

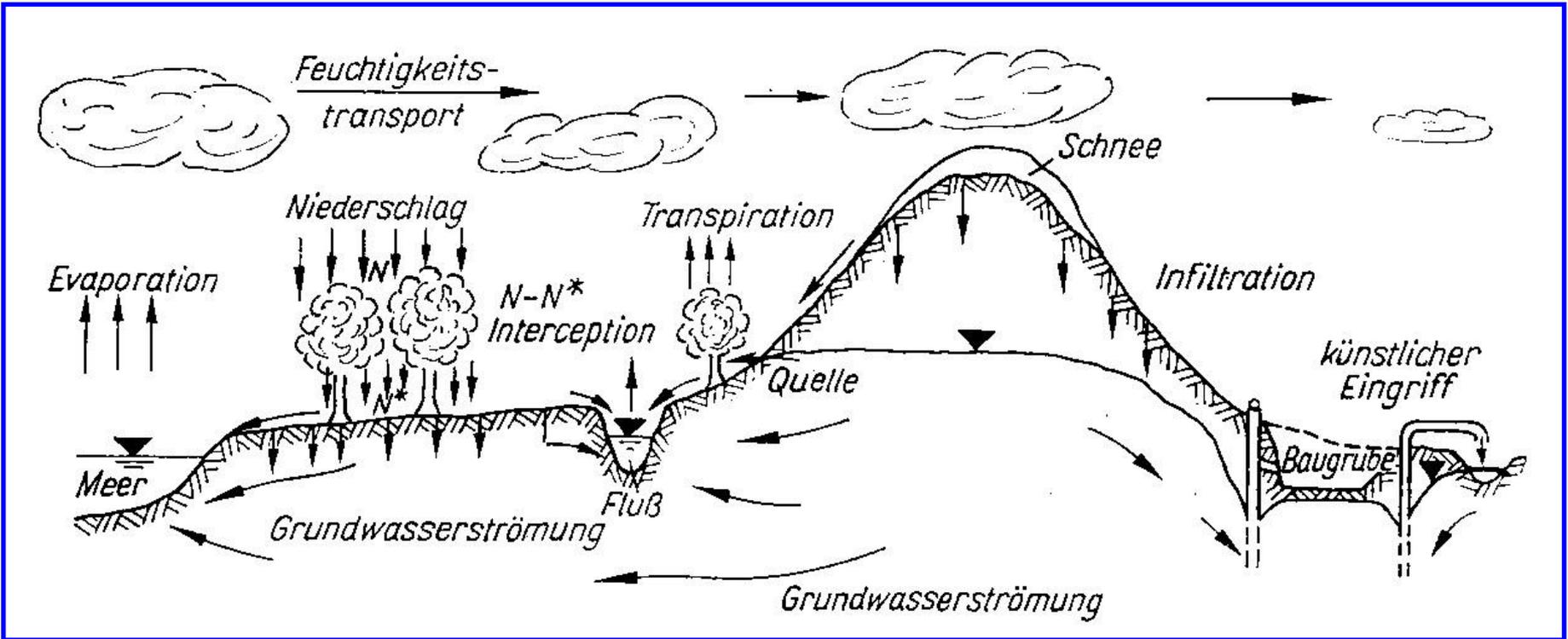


Wasserversorgung in Zeiten des Klimawandels

DR.-ING. ULRICH ROTH
Beratender Ingenieur, Bad Ems

Grafiken und Fotos: Roth
... soweit nicht anders angegeben

Wasserkreislauf



Grafik: Hölting: Hydrogeologie. Enke, 1992.

Wasserwirtschaftliche Grundgleichung

Niederschlag = Verdunstung + Versickerung + Abfluss

Maßgeblicher Einflussfaktor: Klima

Deutschland liegt in einer gemäßigten Klimazone (West- / Mitteleuropa)

Nachhaltigkeit: Wasser in der Agenda 21

„Oberstes Ziel ist die gesicherte Bereitstellung von Wasser in angemessener Menge und guter Qualität für die gesamte Weltbevölkerung bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der hydrologischen, biologischen und chemischen Funktionen der Ökosysteme, Anpassung der Aktivitäten des Menschen an die Belastungsgrenzen der Natur und Bekämpfung der Vektoren wasserinduzierter Krankheiten“.

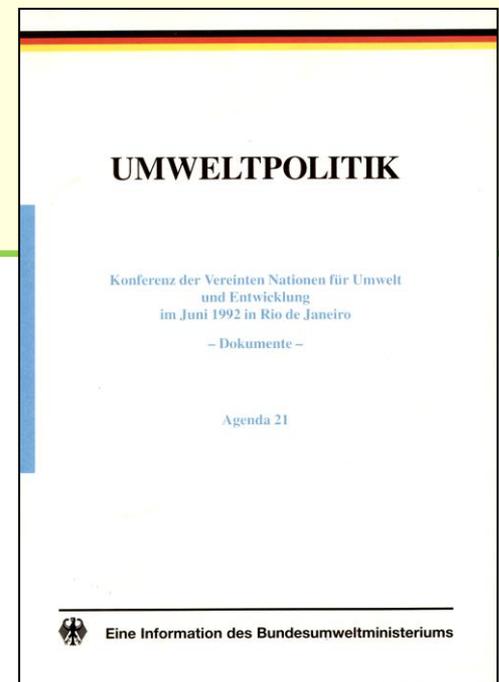
(Zitat aus der Einführung zu Kap. 18 der Agenda 21)

Hauptziele:

- Einführung einer gesicherten Wasserversorgung für alle Menschen
- Bekämpfung von Krankheiten wie Cholera, Typhus, Ruhr etc.
- Naturverträgliche Nutzung der Ressource Wasser

Dabei wird in der Agenda 21 unterschieden in

- erneuerbare Ressourcen wie Holz und Wasser,
- nicht erneuerbare Ressourcen wie Erdöl, Erdgas, Kohle und Erze.



- ⇒ Vorrang des Einsparens nicht erneuerbarer Ressourcen
- ⇒ Naturverträgliche Nutzung der erneuerbaren Ressourcen

Nachhaltigkeit in der Wasserversorgung

Wasserwirtschaft:

- Grundwasserschutz, Gewässerschutz
- Keine Übernutzung der Wasservorkommen

Ökologie

- Gewässerschutz, Biotop- und Artenschutz, Naturschutz, Grundwasserstände
- Keine Übernutzung der Wasservorkommen

Versorgungstechnik

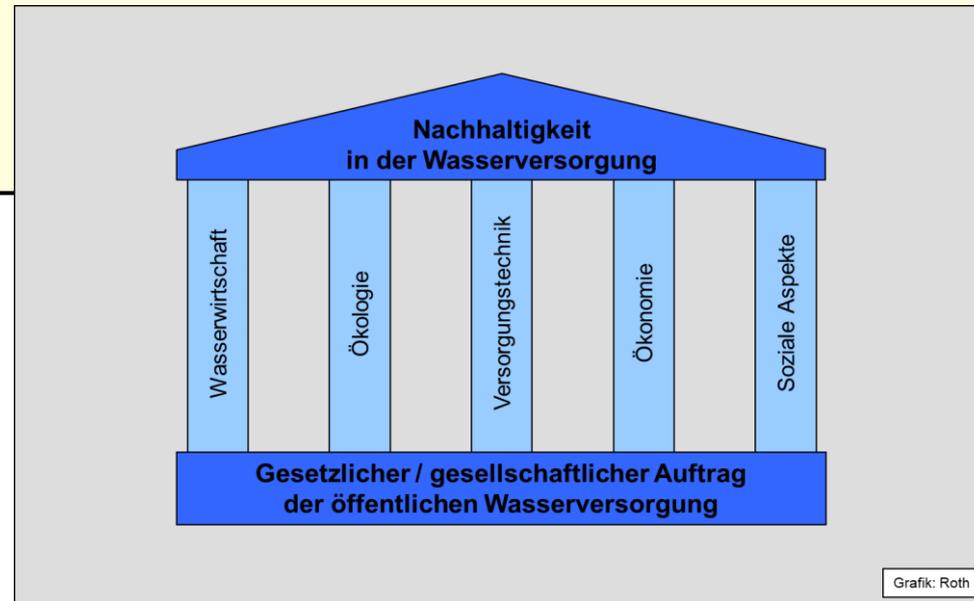
- Auf Dauer angelegte Anlagentechnik und -betrieb
- Regelmäßige Pflege, Wartung und Erneuerung der Anlagen

Ökonomie

- Kostendeckende Wasserpreise (KAG)
- Kostenbewusstsein bei Planung, Investitionen, Betrieb

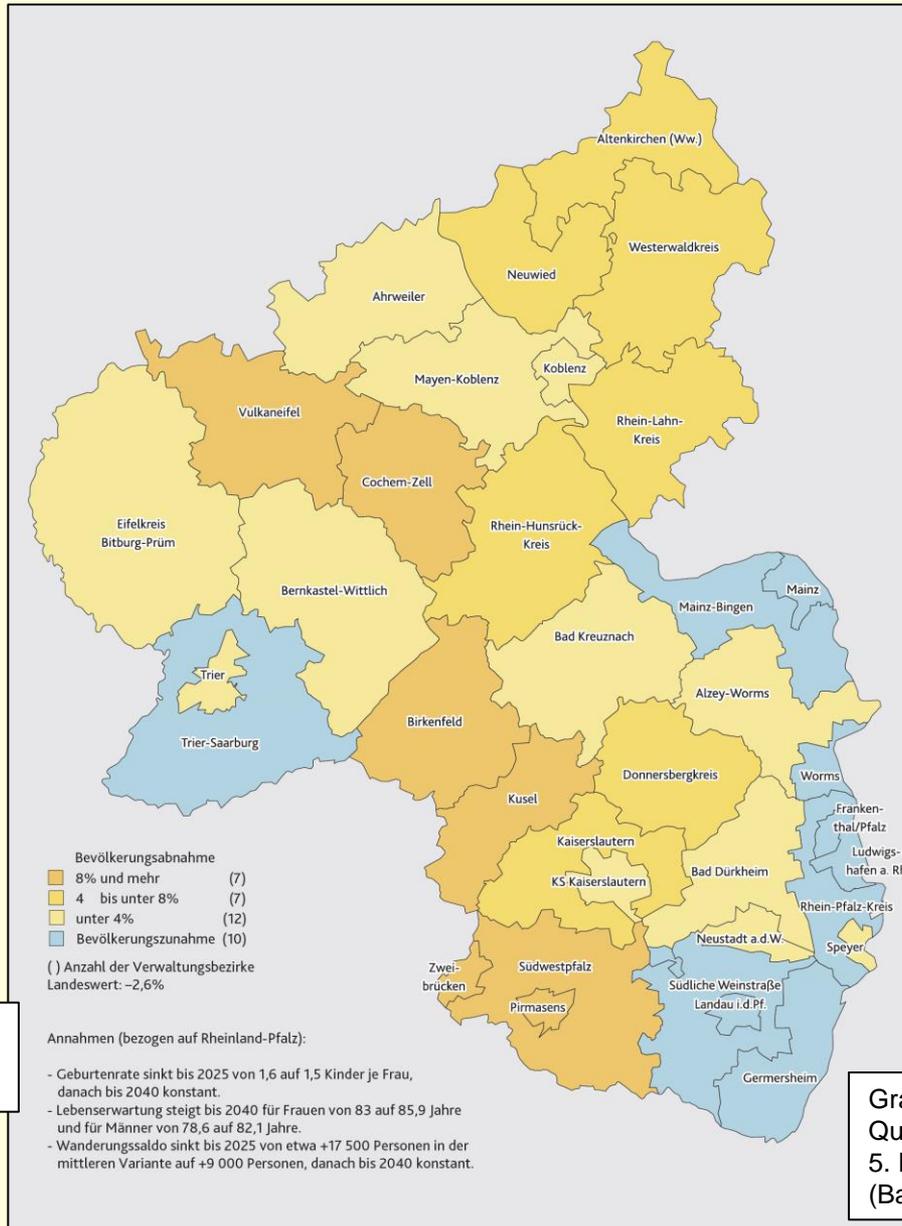
Soziale Aspekte

- Sozialverträgliche Wasserpreise
- Sicherheit der Wasserversorgung



Die öffentliche Wasserversorgung ist Bestandteil der kommunalen Daseinsvorsorge

Bevölkerungsentwicklung in den kreisfreien Städten und Landkreisen von Rheinland-Pfalz: Veränderung 2017 – 2040 in Prozent

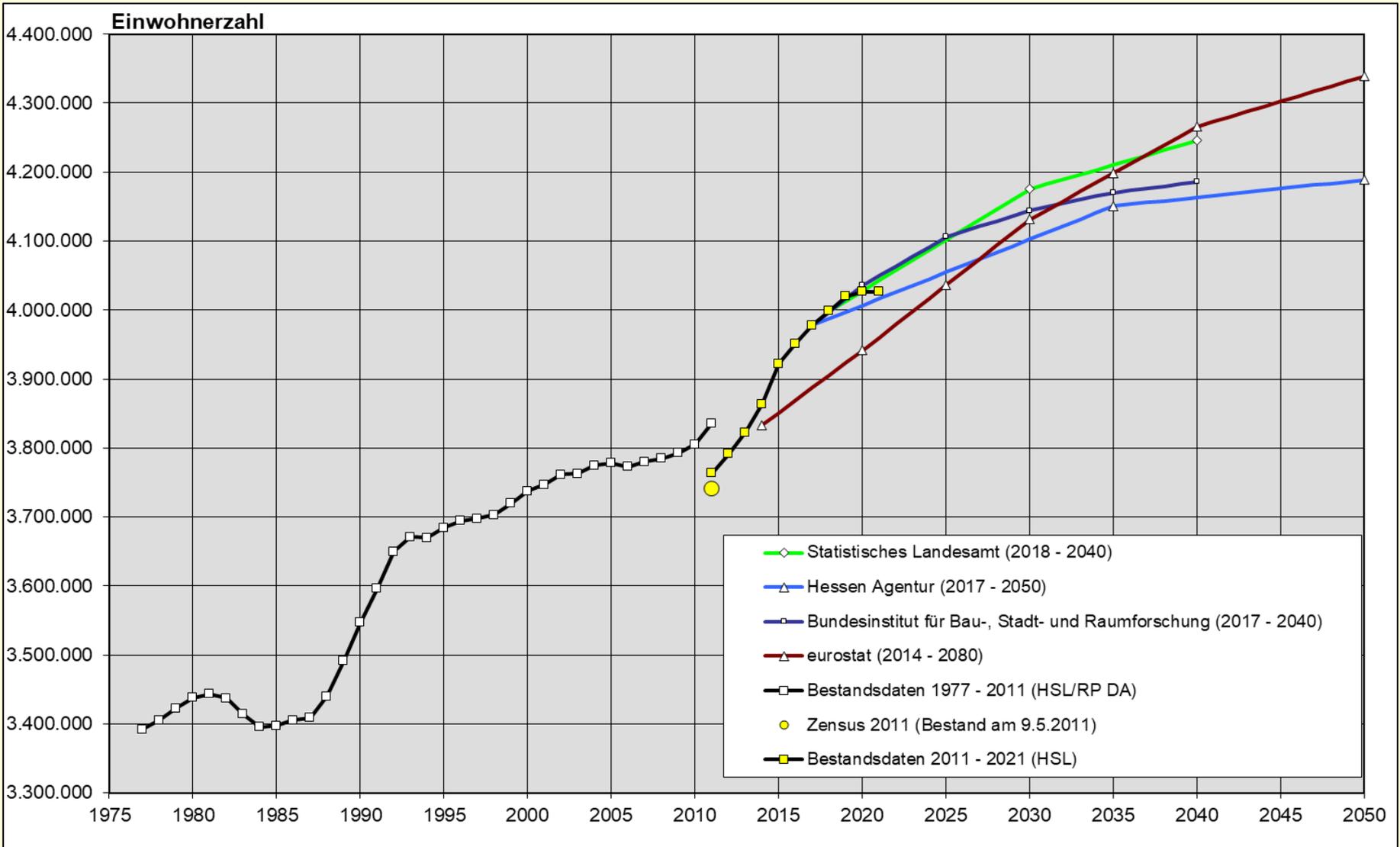


Zugrunde gelegte Annahmen: ➔

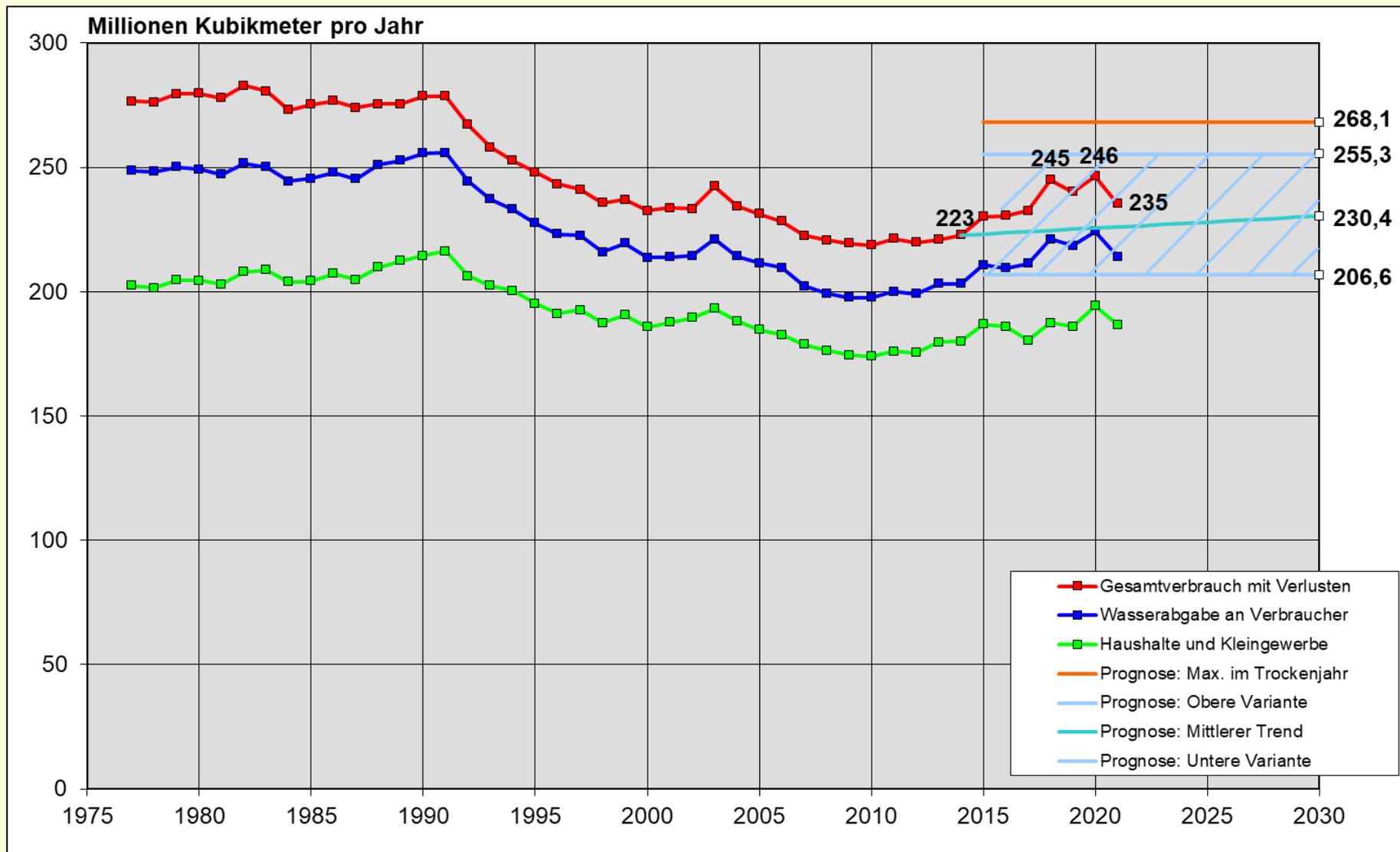
Grafik: Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz
Quelle: Demografischer Wandel in Rhein-Pfalz
5. Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung (Basisjahr 2017). Bad Ems, 2019

Bevölkerungsentwicklung im Regierungsbezirk Darmstadt (Südhessen)

Entwicklung 1977 bis 2021 und aktuelle Prognosen



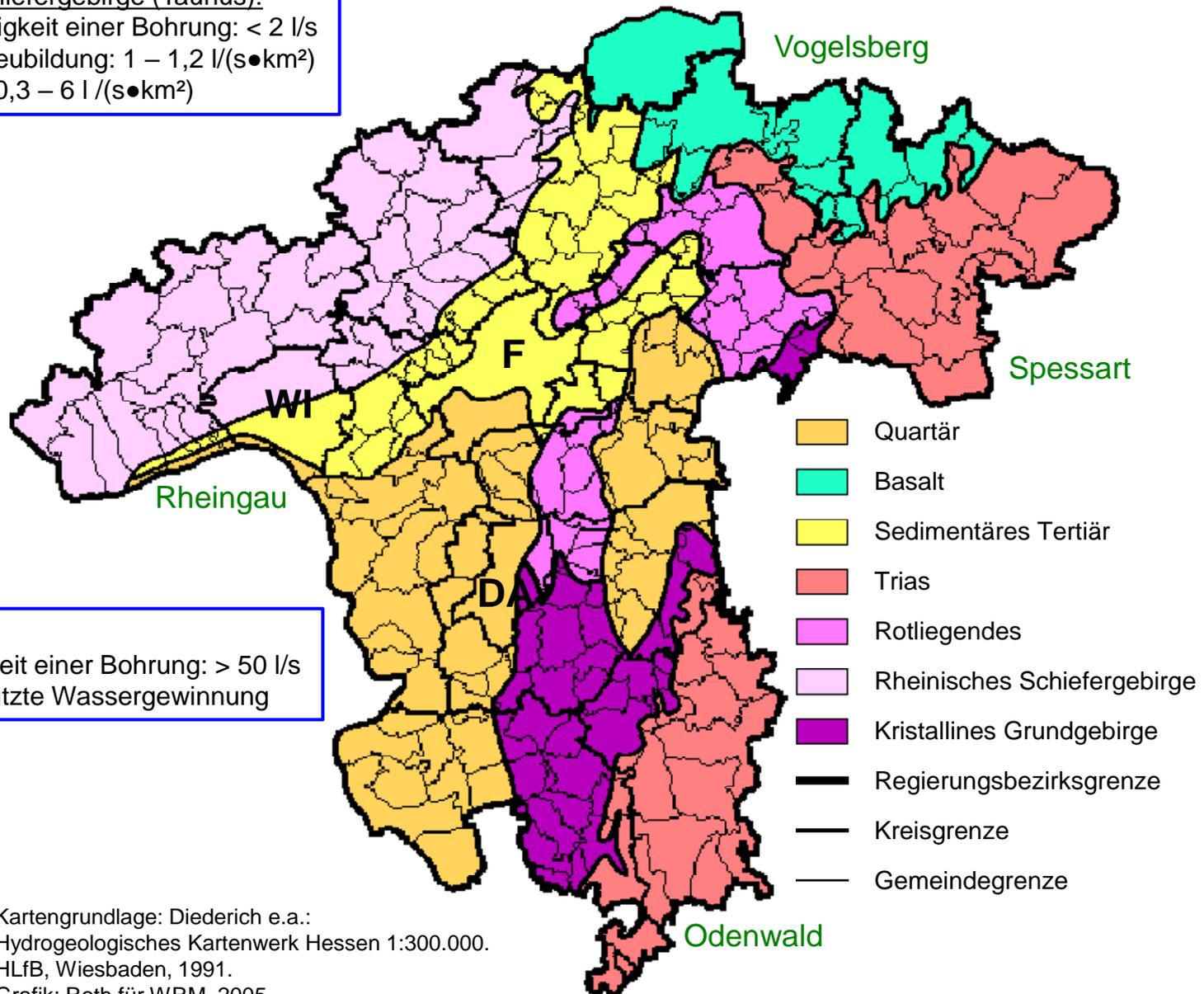
Wasserverbrauch / -bedarf im Regierungsbezirk Darmstadt Entwicklung 1977 bis 2022 und Prognose bis 2030



Grafik: Roth für
(2016, aktualisiert)

Hydrogeologische Einheiten in der Rhein-Main-Region

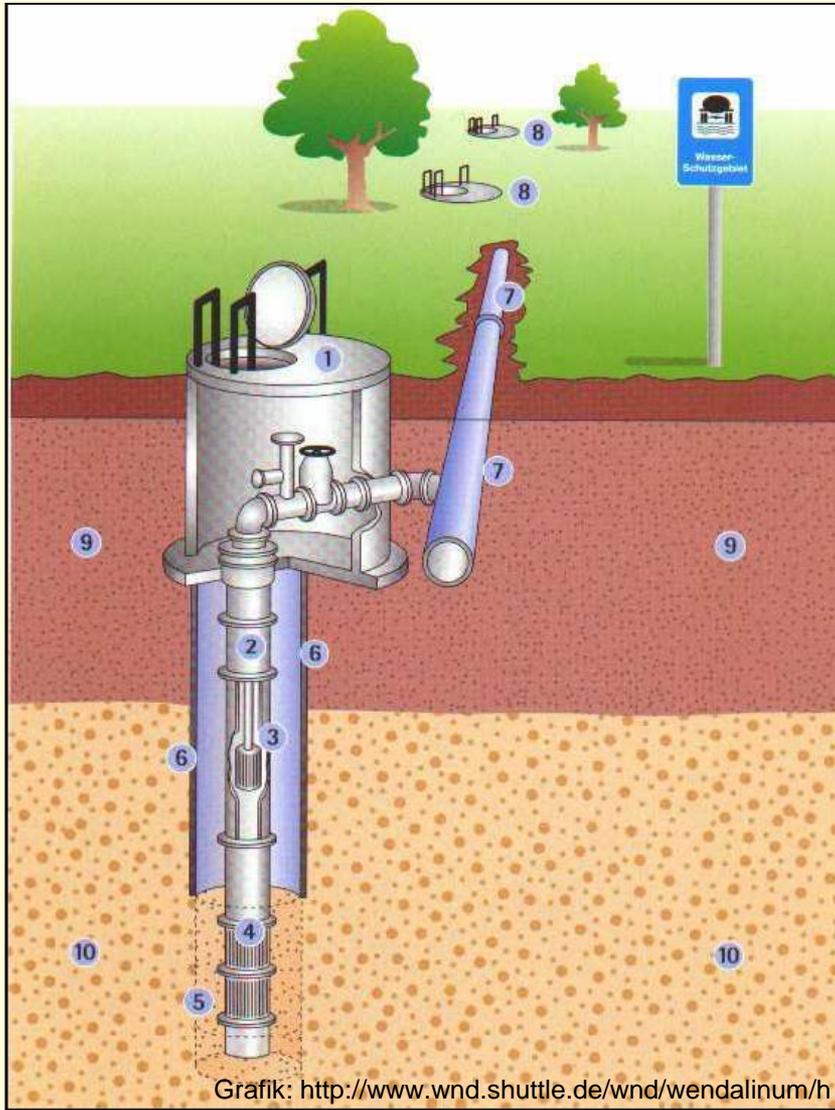
Rheinisches Schiefergebirge (Taunus):
Typische Ergiebigkeit einer Bohrung: $< 2 \text{ l/s}$
Typische GW-Neubildung: $1 - 1,2 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)$
Bandbreite: ca. $0,3 - 6 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)$



Hessisches Ried:
Typische Ergiebigkeit einer Bohrung: $> 50 \text{ l/s}$
⇒ Infiltrationsgestützte Wassergewinnung

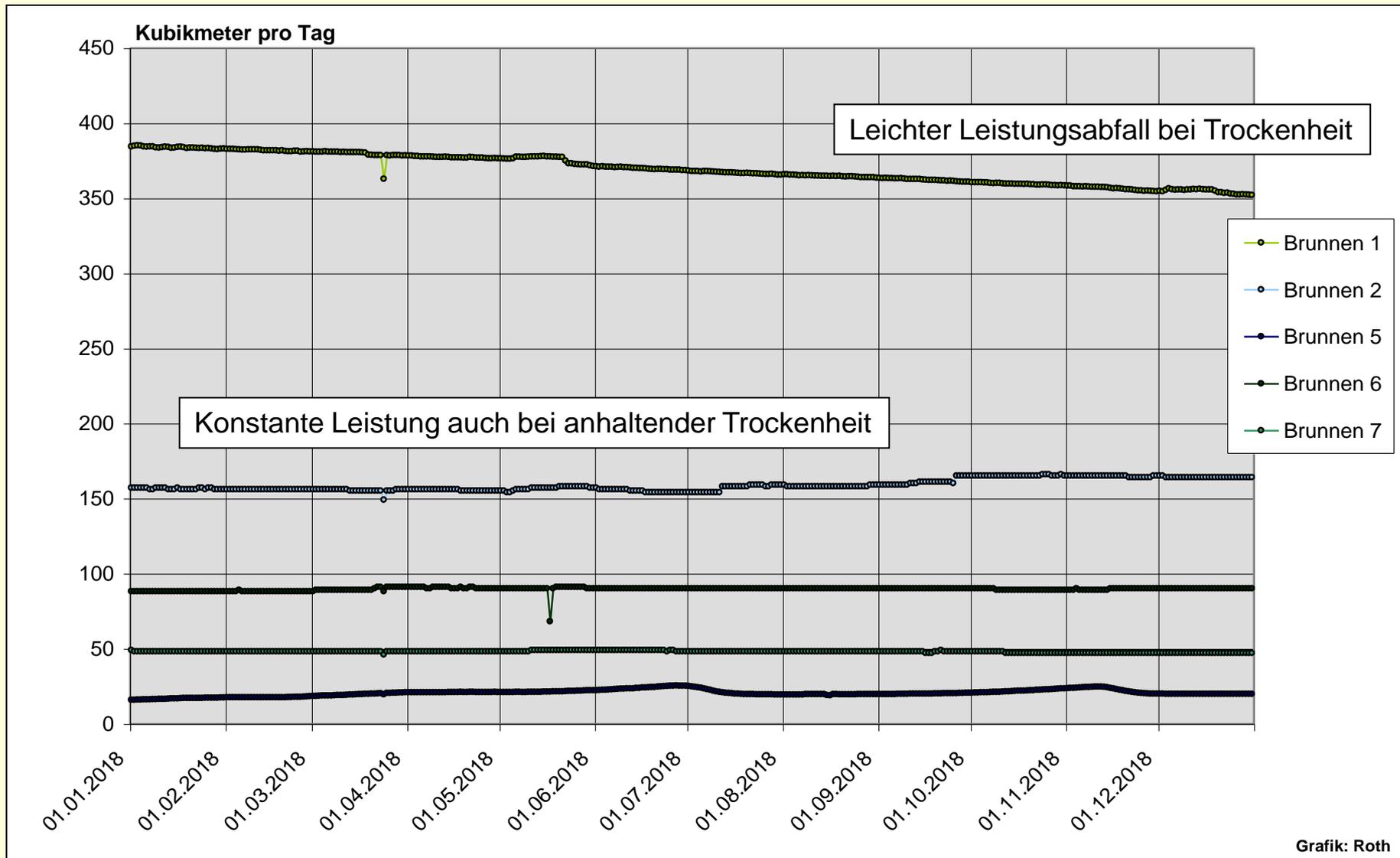
Kartengrundlage: Diederich e.a.:
Hydrogeologisches Kartenwerk Hessen 1:300.000.
HLfB, Wiesbaden, 1991.
Grafik: Roth für WRM, 2005

Wassergewinnung aus Brunnen



Aus Brunnen wird Grundwasser gewonnen
Sie sind meist sicher und gut geschützt.

Charakteristik von Brunnen im Taunusvorland

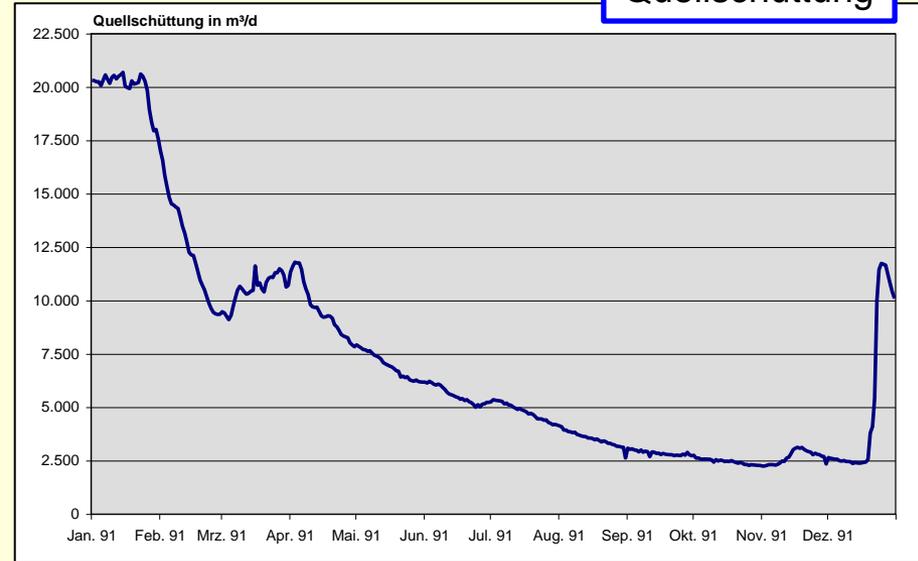
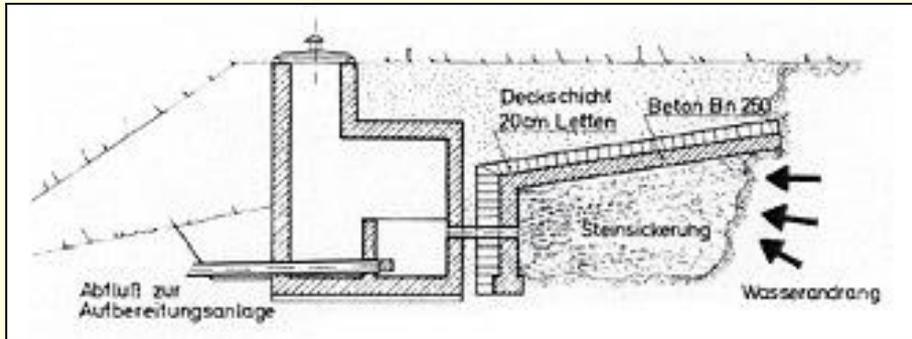


Grafik: Roth

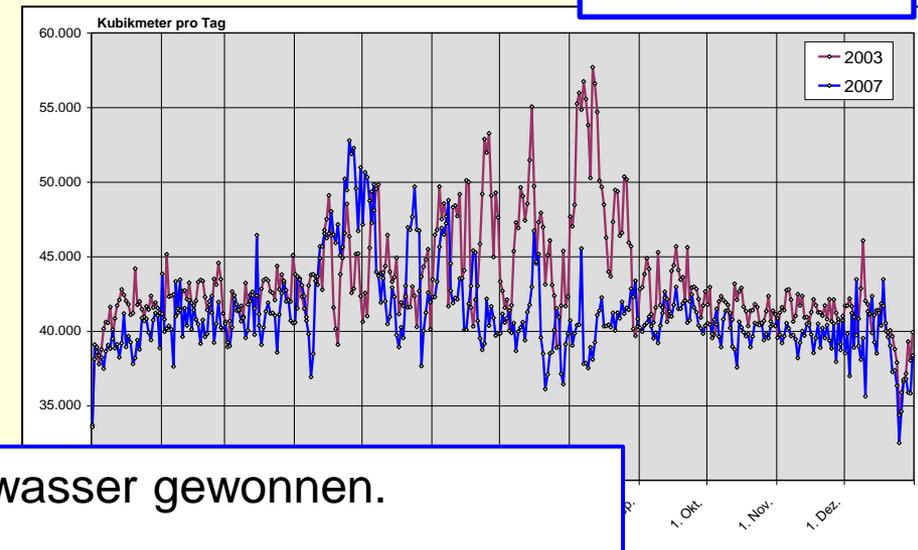
Daten: Stadtwerke Oberursel (Taunus) GmbH
- mit freundlicher Genehmigung -

Wassergewinnung aus Quellen

Quellschüttung



Wasserverbrauch



Aus Quellen wird oberflächennahes Grundwasser gewonnen.
Sie sind meist vom Niederschlag abhängig.
Sie sind oft mengenmäßig und qualitativ unsicher ⇒ **Wassernotstand.**

Wassergewinnung aus Stollen



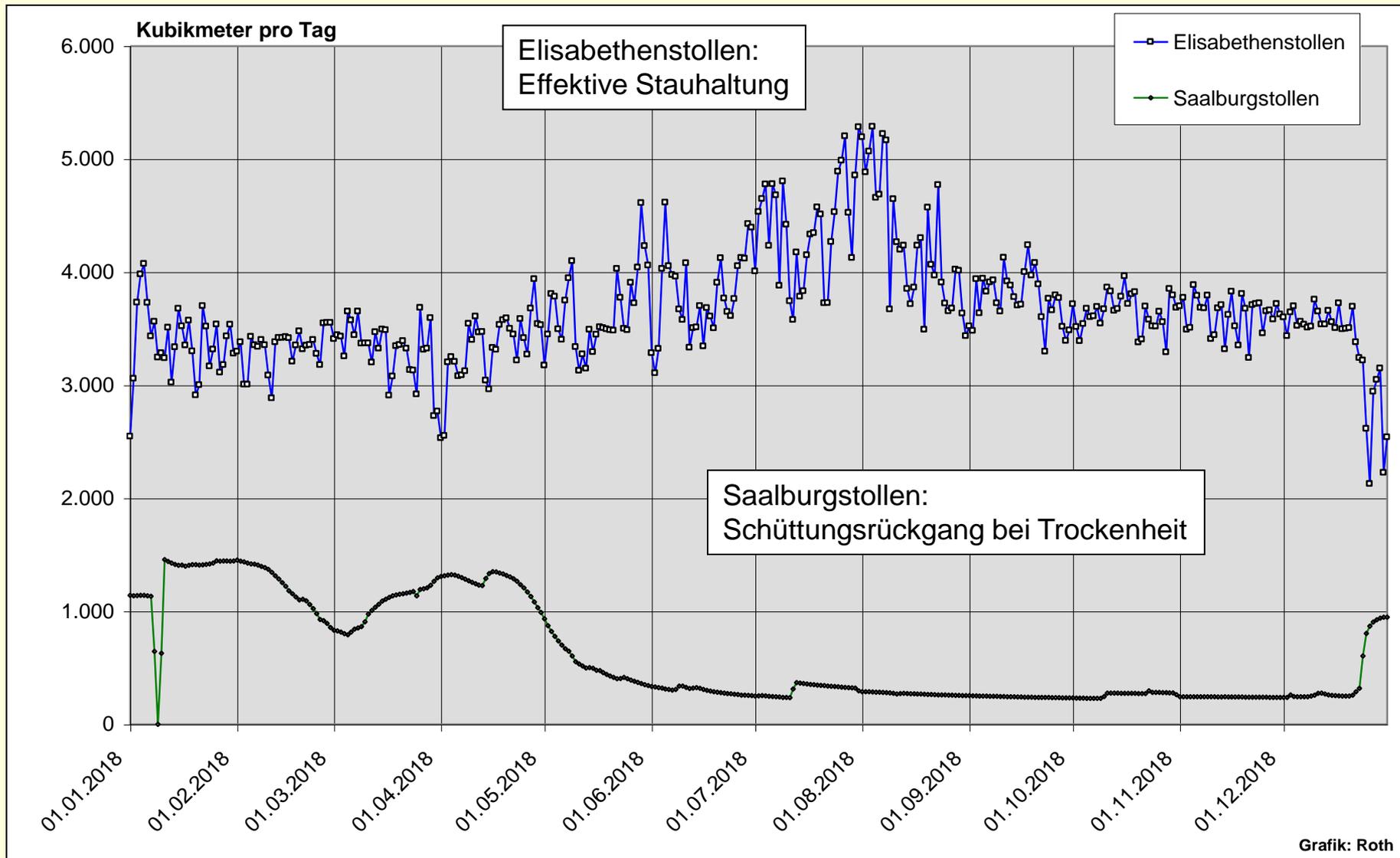
Fachbacher Stollen, Bad Ems

Elisabethenstollen, Bad Homburg v.d.H.



Stollen sind tief in den Berg gegrabene Quellfassungen. Einige Stollen sind hervorragende Gewinnungsanlagen. Manche Stollen sind so unsicher wie Quellfassungen.

Charakteristik von Stollen im Taunus



Grafik: Roth

Daten: Stadtwerke Bad Homburg v.d.H.
- mit freundlicher Genehmigung -

Charakteristiken verschiedener Gewinnungsanlagen

➤ **Brunnen**

- im Regelfall zuverlässiges Dargebot
- oft bestehen Reserven, die bedarfsabhängig genutzt werden können
- manchmal ist das Dargebot beschränkt bzw. niederschlagsabhängig
- ggf. Beschränkung durch einzuhaltende Grenzgrundwasserstände

➤ **Quellen, Quellschürfungen**

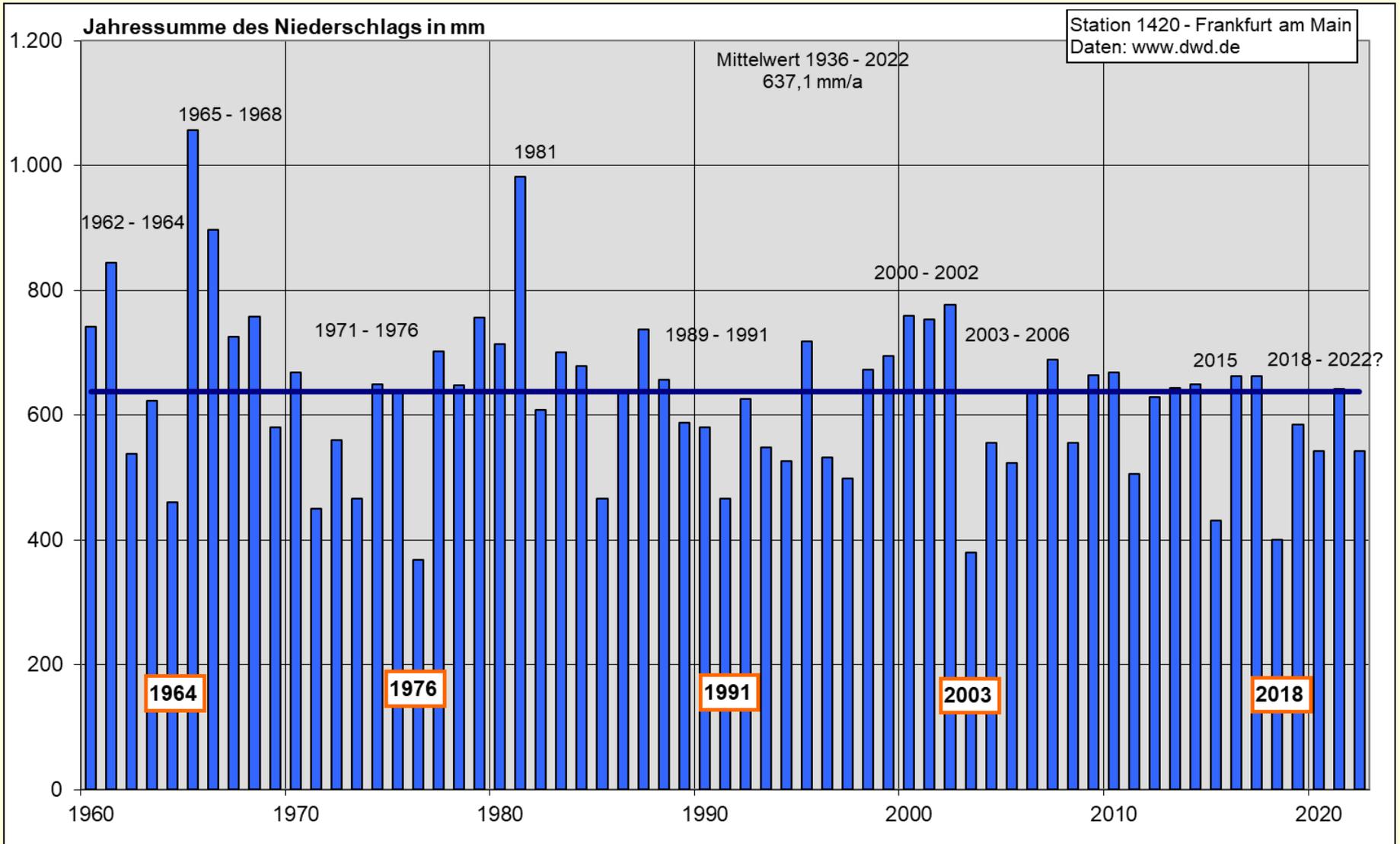
- die Schüttung ist oft niederschlagsabhängig
- oft geht bei anhaltender Trockenheit die Schüttung zurück
- zusätzliches Problem: nach Niederschlägen oft Verkeimungen
- die Vorgaben der Trinkwasserverordnung führen dann entweder zur Stilllegung oder zum Bau teurer und aufwändiger Aufbereitungsanlagen
- davon betroffen sind vor allem Kommunen in den Mittelgebirgen

➤ **Stollen**

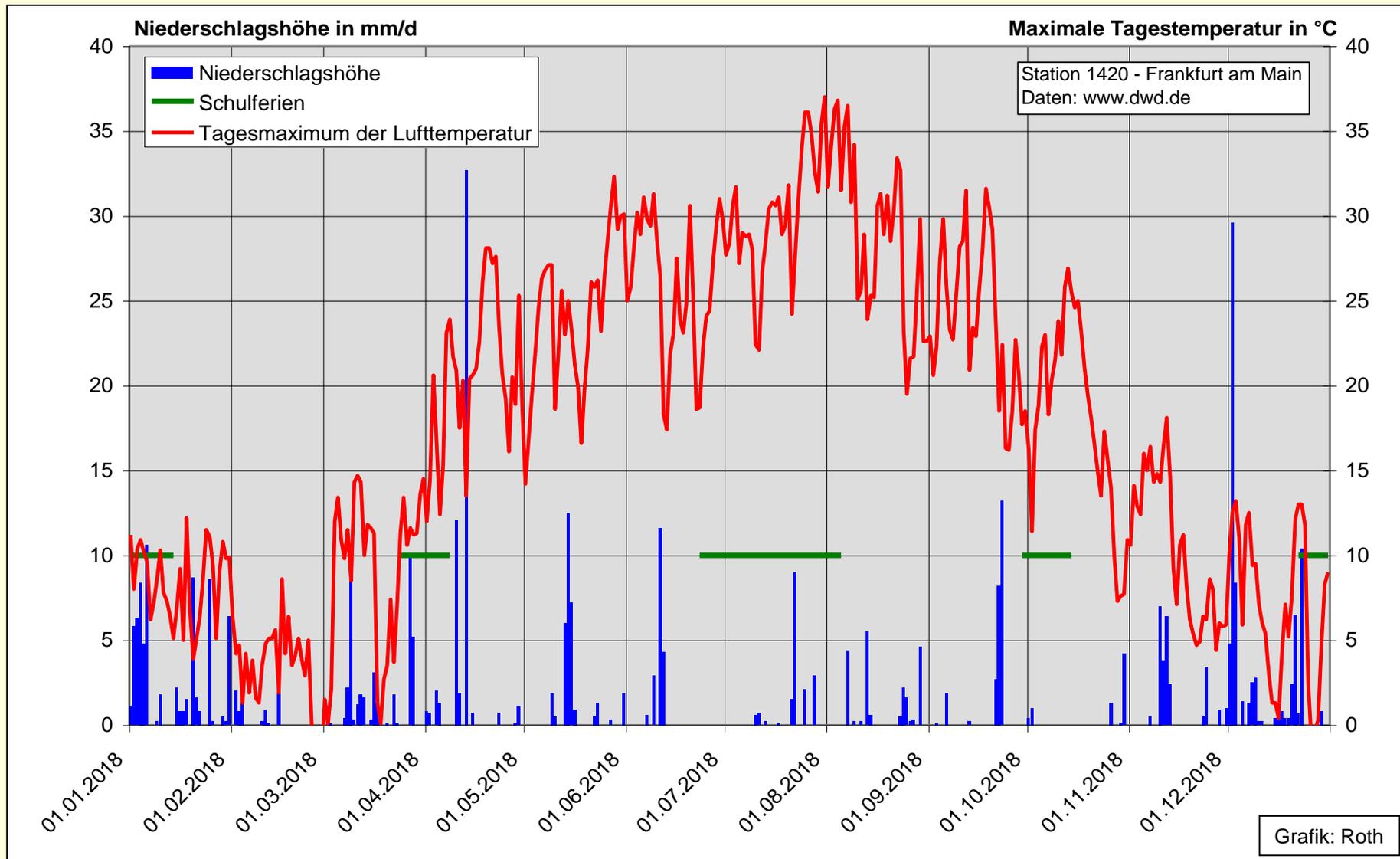
- abhängig von Bauart und Geologie unterschiedliche Charakteristik
- oft ähnliches Verhalten wie Quellen
- bei Stauhaltung Reservebildung für die Spitzenlastabdeckung möglich

➤ **Voraussetzung ist immer die Beschränkung auf das nutzbare Grundwasserdargebot, also die Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung.**

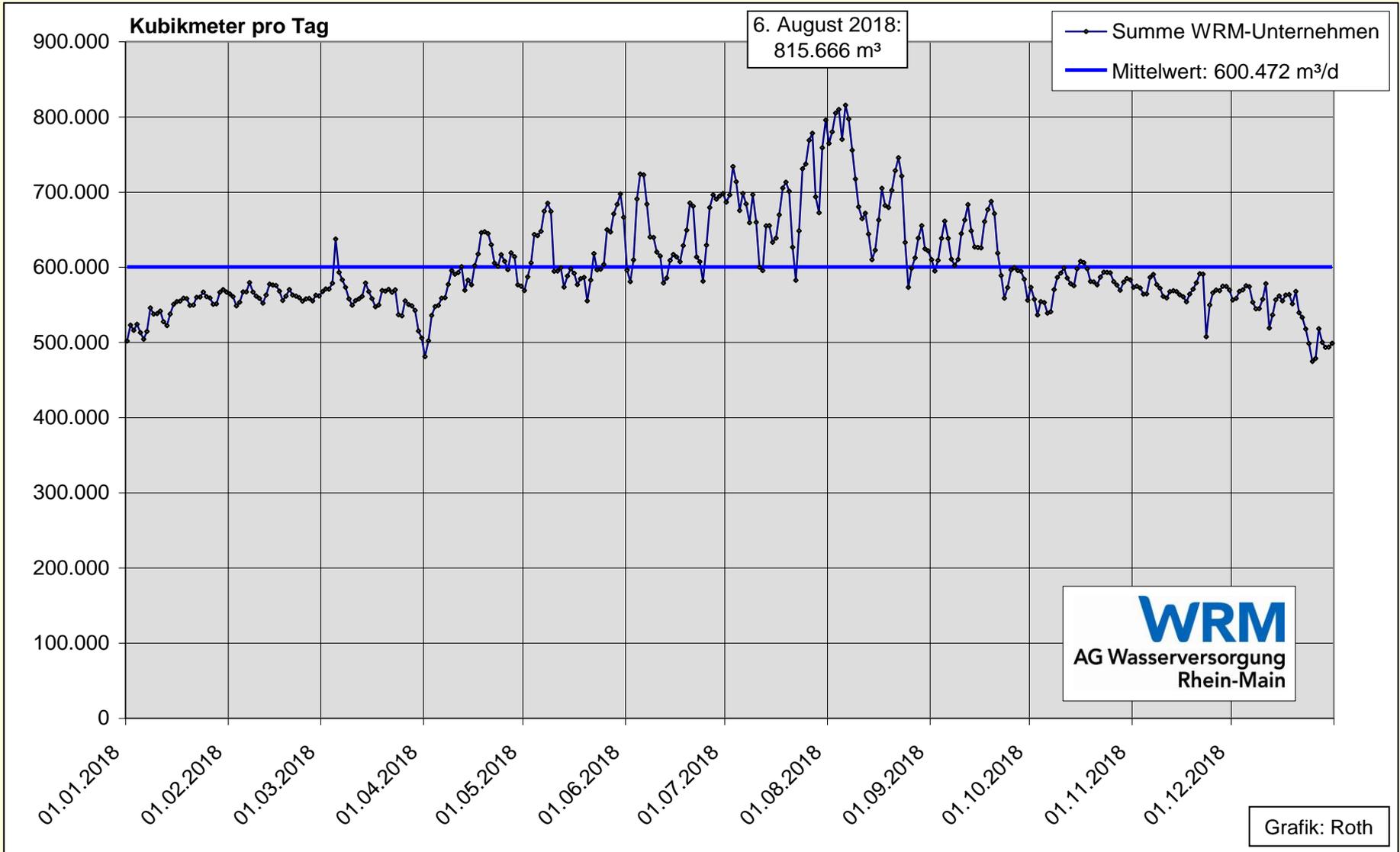
Jahresniederschlag in Frankfurt am Main 1960 – 2022



Trockenjahr 2018: Temperatur, Niederschlag und Schulferien

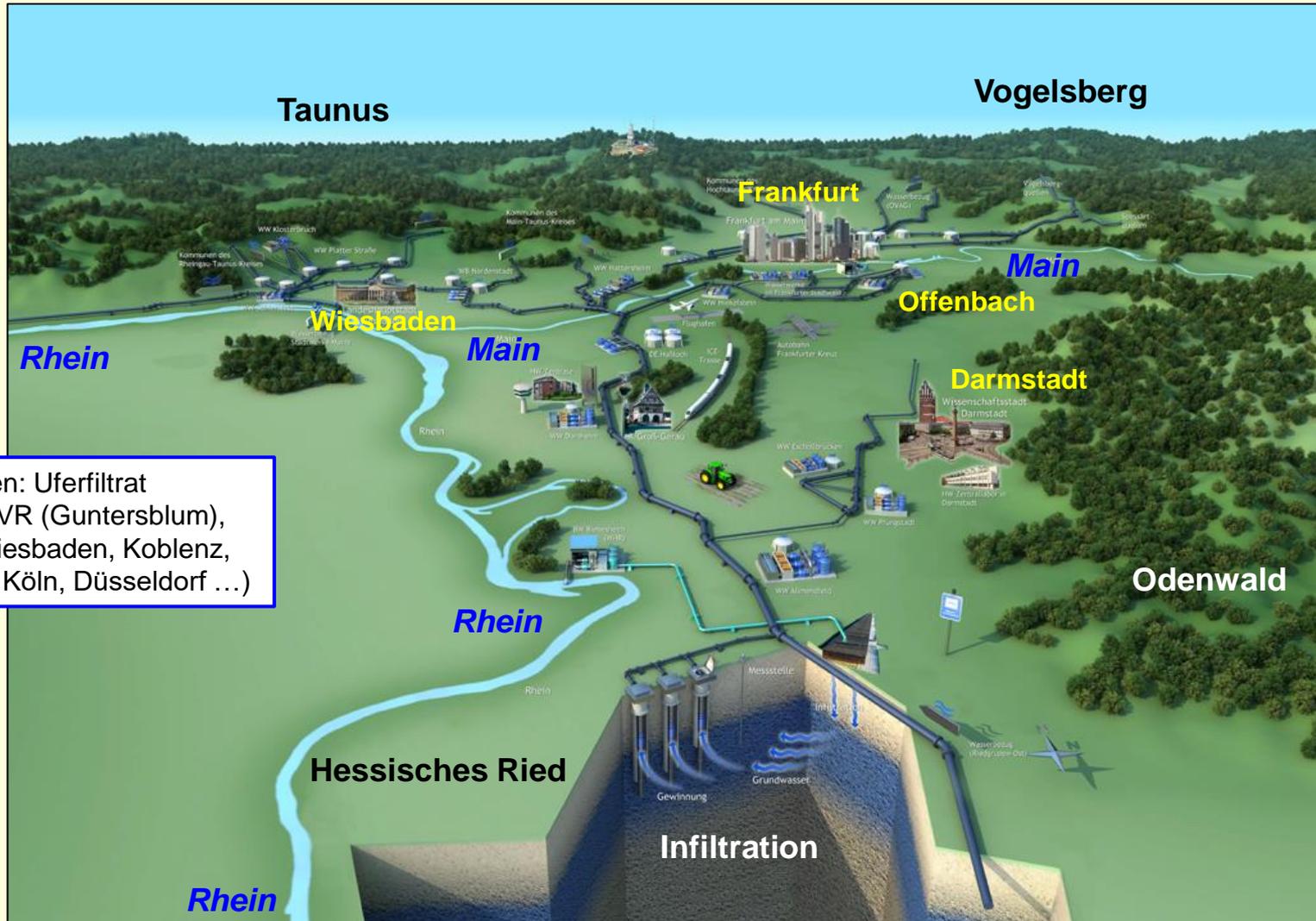


Wasserbeschaffung der WRM-Unternehmen, Tageswerte 2018



⇒ Die Spitzenlastabdeckung ist maßgeblich für die Bemessung der Anlagen und die Versorgungssicherheit

Leitungsverbund: Rückgrat der regionalen Wasserversorgung in der Rhein-Main-Region



An Flüssen: Uferfiltrat
⇒ z.B. WVR (Guntersblum),
Mainz, Wiesbaden, Koblenz,
Neuwied, Köln, Düsseldorf ...)

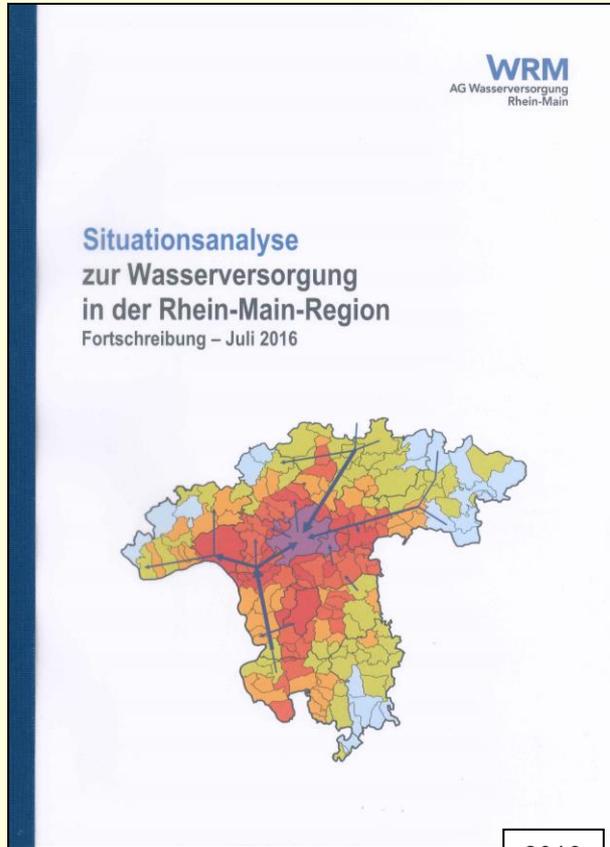
Grafik: Hessenwasser GmbH & Co. KG
<https://www.hessenwasser.de/>

Problematik in Trockenjahren – Situation in den Mittelgebirgen

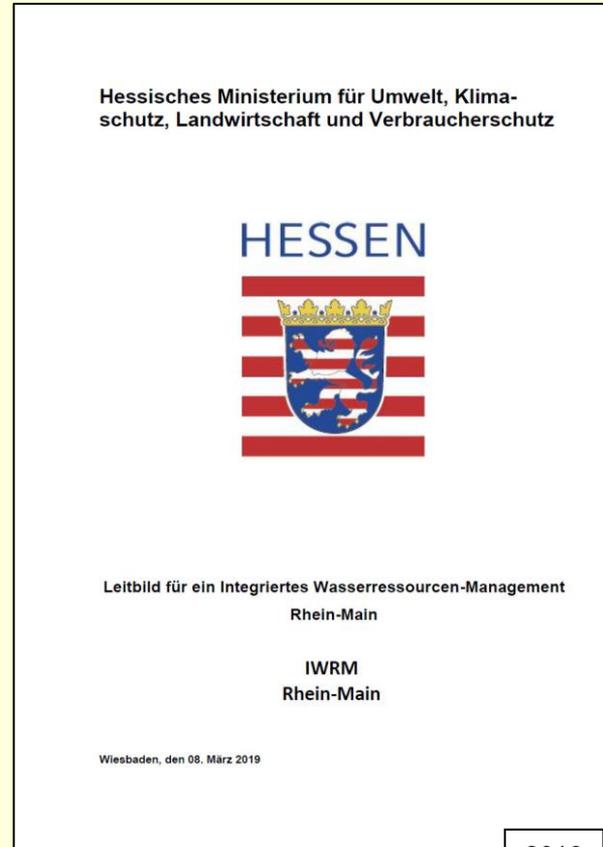
Situation in Trockenjahren

- Im Sommer treten ausgeprägte Bedarfsspitzen auf (vgl. DVGW W 410).
- Eine besondere Rolle spielen dabei die Gartenbewässerung und das Befüllen von Pools – verstärkt seit den Lockdowns 2020.
- Die örtliche Wassergewinnung ist durch die hydrogeologische Situation z.B. im Rheinischen Schiefergebirge beschränkt.
- Bei Gewinnungsanlagen wie Quellen, Stollen und flachen Brunnen geht nach anhaltender Trockenheit das Dargebot zurück.
- Bei Überlagerung von hohem Wasserbedarf und niedriger Schüttung entstehen örtlich Wassernotstände.
- Neuerschließungen sind aufgrund der hydrogeologischen Situation im Taunus und im Westerwald in der Regel unmöglich.
- In der Rhein-Main-Region – vor allem im Taunus – sind viele Kommunen von Zulieferungen aus dem regionalen Leitungsverbund abhängig.
- In Normaljahren wie 2007 – 2014 sieht es so aus, als wäre alles in Ordnung.
⇒ die Politik sieht dann keinen Handlungsbedarf.
- Die Bevölkerung hält „Quellwasser“ für „besonders gut“ (Bierwerbung!) und besteht auf deren Weiterbetrieb, auch wenn sie unsicher sind.

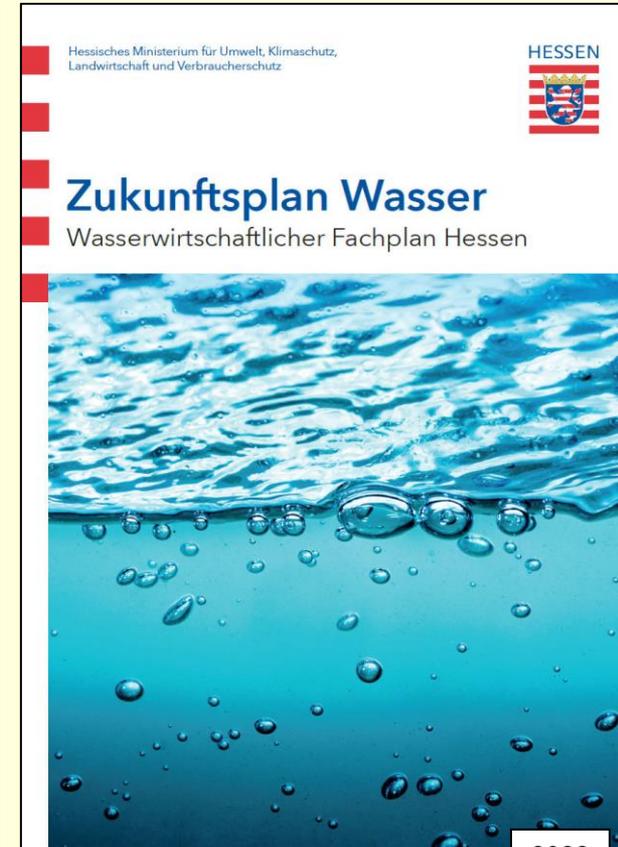
Konzepte zur Sicherstellung der Wasserversorgung: Beispiel Hessen



2016



2019



2022

Beteiligte in der WRM:
11 Unternehmen/Verbände, Behörden, Fachverbände

Bearbeitung:
Dr.-Ing. Ulrich Roth
in Zusammenarbeit mit dem WRM-Arbeitskreis „Wasserbilanz“

<https://www.ag-wrm.de>
<https://dr-roth-badems.de>

<https://umwelt.hessen.de>

⇒ Förderprogramm für
„Kommunale Wasserkonzepte“

**Auf Bundesebene:
Nationale Wasserstrategie, 2021**

Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung

Auswirkungen des Klimawandels

- Die Durchschnittstemperaturen steigen seit Jahrzehnten.
- Die Extremereignisse nehmen zu (Hitze, Hochwasser etc.).
- Die Winterniederschläge nehmen zu.
 - ⇒ Zunahme der Grundwasserneubildung.
- Die Vegetationsperiode wird länger.
 - ⇒ Abnahme der Grundwasserneubildung.
- Die Trockenperioden im Sommer werden intensiver.
 - ⇒ Rückgang der Quellschüttungen.
 - ⇒ Stärkere Bedarfsschwankungen.
 - ⇒ Zunahme des Beregnungswasserbedarfs (Landwirtschaft).
- Lokal / regional erhebliche Unterschiede.
- Klimastudien ⇒ Was kommt auf uns zu?

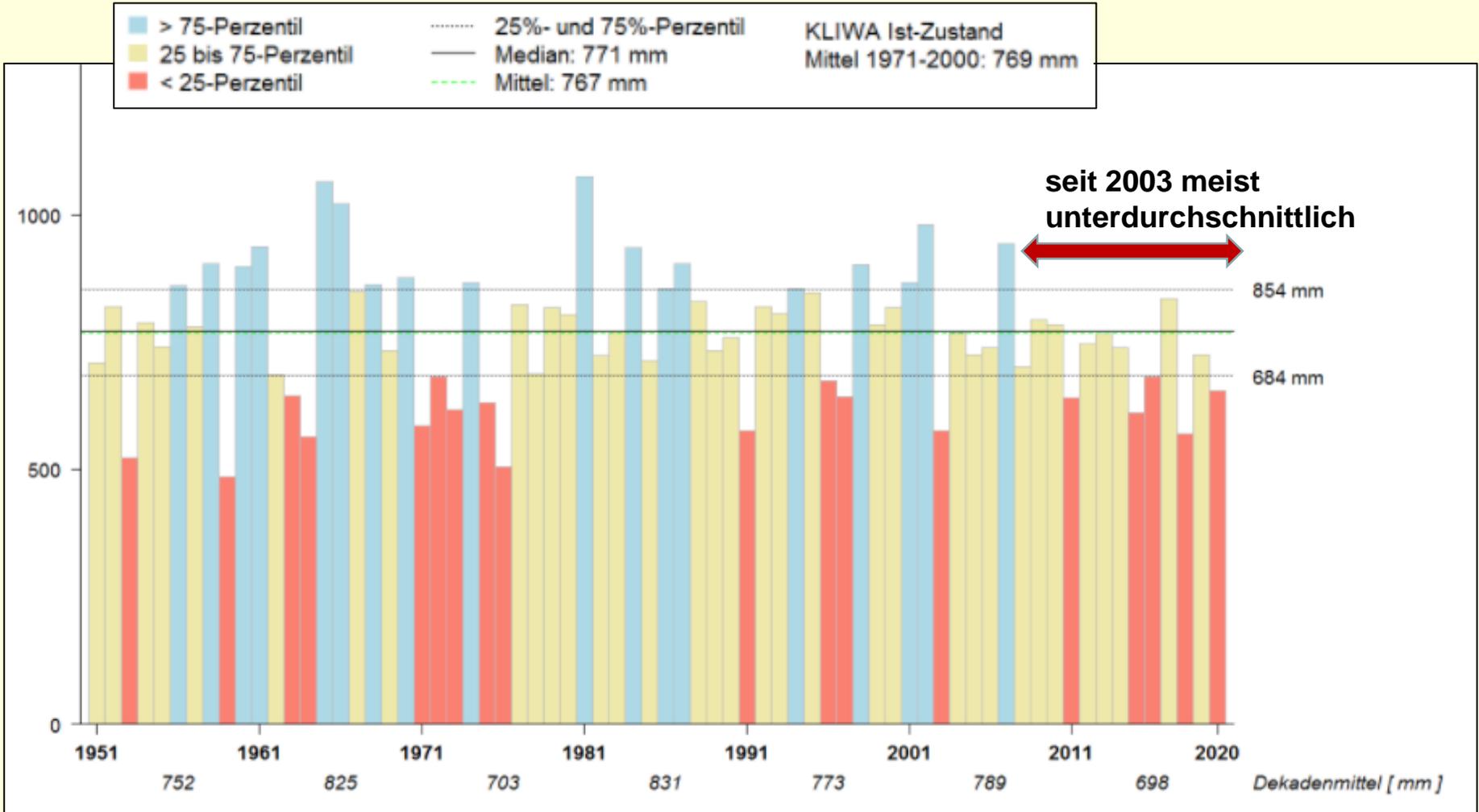
Auswirkungen des Klimawandels auf das Wasserdargebot

Auswirkungen des Klimawandels

- KLIWA-Studien (BaWü, Bayern, RLP, Hessen)
- AnKliG-Projekt (HLNUG, BGS Umwelt, Hessenwasser (Roth), 2010)
 - ⇒ Hessisches Ried, Odenwald
- WRM: Aktuelle Studie (BGS Umwelt, 2022)
 - ⇒ Hessisches Ried, Untermain, Wetterau und Westlicher Vogelsberg
- Weitere Studien in anderen Bundesländern ...

Entwicklung des Jahresniederschlags in Hessen 1951 - 2020

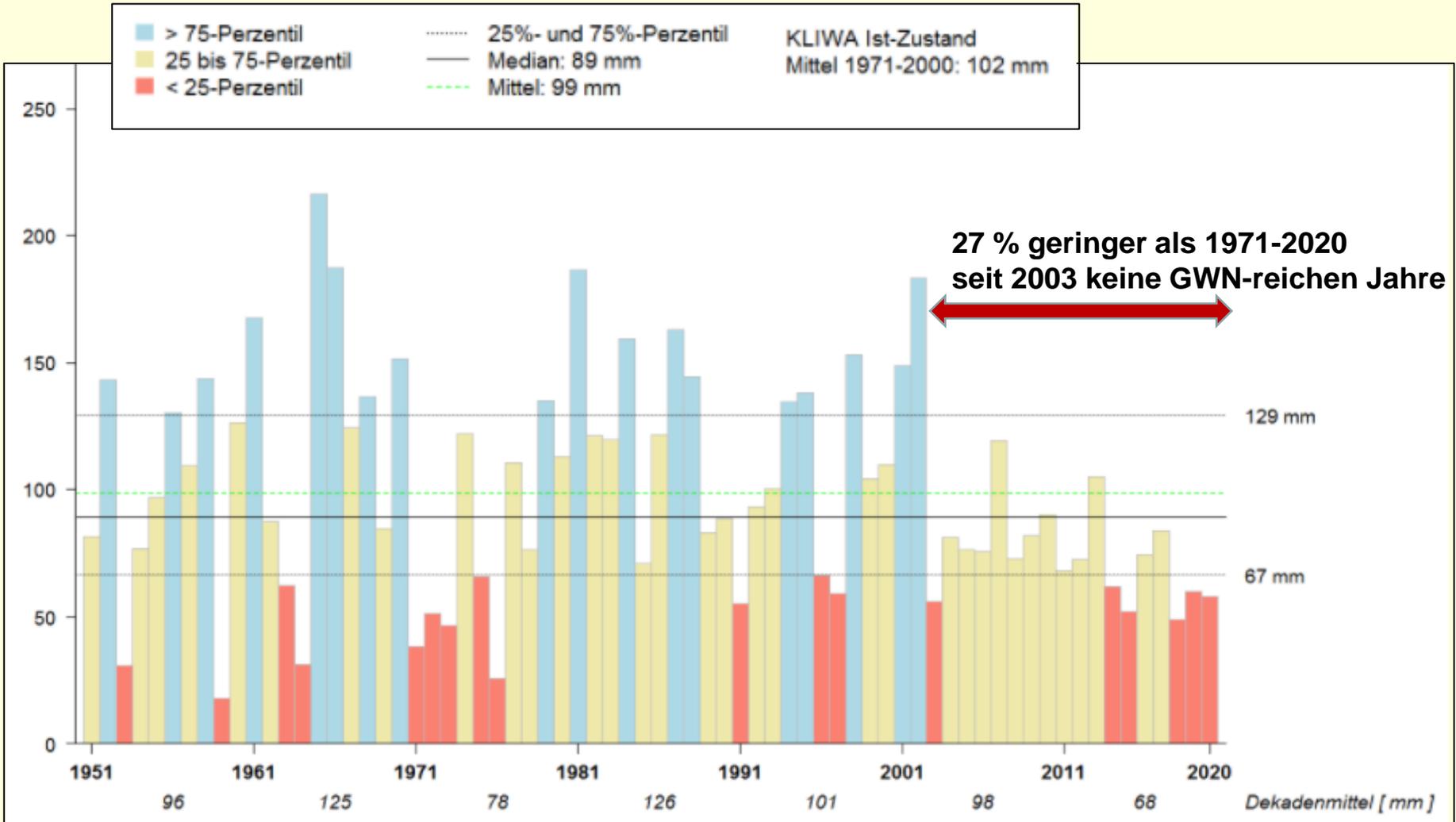
Hohe jährliche und dekadische Variabilität
 Seit 2003 meist unterdurchschnittlich
 Langfristig kein eindeutiger Trend



Grafik: KLIWA; M. Hergesell, HLNUG

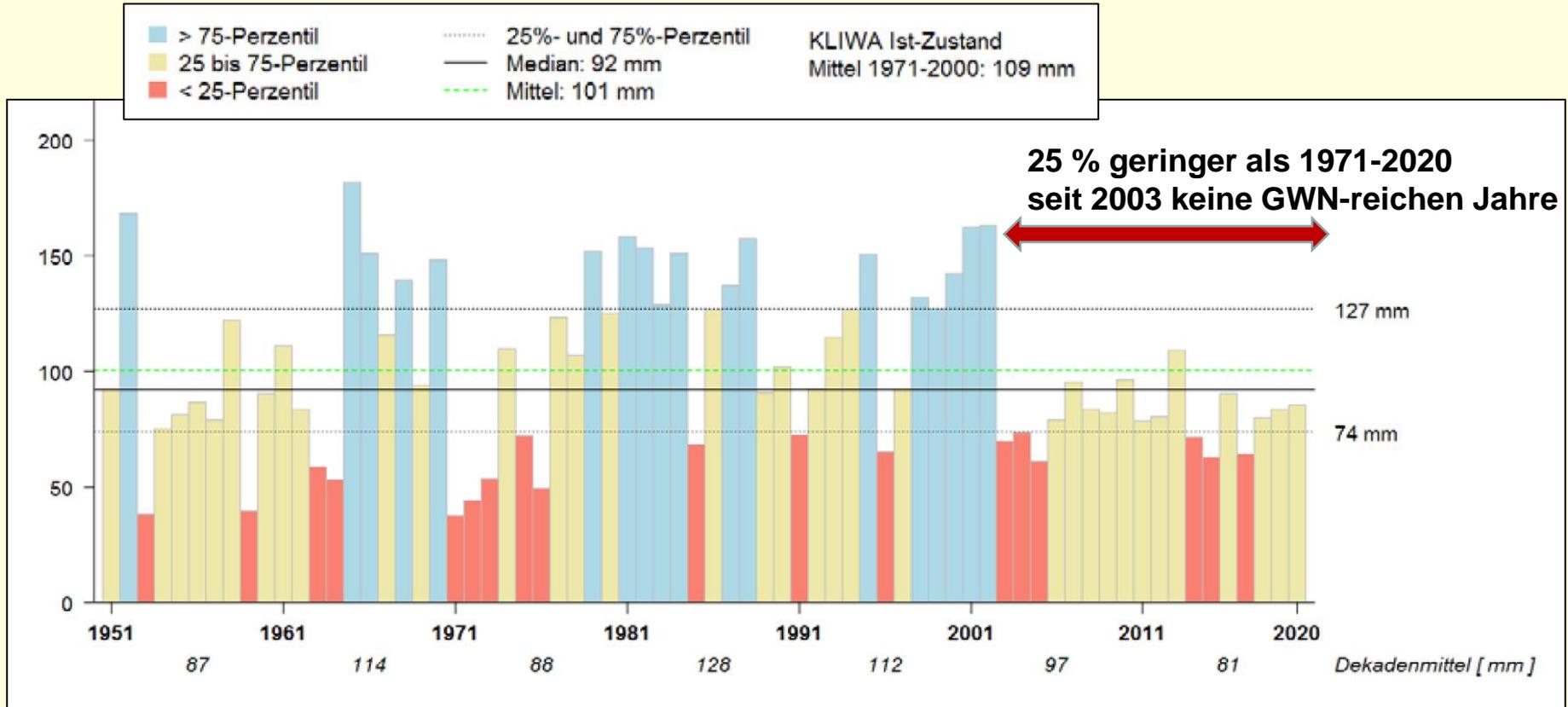
Entwicklung der Grundwasserneubildung in Hessen 1951 - 2020

Bis 2003 extreme jährliche Variabilität; es gab schon immer extreme Einzeljahre
 Seit 2003 meiste unterhalb des Mittelwertes
 Seit 2003 keine neubildungsreichen Nassjahre mehr; geringere jährliche Variabilität



Grafik: KLIWA; M. Hergesell, HLNUG

Entwicklung der Grundwasserneubildung in Rheinland-Pfalz 1951 - 2020

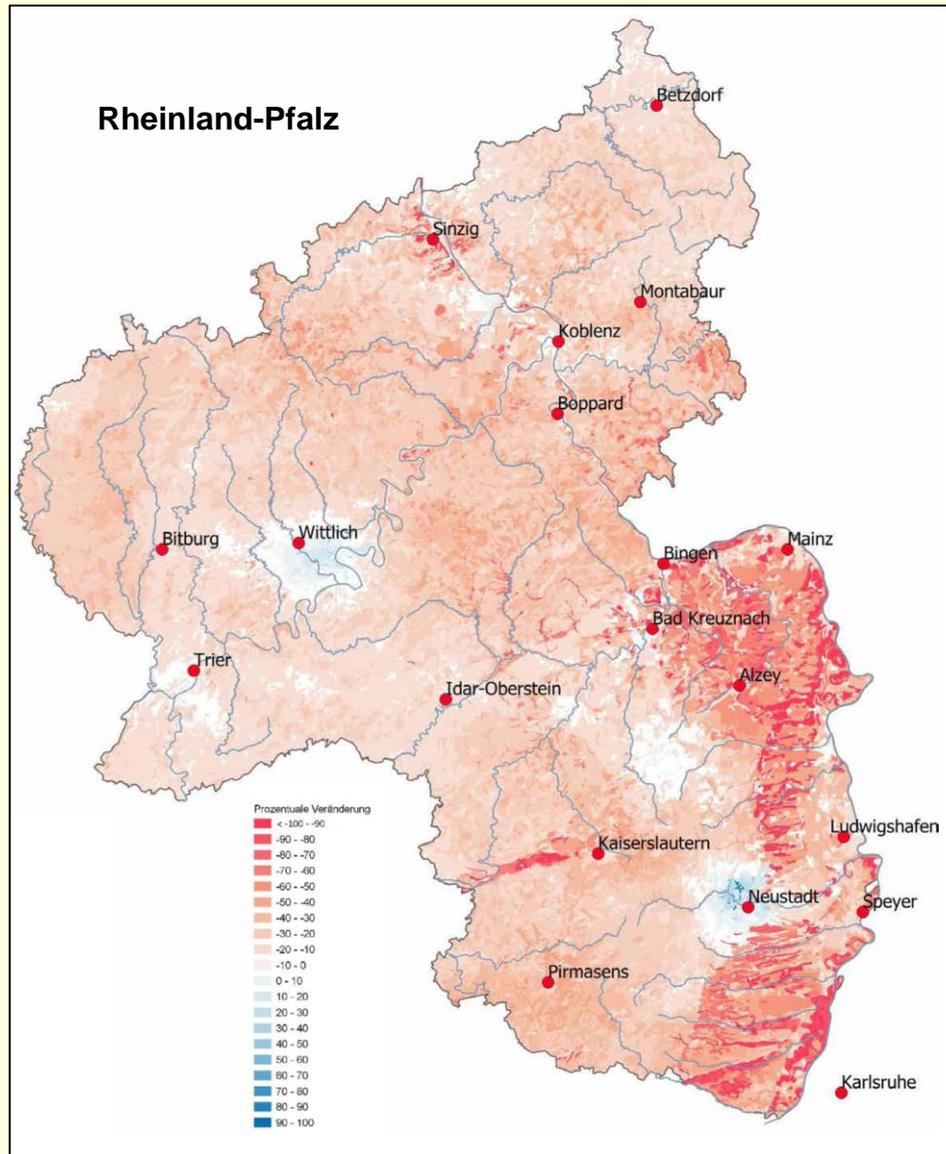


Grafik: KLIWA

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz:

Wasserversorgungsplan Rheinland-Pfalz 2022

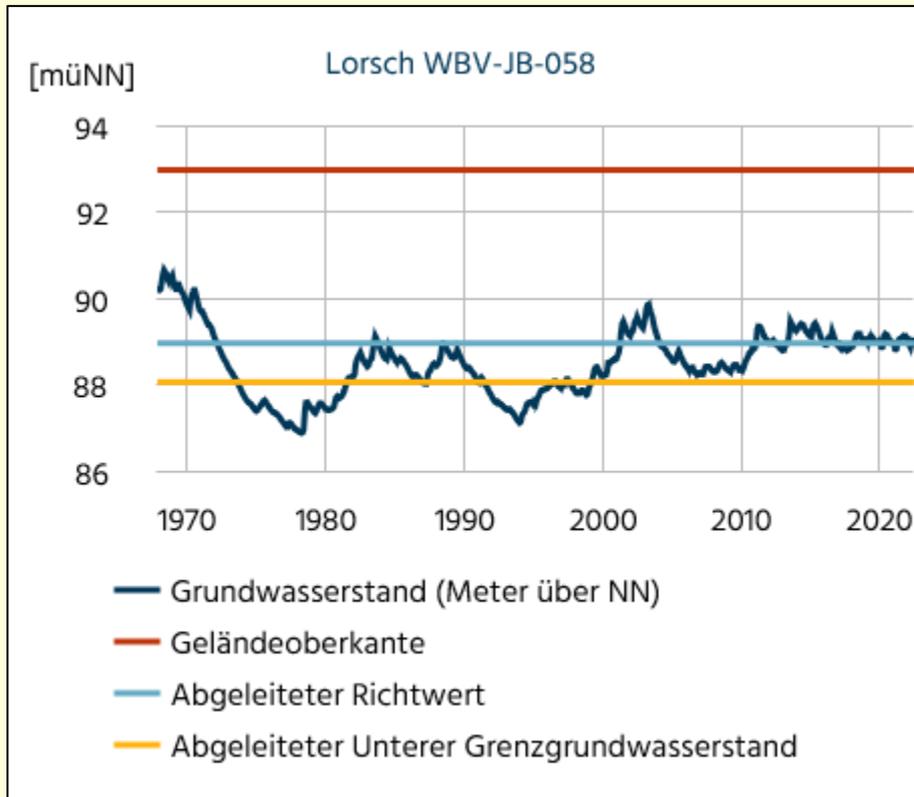
Prozentuale Veränderung der Grundwasserneubildung des Mittels der Reihe 2003 - 2020 gegenüber dem der Reihe 1951 - 2002



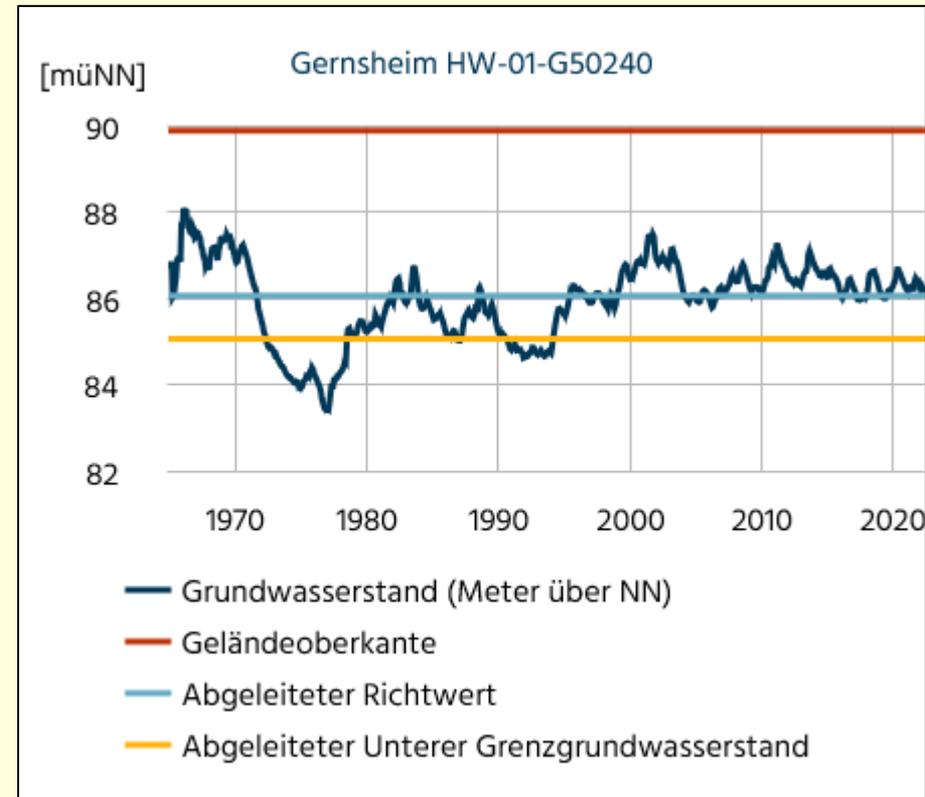
Grafik: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz: Wasserversorgungsplan Rheinland-Pfalz 2022

Grundwasserstände im Hessischen Ried, ca. 1965/70 – 2021

Südliches Ried: Lorsch



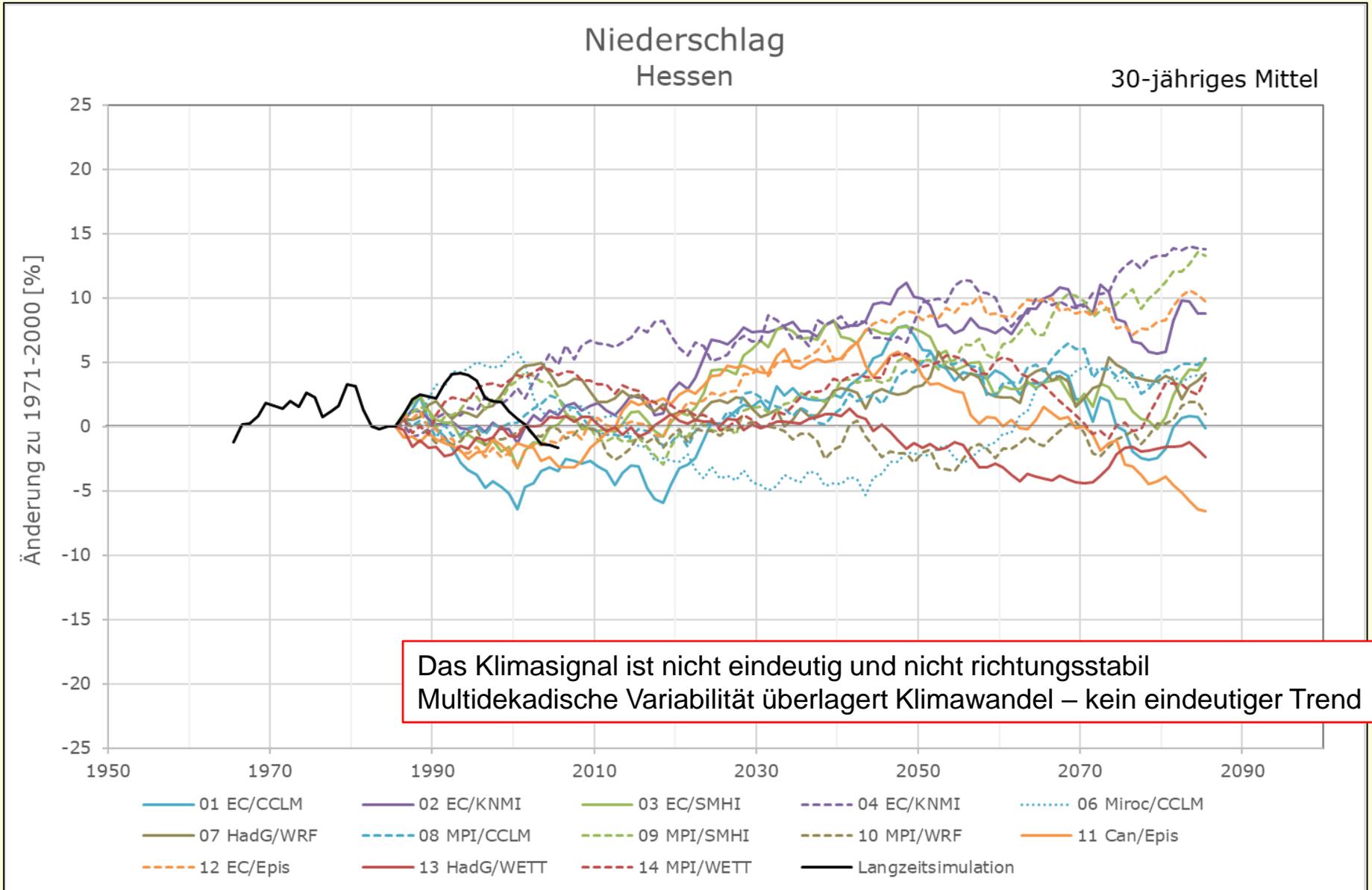
Mittleres Ried: Gernsheim



Grafiken: www.grundwasser-online.de

- ⇒ Infiltrationsgestützt seit Ende 1989
- ⇒ Abgestimmte Rahmenbedingungen für die Grundwasserstände: Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried, 1999.
- ⇒ Randbedingung 1: Untere Grenzgrundwasserstände (Ökologie)
- ⇒ Randbedingung 2: Obere Grenzgrundwasserstände (Bebauung)

Entwicklungspfade des Niederschlags (Jahressumme) – RCP 8.5



Erwartete Auswirkungen des Klimawandels

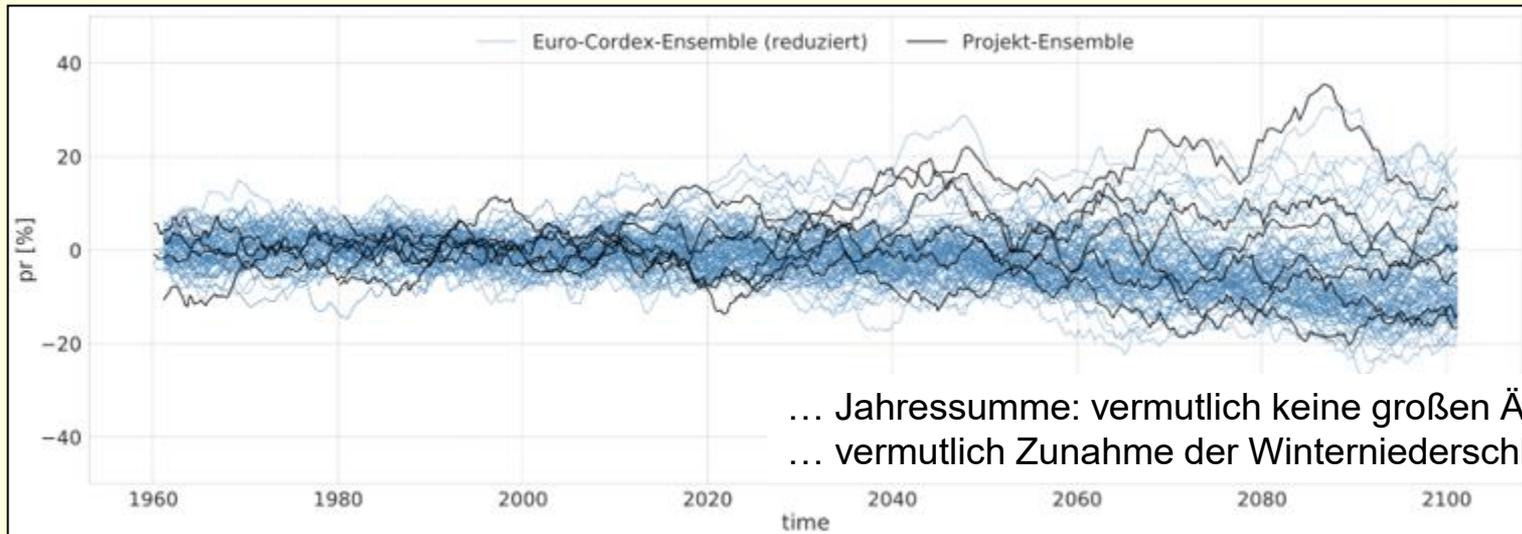
Grafiken:

Modellrechnungen für 1960 – 2100

BGS UMWELT
Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH

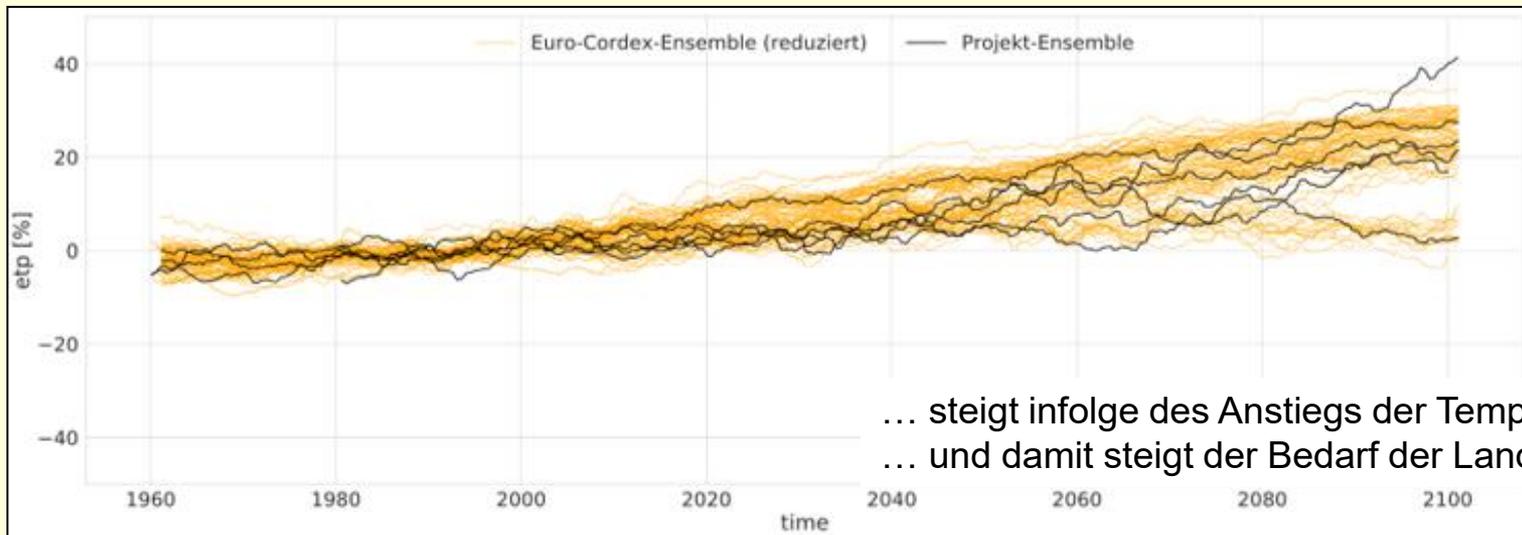
für **WRM**
AG Wasserversorgung
Rhein-Main

Niederschlag



... Jahressumme: vermutlich keine großen Änderungen
... vermutlich Zunahme der Winterniederschläge

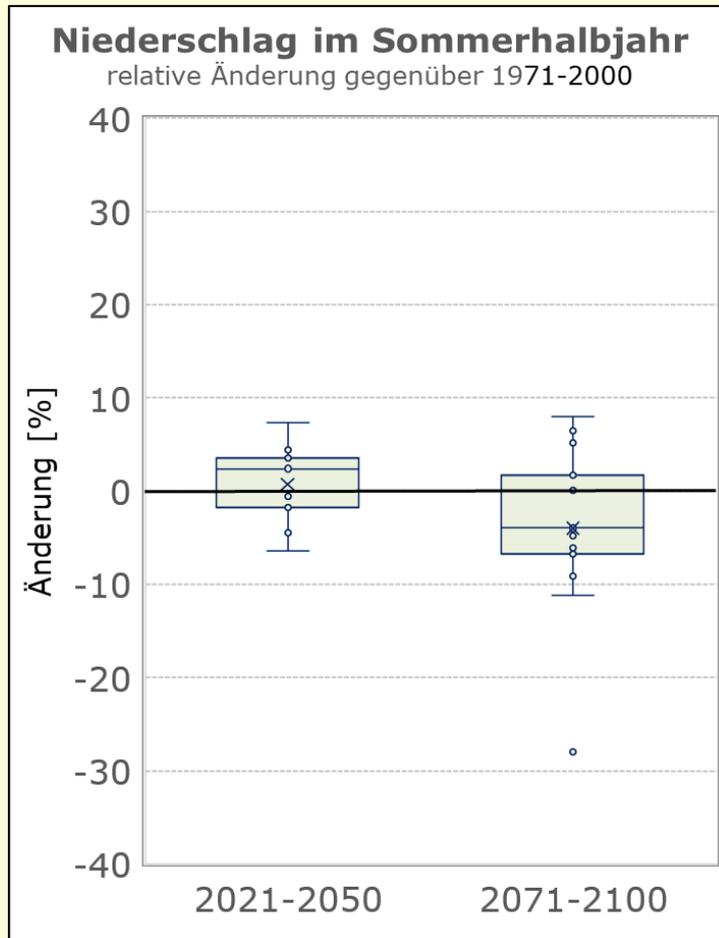
Verdunstung



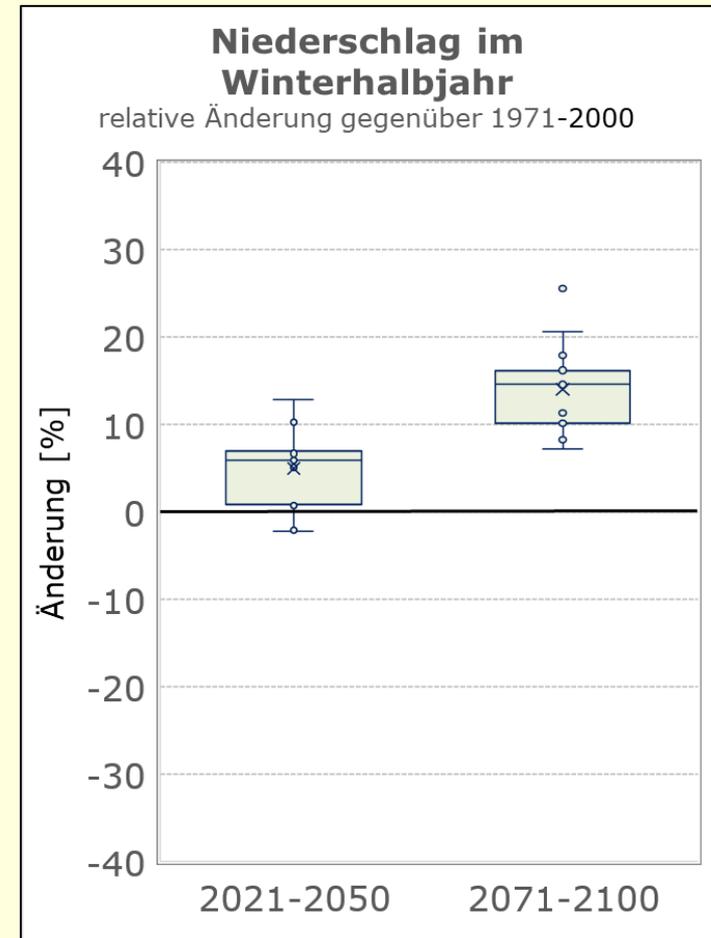
... steigt infolge des Anstiegs der Temperatur
... und damit steigt der Bedarf der Landwirtschaft

Änderung des jahreszeitlichen Niederschlags (RCP 8.5) Relative Änderung 2021-2050 und 2071-2100 gegenüber 1971-2000

Grafiken: KLIWA; M. Hergesell, HLNUG

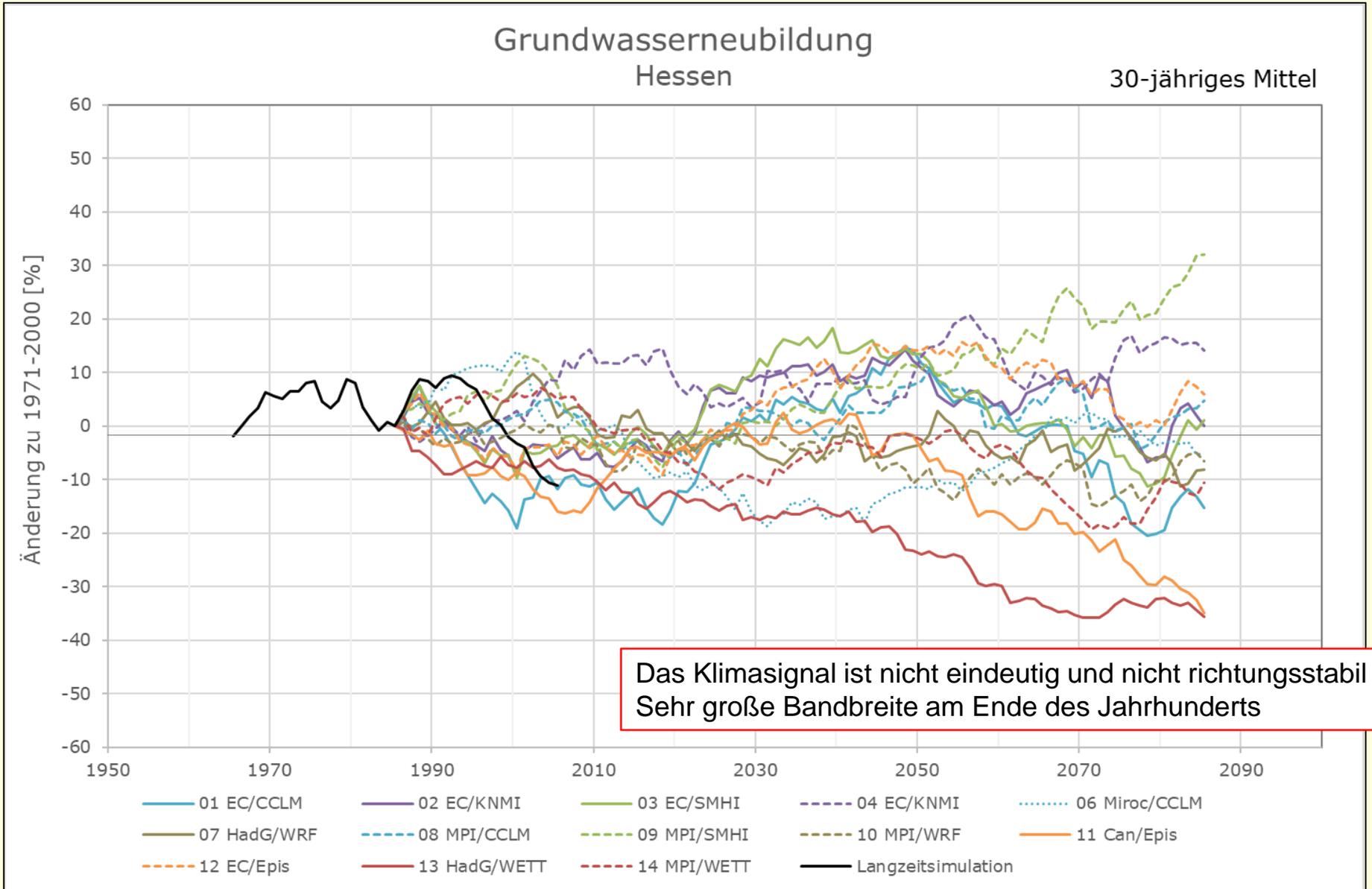


Änderungssignal nicht eindeutig
Tendenziell leichte Abnahme in der fernen Zukunft
Hohe Verdunstungsrate & Vegetationsperiode
Geringer Einfluss auf die GW-Neubildung



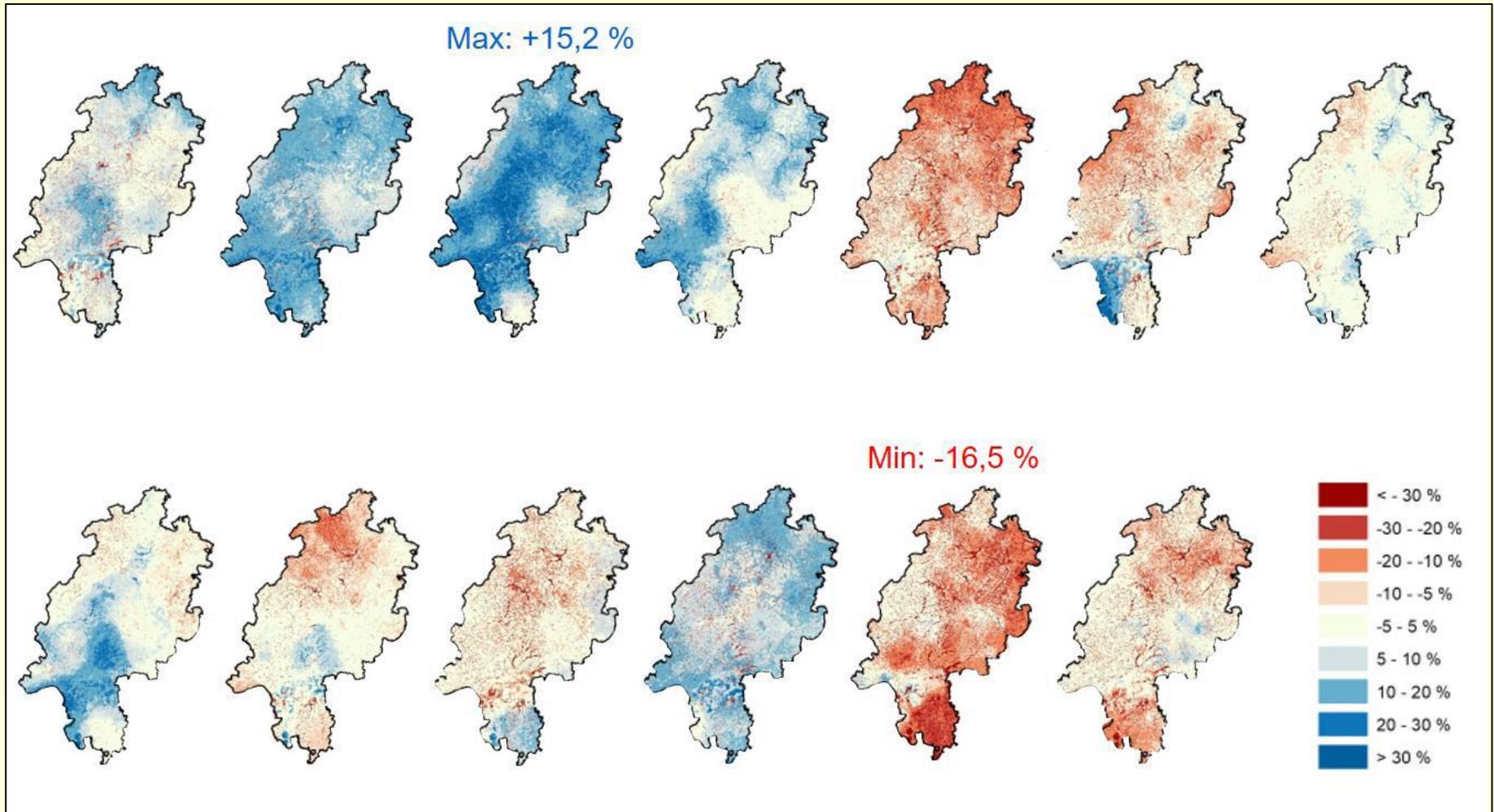
Änderungssignal nahezu eindeutig
Relativ deutliche Zunahme in der fernen Zukunft
Geringe Verdunstungsrate
Positive Auswirkung auf die GW-Neubildung

Entwicklungspfade der Grundwasserneubildung – RCP 8.5



Änderungssignale für die Grundwasserneubildung: nahe Zukunft

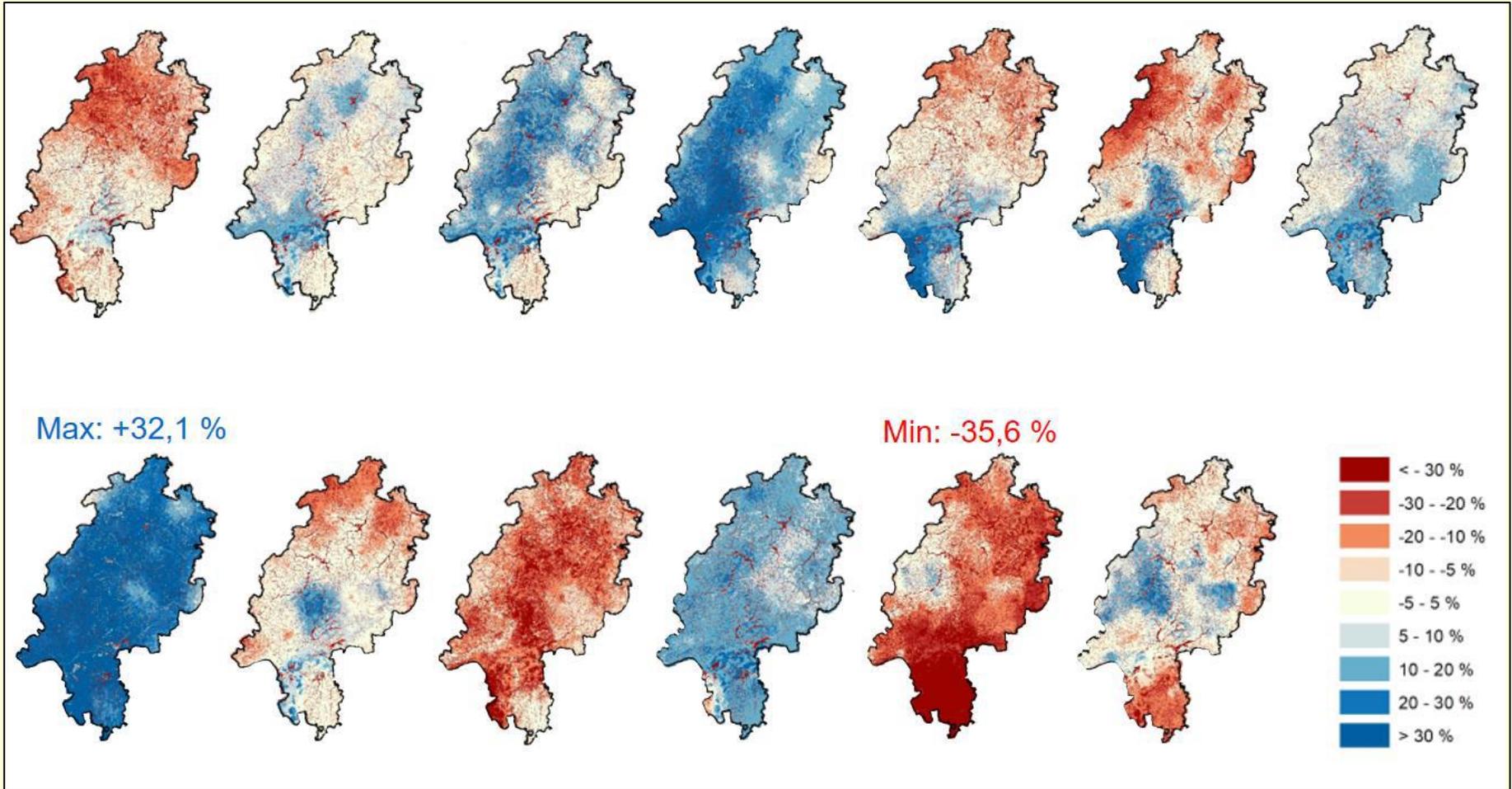
Relative Änderung 2021 - 2050 gegenüber 1971 - 2000



Grafik: KLIWA; M. Hergesell, HLNUG

Änderungssignale für die Grundwasserneubildung: ferne Zukunft

Relative Änderung 2071 - 2100 gegenüber 1971 - 2000



Grafik: KLIWA; M. Hergesell, HLNUG

Auswirkungen des Klimawandels auf das Wasserdargebot

Auswirkungen des Klimawandels

- KLIWA-Studien (BaWü, Bayern, RLP, Hessen)
- AnKliG-Projekt (HLNUG, BGS Umwelt, Hessenwasser (Roth), 2010)
 - ⇒ Hessisches Ried, Odenwald
- WRM: Aktuelle Studie (BGS Umwelt, 2022)
 - ⇒ Hessisches Ried, Untermain, Wetterau und Westlicher Vogelsberg
- Erwartete Entwicklung der Grundwasserneubildung:
 - ⇒ Nahe Zukunft: +/- 15 %
 - ⇒ Ferne Zukunft: +/- 30 %
- Problem: Wir kennen die Zukunft nicht.
- Die Politik will einfache „Wahrheiten“.
- Die Medien wollen einfache und spektakuläre „Wahrheiten“.
- „Trittbrettfahrer“ suchen spektakuläre Auftritte und Geschäftsmodelle.
- **Wir müssen sachlich mit dem Problem umgehen.**

Technische Lösungsansätze

Lösungsansätze

- Optimierung der örtlichen Versorgungsstrukturen / innerörtlicher Verbund.
- Optimierung der überörtlichen und regionalen Verbundstrukturen.
- Prüfung des Behälterbestandes: Größe, Zustand, Alter, Steuerung.
- Prüfung der Behälterbewirtschaftung:
 - ⇒ tatsächlich genutztes Behältervolumen!
 - ⇒ Festlegung der Schaltpunkte!
- Umgang mit Grundwasserbelastungen (Nitrat, PSM, Sonstiges)
 - ⇒ ggf. Optimierung der Wasseraufbereitung
- Optimierung der Wassernutzung
 - ⇒ Zielsetzung der kommunalen Wasserkonzepte in Hessen
- Konsequenter Grundwasserschutz
 - ⇒ Flächennutzungs- / Bauleitplanung, Gewerbe, Landwirtschaft etc.
- Sinnvoller Umgang mit Wasser, vor allem im Sommer
 - ⇒ Information der Bevölkerung
 - vor allem in Bezug auf Gartenbewässerung und Befüllen von Pools.
- Weitergehende Wassersparkonzepte werden gerne überschätzt.
 - ⇒ vor allem werden sie nur langfristig wirksam (... 2080 ...)

Klimawandel: Resultierende Erfordernisse für die Wasserversorgung

Erfordernisse für die Wasserversorgung

- Prinzip der Nachhaltigkeit in allen Bereichen!
- Pflege, Wartung und rechtzeitige Erneuerung der Anlagen!
- Wir können nicht jetzt die Wasserversorgung auf eine zukünftige Situation einstellen, die wir nicht prognostizieren können!
- Die Gegenüberstellung von maximal denkbarem Wasserbedarf und minimal denkbarem Wasserdargebot („Katastrophenszenario“) ist für die aktuelle, kurz- bis mittelfristige Maßnahmenplanung und -umsetzung (Prognosehorizonte 2030 ... 2040) ungeeignet!
- Sie wird aber für politische Entscheidungen, langfristige Planungen, Planungsoptionen und Ausblicke benötigt: Was kann kommen?
- Wir müssen die Entwicklung beobachten!
- Wir müssen uns alle Optionen offenhalten!!!
- Erforderlich ist konsequenter Grundwasserschutz!!!
- Erforderlich ist verantwortungsbewusste Flächennutzungsplanung!!!

Fazit:

**Prognosen sind immer schwierig,
wenn sie die Zukunft betreffen.**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

DR.-ING. ULRICH ROTH
Beratender Ingenieur, Bad Ems

<https://dr-roth-badems.de>