



Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodenwasserhaushalt

GVD-Jahrestagung

„Strategien im Zeichen des Klimawandels
Herausforderungen und Möglichkeiten
für eine nachhaltige Rasenpflege“

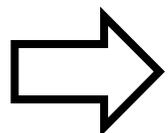
Bayreuth, 20.-22.02.2024

Dr. Jörg Neumann

Trockenheit – Öffentliche Wahrnehmung

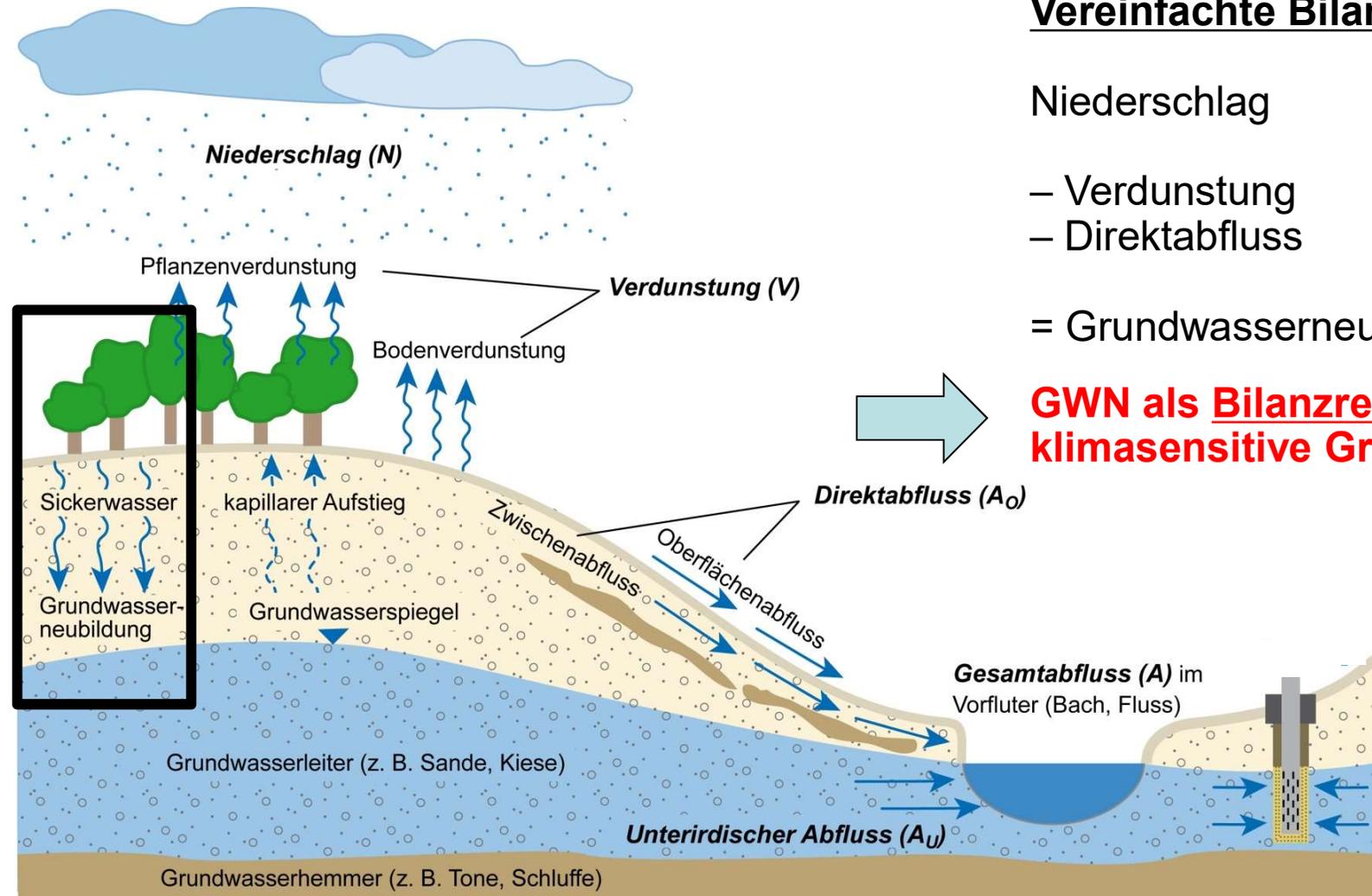


The screenshot shows a National Geographic article page. At the top, the National Geographic logo is on the left, and navigation links for 'GESCHICHTE UND KULTUR', 'TIERE', 'WISSENSCHAFT', 'UMWELT', and 'REISE UND ABENTEUER' are in the center. A search icon is on the right. Below the navigation is a large banner image of cracked, dry earth. The text 'UMWELT' is centered above the main headline 'Hydrologen warnen: Deutschland trocknet aus'. Below the banner is a dark navigation bar with 'BR²⁴' on the left and dropdown menus for 'Bayern', 'Krieg in Israel und Gaza', 'Ukraine-Krieg', 'Migration', '#Faktenfuchs', and 'mehr'. On the right of this bar are icons for weather, car, and search. Below the navigation bar is an orange bar with the word 'WISSEN'. The main content area features a photograph of a dry, cracked field with a dirt road and some trees. To the right of the photo is a sidebar with the following text: 'BILD Ausgetrocknete Viehweiden stehen hinter den Weinbergen der Hallburg in der gleißenden Mittagssonne im Sommer 2022. Bildrechte: picture alliance/dpa | Karl-Josef Hildenbrand'. Below this is a 'SCHLAGWÖRTER' section with tags: 'Klimakrise 244', 'Klimawandel 2602', 'Extremwetter 68', and 'Umwelt 42'.



Übergeordneter Kontext: Klimawandel !

Boden- und Grundwasserhaushalt



Vereinfachte Bilanz:

Niederschlag

- Verdunstung
- Direktabfluss

= Grundwasserneubildung

GWN als Bilanzrest und klimasensitive Größe !

Zusammenhang Bodenwasser – Grundwasser



Quelle: www.swr.de



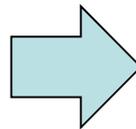
Maßgebliche Größen:

- Temperatur
- Niederschlag

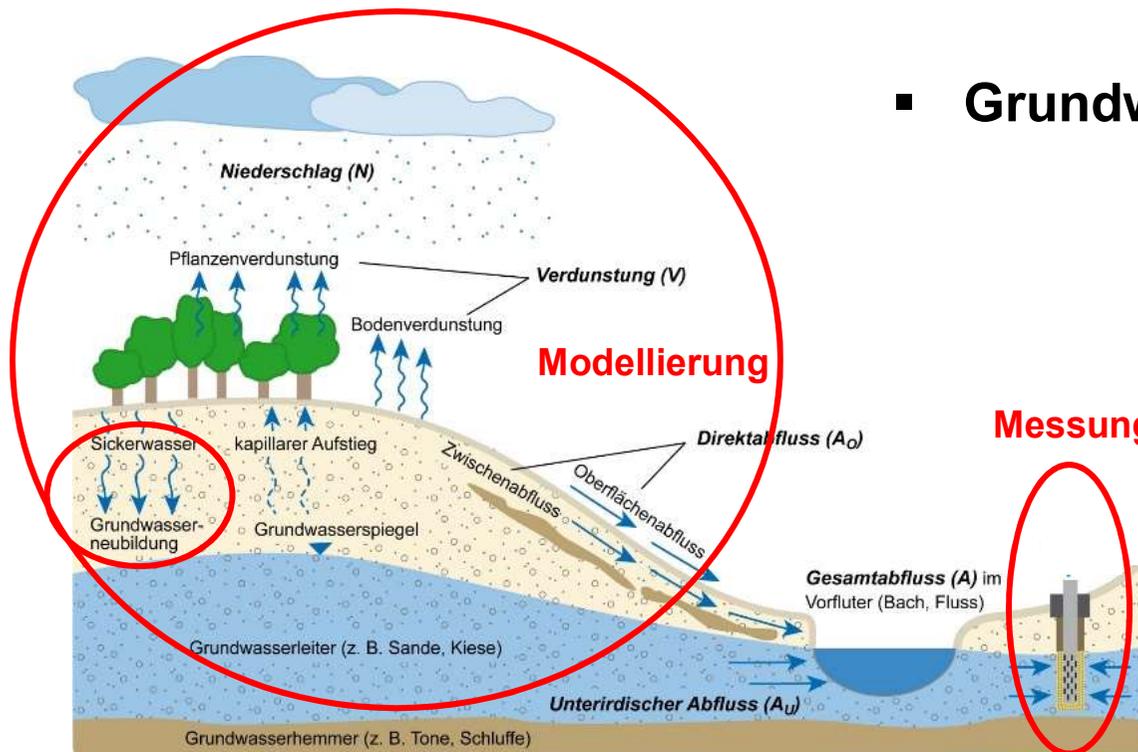
} **Klimawandel**

Auswirkungen des Klimawandels auf das Bodenwasser

Klimawandel
=
Temperaturanstieg



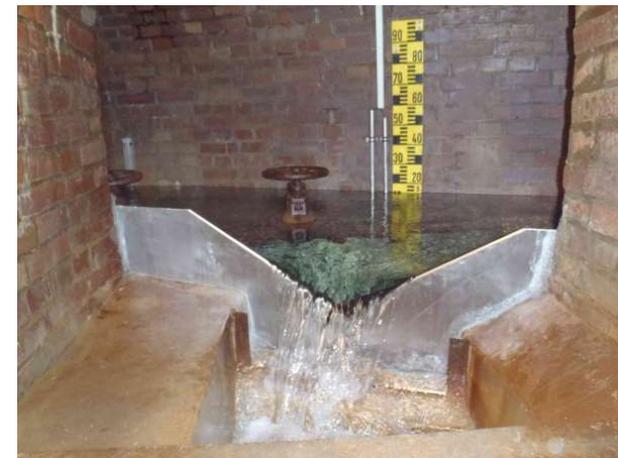
- Verdunstung
 - Niederschlag
 - Abflüsse
 - Schneentwicklung
- } + Extremereignisse
- **Grundwasserneubildung (Bilanzrest)**



**Auswirkungen auf
den gesamten
Wasserhaushalt
und seine Nutzungen !**

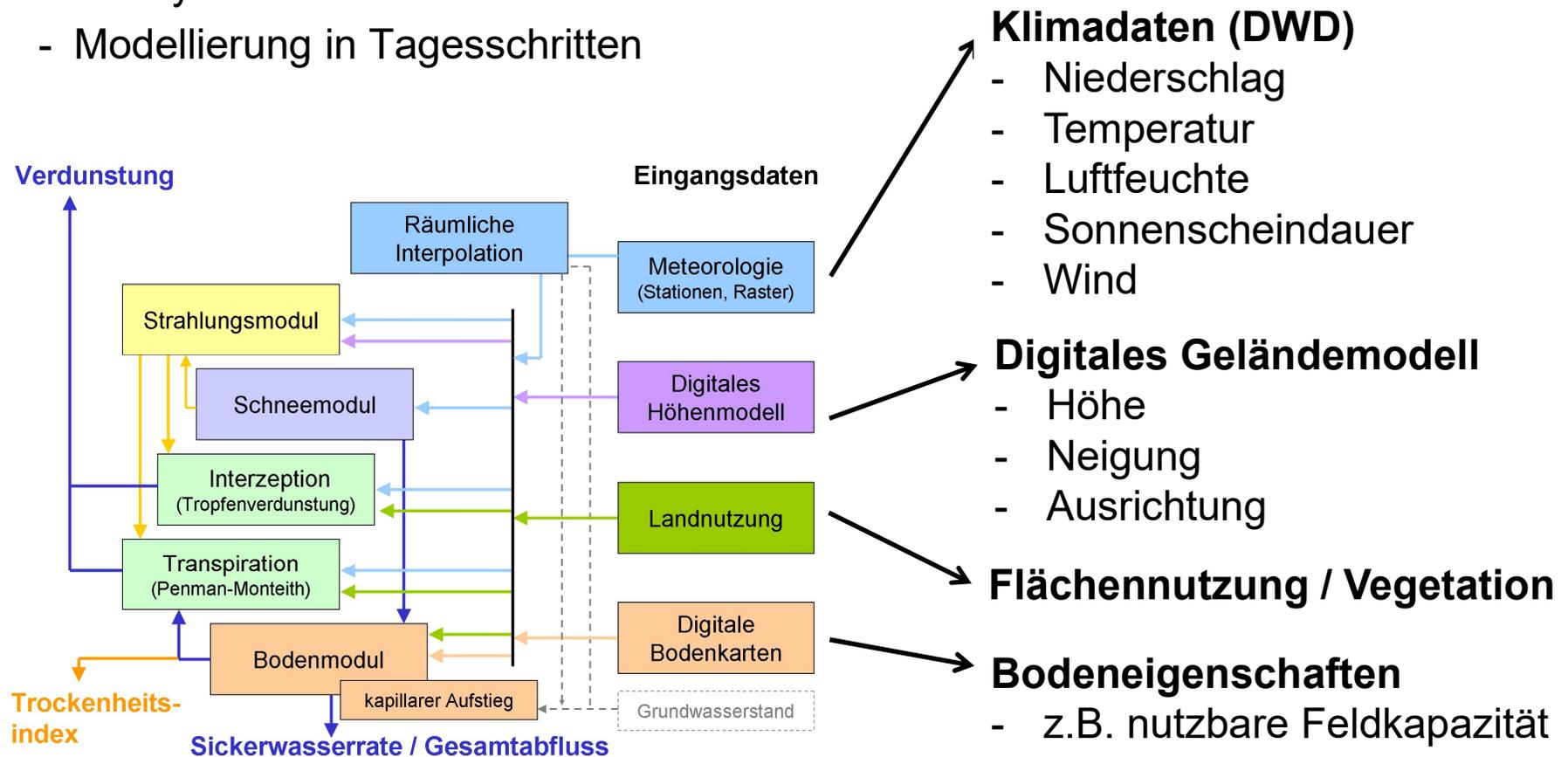
Datengrundlagen am LfU – Grundwassermonitoring

- Behördliche Messnetze für unterschiedliche Fragestellungen (Menge, Chemie)
- Aktuelle Messdaten (Grundwasserstände, Quellschüttungen, Bodenfeuchte)
- Lange Zeitreihen, z.T. bis zu 100 Jahre Messdauer
- Statistische Auswertungen zum Langzeitverhalten
- Modellierung: Flächendeckender Bodenwasserhaushalt (inkl. Grundwasserneubildung) ab 1951
- Szenariosimulationen / Regionale Klimaprojektionen bis 2100

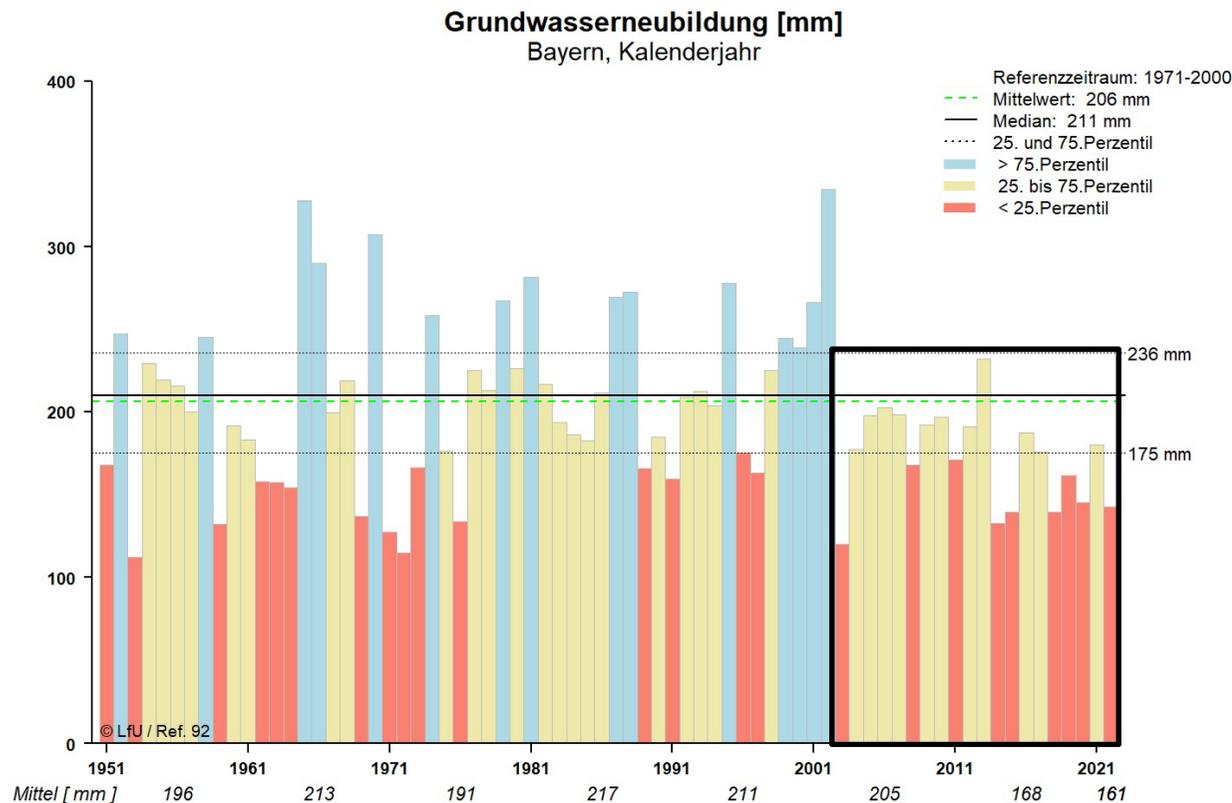


Bodenwasserhaushaltsmodellierung

- Einschicht-Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW
- Länderübergreifende Kooperation mit BW, HE, RP, SL
- In Bayern rd. 2.200.000 Grundflächen
- Modellierung in Tagesschritten



Langfristige Entwicklung - Grundwasserneubildung



Historie

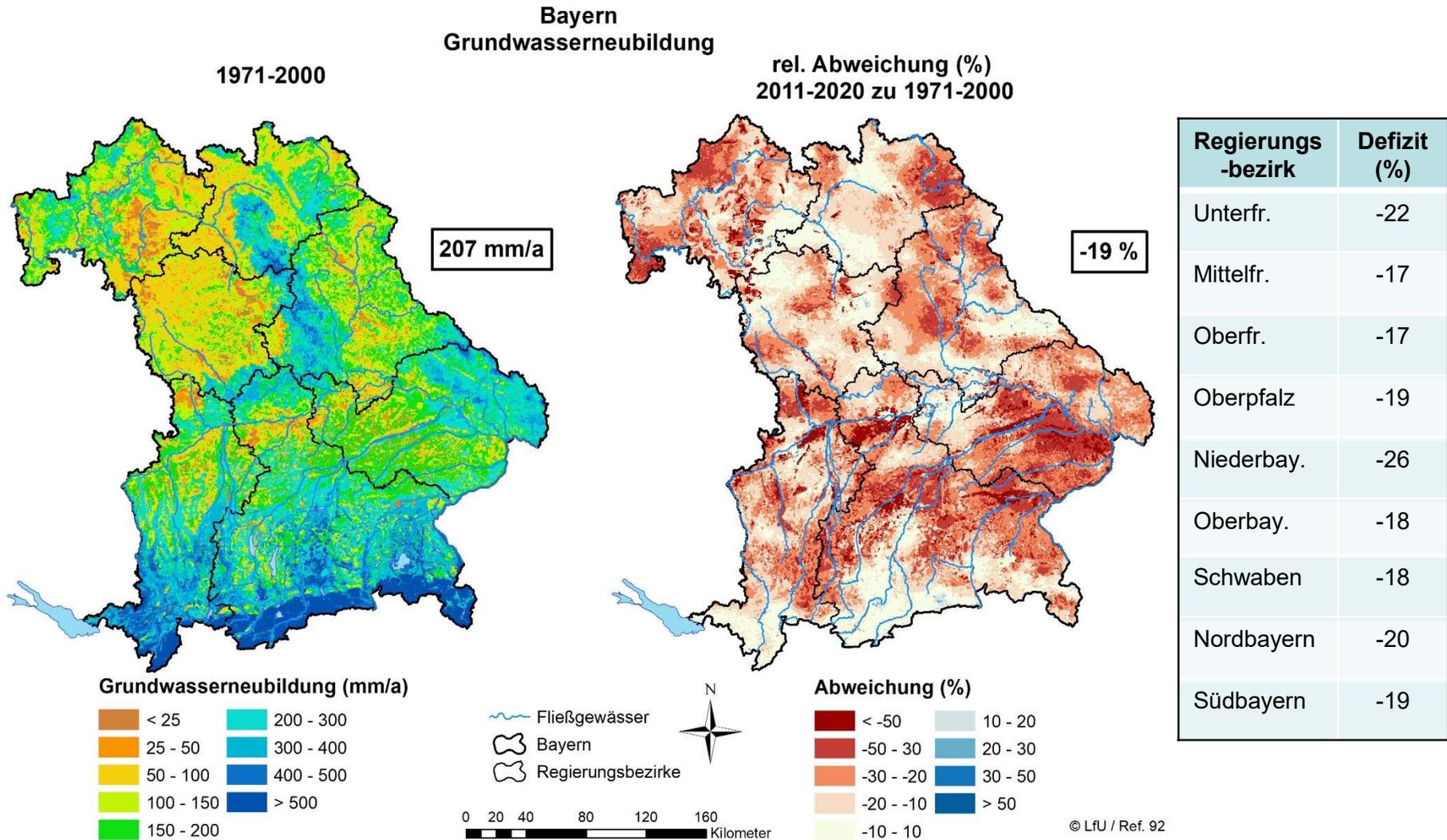
Seit 2002 kein Jahr mit deutlichem Überschuss, z.T. deutliche Defizite

- 2014: -36% (-13)
- 2015: -33% (-21)
- 2018: -33% (-20)
- **2022: -31% (-14)**
- 2003 - 2022: -16% (-6)
- 2011 - 2020: -19% (-7)

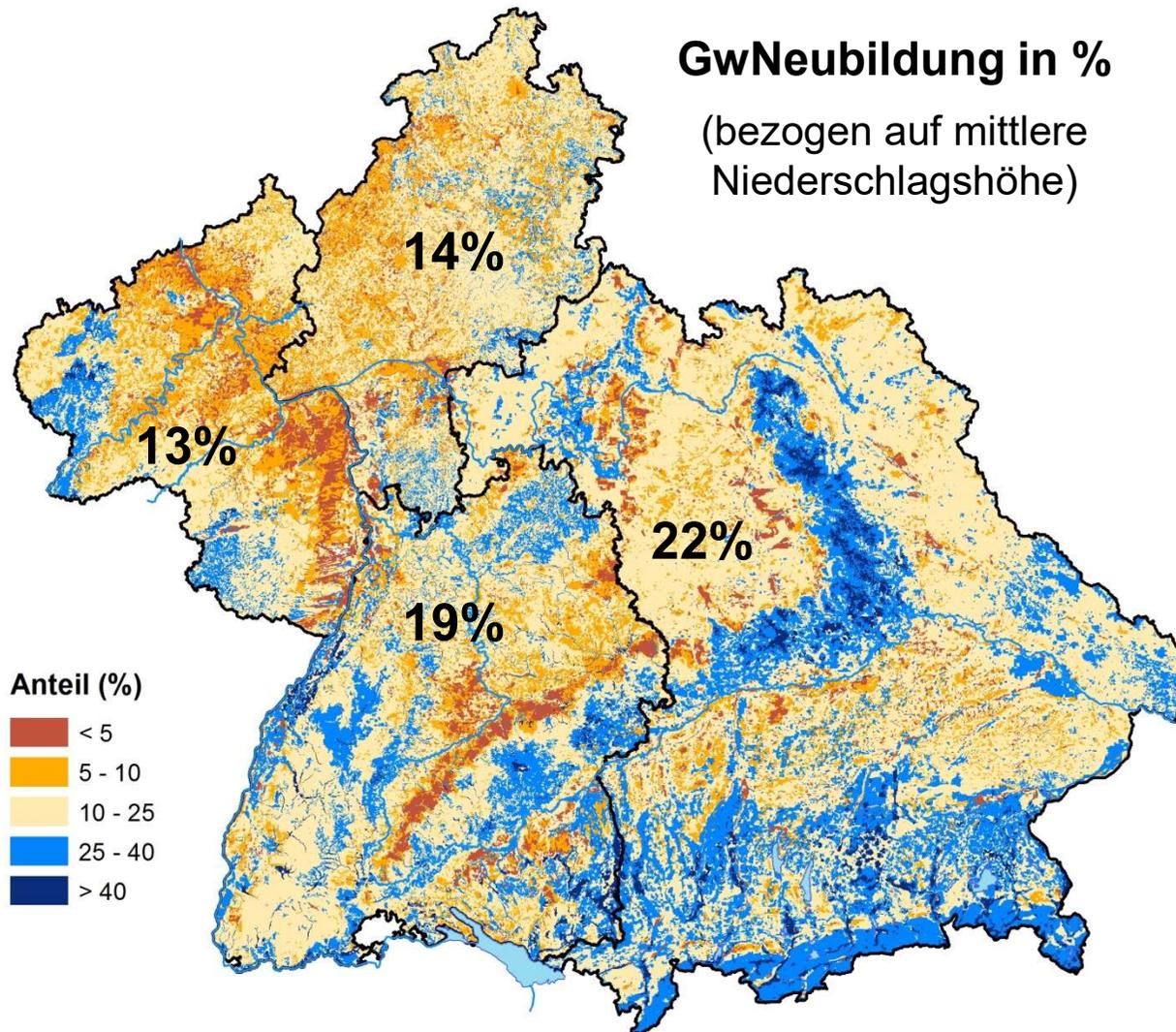
Gesamtdefizit: rd. 700 Liter/m² in 20 Jahren !



Entwicklung Dekade 2011-2020 – Grundwasserneubildung



Wo sind die „vulnerablen“ Bereiche? – Wasserbilanz



**Mittlere jährliche
GwNeubildung:**
(ca. 175 mm/a)



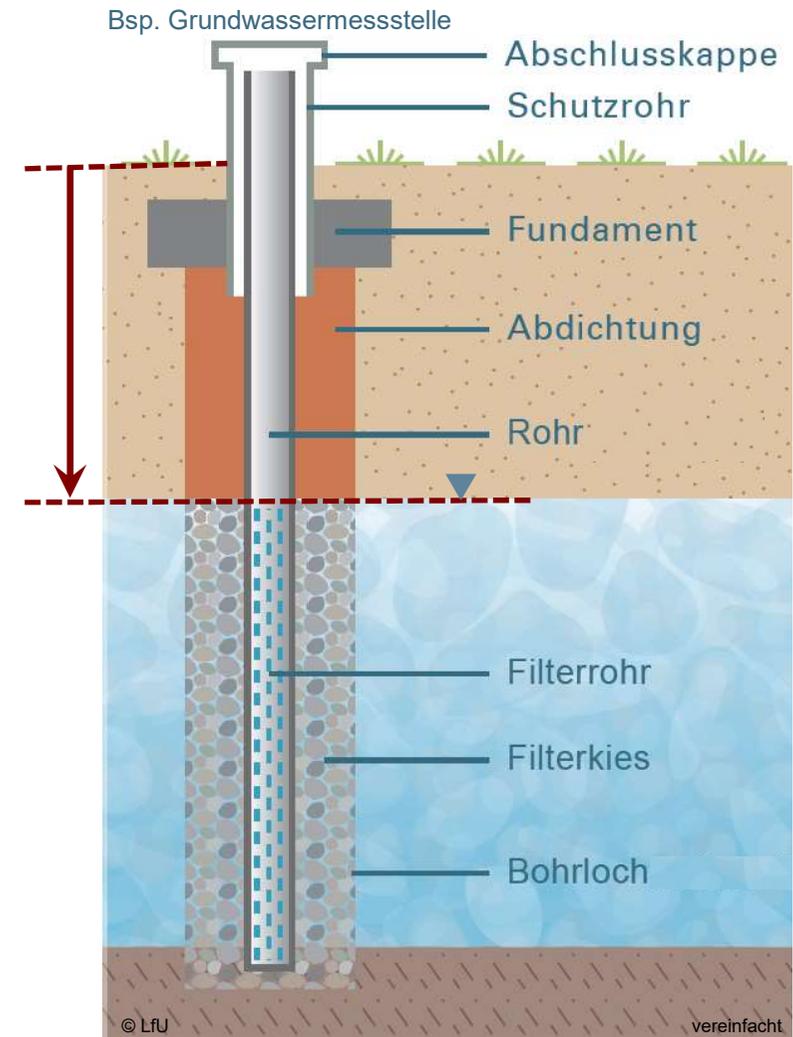
Entspricht knapp
19% des
Niederschlags

Hohe Variabilität:
Große regionale
Unterschiede je nach
Wasserbilanz !

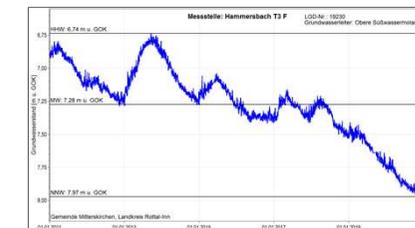
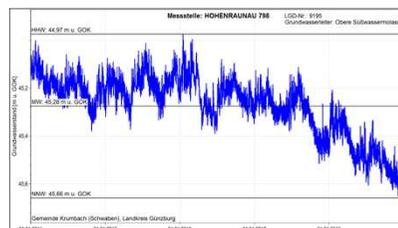
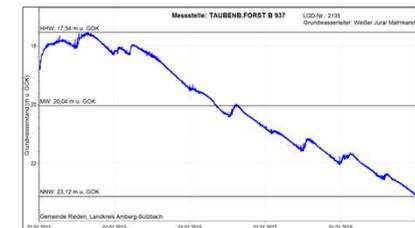
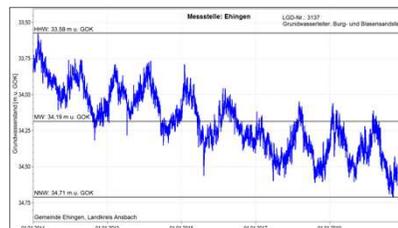
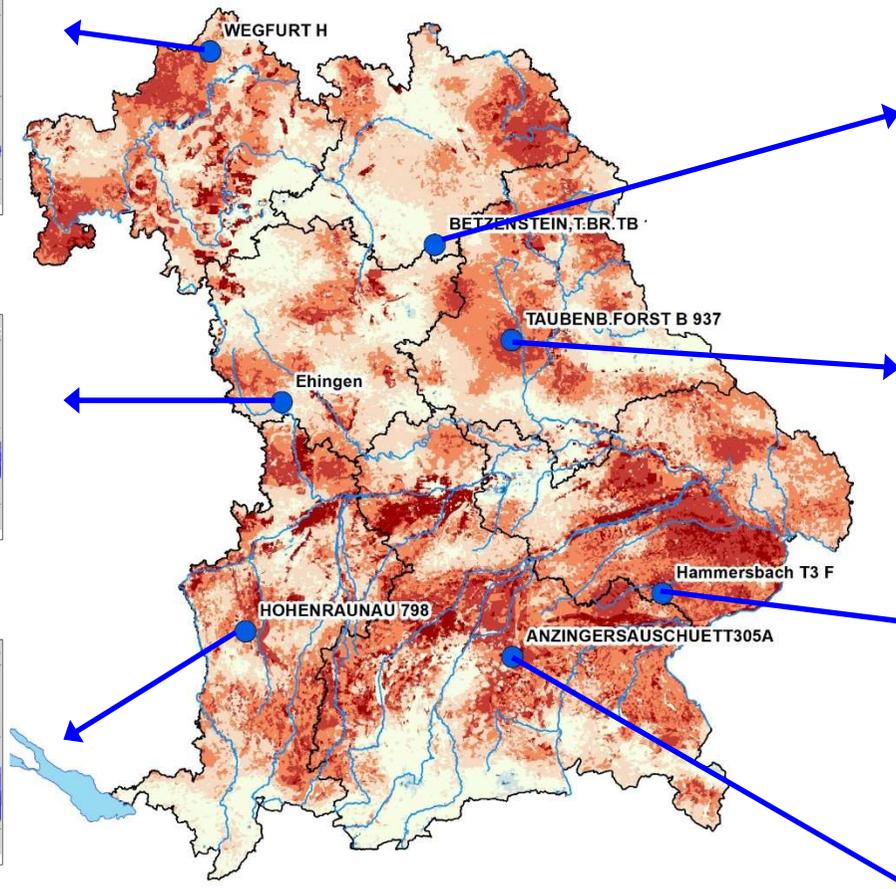
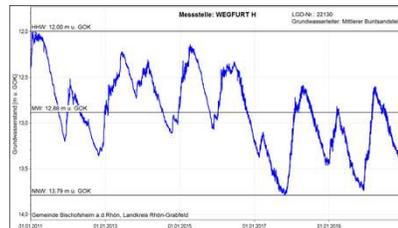
Was zeigen die Messdaten?

Messung des Grundwasserstands

- Messstelle: Ausgebaute Bohrung, die im Grundwasser verfiltert ist
- Messtechnische Erfassung i.d.R. mit Drucksonde (zusätzlich z.T. mit Datenfernübertragung)
- Manuelle Messung, z.B. mit Lichtlot



Entwicklung der letzten Dekade – Grundwasserstände



Zahlreiche neue Niedrigstwerte in Bayern !

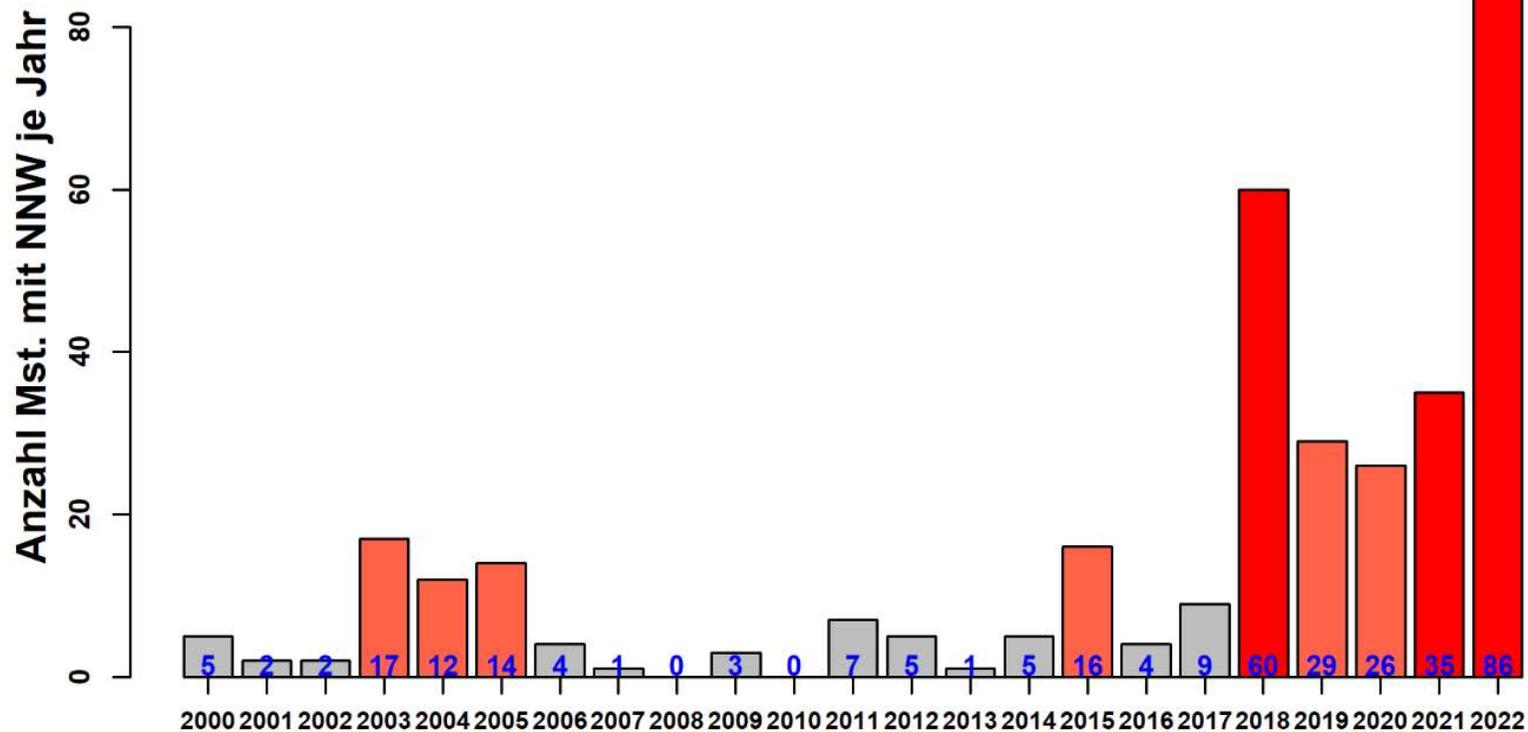
Zeitliches Auftreten von Niedrigstwerten seit 2000 (Bayern)

Niedrigstwerte seit 2000

Stand: 31.12.2022

Datengrundlage:

343 Messstellen des Landesgrundwasserdienst-quantitativ (Grundnetz)



Entwicklung in der Vergangenheit – Langzeitverhalten

Statistische Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Grundwasserständen und Quellschüttungen

Datengrundlage:

Ca. 120 Grundwassermessstellen
und Quellen in Süddeutschland mit
möglichst langen und wenig
beeinflussten Zeitreihen



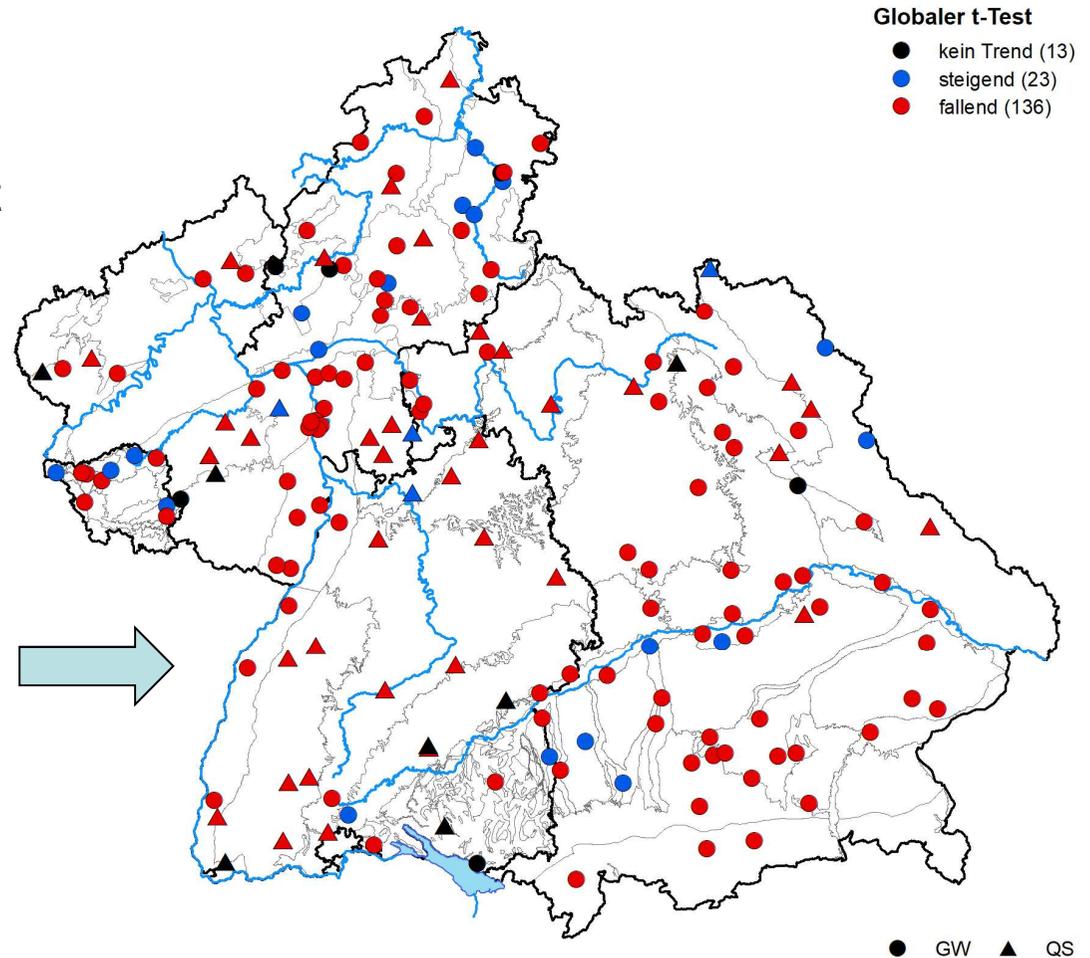
Entwicklung in der Vergangenheit – Langzeitverhalten

Datengrundlage:

Ca. 120 Grundwassermessstellen
und Quellen in Süddeutschland mit
möglichst langen und wenig
beeinflussten Zeitreihen

Mittleres Verhalten:

Rund 80% der Messstellen mit
(langfristiger) Entwicklung zu
niedrigeren Werten.



**Statistisch nachweisbare Veränderungen von
Grundwasserständen und Quellschüttungen !**

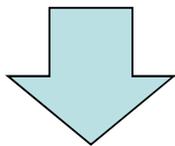


Zum Vergleich: Sommer 2023

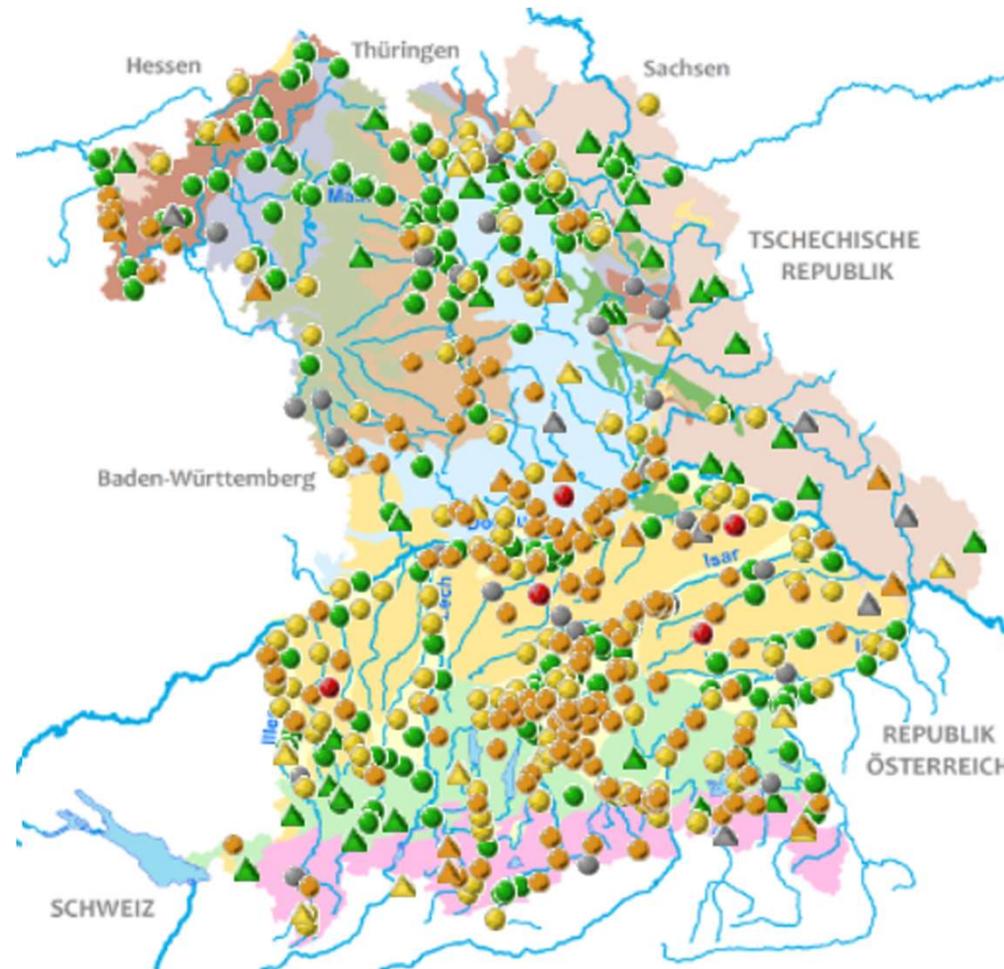
Niedrigwasser- informationsdienst (NID)

Tagesaktuelle Daten:
Ca. 650 Messstellen

www.nid.bayern.de



**Zum Vergleich:
10.07.2023 rd. 60%
oberflächennah mit
niedrigen Werten**



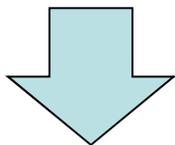


Aktuelle Situation im tieferen Grundwasser?

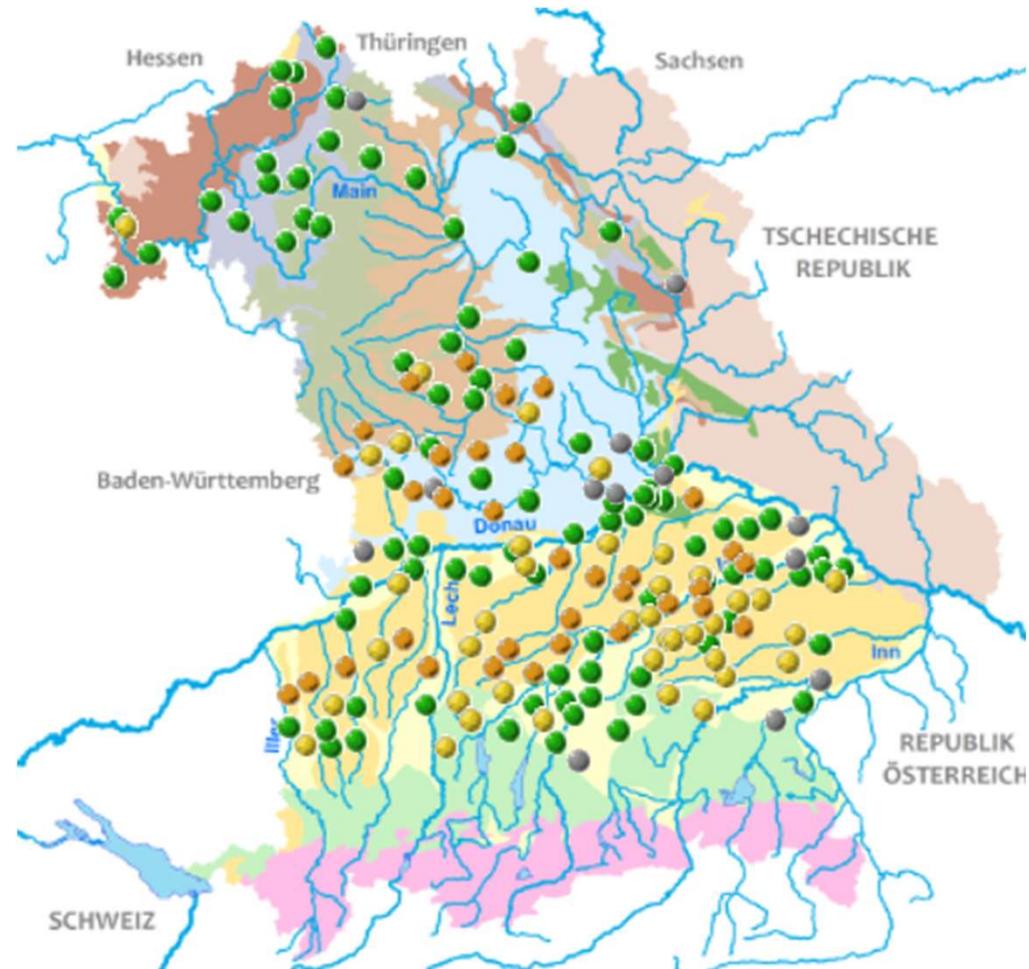
Niedrigwasser-
informationsdienst (NID)

Tagesaktuelle Daten:
Ca. 650 Messstellen

www.nid.bayern.de



**Aktuell haben rd. 45 %
der tieferen Mess-
stellen niedrige Werte!**



Tiefere Grundwasserstockwerke (Stand 20.02.2024)

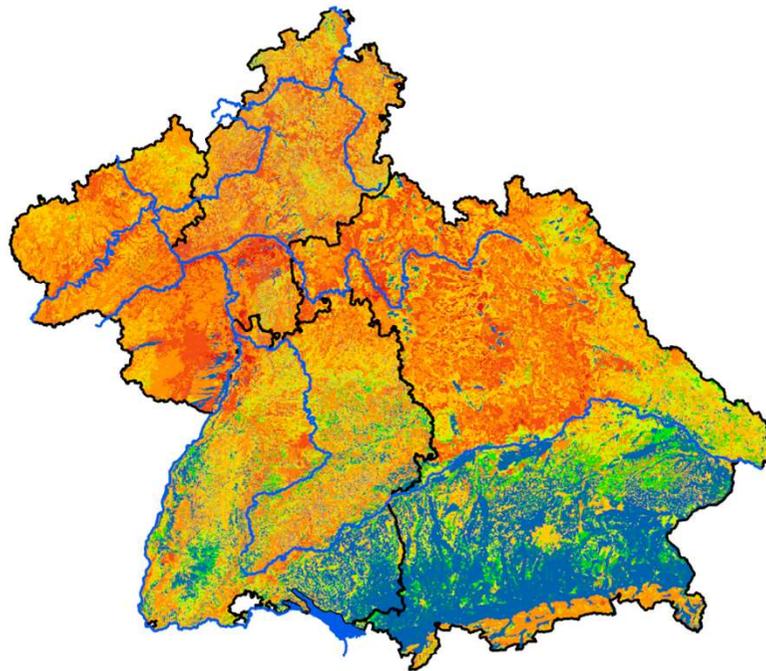


Trockenheitsindex

- Der Trockenheitsindex (Ti) ist eine Ergebnisgröße der Bodenwasserhaushaltsmodellierung
- Der Parameter Ti zählt die Tage im Jahr, die der Bodenwasserspeicher (nFK) zu weniger als 30% gefüllt ist
- Er ist ein Indikator für einen angespannten Bodenwasserhaushalt (= „Trockenstress“ für die Vegetation)
- Liefert Hinweise auf Beregnungsbedarf
- Stark abhängig von Temperatur, Verdunstung und den Bodenverhältnissen (= „klimasensitiv“)

Trockenheitsindex in Süddeutschland

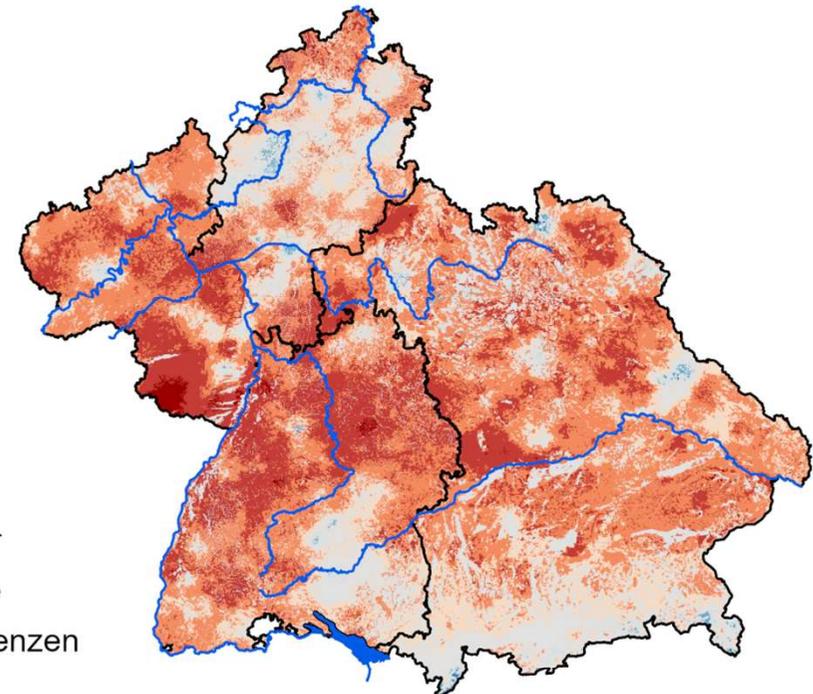
Referenzzeitraum 1971-2000



Trockenheitsindex in Tage/Jahr



Abweichung 2003-2022 gegenüber 1971-2000



absolute Abweichung des Trockenheitsindex in Tage



Trockenheitsindex in Süddeutschland

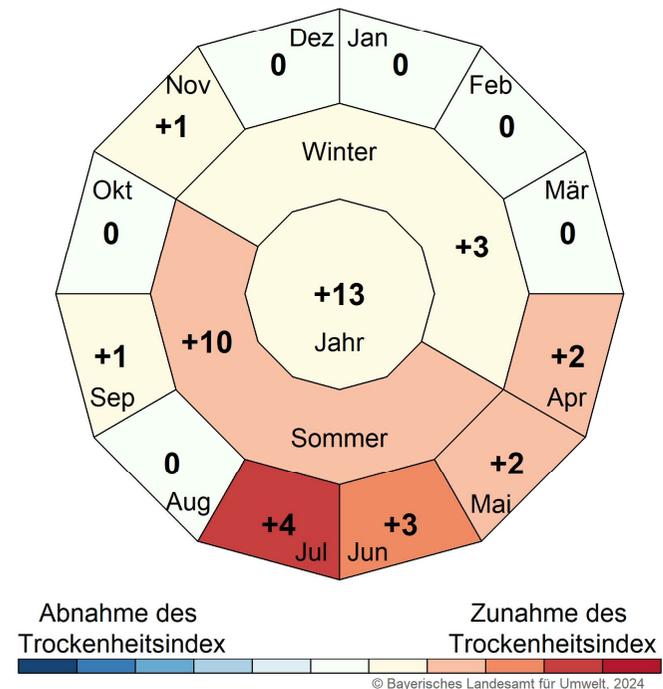
Entwicklung in den Bundesländern

	1971- 2000	2003- 2022	Abweichung
BY	46	58	+ 12
BW	42	57	+ 15
HE	78	95	+ 18
RP	64	73	+ 9
Süd-D	52	65	+13

- Zunahmen in allen Bereichen
- Große regionale Unterschiede
- Hohe Betroffenheit bei „enger“ Wasserbilanz

Entwicklung im Jahresverlauf

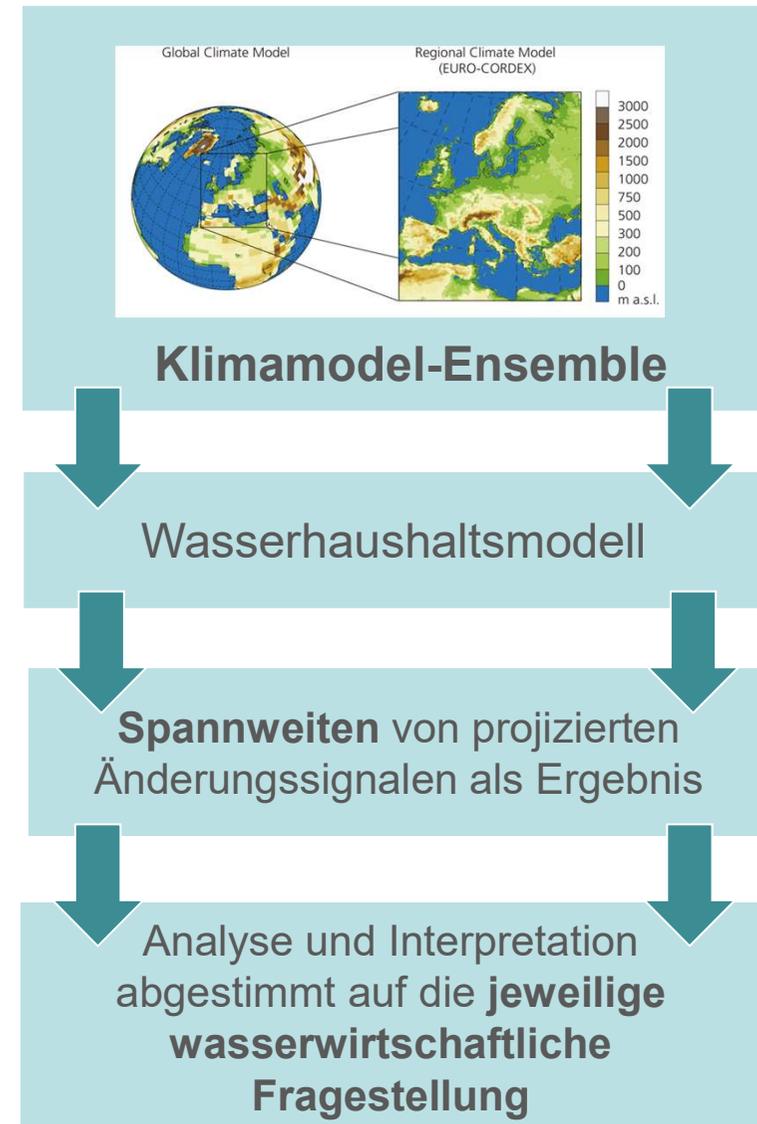
Trockenheitsindex
Süddeutschland (BY, BW, HE, RLP)
absolute Abweichung in Tagen
2003-2022 gegenüber 1971-2000



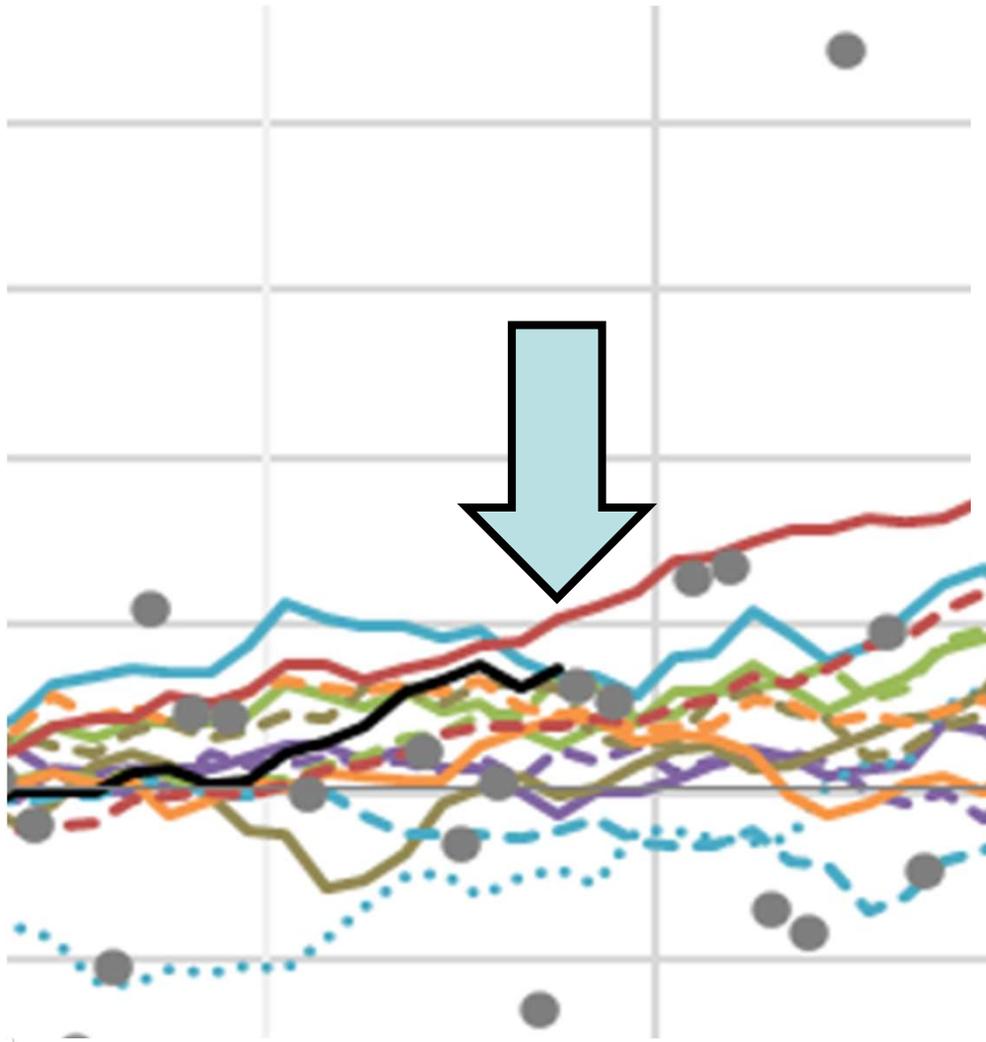


Ausblick in die Zukunft

- KLIWA-Ensemble: Verwendung von 13 regionalen Projektionen für Süddeutschland
- Auswahl auf Grundlage eines detaillierten Audits
- Emissionsszenario RCP 8.5
- Transiente Läufe bis 2100
- Impactmodellierung mit GWN-BW und anderen Wasserhaushaltsmodellen
- Ergebnisse für relevante Größen wie Grundwasserneubildung, Quellschüttungen, etc.

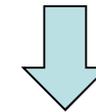


Zukünftige Entwicklung: Trockenheitsindex



Ergebnisse des Ensembles

- Große Bandbreite
- Hohe Unsicherheiten
- Eindeutige Entwicklung (Anstieg) auf Basis dreißigjähriger Mittel
- Aktuelle Entwicklung (Messdaten) überholt Projektionen !



Schlussfolgerung:
Aus Vorsorgegründen Fokus
auf Trockenextreme richten !



Anpassungsmaßnahmen und Vorsorge

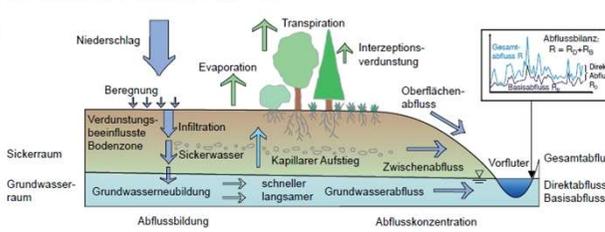
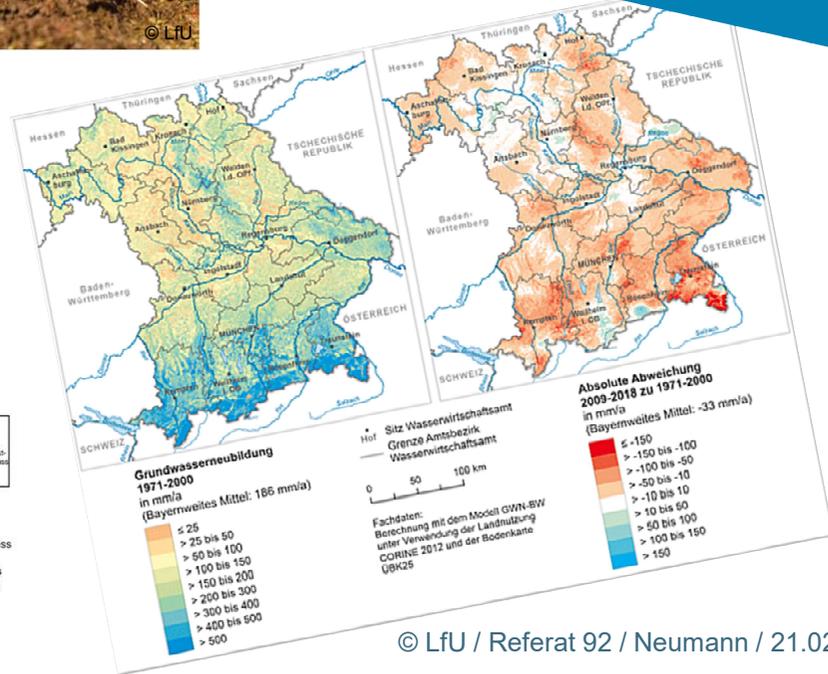
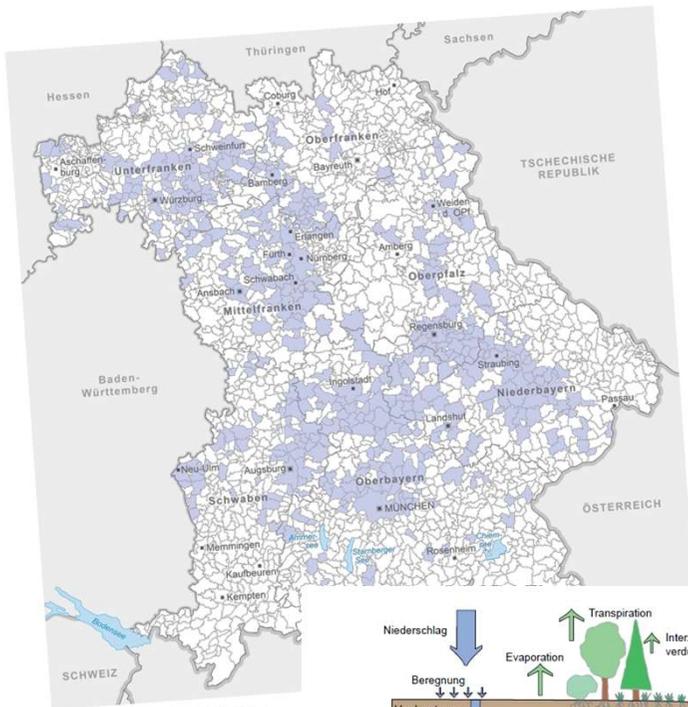
**In welcher Weise bin ich vom
Klimawandel betroffen?**

Wie gehe ich mit den Veränderungen um?

Wassernutzung für die Bewässerung

Wasserbedarf → Wieviel Wasser wird benötigt?

Wasserdargebot → Wieviel Wasser steht zur Verfügung?



Wasserwirtschaftliche Grundsätze in Bayern

Priorisierung der Entnahmen:

1. gesammelter Niederschlag
2. Oberflächengewässer (inkl. Speicherung)
3. Uferfiltrat
4. oberflächennahes Grundwasser **!**
5. kein Tiefengrundwasser !

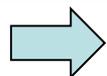
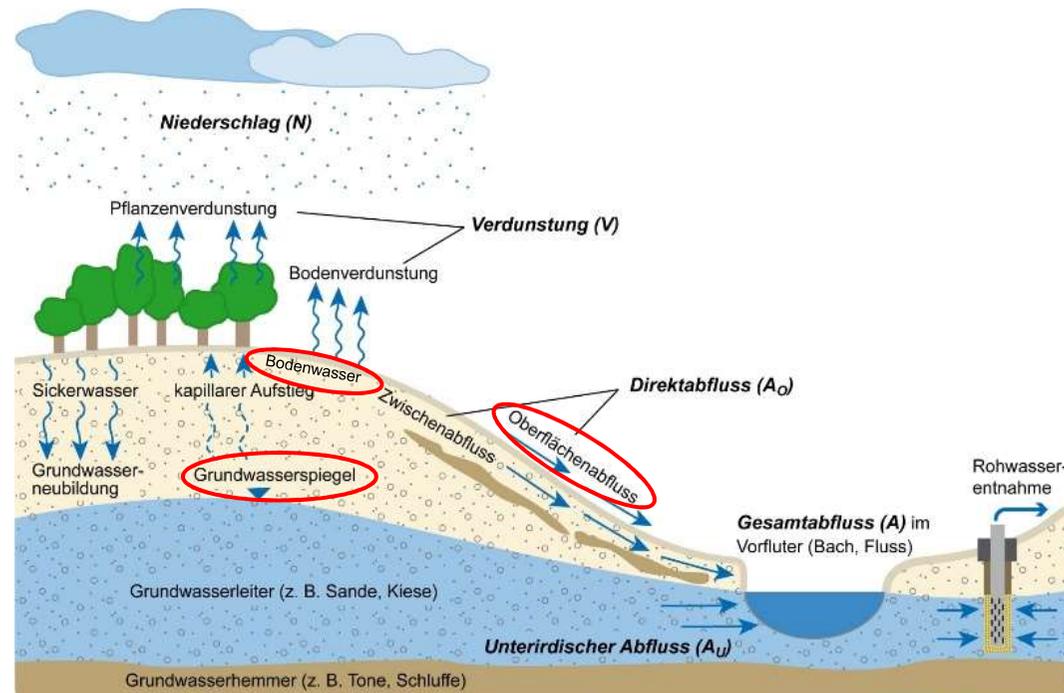
- Berechnungsmengen nach pflanzen- /bodenspezifischen Bedarfszahlen (AELF, DWA)
- wassersparende Technik / ressourcenschonend
- Berücksichtigung WRRL (Verschlechterungsverbot)



Weitere Auswirkungen auf den Landschaftswasserhaushalt

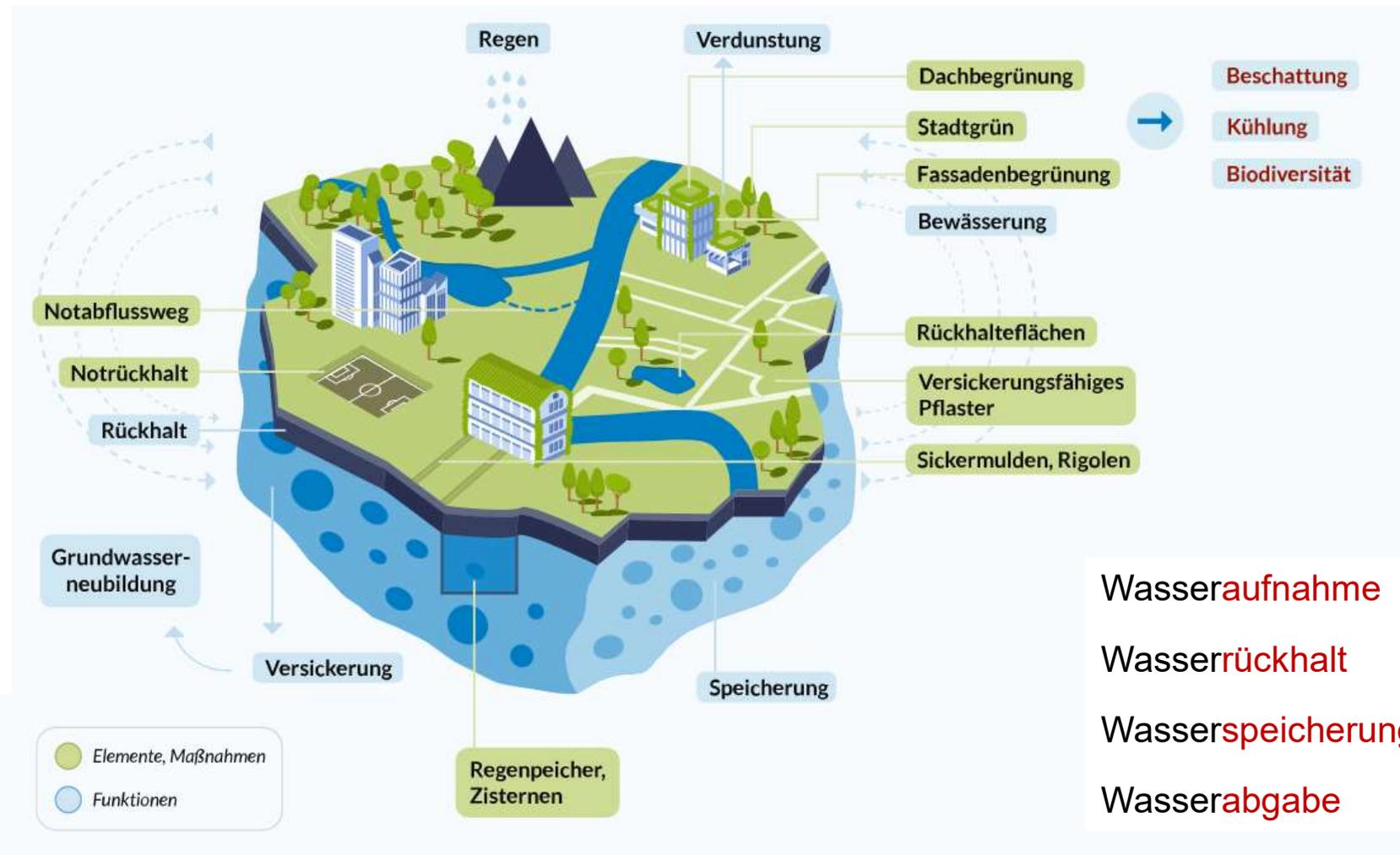
Negative Auswirkungen

- Flächenversiegelung
- Bodenverdichtung
- intensive Bewirtschaftung
- Gräben / Drainagen
- Grundwasserentnahmen



Auf lokaler Ebene: Zusätzliche Maßnahmen möglich !

Maßnahme: Prinzip „Schwammstadt“



Wasser**aufnahme**
Wasser**rückhalt**
Wasser**speicherung**
Wasser**abgabe**

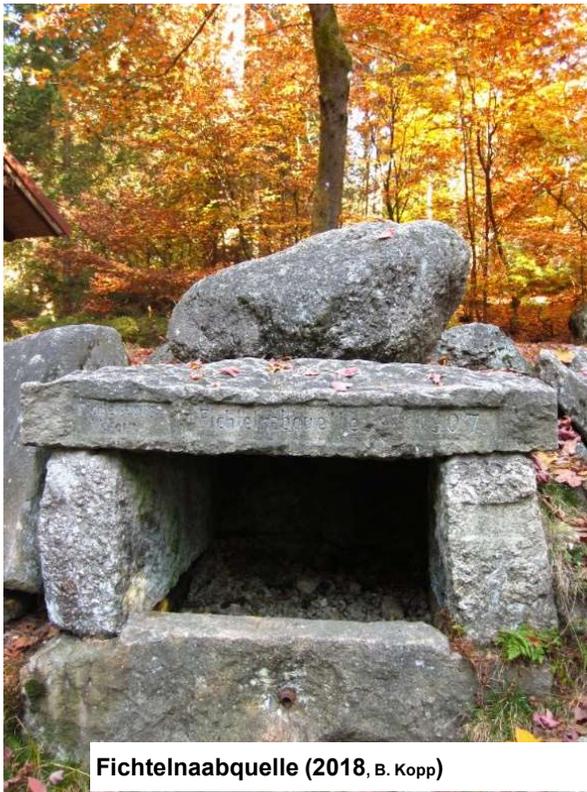


Fazit

- Der Wasserhaushalt reagiert bereits auf kleine Änderungen des Klimageschehens empfindlich, die Auswirkungen sind messbar
- Besondere Betroffenheit bei Grundwasserneubildung und Bodenwasserhaushalt (Trockenheitsindex)
- Zurückgehende Grundwasserstände in Folge reduzierter Grundwasserneubildung seit mehr als 20 Jahren
- Auswirkungen auf das regionale Dargebot abhängig von weiteren Bilanzgrößen und Einflüssen (Bedarfsentwicklung, etc.)
- Zunehmende (Nutzungs-)Konflikte + Probleme durch den Klimawandel
- Anpassungsmaßnahmen und Managementstrategien wichtig: Wassernutzungen (z.B. öffentliche Wasserversorgung, Beregnung), Ökologie, etc.

Anpassung an Trockenheit im Fokus: Aus Vergangenheit lernen!

Trockenextreme in der Region – Quellen im Fichtelgebirge





Markgrafenbrunnen am Neuen Schloss in Bayreuth (1705)

