# Charakteristika der Landschaften im Land Brandenburg

*Heute:* Entwässerung von  
Mooren, Flussbegradigung

Historische Entwicklung des Gewässernetzes:  
Links ca. 1780 (Gesamtlänge etwa 10 km);  
Rechts in der Gegenwart (Gesamtlänge etwa 88 km)



<https://www.rbb24.de/panorama/beitrag/2020/01/umweltminister-brandenburg-private-waldbesitzer-engagement.html>



PLUS sandige Böden (geringer organischer  
Gehalt): geringe Wasserspeicherkapazität der  
Landschaft

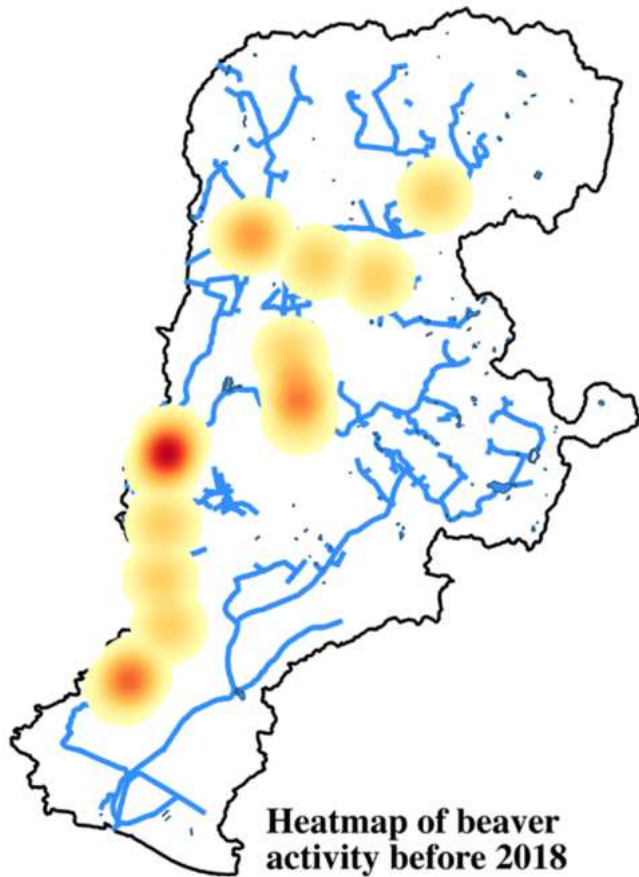
Intensive Nadelwälder & landwirtschaftliche  
Monokulturen: hohe Bioproduktivität (hoher  
ET), geringe Biodiversität...

**Geringe Resilienz gegen Dürre**

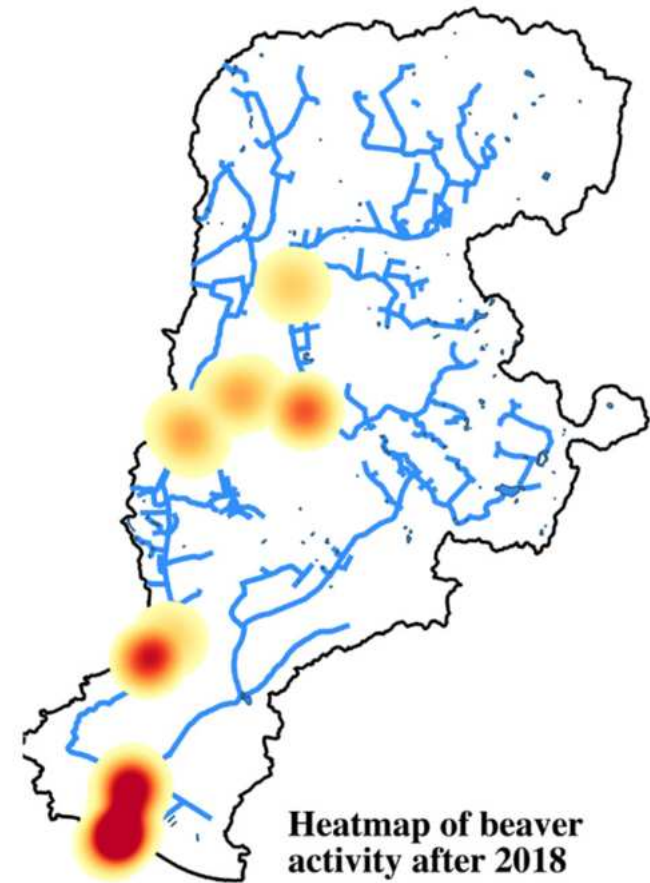
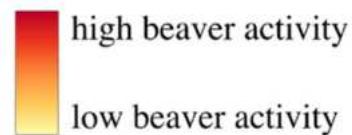
# Ökologische Implikationen: Biberaktivität

Mehr räumlich verteilt während feuchten Perioden & gute verbundenem System...

...mehr geclustert während trockenen Perioden bei Diskonnektivität



Max Saeling on Unsplash





# Tracergestützte, prozessorientierte Modelle: Quantifizierung der räumlich-zeitlichen Dynamik von ökohydrologischen Flüssen & Speichern

Um Auswirkungen von Landnutzungsmanagement, klimatischen Störungen & Extremen zu bewerten

- Starke Kontrolle der Landnutzung: Kompromisse zwischen **blauen** & **grünen** Wasserflüssen
- Dürren: **Blaues** Wasser stärker betroffen

Wu et al. (2023) Integrating tracers and soft data into multi-criteria calibration: implications from distributed modelling in a riparian wetland. WRR

<https://doi.org/10.1029/2023WR035509>.

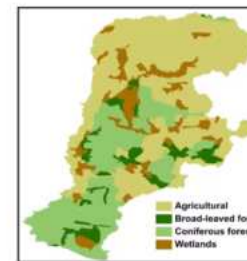
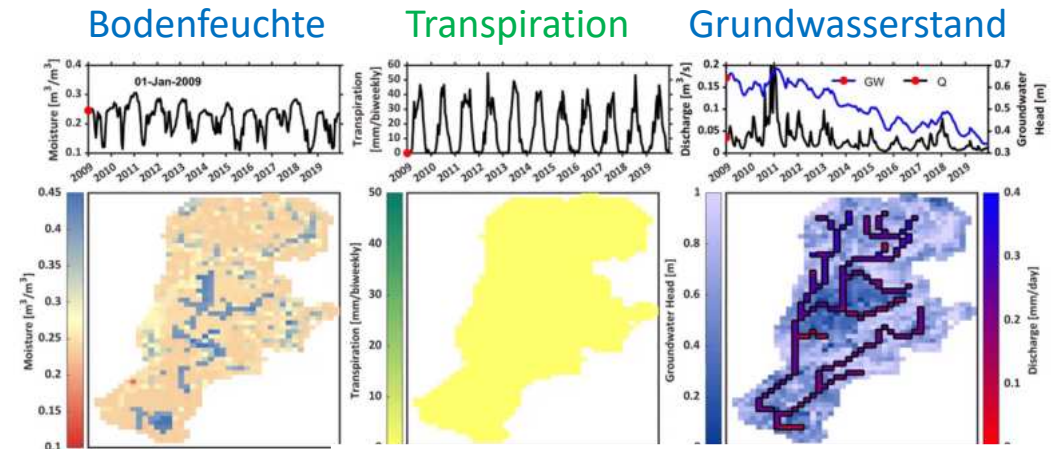
Smith et al. (2022) Critical zone response times and water age relationships under variable catchment wetness states Water Resources Research,

<https://doi.org/10.1029/2021WR030584>

Smith et al. (2022) Visualising catchment-scale spatio-temporal dynamics of storage-flux-age interactions... Hydrological Processes.

<https://doi.org/10.1002/hyp.14460>

Smith et al. (2021) Quantifying the effects of land use and model scale on water partitioning and water ages. HESS, <https://doi.org/10.5194/hess-25-2239-2021>

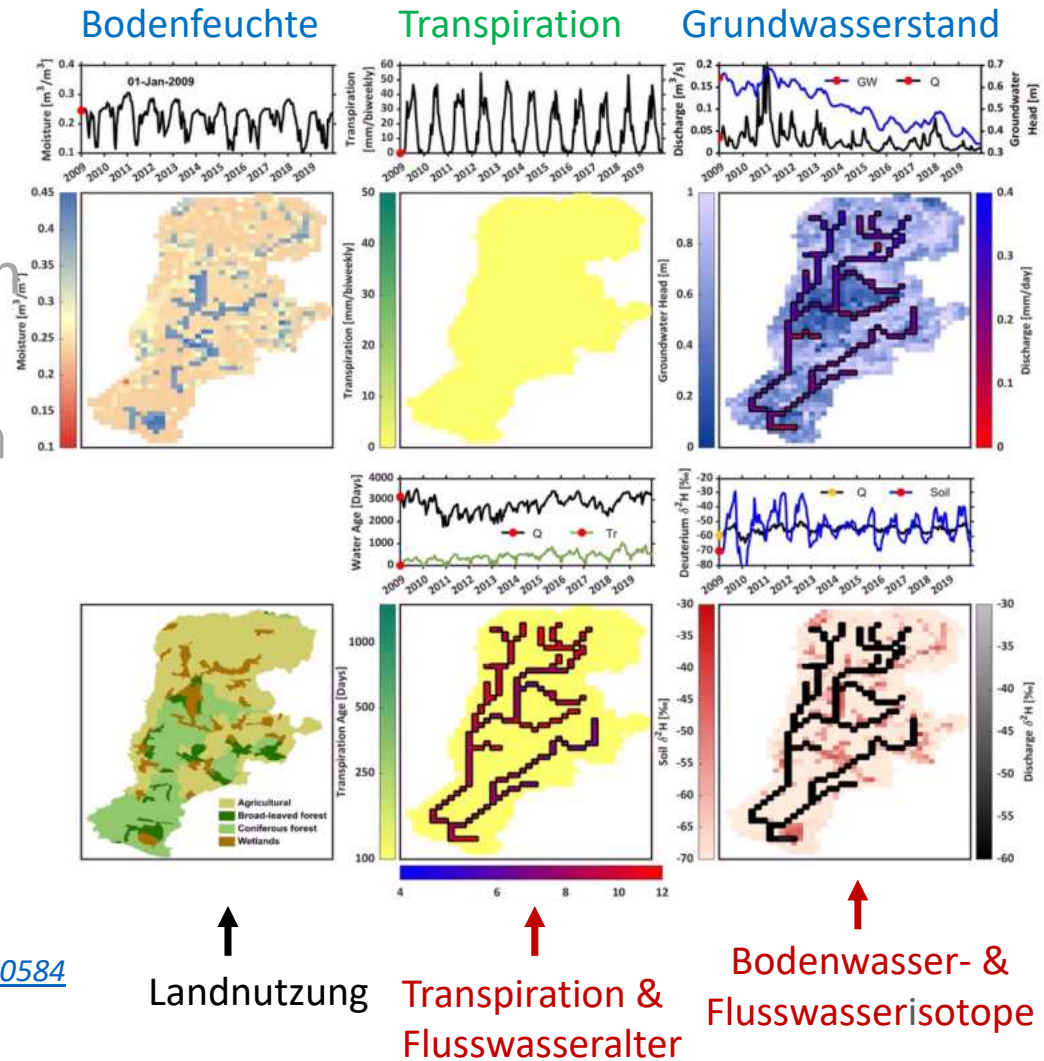


Landnutzung

# EcH<sub>2</sub>O-Iso: Quantifizierung der räumlich-zeitlichen Dynamik von ökohydrologischen Flüssen & Speichern

## Um Auswirkungen von Landnutzungsmanagement, klimatischen Störungen & Extremen zu bewerten

- Starke Kontrolle der Landnutzung: Kompromisse zwischen blauen & grünen Wasserflüssen
- Dürren: Blaues Wasser stärker betroffen
- Alter: wichtige Kenngrößen der hydrologischen Funktionsweise
- T-Alter: recyceltes junges Bodenwasser; Bäche leiten älteres Grundwasser ab  
(dunkler and röter = älteres Alter)



Wu et al. (2023). WRR <https://doi.org/10.1029/2023WR035509>.

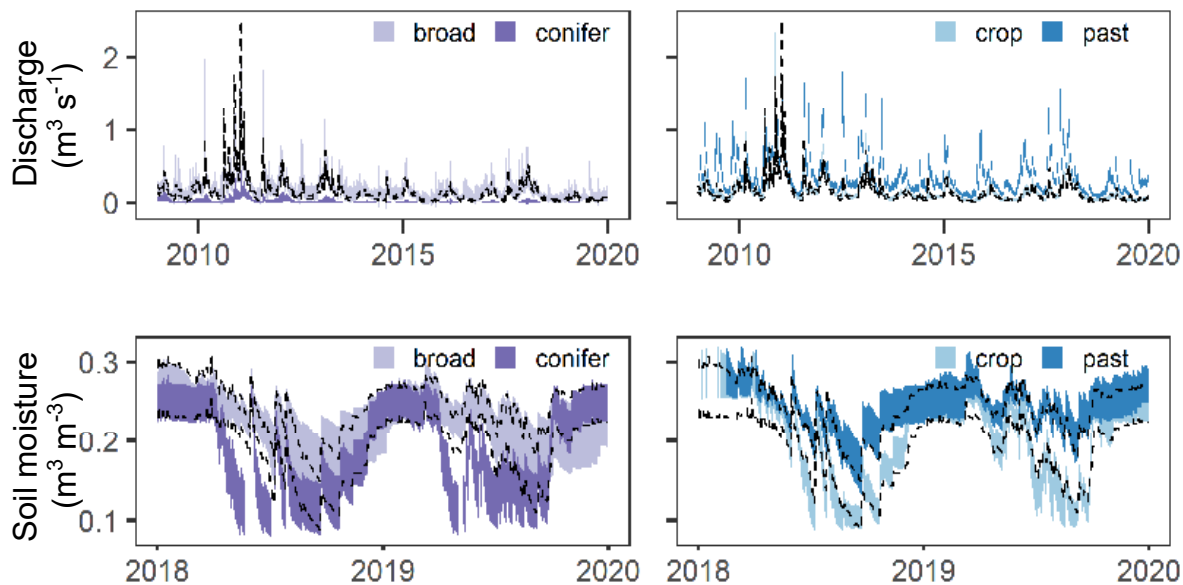
Smith et al. (2022) Water Resources Research, <https://doi.org/10.1029/2021WR030584>

Smith et al. (2022) Hydrological Processes. <https://doi.org/10.1002/hyp.14460>

Smith et al. (2021) HESS, <https://doi.org/10.5194/hess-25-2239-2021>

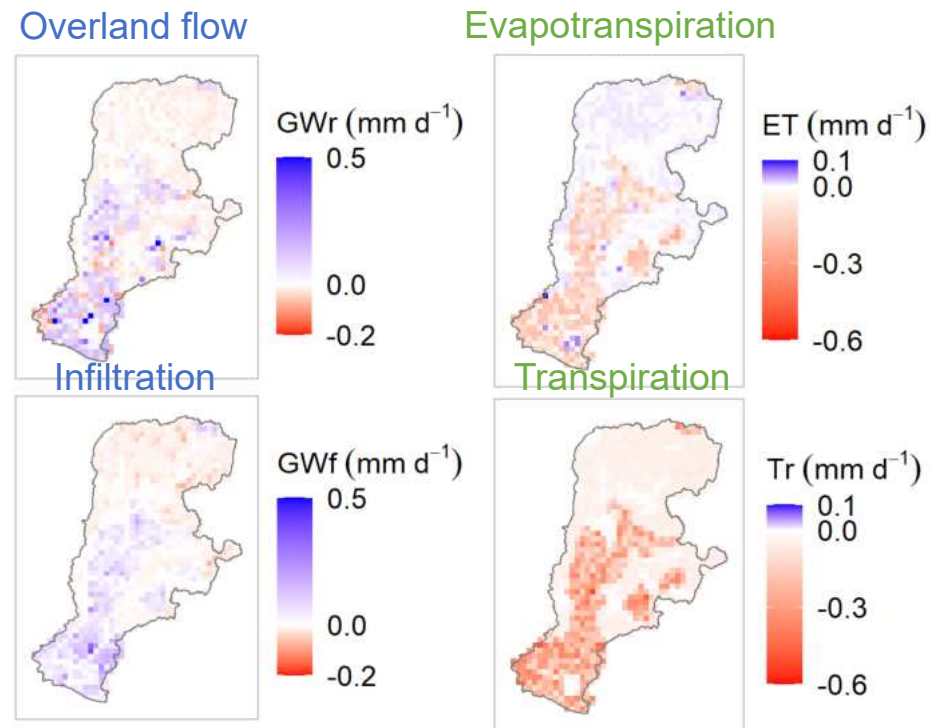
## Landnutzungszenarien: Veränderungen im Abfluss und Bodenfeuchte

Reine Coniferwälder oder intensive  
Landwirtschaft: niedriger Abfluss,  
geringe Bodenfeuchte



## Landnutzungsszenarien: EZG-skalenweite Berechnung der Wasserverteilung

Mischwälder, Agroforestry,  
verschiedene Alterstrukturen:  
Anstieg von Grundwasserneubildung;  
Verringerung der Verdunstung





## Zusammenfassung

- Globaler Wandel – Zunahme extremer Ereignisse
- Non-Linearität in Reaktion & Resilienz gegenüber Dürre stark von Wasserspeicherung in Landschaften abhängig
- Stabile Wasserisotope sind nützlich, um ökohydrologische Flüsse, Speicher & Alter durch tracergestützte Modelle zu quantifizieren: Wo wird Wasser gespeichert & wie lange?
- Tracergestützte Modelle ermöglichen Quantifizierung & Visualisierung: verbesserte Kommunikation mit Stakeholder

