



Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodenwasserhaushalt

GVD-Jahrestagung

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

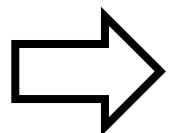
Bayreuth, 20.-22.02.2024

Dr. Jörg Neumann

Trockenheit – Öffentliche Wahrnehmung

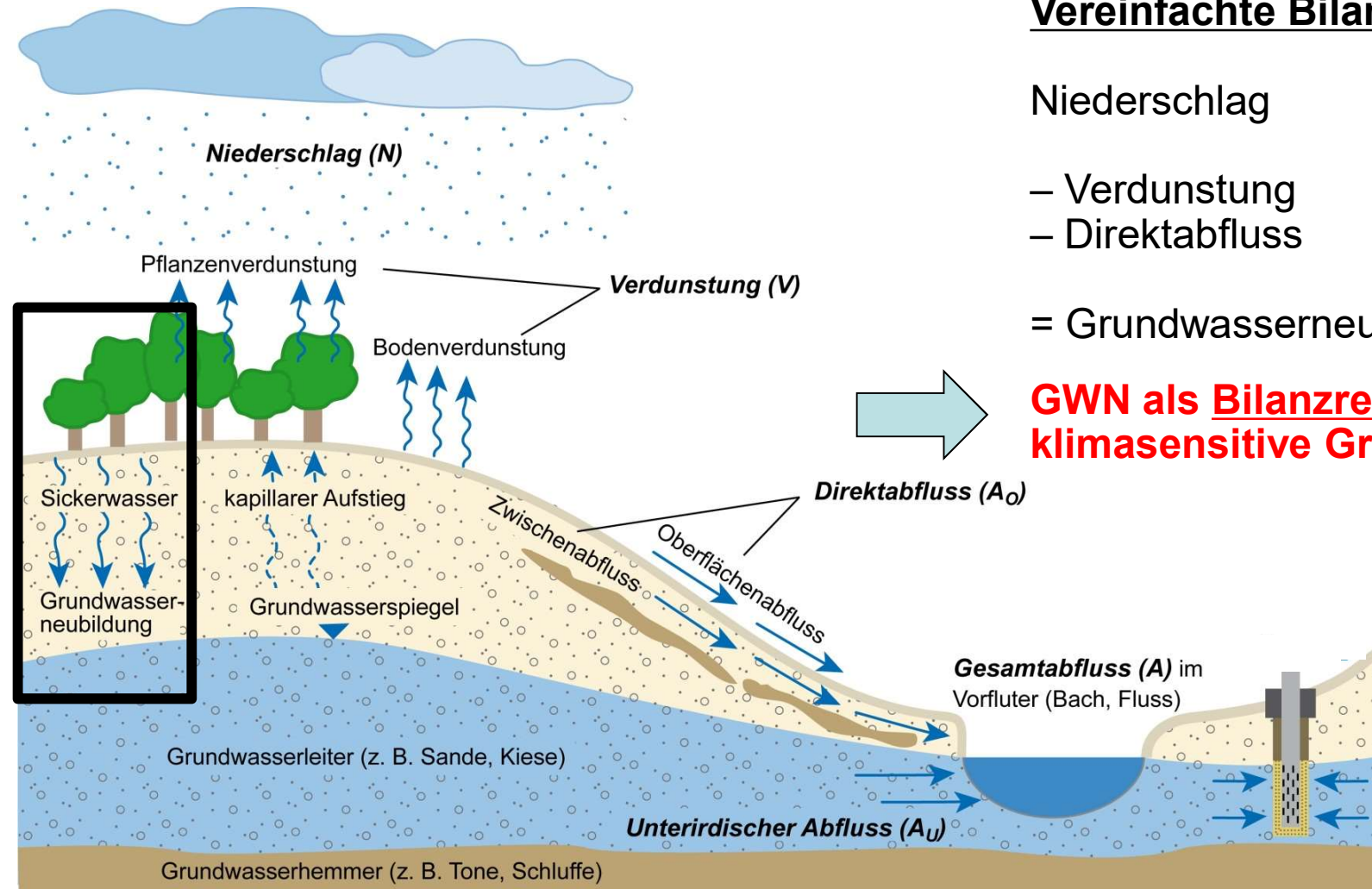


The screenshot shows a National Geographic article titled "Hydrologen warnen: Deutschland trocknet aus" (Hydrologists warn: Germany is drying out). The article features a large image of cracked, dry earth. Below the main image is a smaller photo of a dry field with a fence and some trees. The page includes a navigation bar with categories like "GESCHICHTE UND KULTUR", "TIERE", "WISSENSCHAFT", "UMWELT", and "REISE UND ABENTEUER". A sidebar on the right contains a "BILD" (Image) section with a caption: "Ausgetrocknete Viehweiden stehen hinter den Weinbergen der Hallburg in der gleißenden Mittagssonne im Sommer 2022." (Dried-out pastures stand behind the vineyards of Hallburg in the blinding midday sun in summer 2022.) and a "SCHLAGWÖRTER" (Keywords) section with terms like "Klimakrise 244", "Klimawandel 2602", and "Extremwetter 68".



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



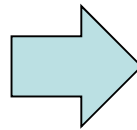
Maßgebliche Größen:

- Temperatur
- Niederschlag

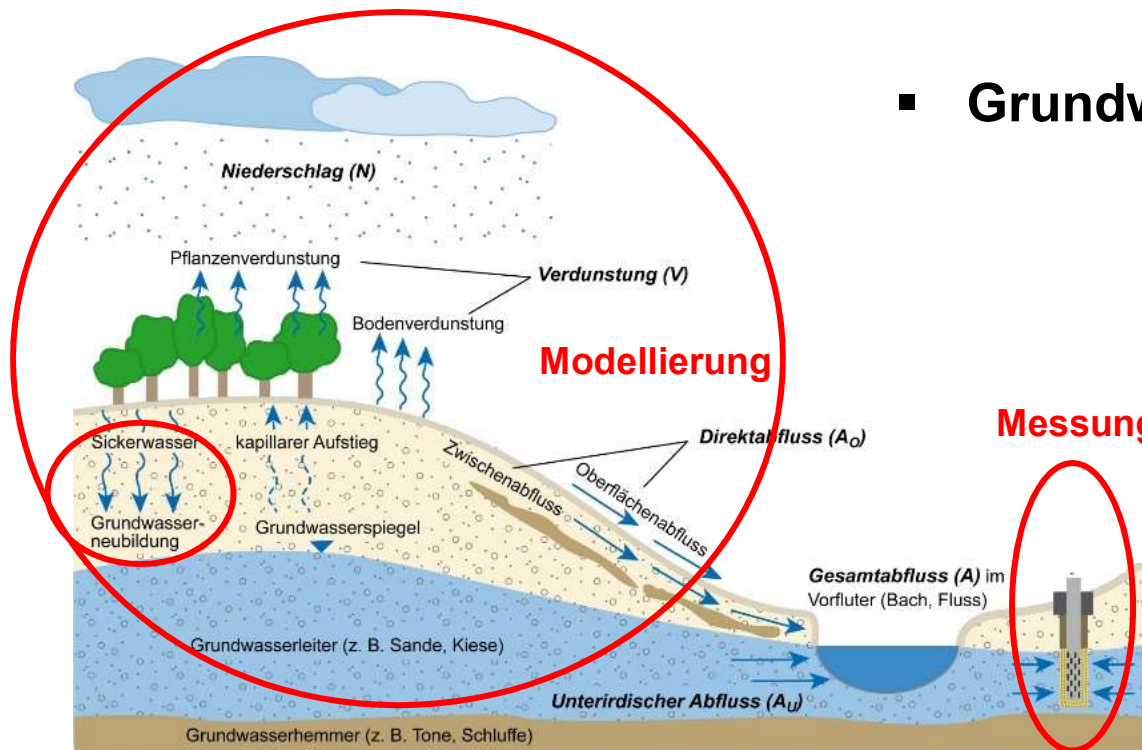
} **Klimawandel**

Auswirkungen des Klimawandels auf das Bodenwasser

Klimawandel = Temperaturanstieg



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



Auswirkungen auf den gesamten Wasserhaushalt und seine Nutzungen !

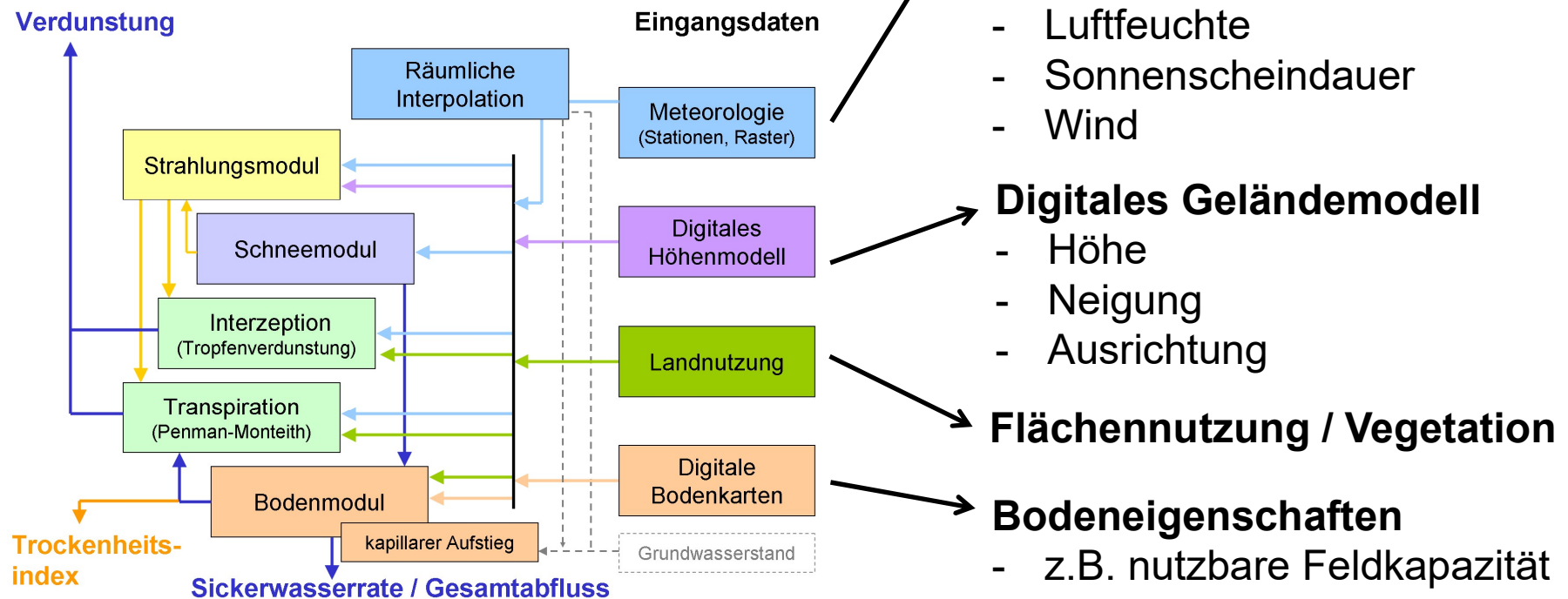
Datengrundlagen am LfU – Grundwassermonitoring

- 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

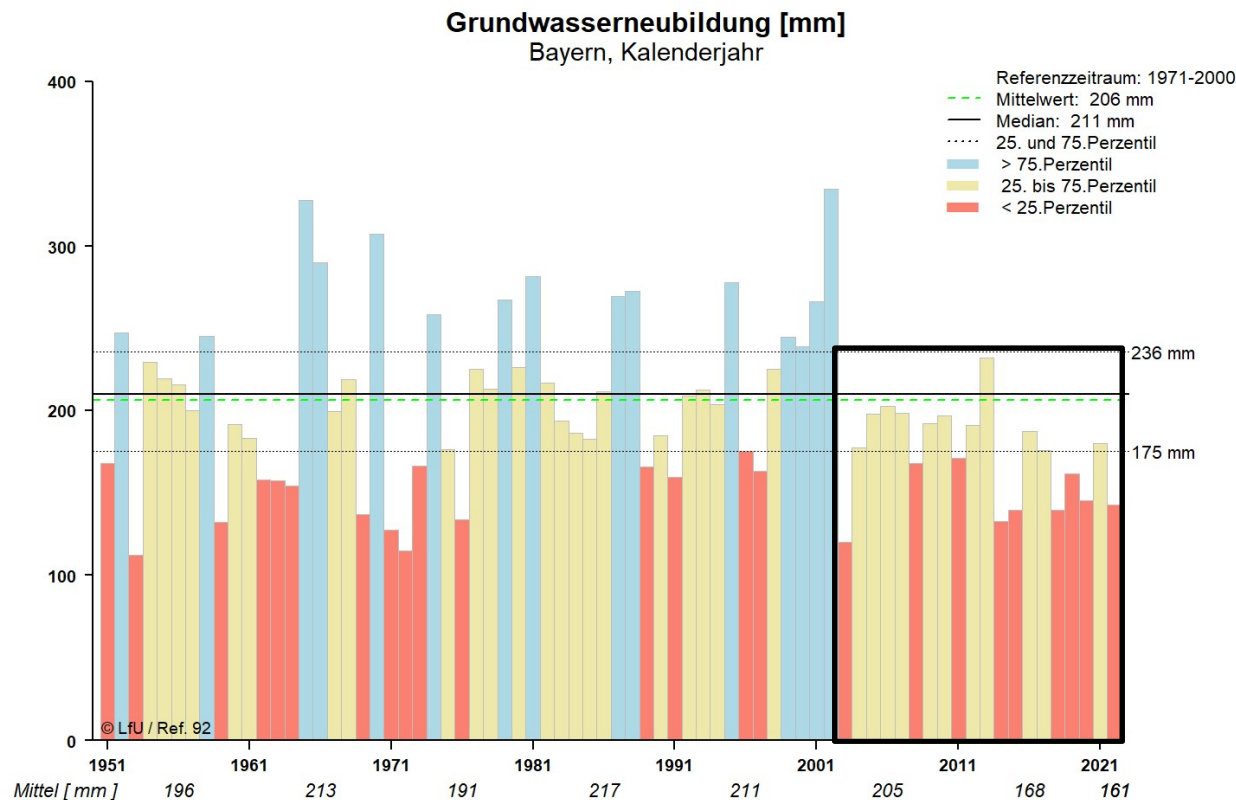


Bodenwasserhaushaltsmodellierung

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



Langfristige Entwicklung - Grundwasserneubildung



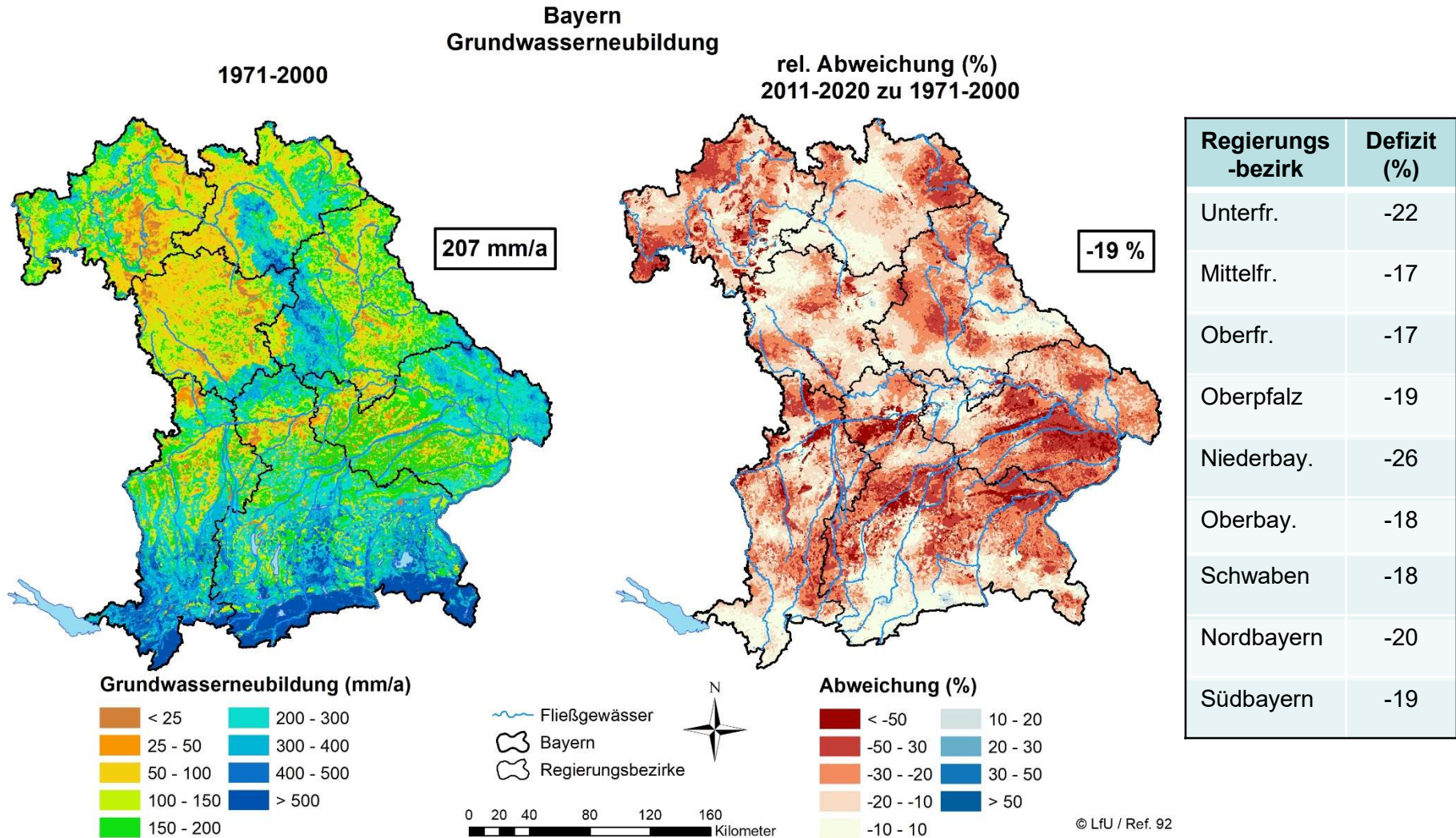
Historie

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)

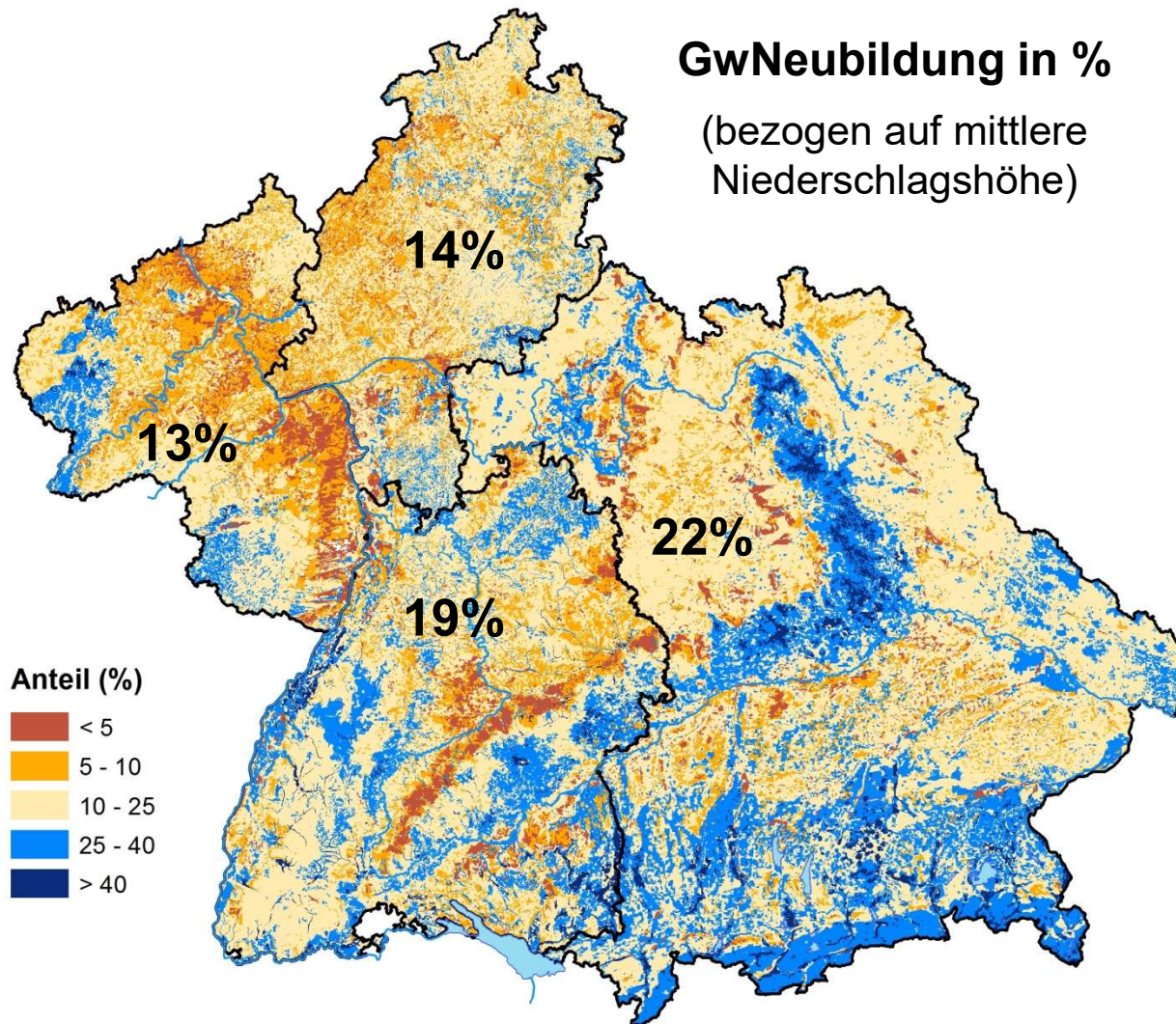
Gesamtdefizit: rd. 700 Liter/m² in 20 Jahren !

Entwicklung Dekade 2011-2020 – Grundwasserneubildung



© LfU / Ref. 92

Wo sind die „vulnerablen“ Bereiche? – Wasserbilanz



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



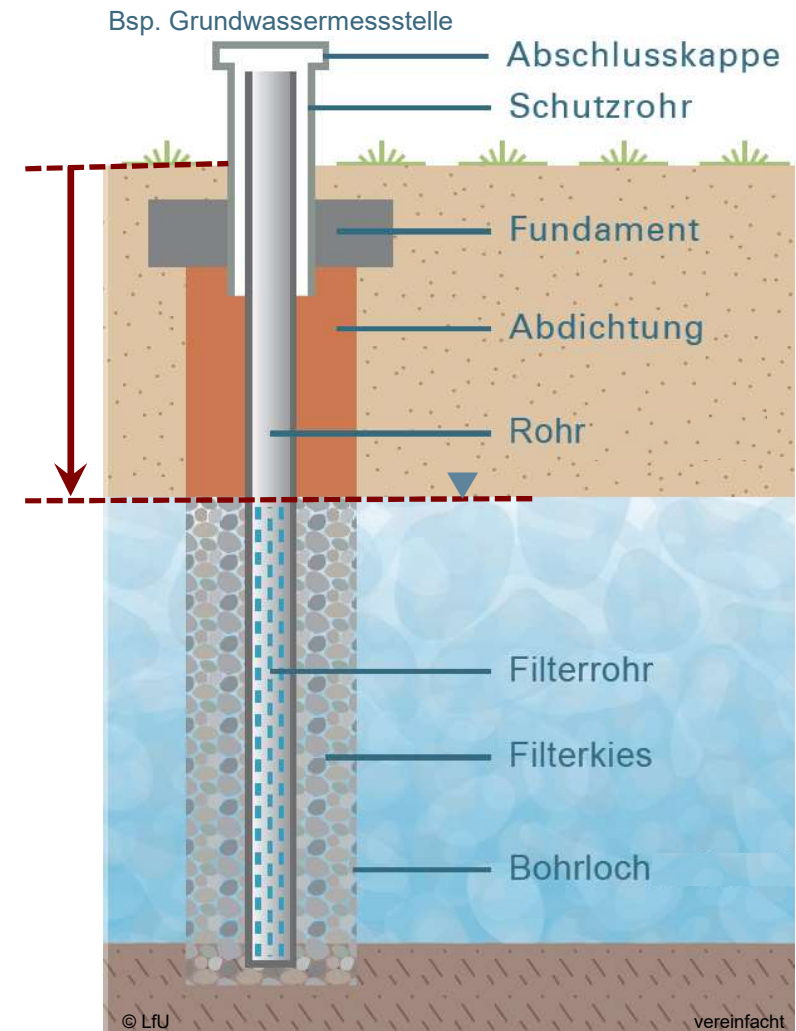
Entspricht knapp
19% des
Niederschlags

Hohe Variabilität:
Große regionale
Unterschiede je nach
Wasserbilanz !

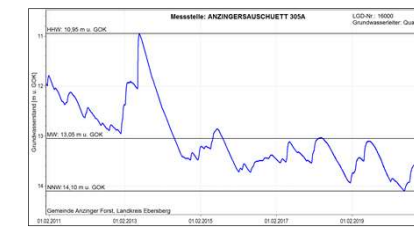
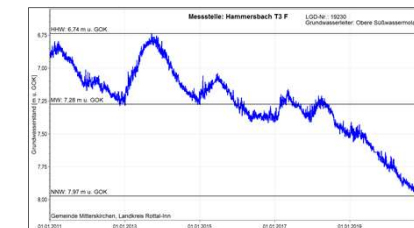
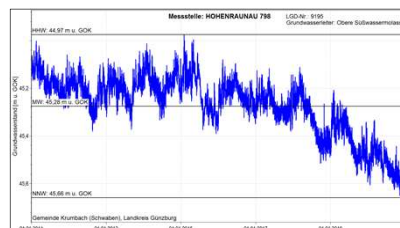
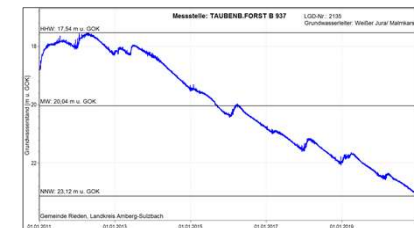
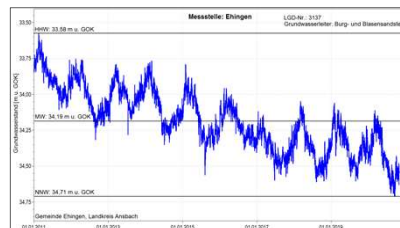
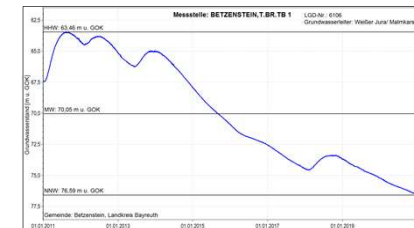
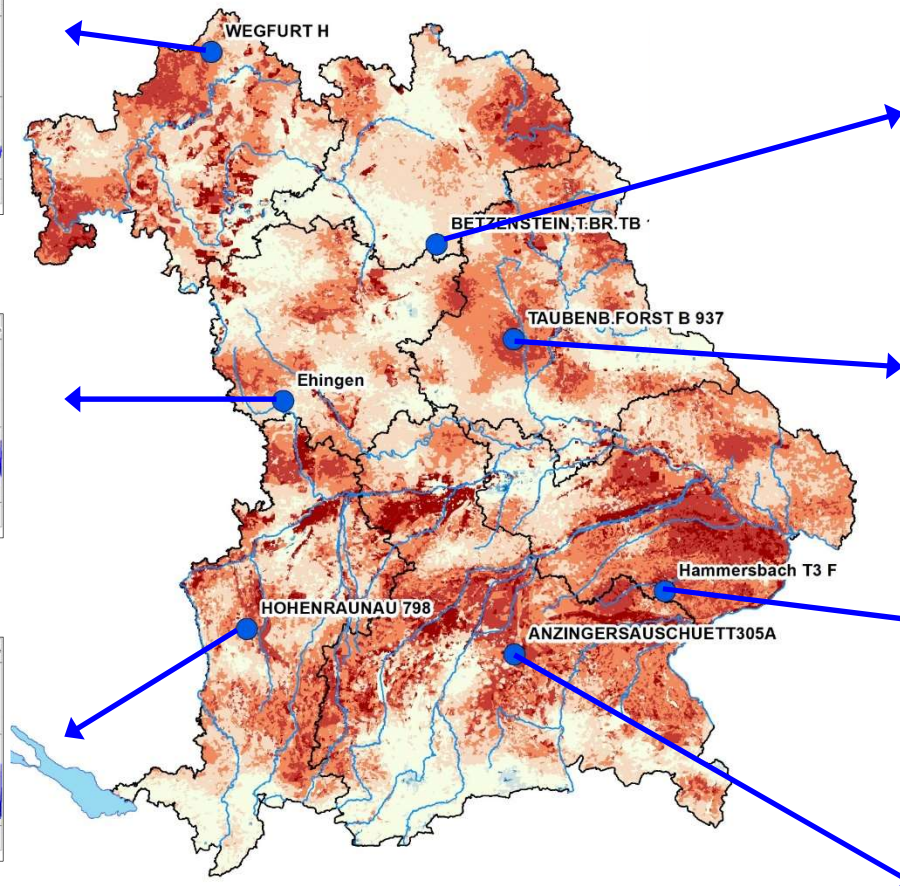
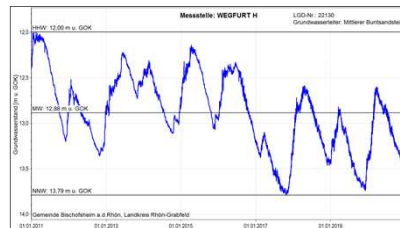
Was zeigen die Messdaten?

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 !

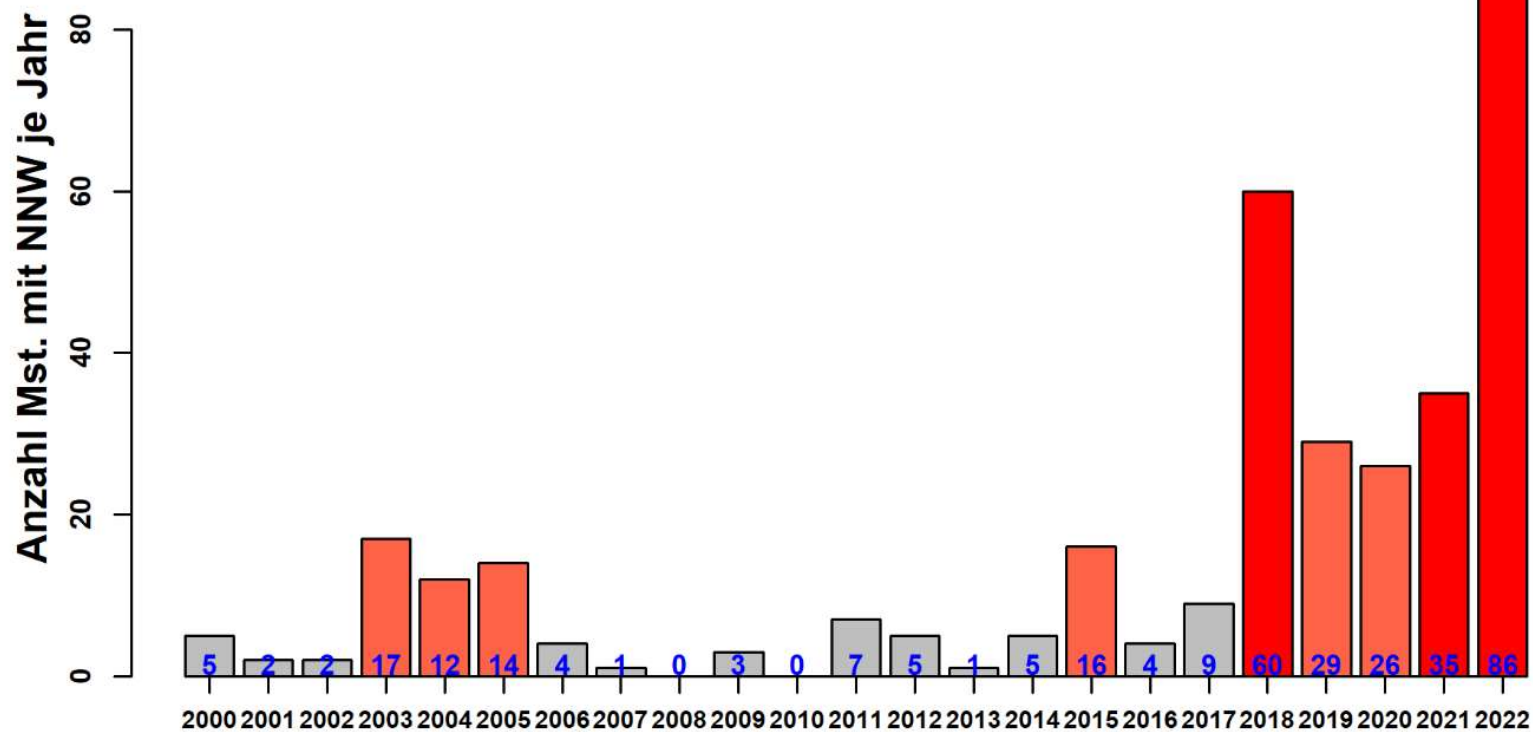
Zeitliches Auftreten von Niedrigstwerten seit 2000 (Bayern)

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



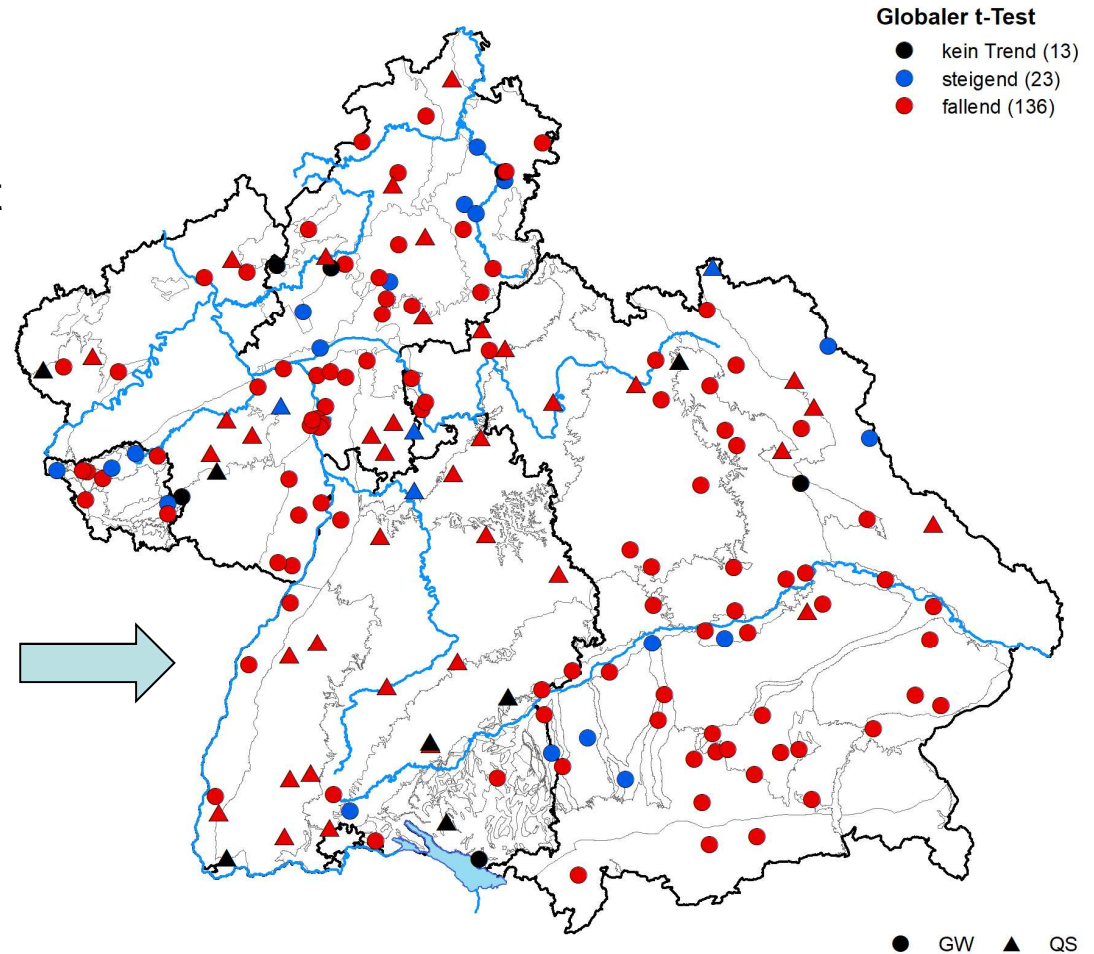
Entwicklung in der Vergangenheit – Langzeitverhalten

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 !**

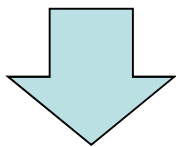


Zum Vergleich: Sommer 2023

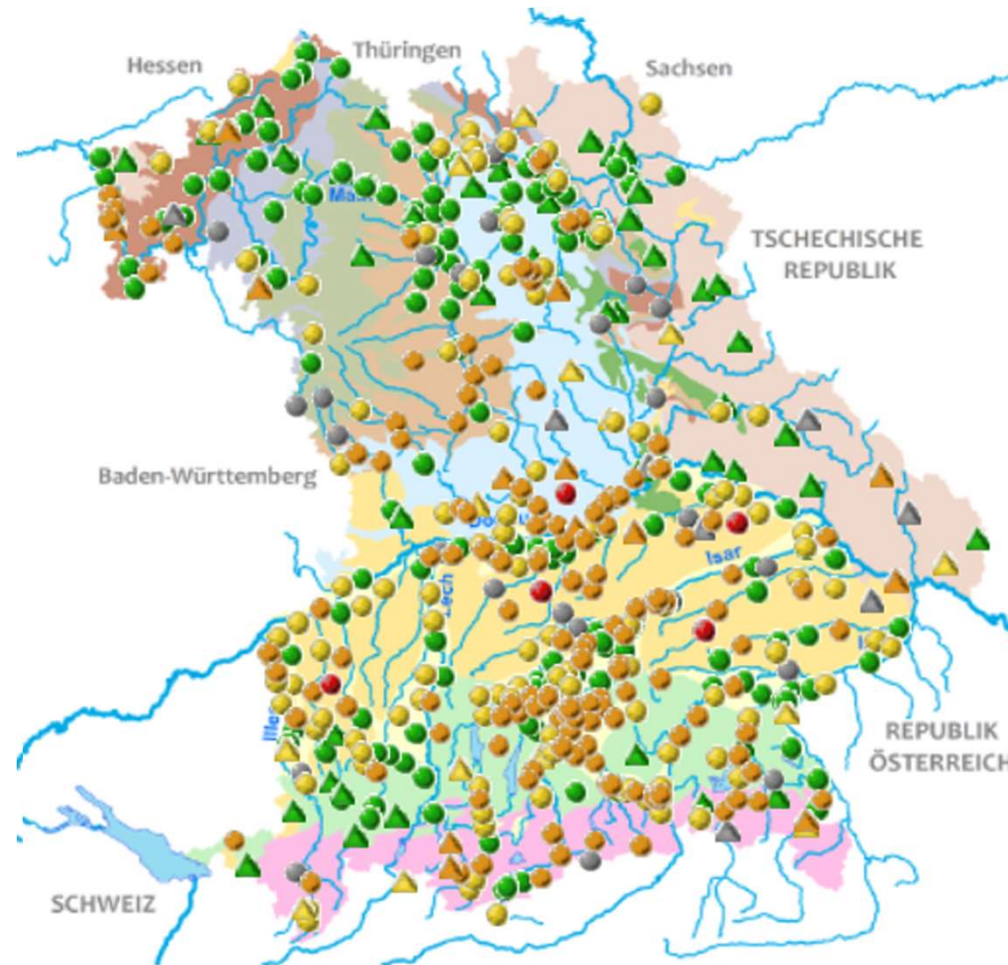
Niedrigwasser- informationsdienst (NID)

Tagesaktuelle Daten:
Ca. 650 Messstellen

www.nid.bayern.de



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



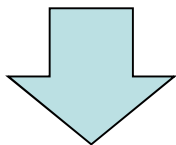


Aktuelle Situation im tieferen Grundwasser?

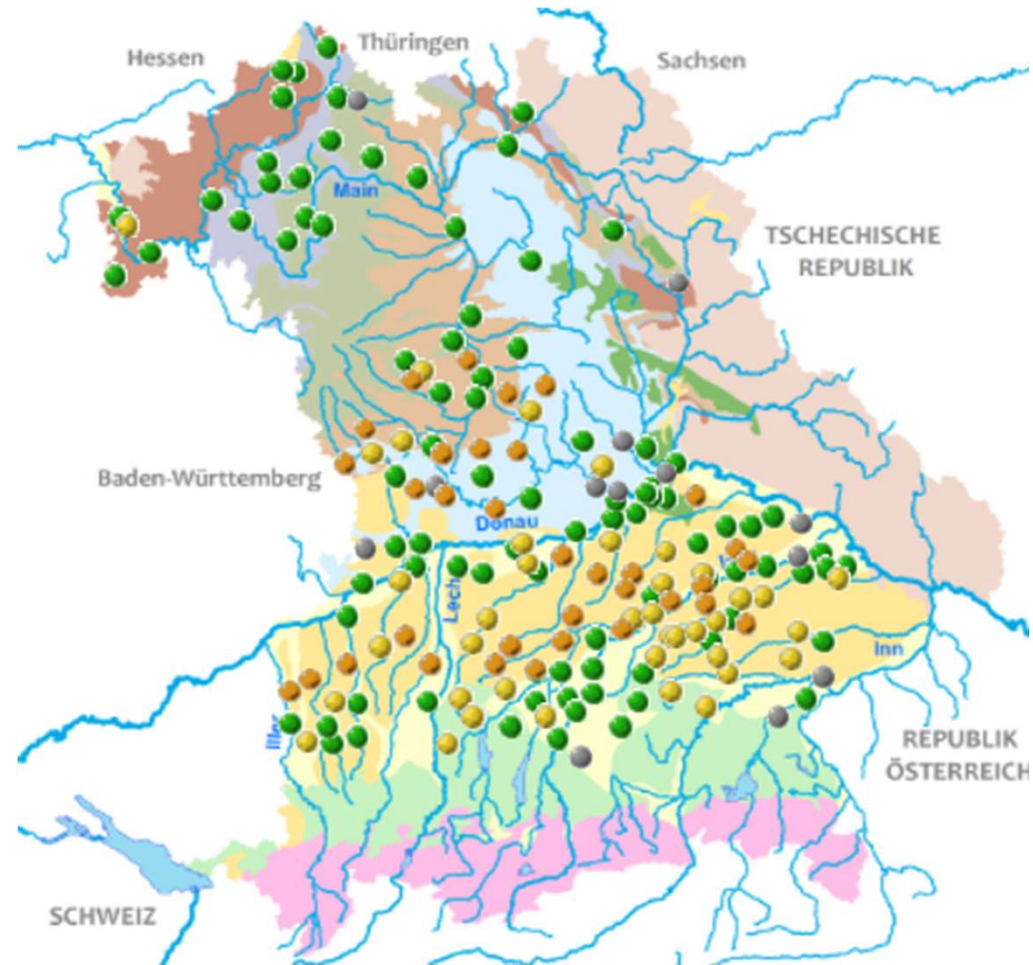
Niedrigwasser-
informationsdienst (NID)

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)

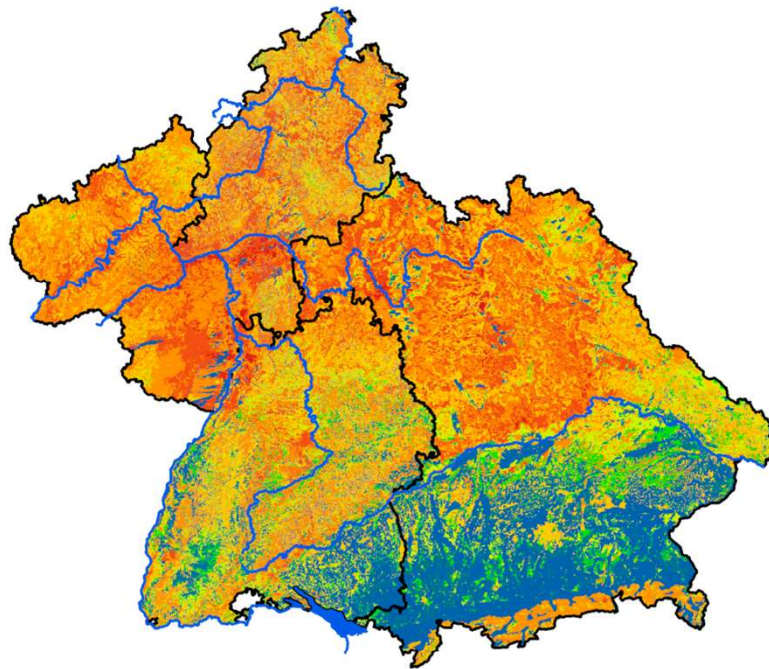


Trockenheitsindex

- 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

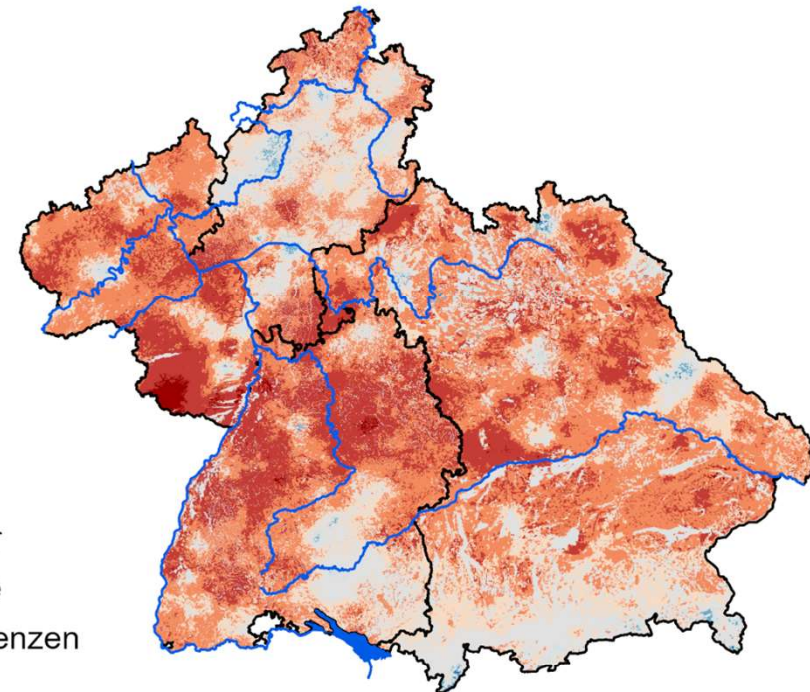
Referenzzeitraum 1971-2000



Trockenheitsindex in Tage/Jahr



Abweichung 2003-2022 gegenüber 1971-2000



absolute Abweichung des Trockenheitsindex in Tage



Trockenheitsindex in Süddeutschland

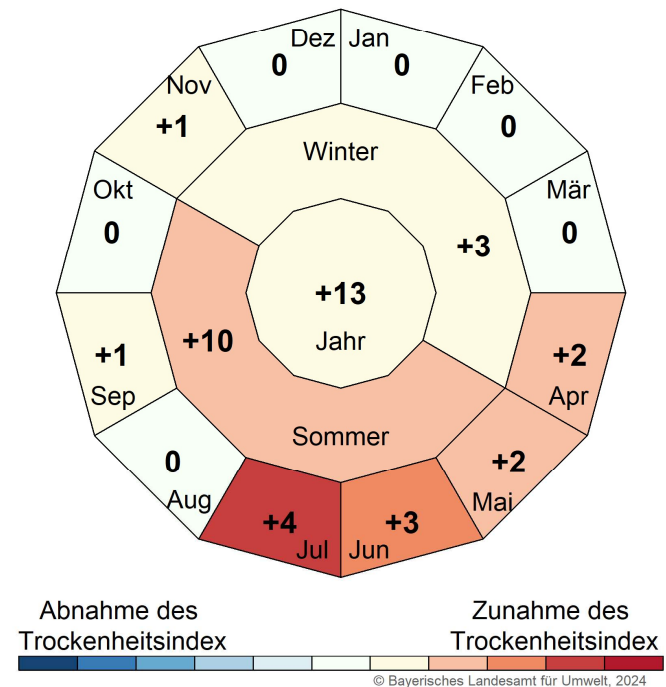
Entwicklung in den Bundesländern

| | 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

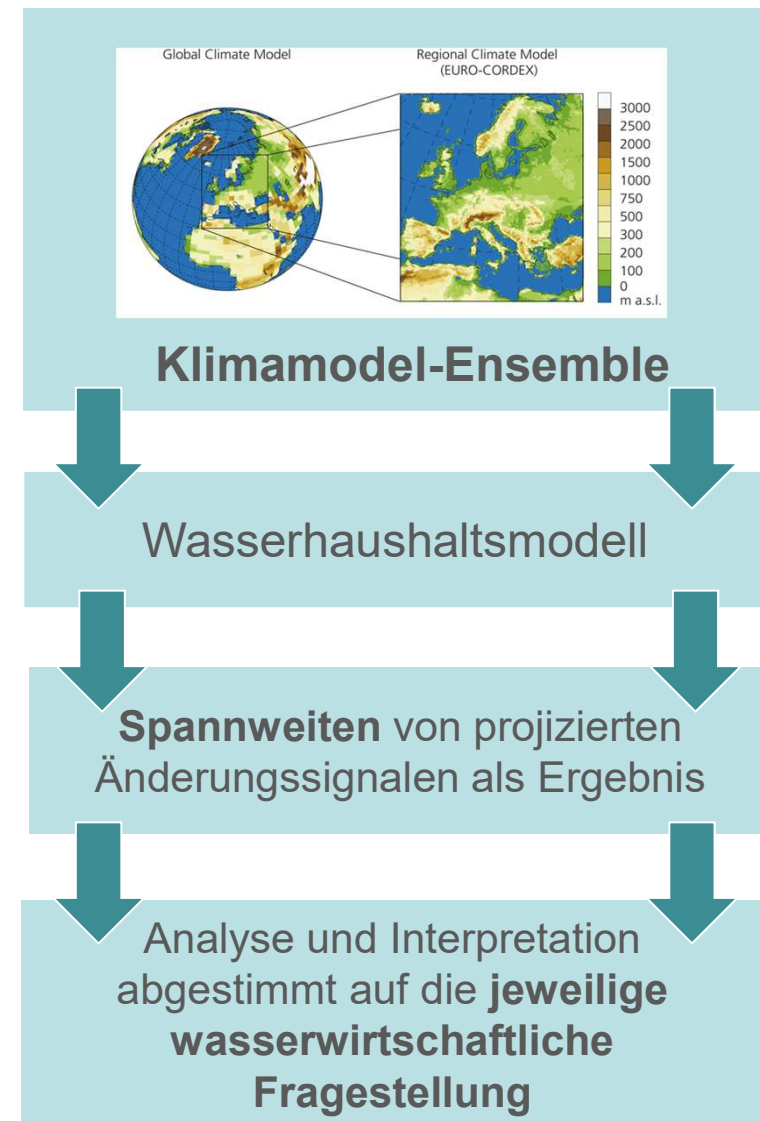
Trockenheitsindex
Süddeutschland (BY, BW, HE, RLP)
absolute Abweichung in Tagen
2003-2022 gegenüber 1971-2000



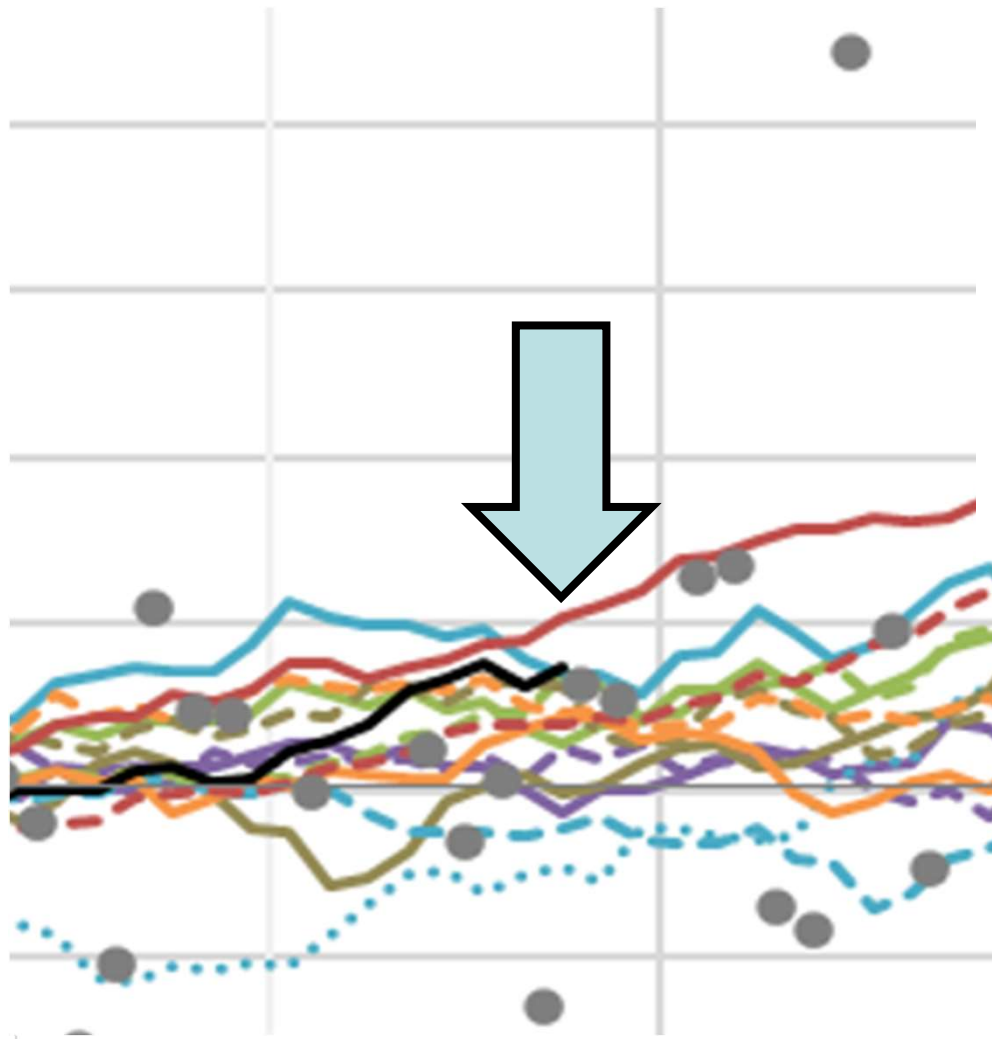


Ausblick in die Zukunft

- 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

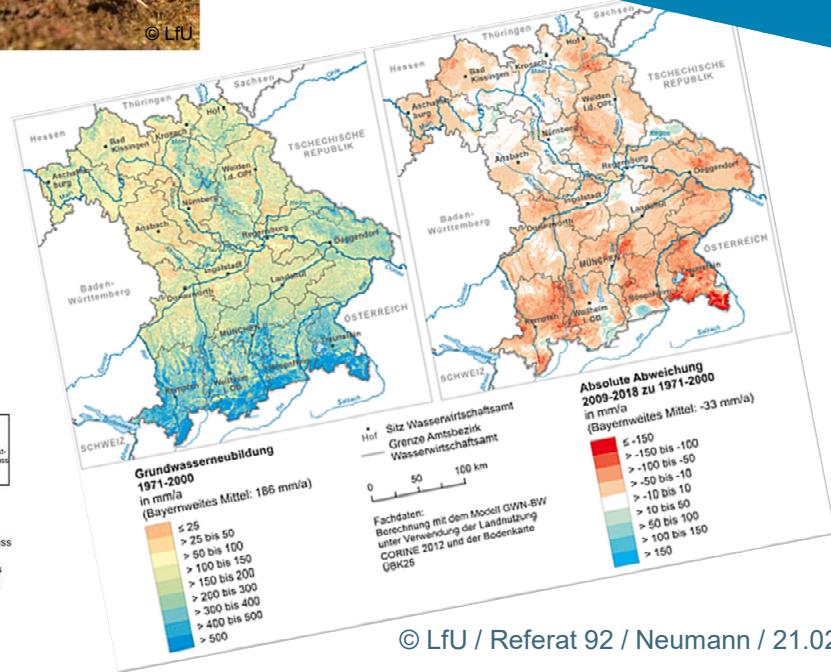
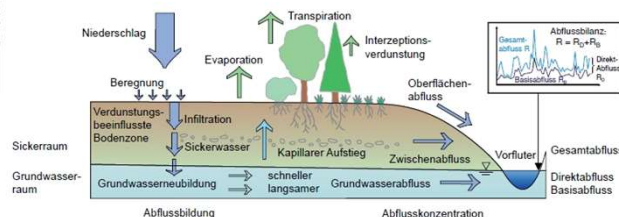
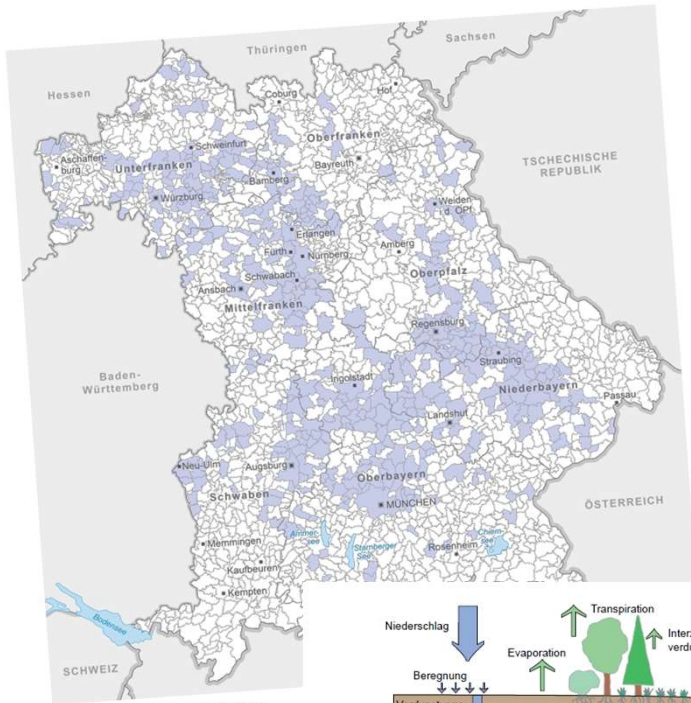
**In welcher Weise bin ich vom
Klimawandel betroffen?**

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)

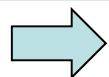
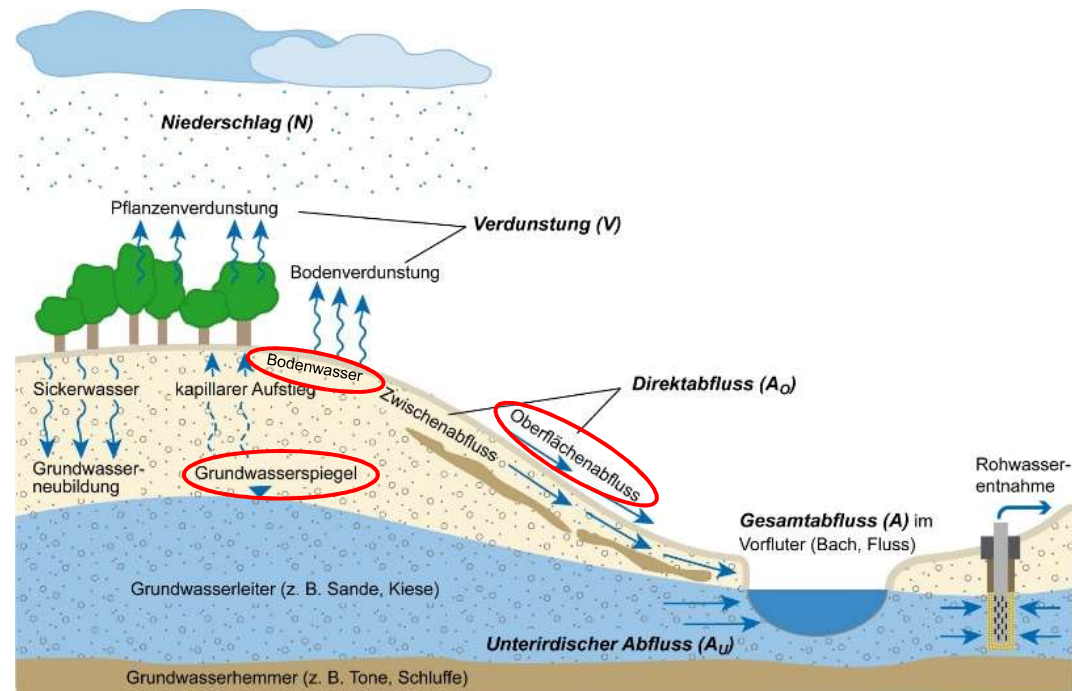




Weitere Auswirkungen auf den Landschaftswasserhaushalt

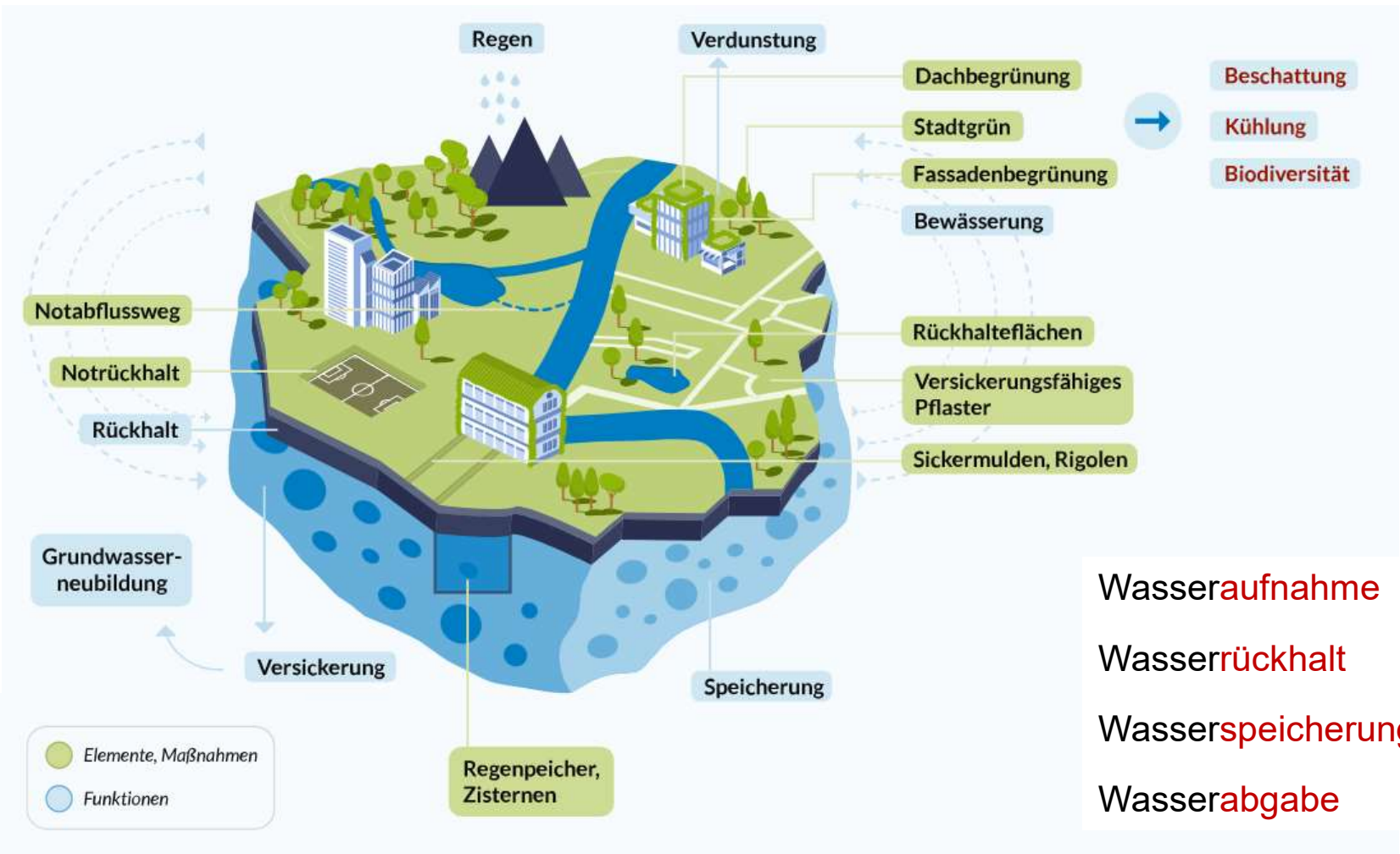
Negative Auswirkungen

- 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



Fichtelnaabquelle (2018, B. Kopp)



Egerquelle (2018, B. Kopp)



Saalequelle (2022)



Weissmainquelle (2018, B. Kopp)



Markgrafenbrunnen am Neuen Schloss in Bayreuth (1705)

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit !**



Quelle: www.markgrafenkultur.de