



Grundwasser im Klimawandel


9. Wiesbadener Grundwassertag

Künftige Herausforderungen der Wasserwirtschaft

07.09.2023

Mario Hergesell

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat W4: Hydrogeologie, Grundwasser

- 
1. Aktuelle Grundwassersituation in Hessen
 2. Entwicklungen seit dem Jahr 2018
 3. Historische Einordnung
 4. Mögliche Veränderungen in der Zukunft
 5. Fazit

Bericht über negativen Trend
Deutschland trocknet aus - Grundwasser
sinkt

26.10.2022 11:16 Uhr



Dürre in Deutschland
Der große Kampf ums Wasser hat auch bei
uns längst begonnen

Freitag, 19.08.2022, 12:50



Bild **Trinkwasser-Notstand im
Taunus**
KÖNIGSTEIN SCHLÄGT ALARM
Von: SÖNKE SCHULENBURG
20.07.2022 - 19:50 Uhr

Wegen Niedrigwasser

Frankfurt und Main-Taunus-Kreis verbieten
Wasserentnahme aus Bächen

hessenschau

Veröffentlicht am 11.07.22 um 16:43 Uhr

3 **Trinkwassermangel in Kelkheim**
„Versorgung der Stadt gefährdet“

VON ANDREA DIENER - AKTUALISIERT AM 25.08.2022 - 17:33

FAZ

WASSERKNAPPHEIT

Verschwendung von Trinkwasser kostet in
Offenbach bis zu 5000 Euro

VON JOCHEN REMMERT - AKTUALISIERT AM 25.10.2022 - 21:33

FAZ.NET

Wassernotstand in Grävenwiesbach

1. Juli 2022



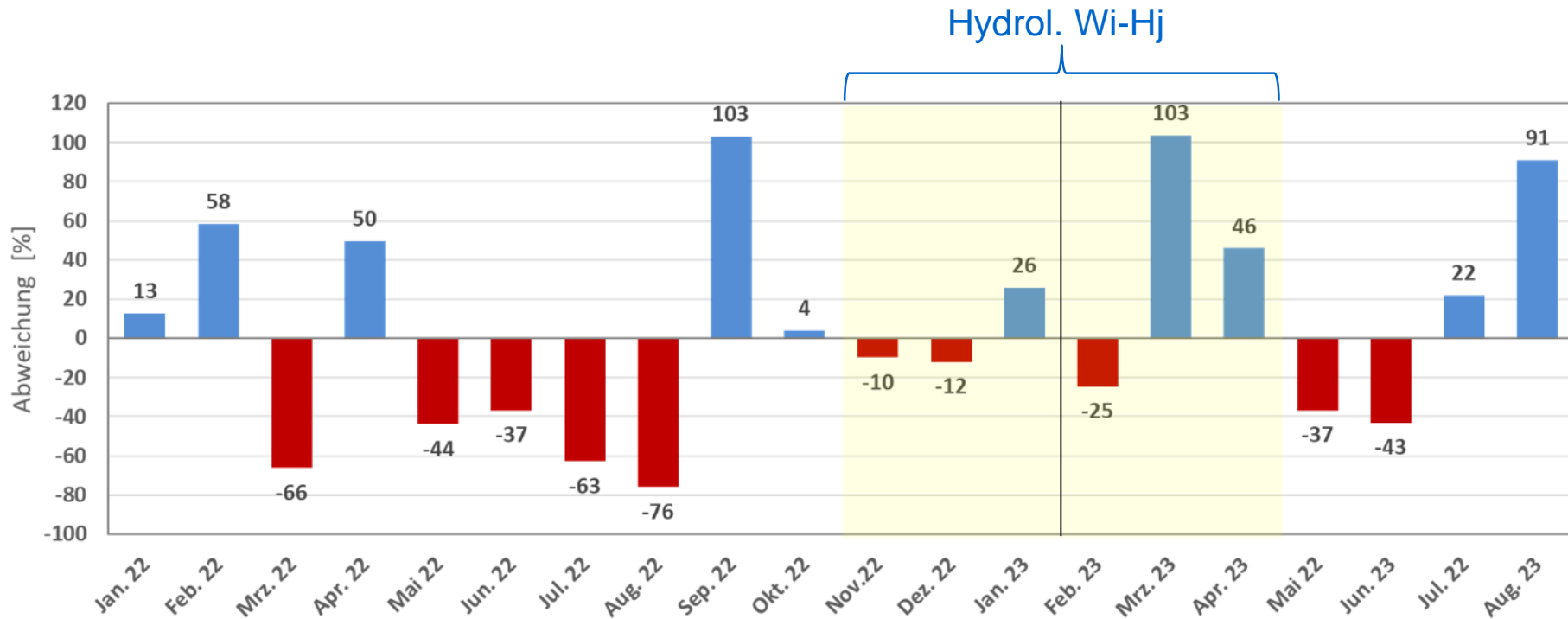
Dietzenbach

Stadt plant Gefahrenabwehrverordnung für
Wassernotstand

Erstellt: 09.07.2022, 04:37 Uhr
Von: Anna Scholze

op-online.de

Niederschlagsentwicklung seit Januar 2022



Niederschlagsdefizit (bezogen auf Referenzperiode 1991-2020)

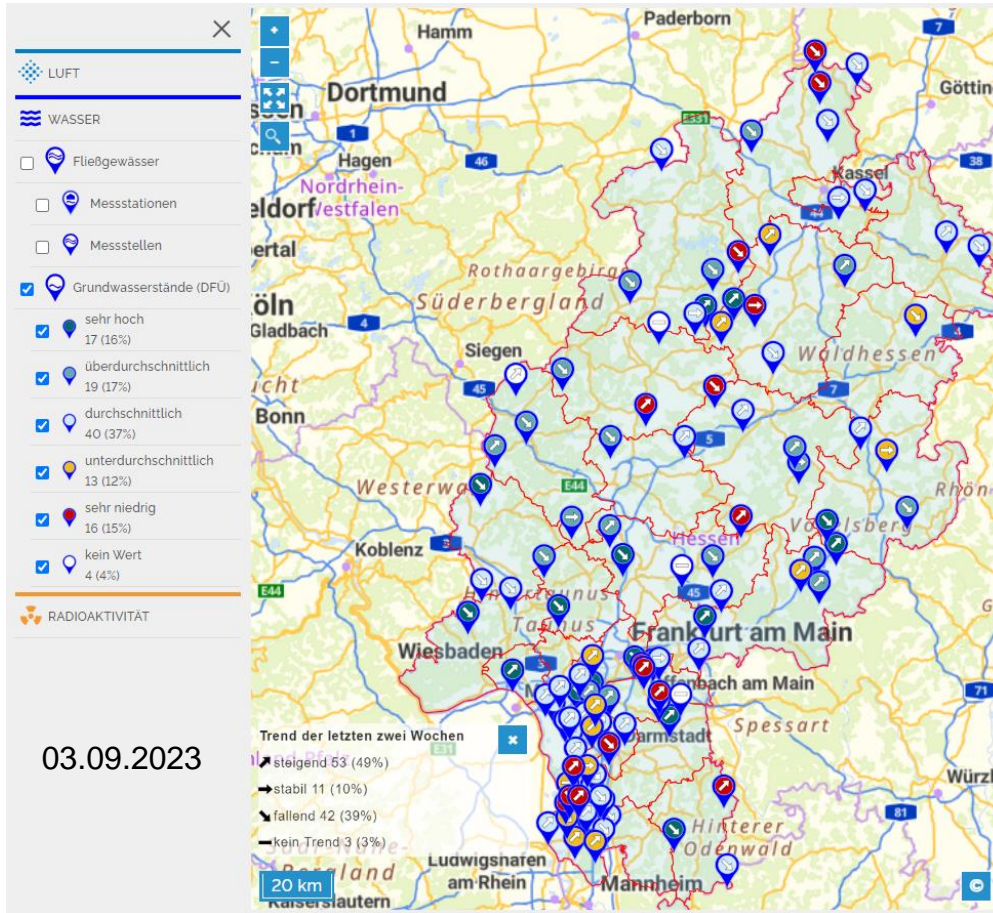
- Jahr 2023 (Jan. – Aug.): + 108 mm / + 22%
- Hydrolog. Winterhalbjahr (Nov. – Apr.): + 66 mm / + 18%

Grundwasserstandsentwicklung

- Stark fallende Grundwasserstände von Mai bis August 2022
- **Höhepunkt der Niedrigwassersituation und Dürre war Ende Aug. / Anfang Sept.**
- Trendwende im September 2022 durch ergiebige Niederschläge
- Erholung von September 2022 bis in den Mai 2023 hinein
- Mitte/Ende Mai Trendumkehr zu fallenden Grundwasserständen
- Weitere Erholung im Juli und August

1. Aktuelle Grundwassersituation in Hessen

HLNUG – Messdatenportal (Grundwasserstände)



Grundwasserstand	Anteil [%]
sehr hoch	16
überdurchschnittlich	17
durchschnittlich	37
unterdurchschnittlich	12
sehr niedrig	15

(an 5 % der Messstellen lagen keine Daten vor)

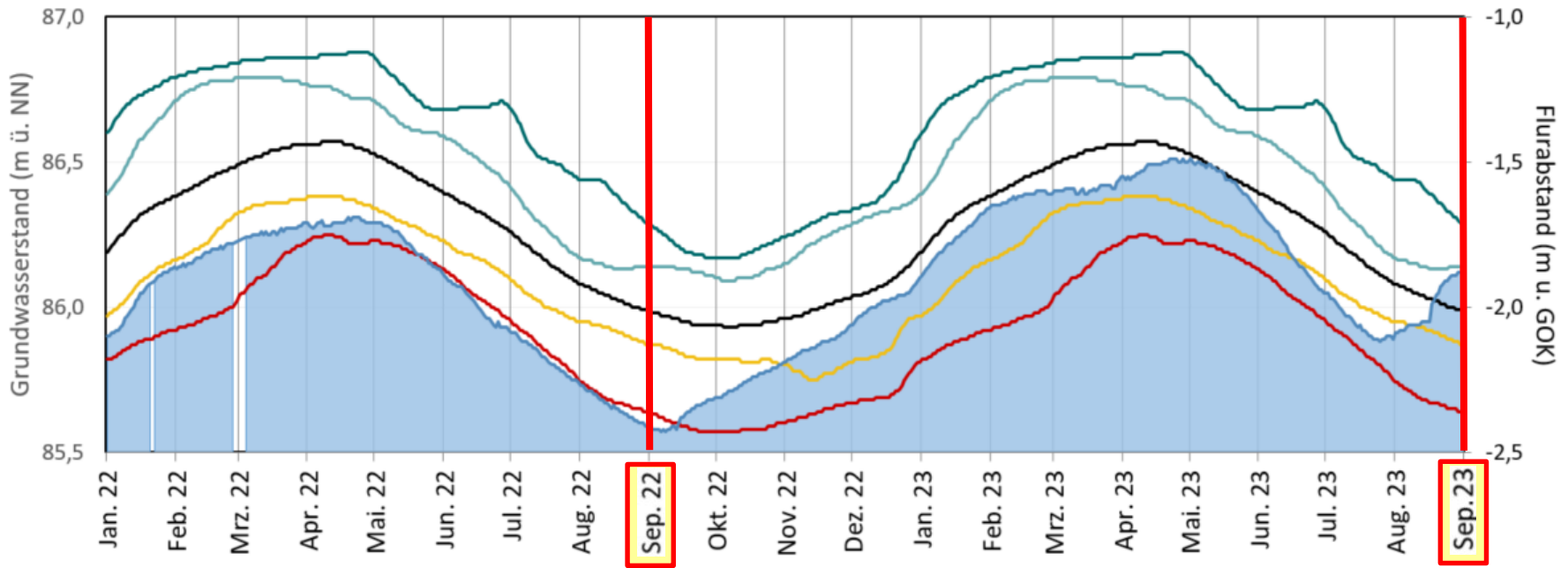
höher als Vorjahr	90
niedriger als Vorjahr	7



<https://www.hlnug.de/messwerte/datenportal/grundwasser>

Grundwasserstandsentwicklung seit Januar 2022

» Grundwassermessstelle Bauschheim 527055



- GW-Stand
- ▲ sehr hoch
- ▲ überdurchschnittlich
- mittel
- ▼ unterdurchschnittlich
- ▼ sehr niedrig

Vergleich Niedrigwassersituation Ende August 2022 mit aktueller Situation

Grundwasserstand	Ende Aug. 2022	Anfang Sept. 2023
sehr hoch	1 %	16 %
überdurchschnittlich	0 %	17 %
durchschnittlich	13 %	37 %
unterdurchschnittlich	22 %	12 %
sehr niedrig	60 %	15 %

(an 4 % der Messstellen lagen keine Daten vor) (an 4 % der Messstellen lagen keine Daten vor)

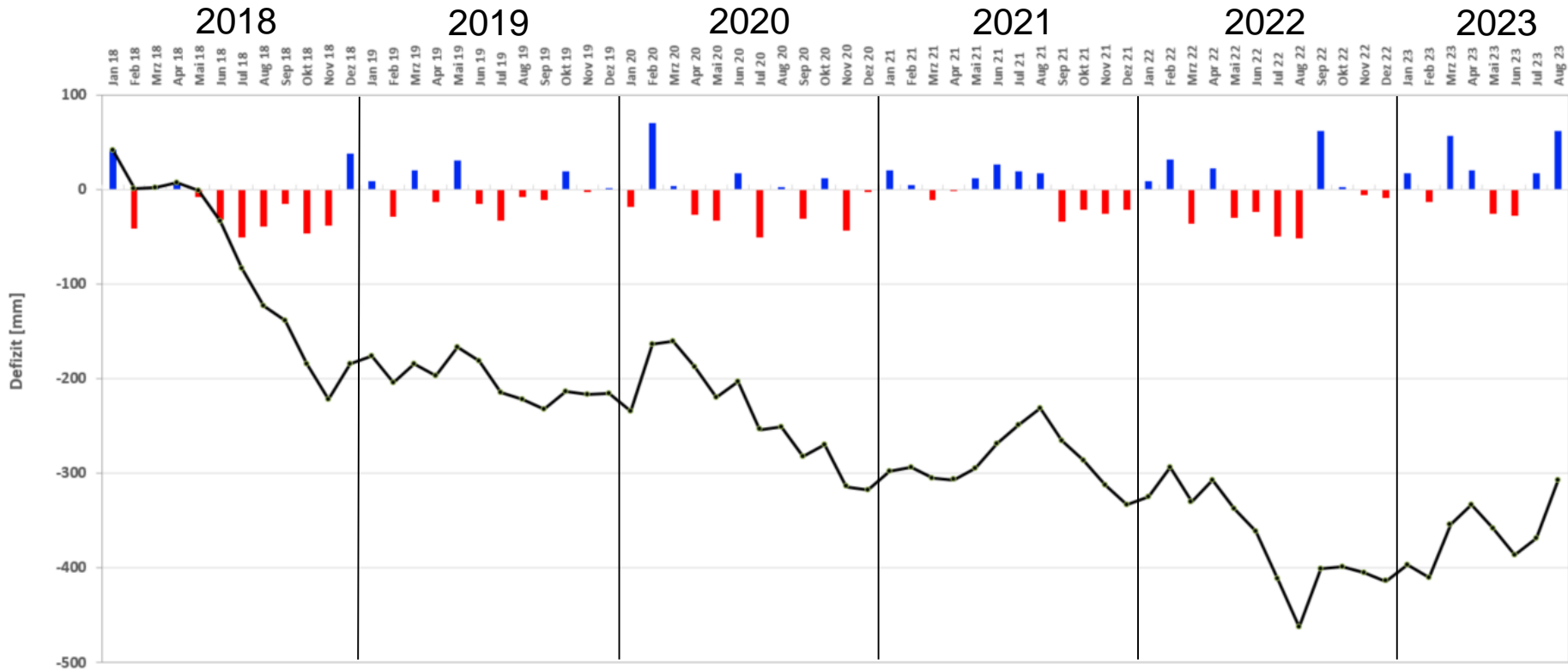
Tendenz	Ende Aug. 2022	Anfang Sept. 2023
steigend	7 %	49 %
stabil	5 %	10 %
fallend	84 %	39 %

Die überdurchschnittlichen Niederschläge der letzten 12 Monate haben zu einer Entspannung der Grundwassersituation in Hessen geführt.

Die aktuelle GW-Situation ist relativ ausgeglichen.

2. Entwicklungen seit dem Jahr 2018

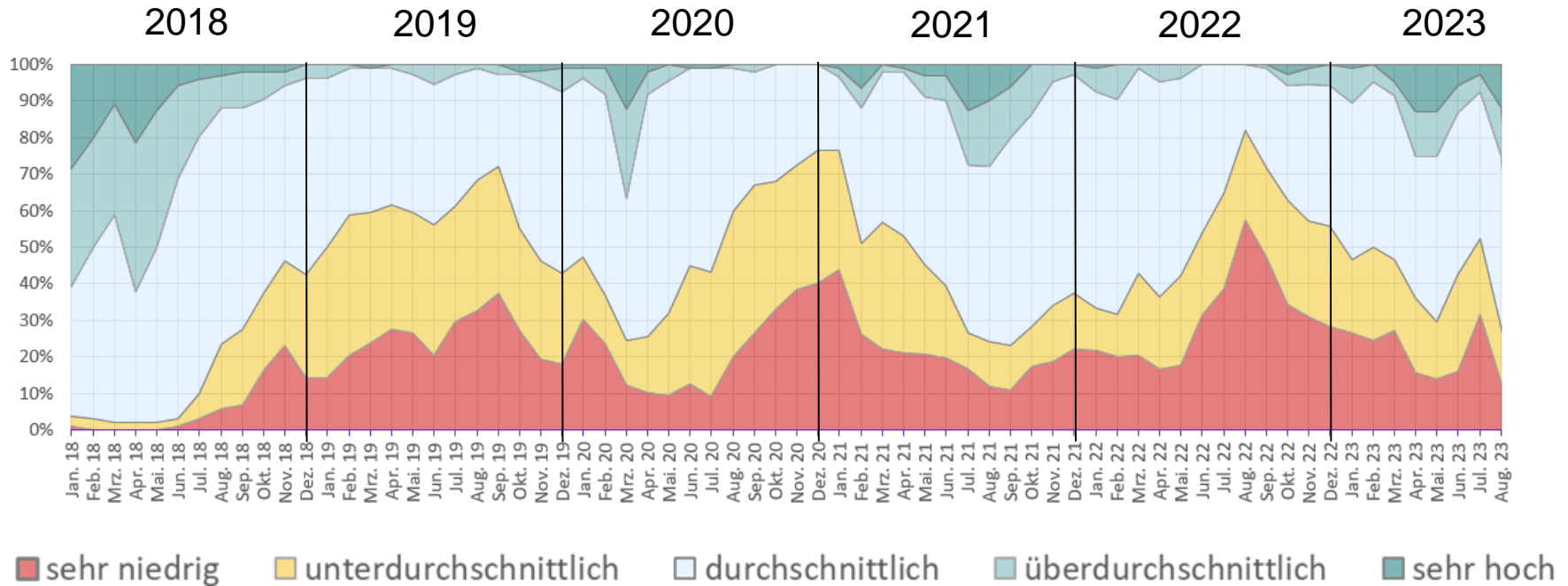
Entwicklung des Niederschlagsdefizits seit 2018



Bezogen auf die aktuelle Referenzperiode 1991-2020 beläuft sich das akkumulierte **Niederschlagsdefizit** seit Januar 2018 auf -306 mm.

Das entspricht rund 40 % des mittleren Jahresniederschlags.

Entwicklung der Grundwassersituation seit 2018



Die aktuelle Grundwassersituation in Hessen ist nicht nur auf den trockenen Witterungsverlauf des Jahres 2022, sondern im Wesentlichen auf das hohe Niederschlagsdefizit des extrem trockenen Jahres 2018 und die trockenen Folgejahre 2019 und 2020 zurückzuführen.

3. Historische Einordnung

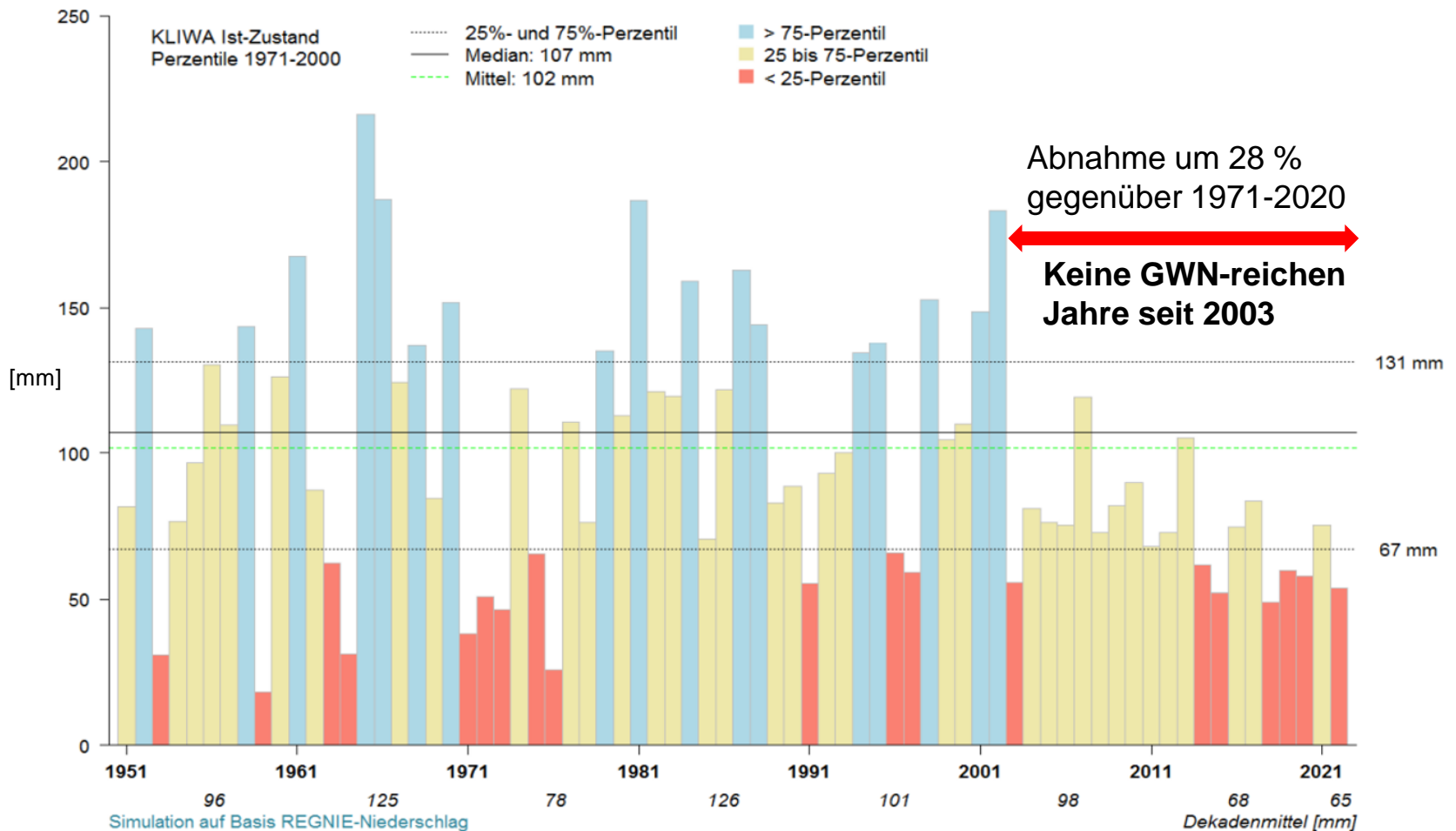
Bis 2003 extreme jährliche Variabilität

Seit 2003 meist unterhalb des Mittelwertes

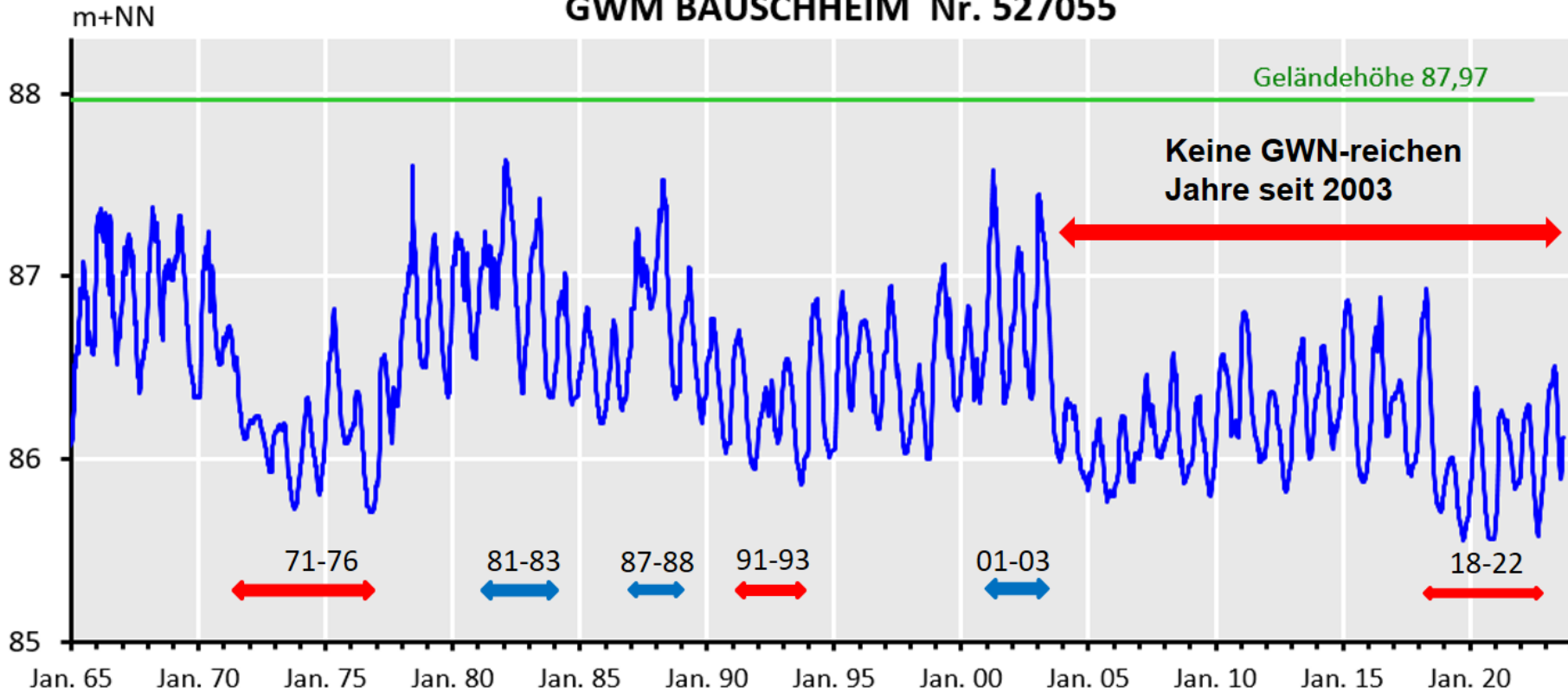
Es gab früher schon extremere Trockenjahre

Seit 2003 **keine Neubildungsreichen Nassjahre mehr**, geringere jährliche Variabilität

Entwicklung der Grundwasserneubildung Hessen 1951-2022



GWM BAUSCHHEIM Nr. 527055



Deutlich erkennbar ist die abrupte Niveau-Verschiebung seit dem Jahr 2003.

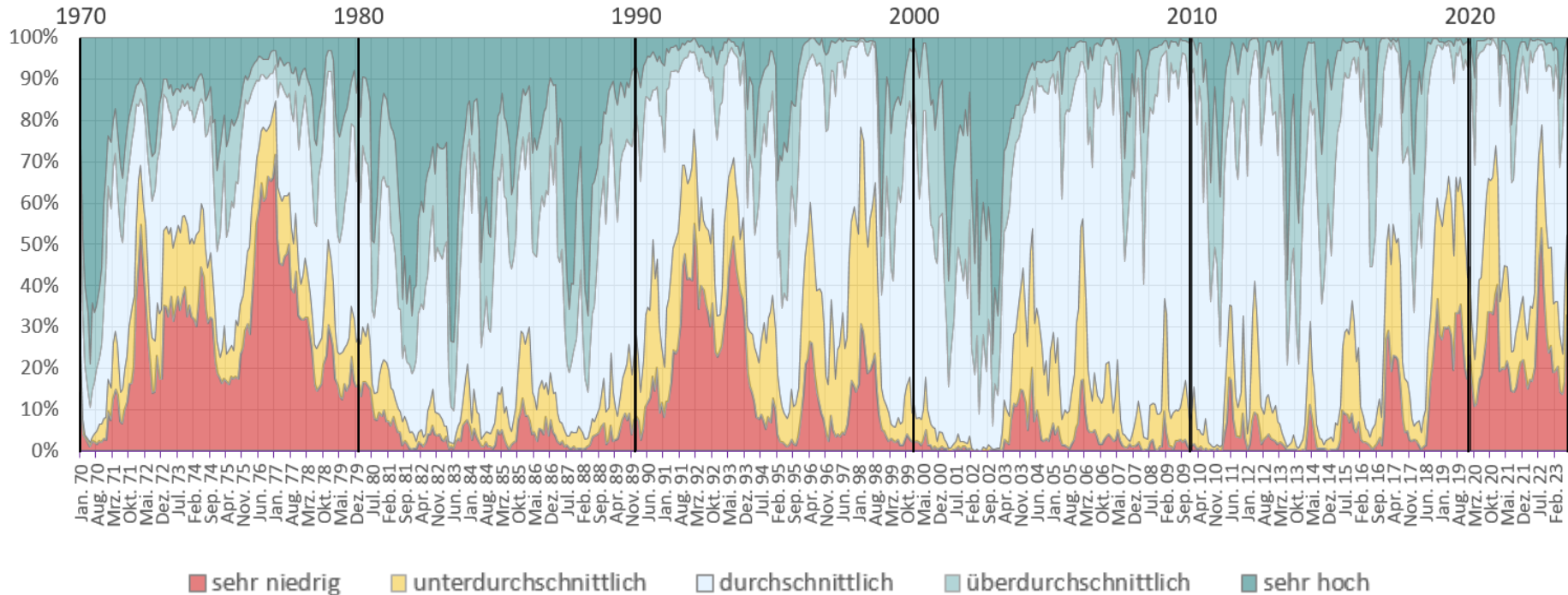
Besonders niedrig sind die Grundwasserstände in den letzten Jahren.

In den letzten 5 Jahren wurde an einigen Messstellen neue Niedrigstwerte erreicht.

Entwicklung der Grundwassersituation seit 1970

Entwicklung der Grundwassersituation in Hessen (Monatsmittelwert)

296 Messstellen die ab 1970 durchgehend Messwerte haben

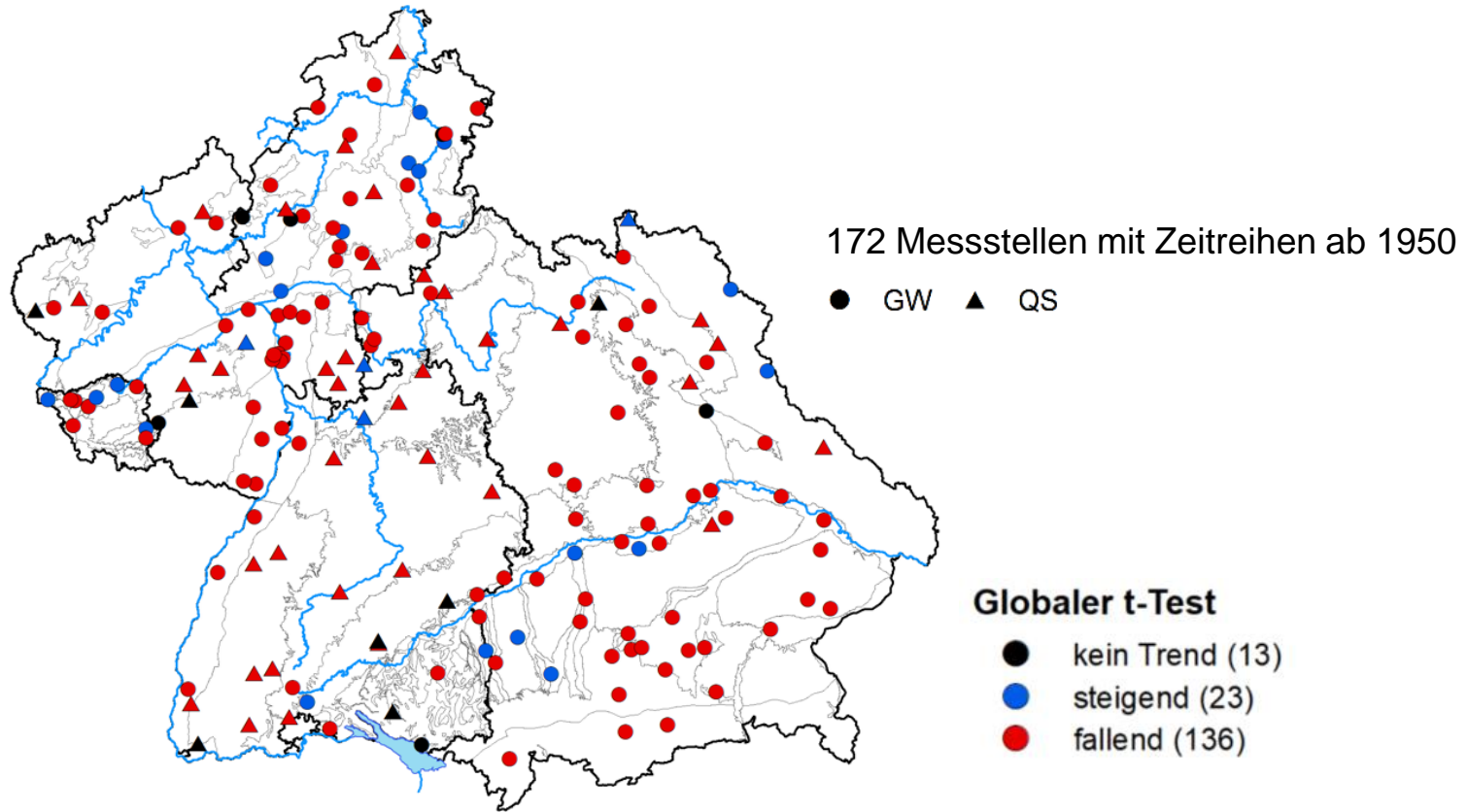


Längere zusammenhängende Phasen, in denen an vielen Messstellen überdurchschnittliche und sehr hohe Grundwasserstände vorherrschen, kommen seit dem Jahr 2003 nicht mehr vor.

Die seit 2018 andauernde Niedrigwassersituation ist vom Ausmaß vergleichbar mit der in den 1990-er Jahren.

Die Niedrigwassersituation der 1970-er Jahre hatte dagegen ein größeres Ausmaß als die seit 2018 andauernde Niedrigwassersituation.

Langzeitverhalten von Grundwasserständen und Quellschüttungen (KLIWA)

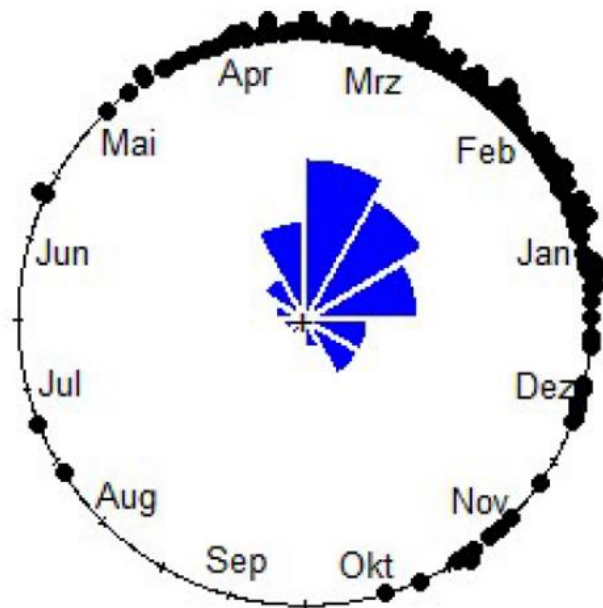


80 % der Messstellen zeigen einen langfristigen **Trend zu abnehmenden Werten**.

Das Trendverhalten tritt nicht konzentriert in bestimmten Regionen auf, sondern ist über den gesamten Untersuchungsraum verbreitet.

Veränderungen im Jahresgang (innerjährliche Saisonalität)

MD, 172 Messstellen

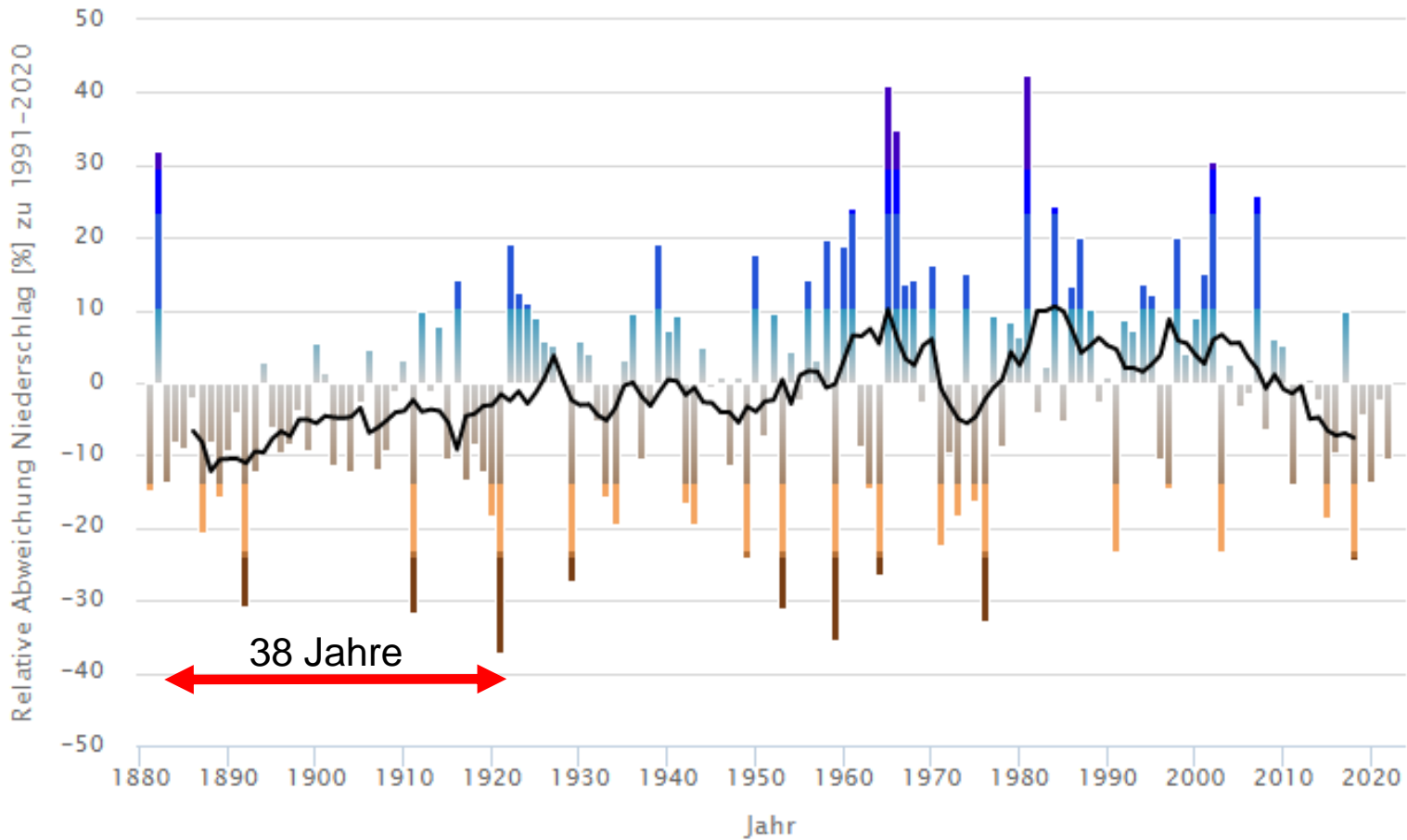


Zeitpunkt des Eintretens des Höchstwertes (im langjährigen Mittel) überwiegend im Zeitraum Februar bis April

An rund der Hälfte der Messstellen ist eine Tendenz zu einem früheren Eintritt des Maximums zu beobachten (um 0,5 d/a)

-> Verlängerung der sommerlichen Leerlaufphase im Grundwasserleiter

Entwicklung des Niederschlags seit 1881 (Jahressummen)



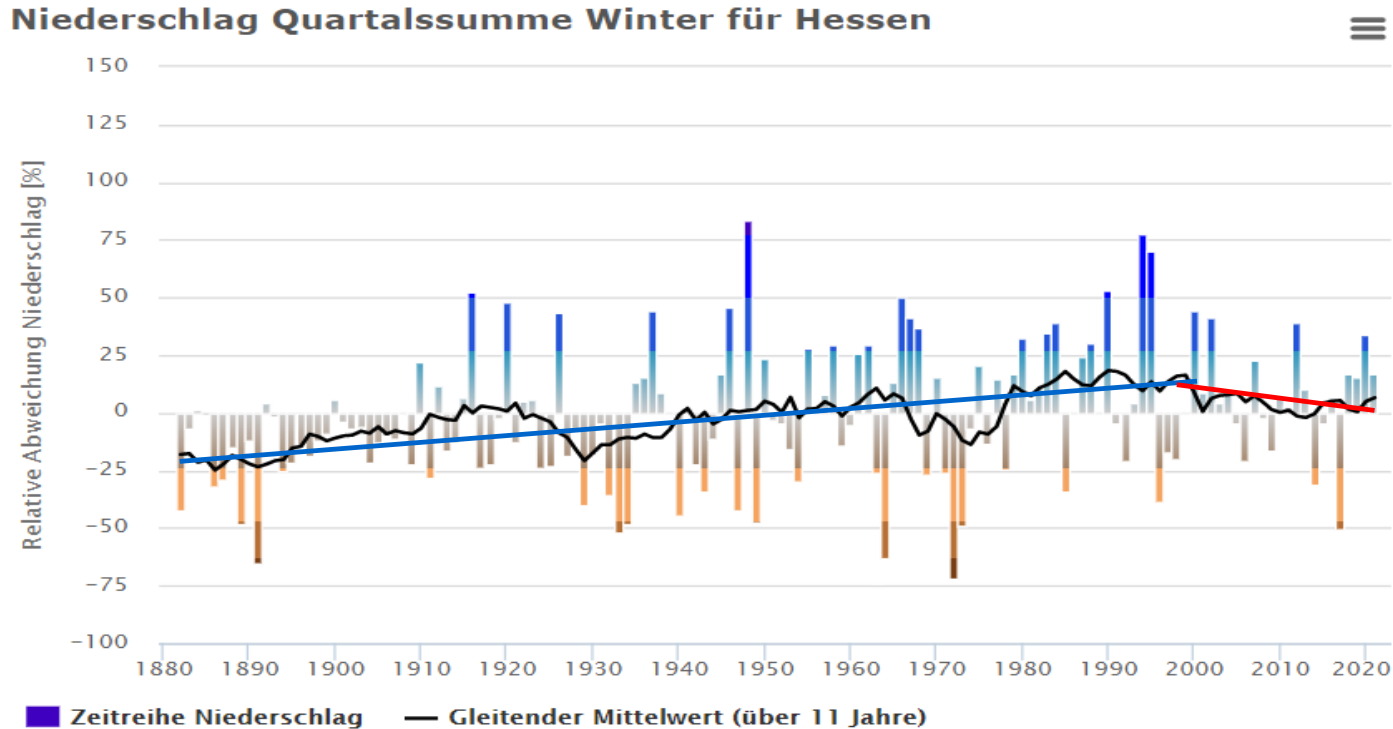
1883 -1921: bisher extremste und längste Trockenperiode

1921: - 37% bisher trockenstes Jahr

2003: - 23%

2018: - 24%

Entwicklung des Winter-Niederschlags (Beobachtung seit 1881)



Die langfristige Entwicklung (seit 1881) zeigt eine tendenzielle Zunahme.

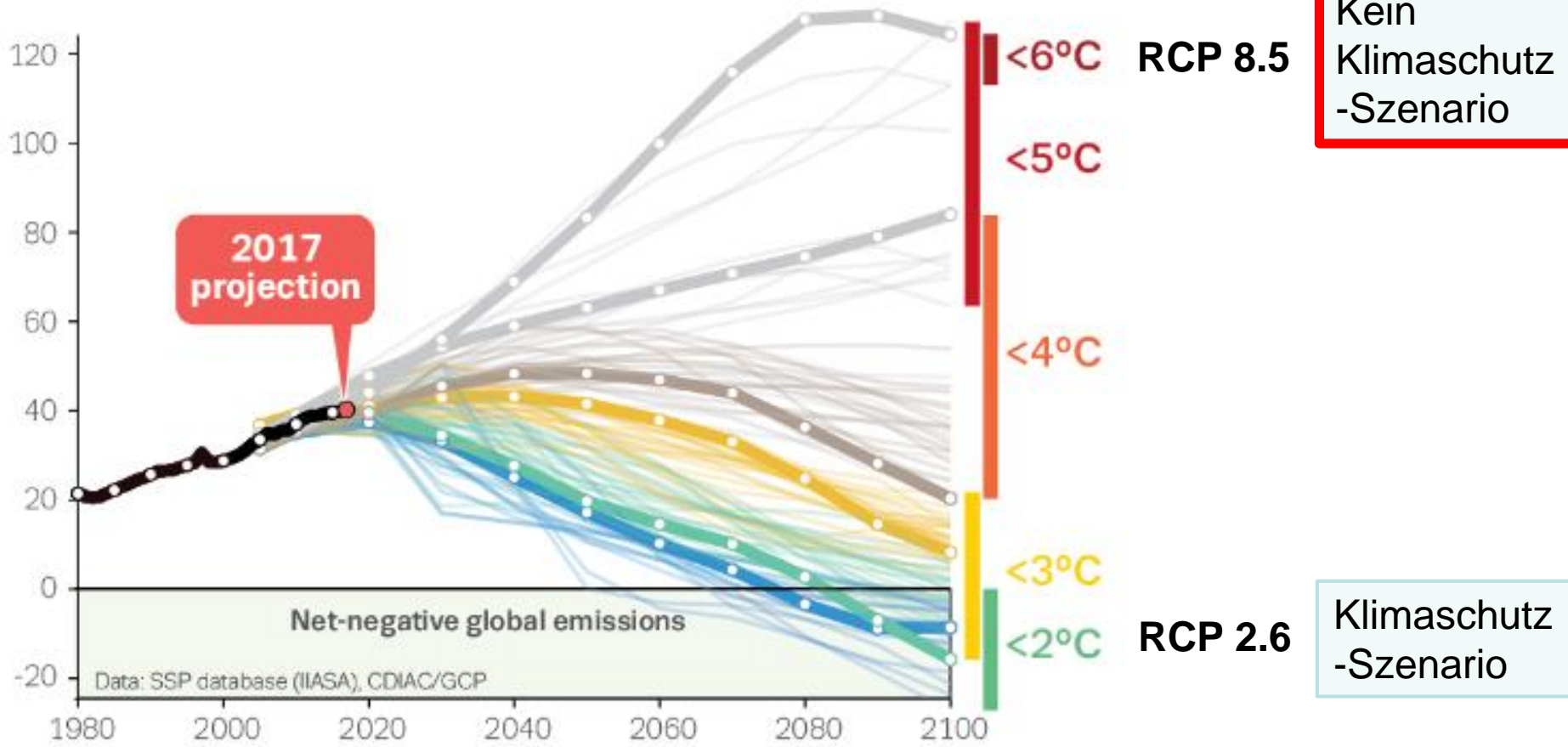
Erst in den letzten Jahren ist eine abnehmende Entwicklung zu beobachten.

In den Projektionen für die Zukunft setzt sich die langfristig beobachtete Zunahme fort.

Stellen die letzten 20 Jahre nur eine temporäre Anomalie dar, die auf die multidekadische Variabilität des Niederschlags zurückzuführen ist? Oder setzt sich der Trend fort?

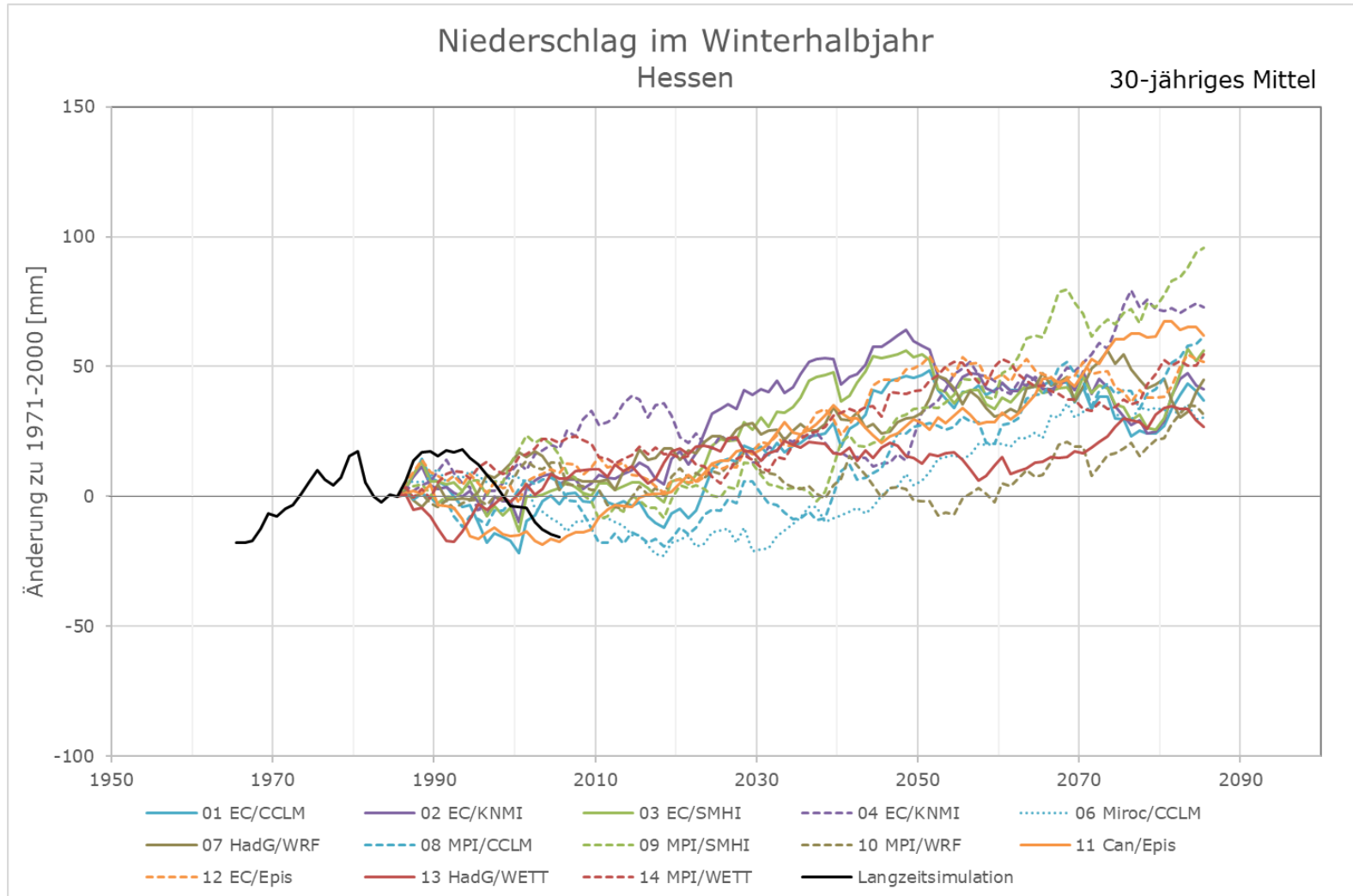
4. Mögliche Veränderungen in der Zukunft

CO₂-Emissionen – Beobachtung und Szenarios



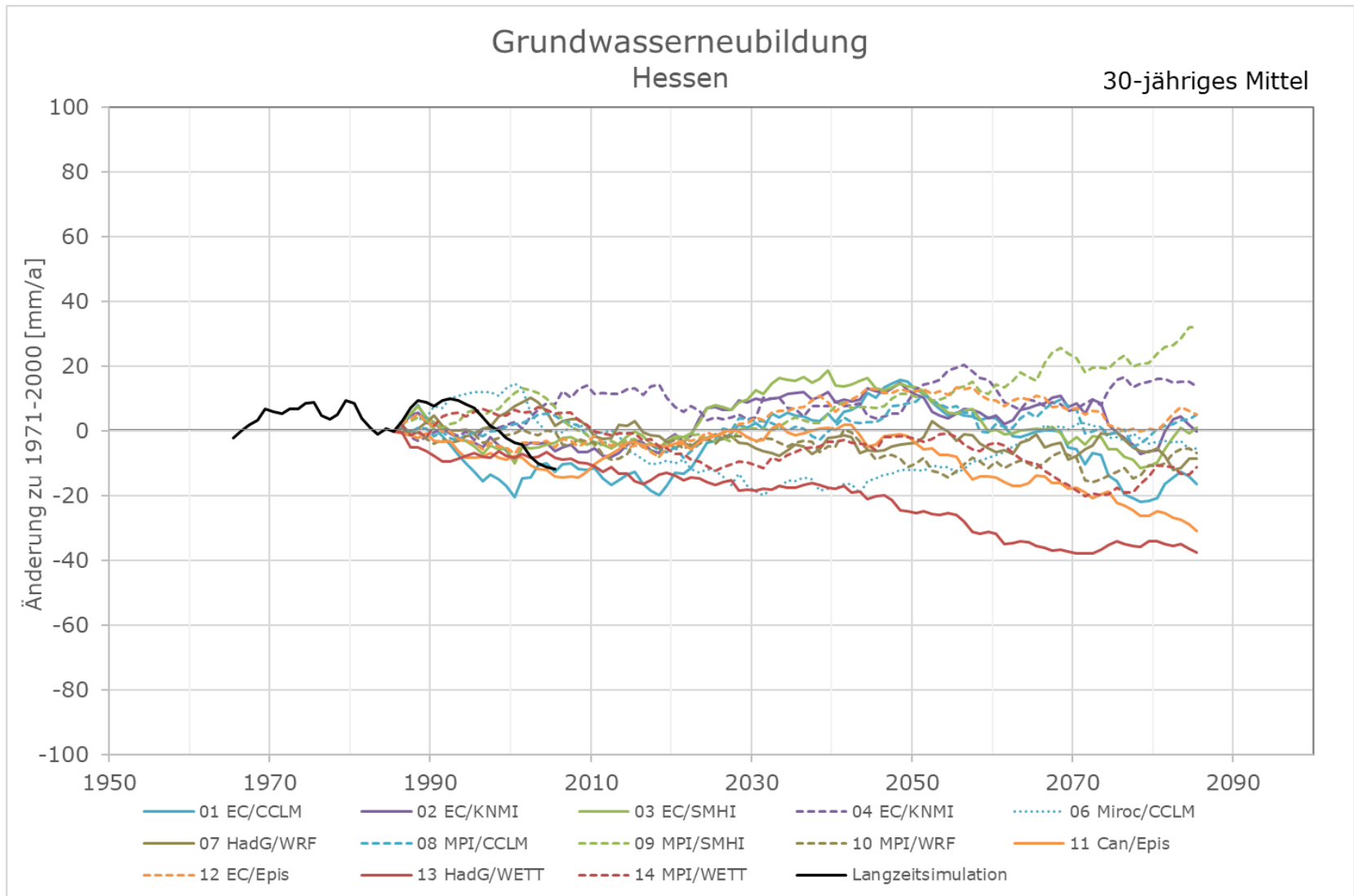
Globale CO₂-Emissionen von fossilen Brennstoffen und Zementproduktion:
Beobachtung und IPCC-Szenarios.

Entwicklung des Winter-Niederschlags (Projektionen bis 2100)



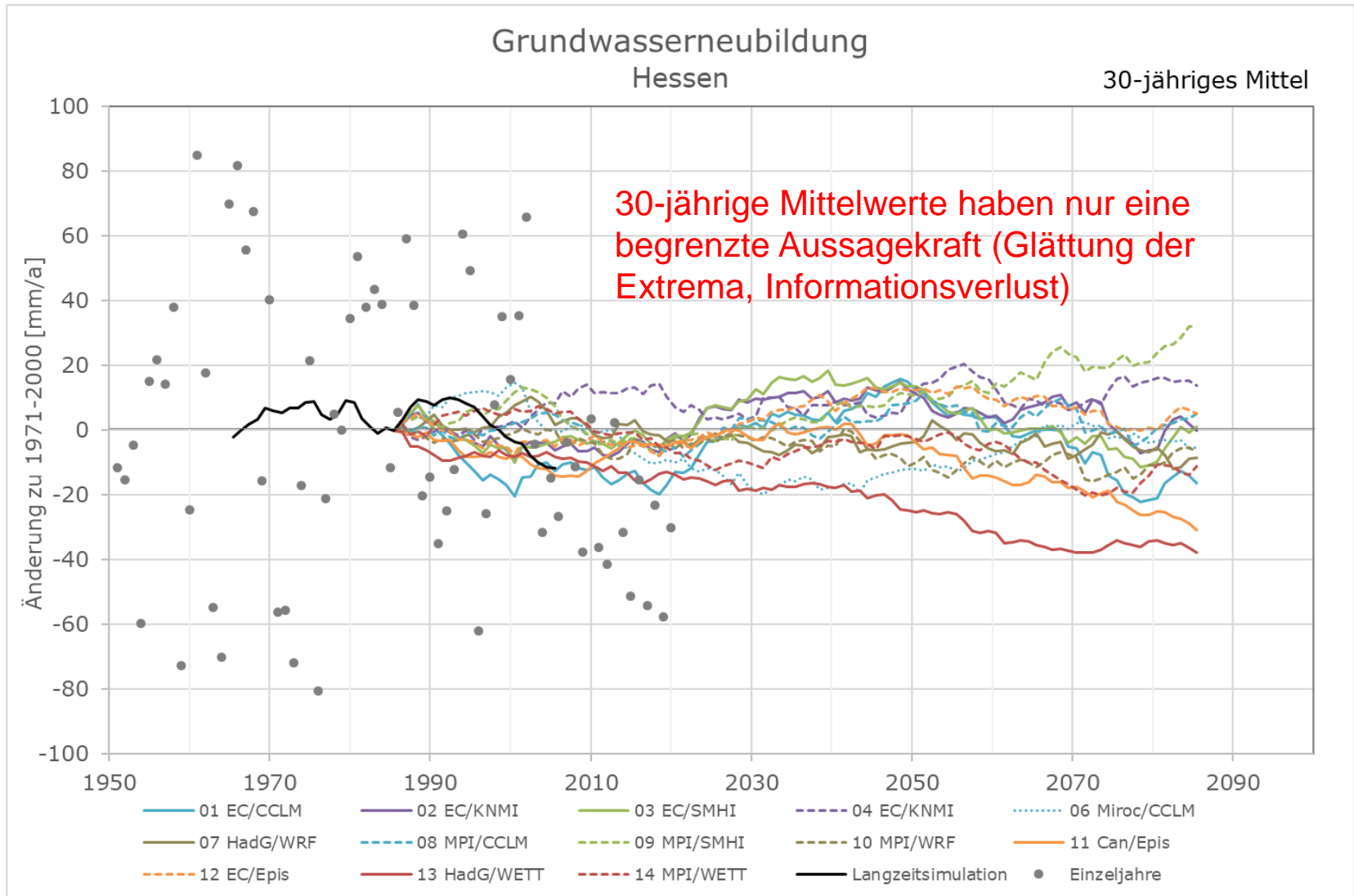
Die meisten Projektionen zeigen einen zunehmenden Trend.
Eine Zunahme der Winterniederschläge wirkt sich positiv auf die GWN aus.

Entwicklung der Grundwassererneubildung (Projektionen bis 2100)



Aktuelle Entwicklung am „unteren Rand“ des Ensembles
Klimasignal nicht eindeutig
Es gibt sowohl Zu- wie auch Abnahmen
Sehr große Bandbreite/Unsicherheit am Ende des Jahrhunderts

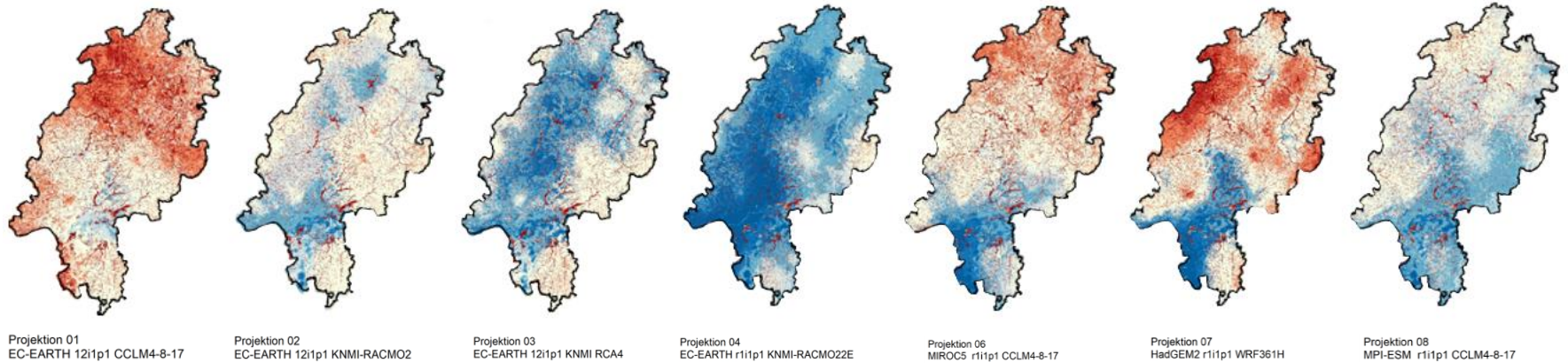
Entwicklung der Grundwasserneubildung (Projektionen bis 2100)



Aktuelle Entwicklung am „unteren Rand“ des Ensembles
Klimasignal nicht eindeutig
Es gibt sowohl Zu- wie auch Abnahmen
Sehr große Bandbreite/Unsicherheit am Ende des Jahrhunderts

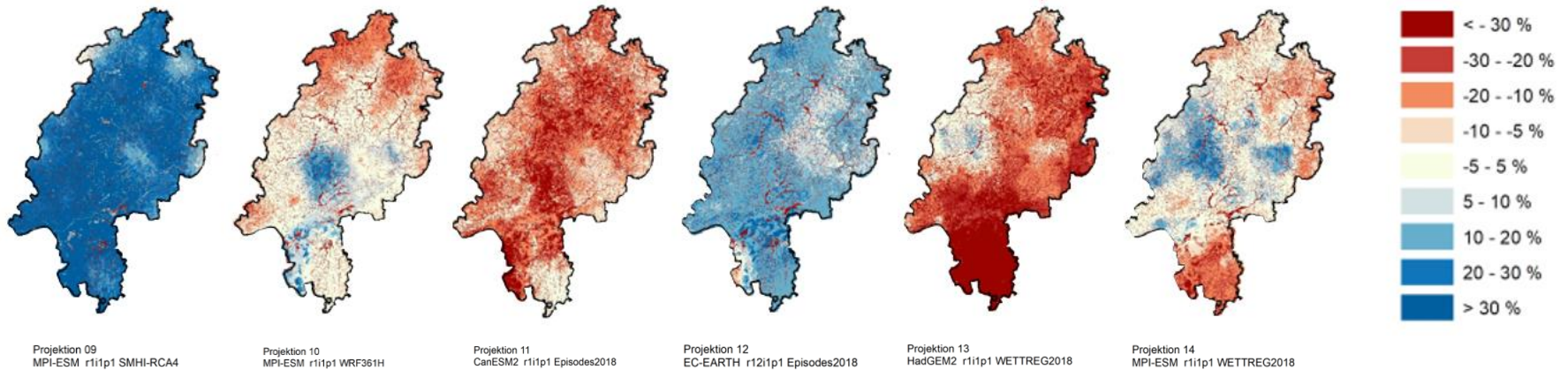
Grundwasserneubildung – Änderungssignale (RCP 8.5)

Relative Änderung 2071-2100 (ferne Zukunft) gegenüber 1971-2000



Max: +32,1 %

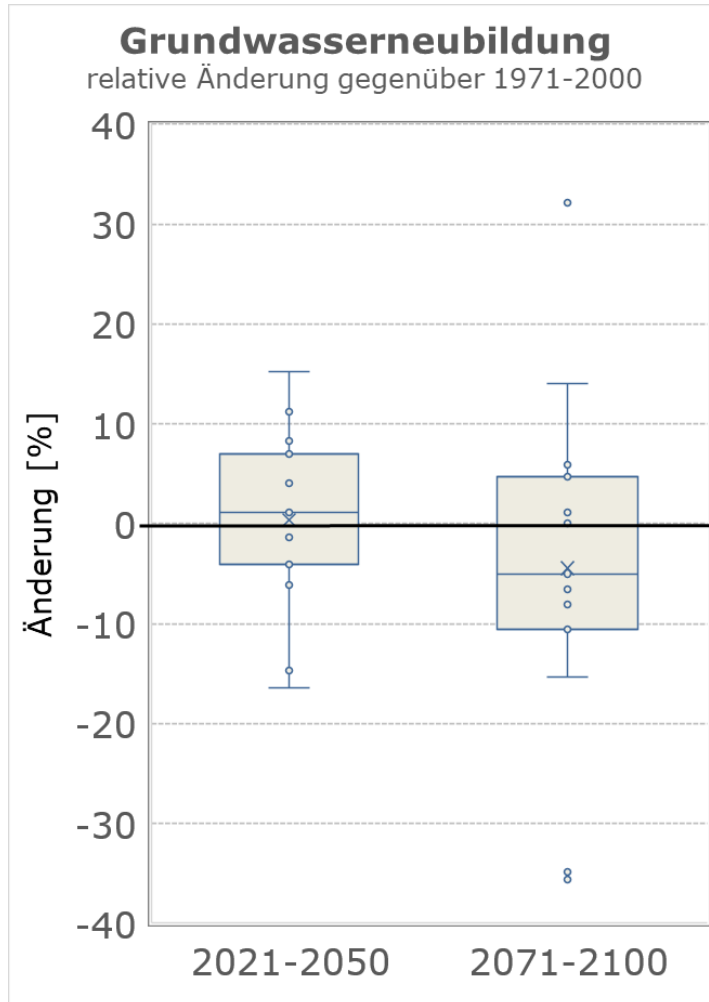
Min: -35,6 %



Zum Teil deutliche regionale Unterschiede
Maximale Bandbreite: -35,6 % bis +32,1 %
Mittelwert: -4,5%

Grundwasserneubildung – Änderungssignale (RCP 8.5)

Relative Änderung 2021-2050 (nahe Zukunft) und 2071-2100 (ferne Zukunft) gegenüber 1971-2000 (KLIWA Ist-Zustand)



	<i>d</i> Rel [%] 2021-2050	<i>d</i> Rel [%] 2071-2100
Min	-16,5	-35,6
Max	15,2	32,1
Mittel	0,4	-4,5
Median	1,1	-5,0

Kein eindeutiger Trend

Klimasignal **nicht** richtungsstabil

Mittelwert / Median des Ensembles weichen nur wenig vom Ist-Zustand ab

-> **Kein Grund zur Entwarnung!**

Große Bandbreite / **große Unsicherheiten**

Interpretation und Verwendung von Klimaprojektionen

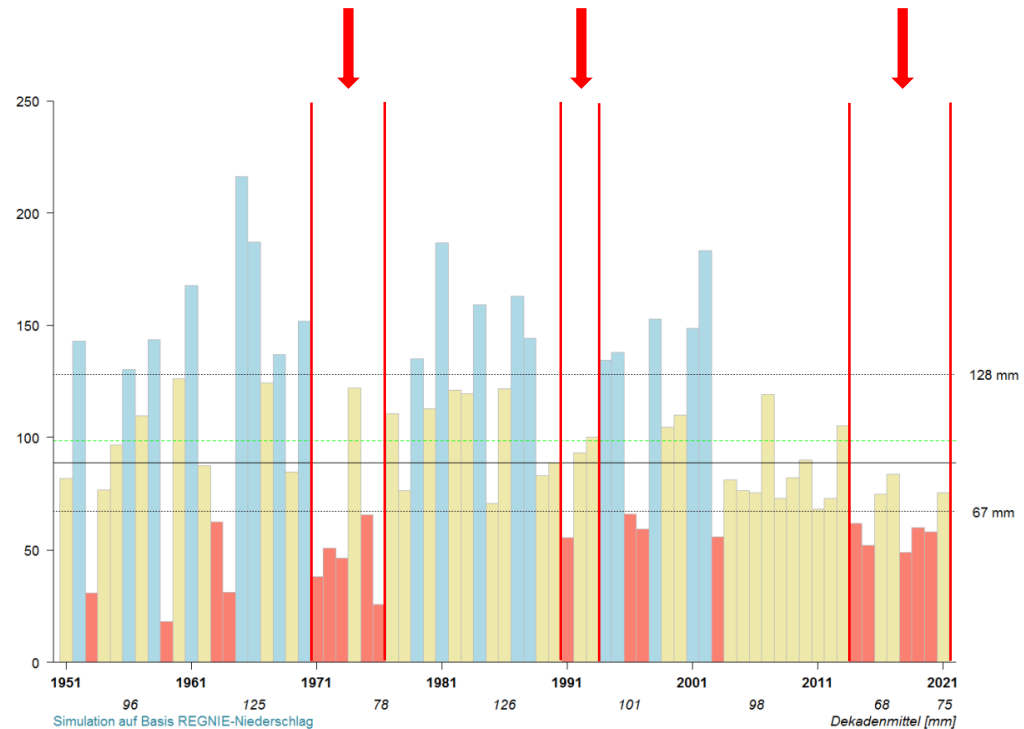
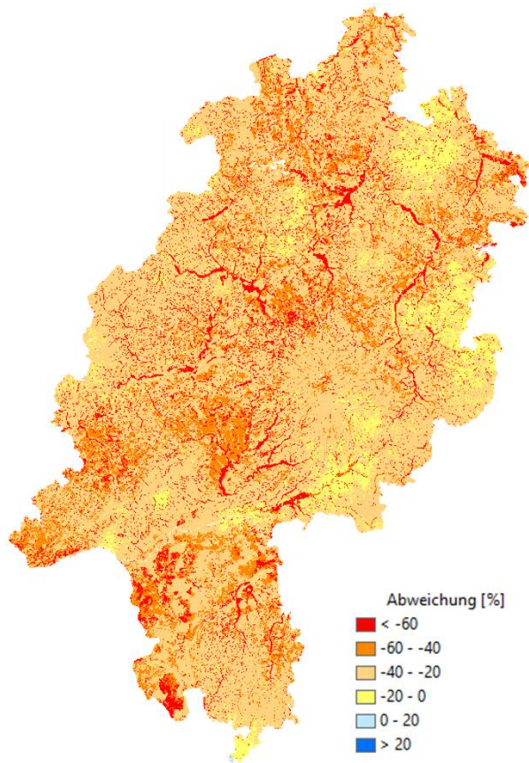
- Es ist fachlich nicht vertretbar, auf der Grundlage des **Mittelwertes / Medians eines Ensembles** Entwarnung für die zukünftige Entwicklung der Grundwasserneubildung zu geben. Projektionen mit gegensätzlichen Änderungssignalen gleichen sich aus.
- Da die **Eintrittswahrscheinlichkeit** aller Projektionen gleich groß ist, sind die extremen Projektionen als realistische Entwicklungspfade anzusehen.
- Unter Berücksichtigung der letzten 20 Jahre (Reduktion der GWN um 28%) erscheint das **Worst Case Szenario** (Reduktion der GWN um 36 %) bei fortschreitendem Klimawandel durchaus realistisch.
- In Bezug auf die Trinkwasserversorgungssicherheit und das **Vorsorgeprinzip** spielt der „trockene Rand“ (= Worst Case Szenario) des Ensembles die entscheidende Rolle.



Ergänzung der KLIWA-Projektionen durch ein Stresstest-Szenario gemäß KLIWA-Leitfaden (2019)

- Konzept: Kombination bereits beobachteter extremer Trockenjahre bzw. –perioden
- Auswahl auf Grundlage der Jahressummen der Grundwasserneubildung für den Zeitraum 1951-2021
- Durch Stresstests ist eine sinnvolle Verknüpfung der beobachteten Vergangenheit und potentiellen Entwicklungen in der Zukunft möglich
- Ein wesentlicher Vorteil der auf realen Beobachtungsdaten beruhenden Stresstest-Szenarien ist deren hohe Anschaulichkeit

Worst Case - Szenario des KLIWA-Ensembles	GWN [mm/a]	Defizit [%]
Projektion 13: HadGEM2/WETTREG2018	65	-36
Stresstest-Szenario	GWN [mm/a]	Defizit [%]
GWN 1971-1976		
GWN 1991-1993 Kombination aus Beobachtungsdaten	65	-36
GWN 2014-2021		



Das Änderungssignal der Kombination aus den Perioden 1971 – 1976, 1991 – 1993 und 2014 – 2021 entspricht genau dem des Worst Case – Szenarios des KLIWA-Ensembles

5. Fazit (1/2)

- Die aktuelle Grundwassersituation ist deutlich weniger angespannt als vor einem Jahr.
- Die aus den trockenen Vorjahren (2018, 2019 und 2020) resultierenden Defizite konnten aber noch nicht ausgeglichen werden.
- Damit sich die Grundwasserspeicher wieder vollständig füllen können, müssten zwei Neubildungsreiche Jahre aufeinanderfolgen.
- Es lässt sich derzeit nicht klären, ob wir am Beginn einer längeren Trockenphase stehen oder ob bald wieder nasse Jahre kommen.
- Extreme Entwicklungen (Trockenjahre und Trockenperioden) kann es aufgrund der multidekadischen Variabilität des Niederschlagregimes zu jeder Zeit geben.
- Mit der Entwicklung der jüngeren Vergangenheit bewegen wir uns am unteren (trockenen) Rand der Klimaprojektionen.
- Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass wir uns weiterhin auf einem für die Grundwasserneubildung nachteiligen Entwicklungspfad bewegen.
- Aufgrund der sich fortsetzenden Erwärmung ist es wahrscheinlich, dass Trockenjahre und Trockenperioden in Zukunft häufiger und intensiver auftreten werden.

5. Fazit (2/2)

- Die zukünftige Entwicklung der GWN ist mit großen Unsicherheiten verbunden (große Bandbreiten mit unterschiedlichen Vorzeichen).
- Da bei der Betrachtung von 30-jährigen Mitteln Informationsgehalt verloren geht, sollten ergänzende Betrachtungen durchgeführt werden (Auswertungen zur Variabilität, Abfolge und Häufigkeiten von Extremjahren).
- Da die Eintrittswahrscheinlichkeit aller Projektionen gleich groß ist, sind die extremen Projektionen als realistische Entwicklungspfade anzusehen.
- Insbesondere aus Gründen der Vorsorge (Sicherstellung der Trinkwasserversorgung) sollte den Worst Case-Szenarien eine besondere Beachtung geschenkt werden. Die alleinige Betrachtung des Medians/Mittelwerts ist im Kontext von Risikobetrachtungen nicht zielführend.
- Durch sog. „Stresstests“ ist eine sinnvolle Verknüpfung der beobachteten Vergangenheit und potentiellen Entwicklungen in der Zukunft möglich.
- Die Ableitung konkreter Anpassungsmaßnahmen auf Grundlage von Klimaprojektionen (mit großen Bandbreiten / Unsicherheiten) stellt für die Wasserwirtschaft eine große Herausforderung dar.

A vertical stack of five solid red rectangular bars on the left side of the slide.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

