

# Reicht unser Wasser für alle?

## Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserverhältnisse in Baden-Württemberg“

THOMAS GUDERA, REFERAT 42- GRUNDWASSER



Baden-Württemberg

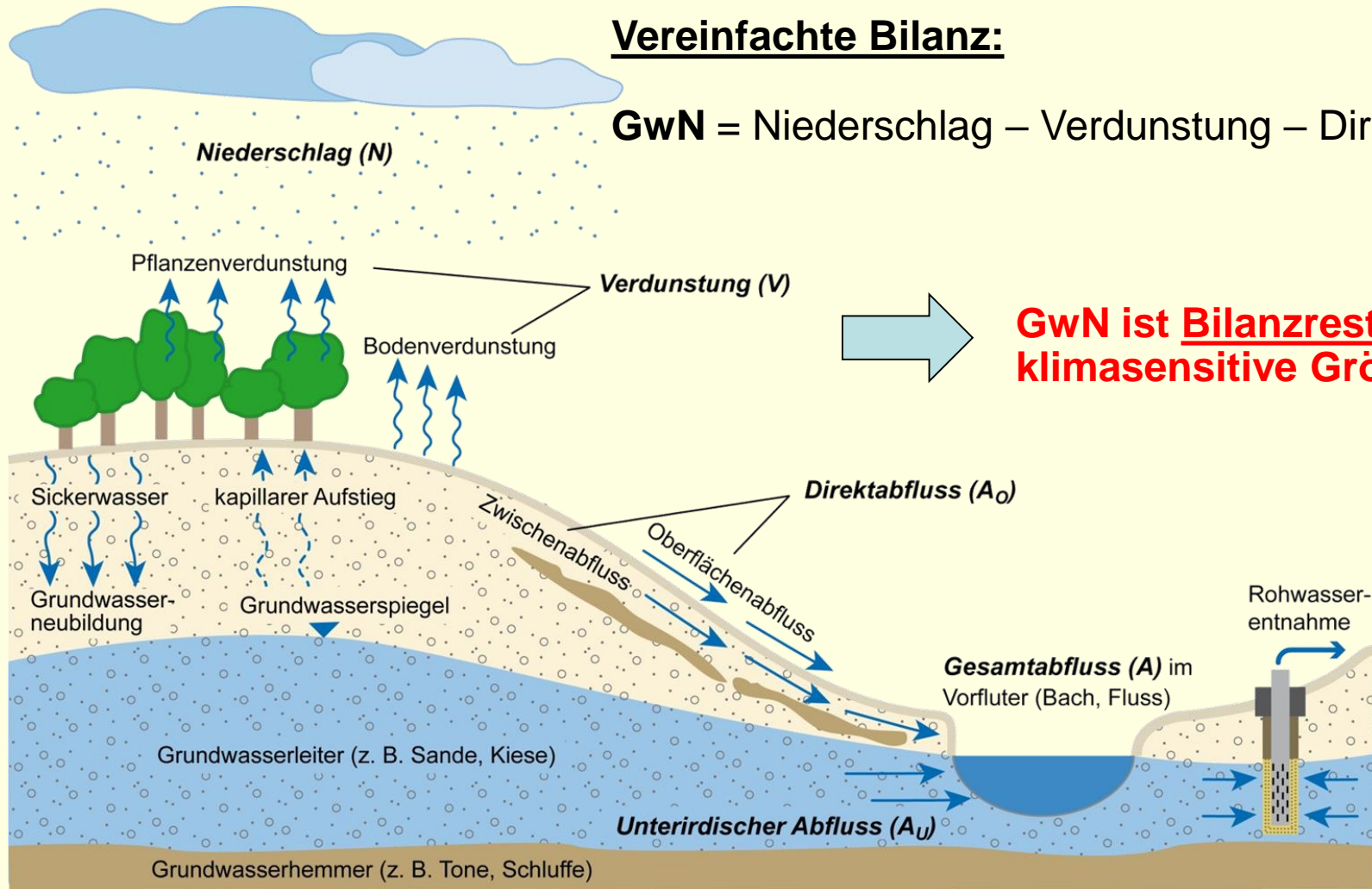
# Gliederung

- Einleitung Wasserkreislauf / GW-Bilanzkomponenten
- Meteorologische und BWH-Größen 1951-2021
- Klima-Projektionen in die Zukunft (2021-2100)
- Umgang mit Wassermangel
- Zusammenfassung / Schlußfolgerungen

# Grundwasser als Teil des Wasserkreislaufs

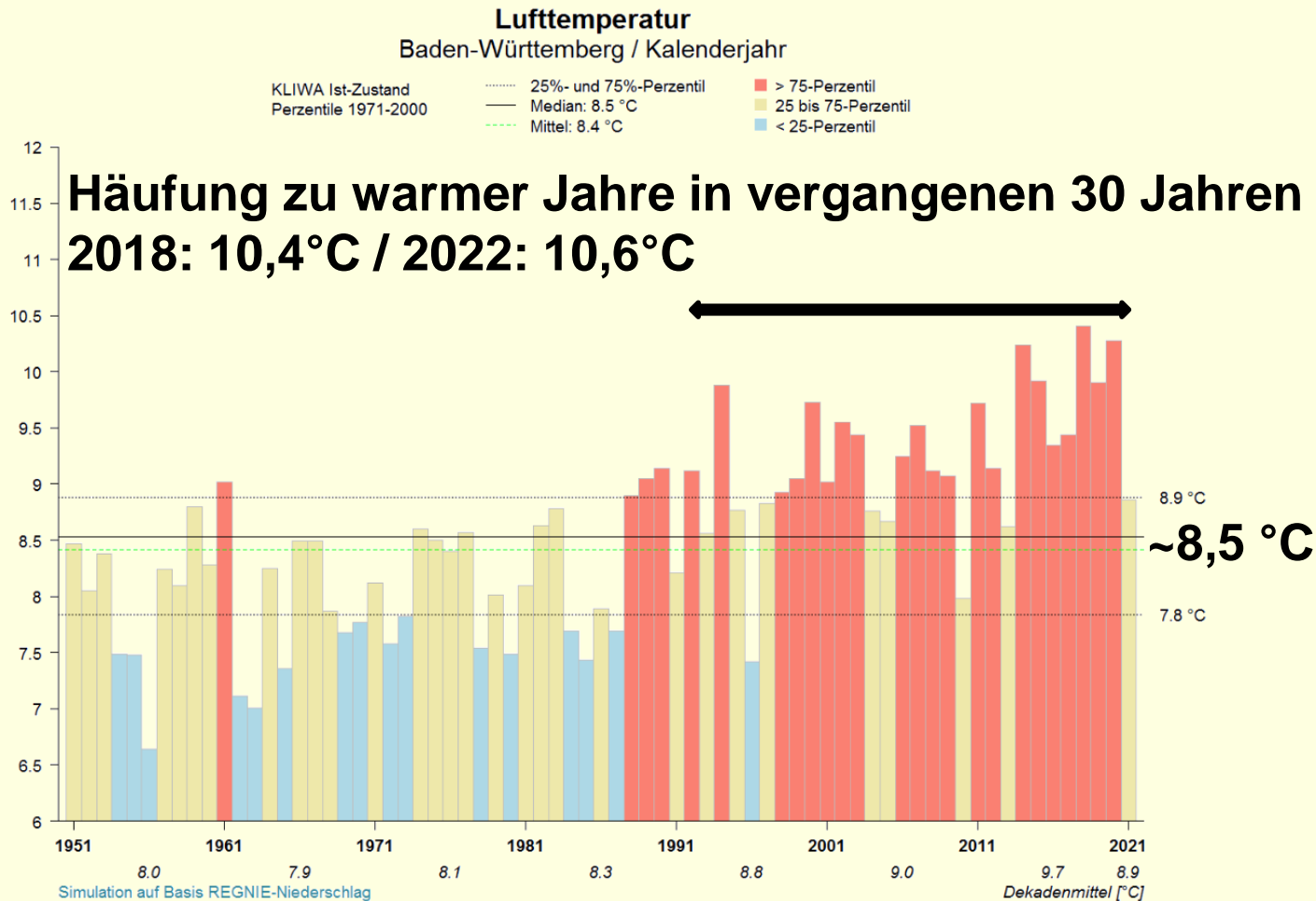
## Vereinfachte Bilanz:

$$\text{GwN} = \text{Niederschlag} - \text{Verdunstung} - \text{Direktabfluss}$$



**GwN ist Bilanzrest und klimasensitive Größe !**

# Entwicklung Lufttemperatur 1951-2021



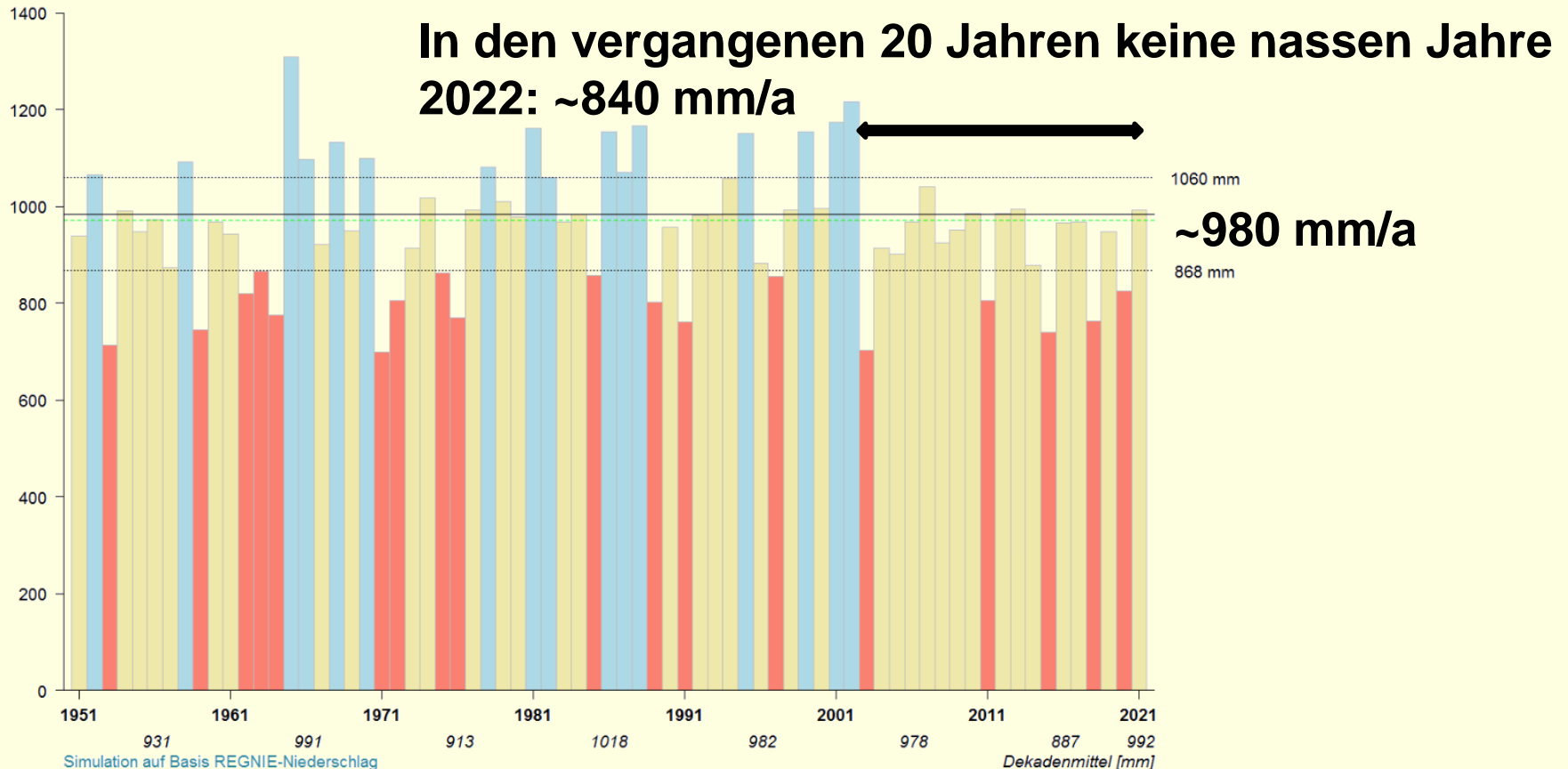
➤ Hier wird der Klimawandel am deutlichsten sichtbar

# Entwicklung Niederschlag 1951-2021

## Niederschlagshöhe Baden-Württemberg / Kalenderjahr

KLIWA Ist-Zustand  
Perzentile 1971-2000

- ..... 25%- und 75%-Perzentil
- Median: 984 mm
- ..... Mittel: 971 mm
- > 75-Perzentil
- 25 bis 75-Perzentil
- < 25-Perzentil



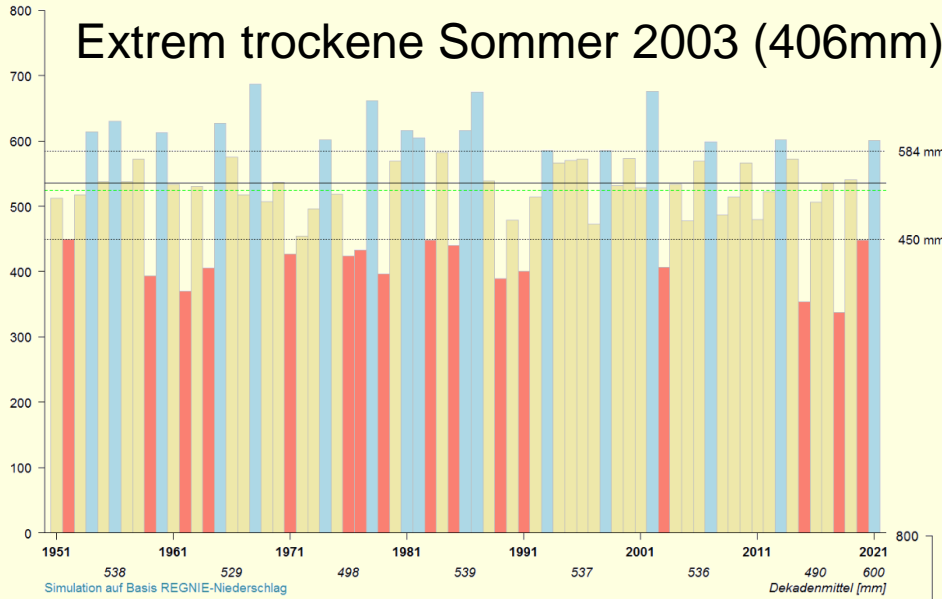
➤ Hier wird der Klimawandel weniger/nicht sichtbar

# Entwicklung Niederschlag HHJ 1951-2021

## Niederschlagshöhe Baden-Württemberg / Sommerhalbjahr

KLIWA Ist-Zustand  
Perzentile 1971-2000

- 25%- und 75%-Perzentil
- Median: 535 mm
- Mittel: 525 mm
- > 75-Perzentil
- 25 bis 75-Perzentil
- < 25-Perzentil



Extrem trockene Sommer 2003 (406mm), 2015 (354mm) & 2018 (338mm)

Hydrologischer Sommer:

01.05. – 31.10. / **55% vom N im Jahr**

Hydrologischer Winter:

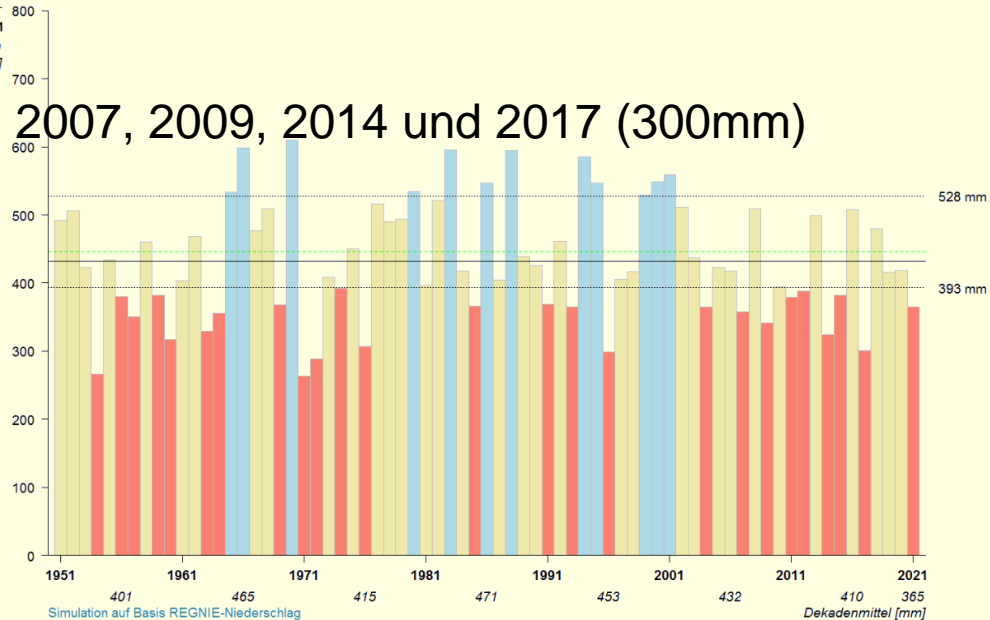
01.11. – 30.04. / **45% vom N im Jahr**

Hydrologisches Jahr: 970 mm (71-2000)

## Niederschlagshöhe Baden-Württemberg / Winterhalbjahr

KLIWA Ist-Zustand  
Perzentile 1971-2000

- 25%- und 75%-Perzentil
- Median: 432 mm
- Mittel: 446 mm
- > 75-Perzentil
- 25 bis 75-Perzentil
- < 25-Perzentil



Sehr trockene Winter 2004, 2007, 2009, 2014 und 2017 (300mm)

Hydrologischer Sommer:

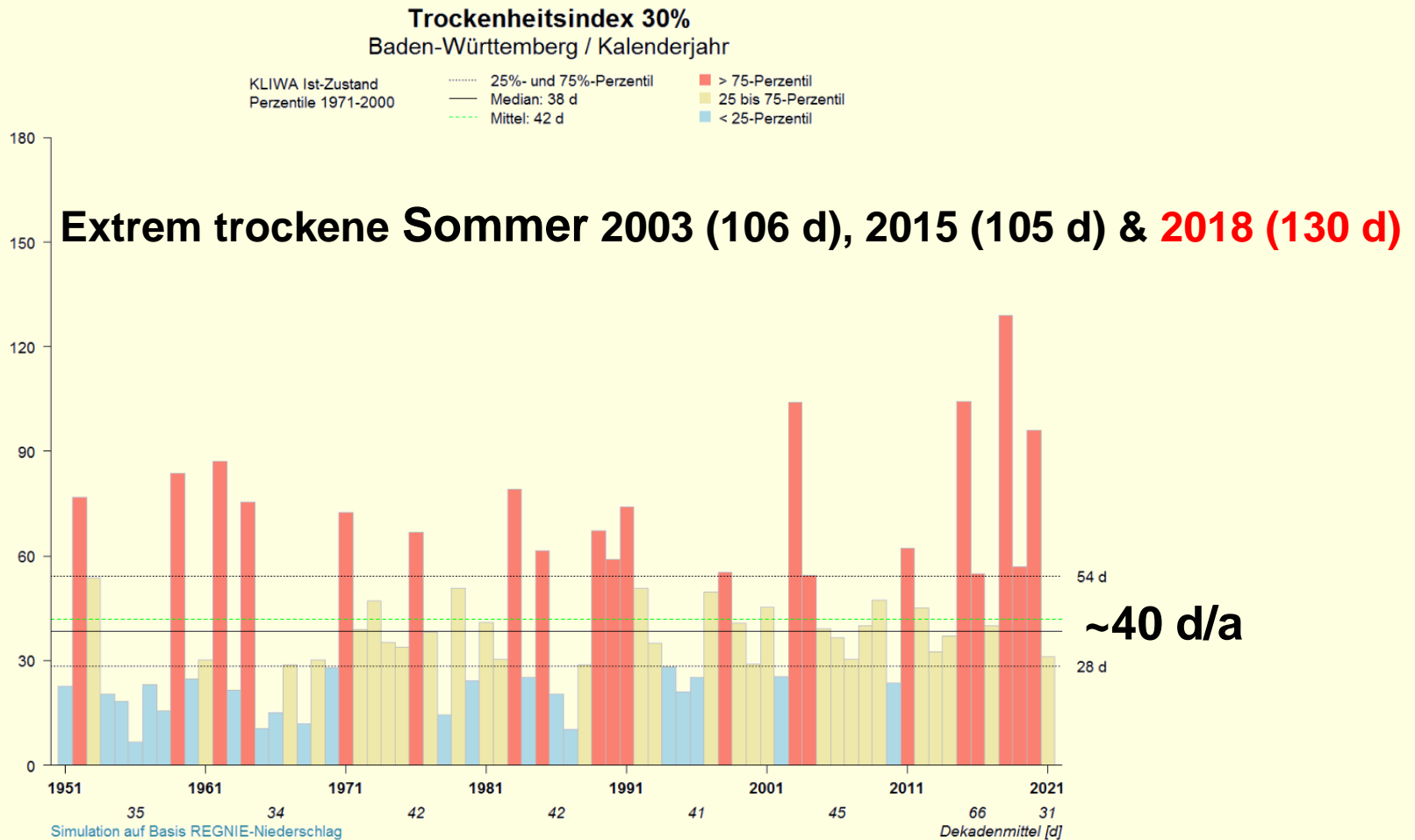
01.05. – 31.10. / **25% von GWN im Jahr**

Hydrologischer Winter:

01.11. – 30.04. / **75% von GWN im Jahr**

Hydrologisches Jahr: 970 mm (71-2000)

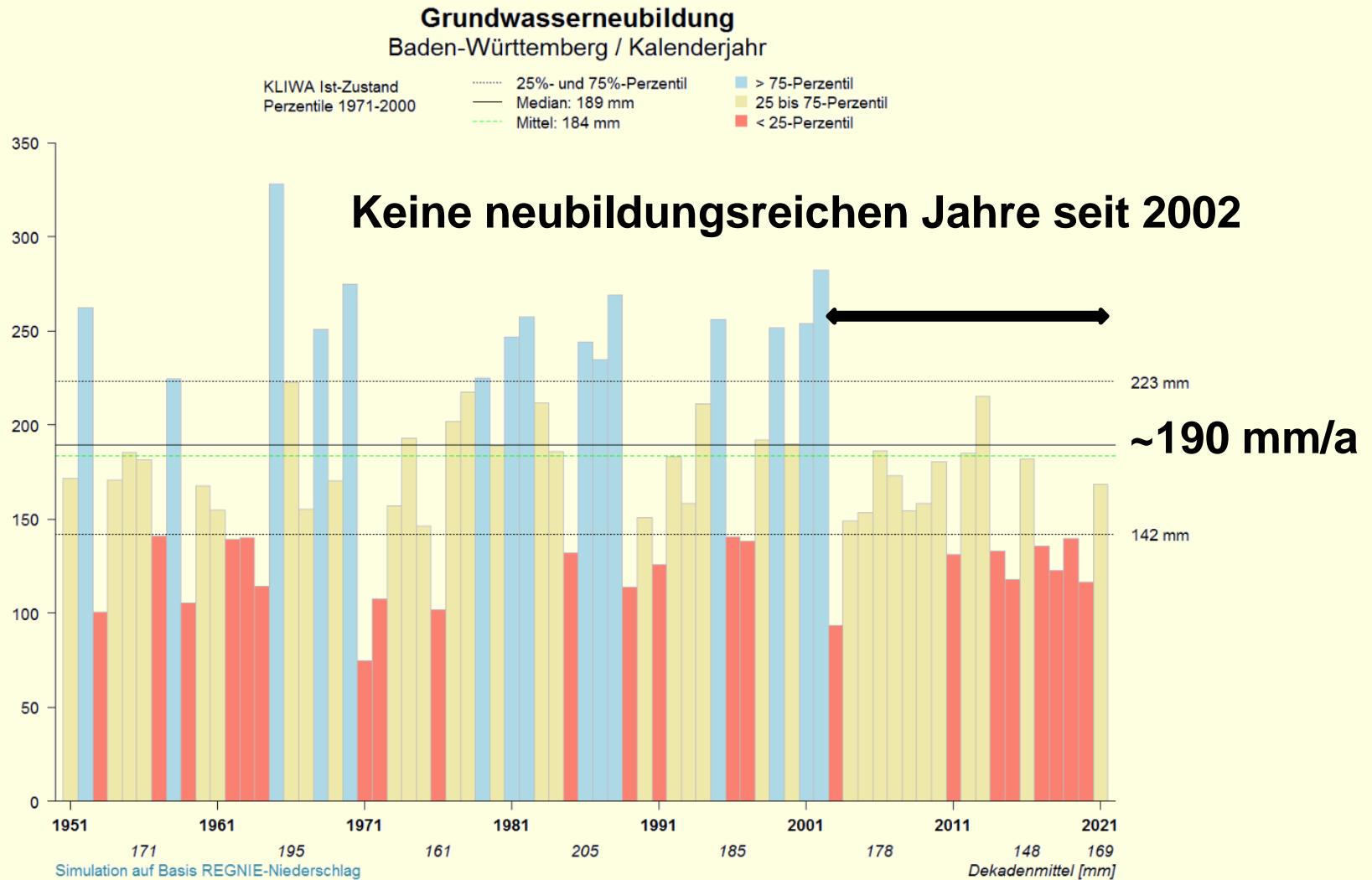
# Entwicklung Trockenheitsindex 1951-2021



## Trockenheitsindex $TI_{30}$ :

Anzahl Tage mit einer Füllung des Bodenspeichers < 30% nutzbare FK im effektiven Wurzelraum

# Entwicklung GWN 1951-2021

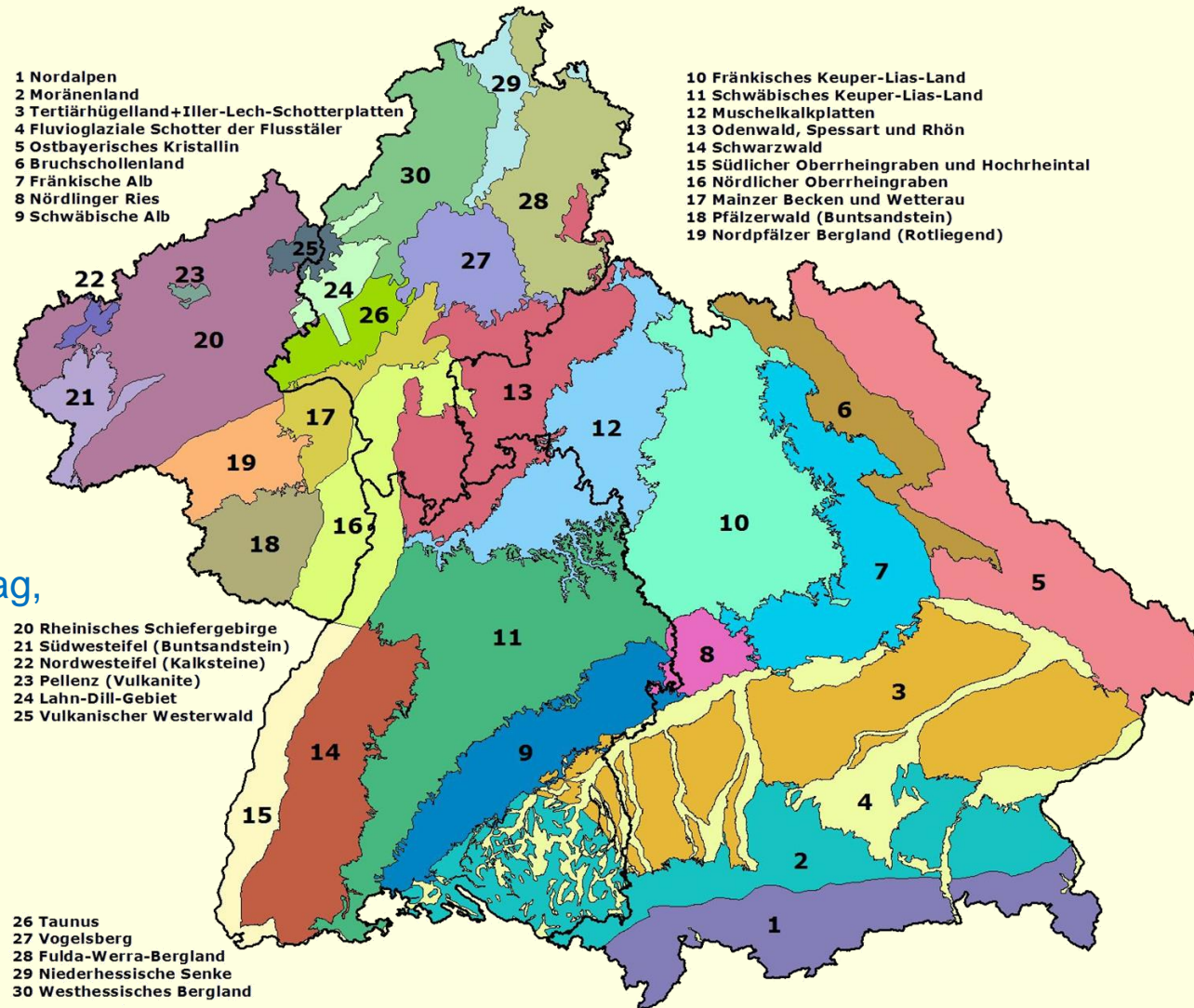


➤ Hier wird der Klimawandel besonders sichtbar



# Auswerteregionen BWH-Größen 1951-2021

- 4 Bundesländer
- 30 Naturräume (naturräumlich-hydrogeologische Einheiten)
- 9 Wasserbilanz- und Zustandsgrößen (Lufttemperatur, Niederschlag, Tatsächliche Verdunstung, Potenzielle Verdunstung, Gesamtabfluss, **Sickerwasserrate**, **Grundwasserneubildung**, **Trockenheitsindex**, Schneedecke)



# Region 11 Schwäb. Keuper-Lias - BWH-Größen 1951-2021

## Niederschlagshöhe

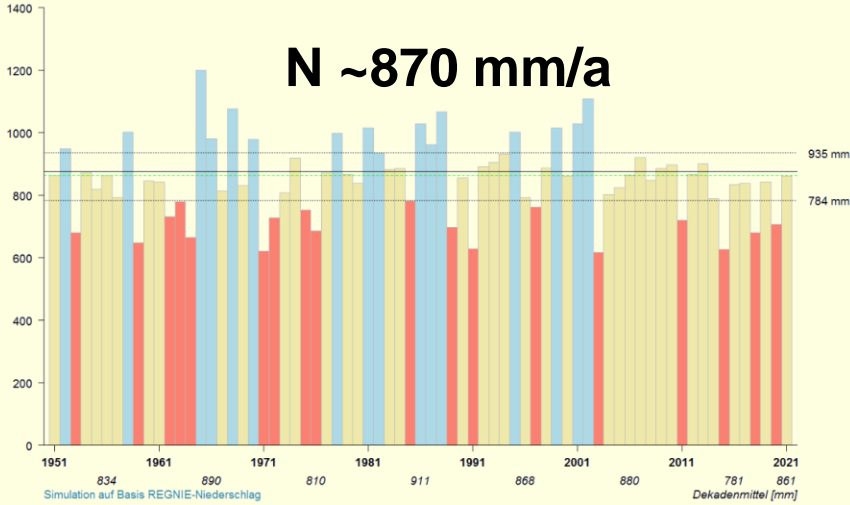
Schwäb. Keuper-Lias-Land / Kalenderjahr

KLIWA Ist-Zustand  
 Perzentile 1971-2000

— 25%- und 75%-Perzentil  
 — Median: 878 mm  
 - - - Mittel: 863 mm

■ > 75-Perzentil  
 ■ 25 bis 75-Perzentil  
 ■ < 25-Perzentil

**N ~870 mm/a**



## Grundwasserneubildung

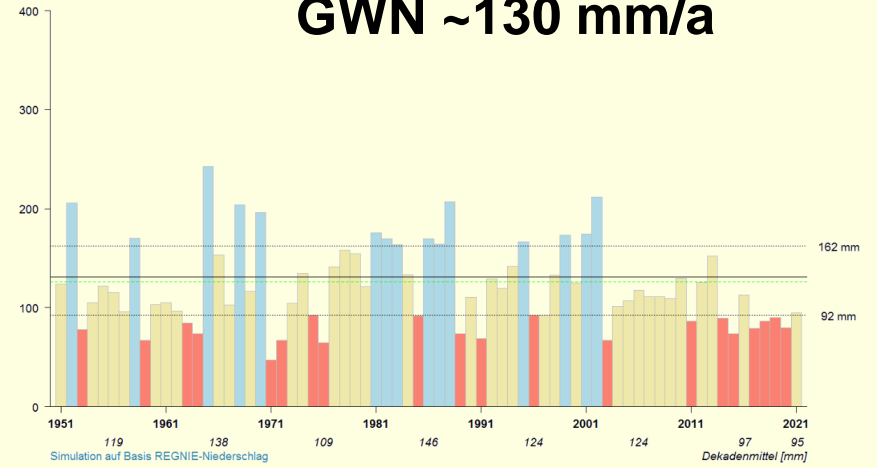
Schwäb. Keuper-Lias-Land / Kalenderjahr

KLIWA Ist-Zustand  
 Perzentile 1971-2000

— 25%- und 75%-Perzentil  
 — Median: 131 mm  
 - - - Mittel: 126 mm

■ > 75-Perzentil  
 ■ 25 bis 75-Perzentil  
 ■ < 25-Perzentil

**GWN ~130 mm/a**



## Trockenheitsindex 30%

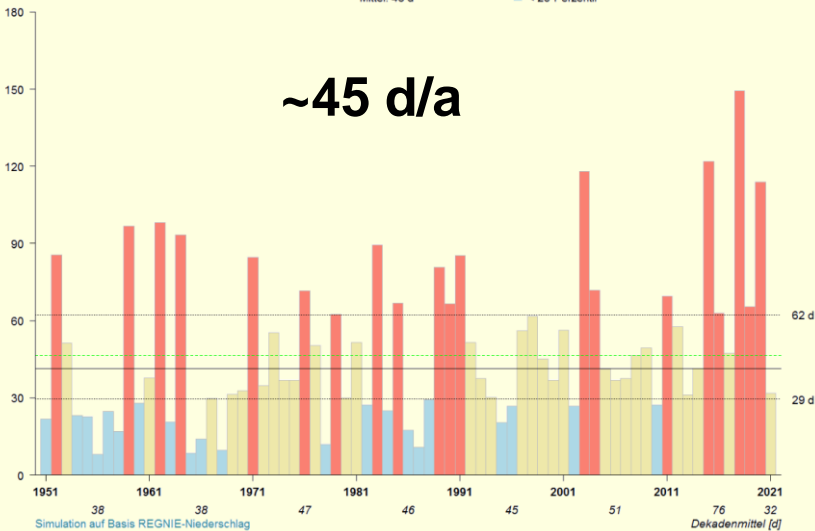
Schwäb. Keuper-Lias-Land / Kalenderjahr

KLIWA Ist-Zustand  
 Perzentile 1971-2000

— 25%- und 75%-Perzentil  
 — Median: 41 d  
 - - - Mittel: 46 d

■ > 75-Perzentil  
 ■ 25 bis 75-Perzentil  
 ■ < 25-Perzentil

**~45 d/a**



## Trockenheitsindex 70%

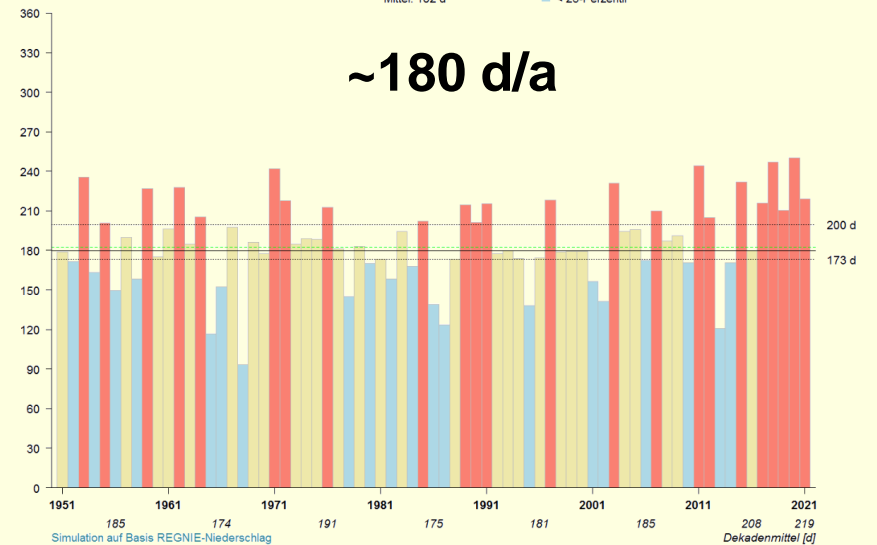
Schwäb. Keuper-Lias-Land / Kalenderjahr

KLIWA Ist-Zustand  
 Perzentile 1971-2000

— 25%- und 75%-Perzentil  
 — Median: 180 d  
 - - - Mittel: 182 d

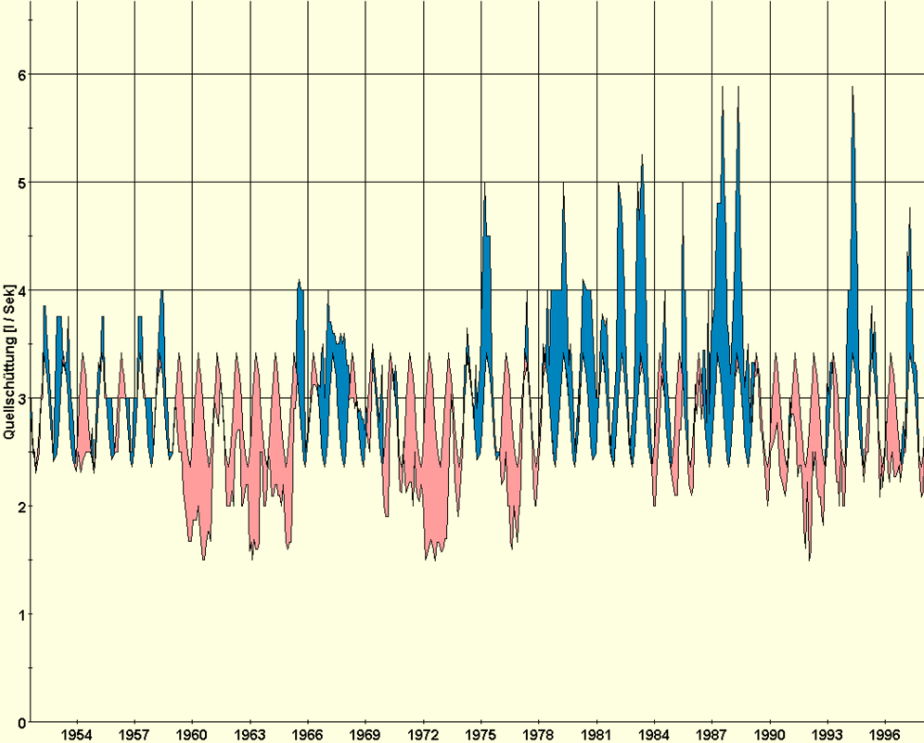
■ > 75-Perzentil  
 ■ 25 bis 75-Perzentil  
 ■ < 25-Perzentil

**~180 d/a**

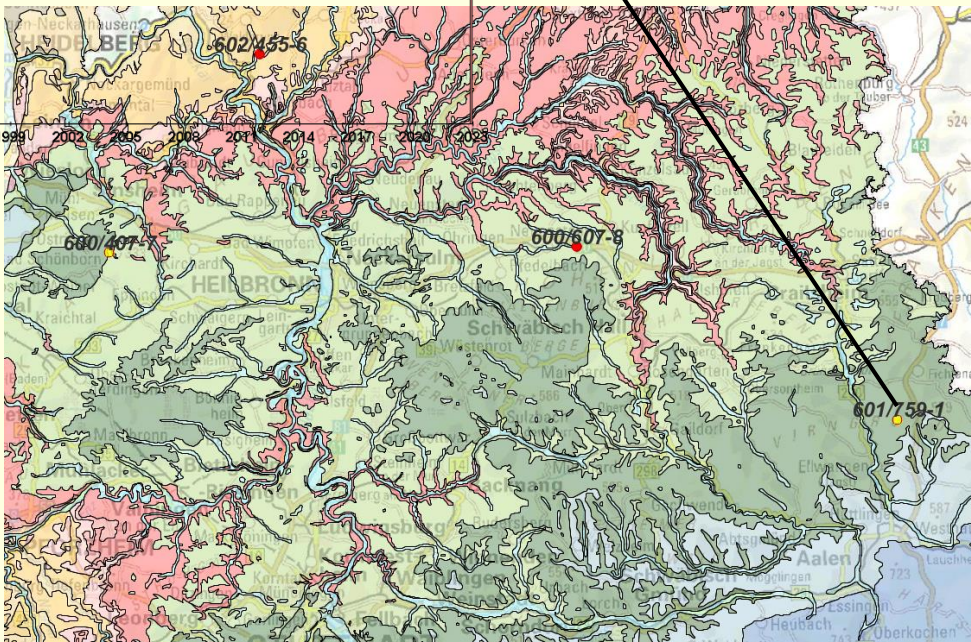
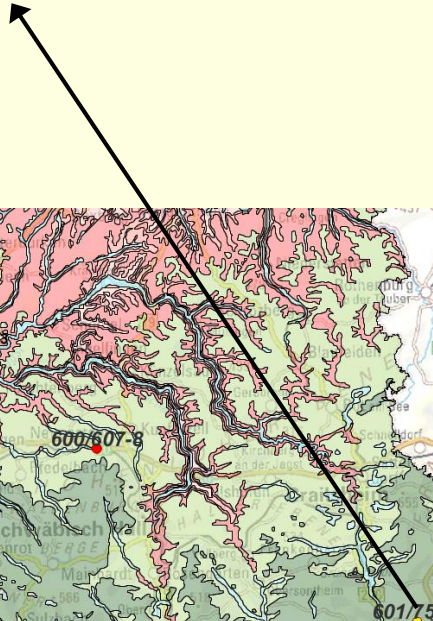


# Entwicklung Grundwasser 1951-2022

601/759-1  
QF Weichselbrunnen, Jagstzell



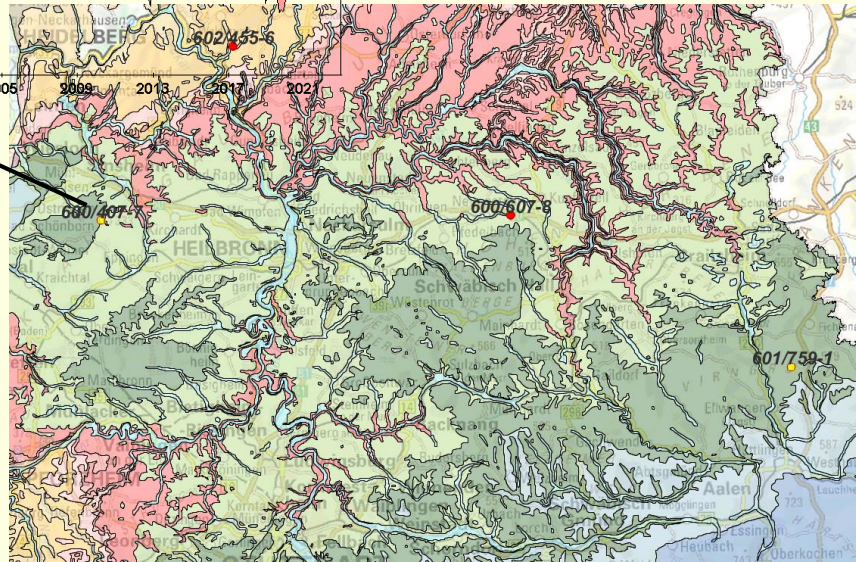
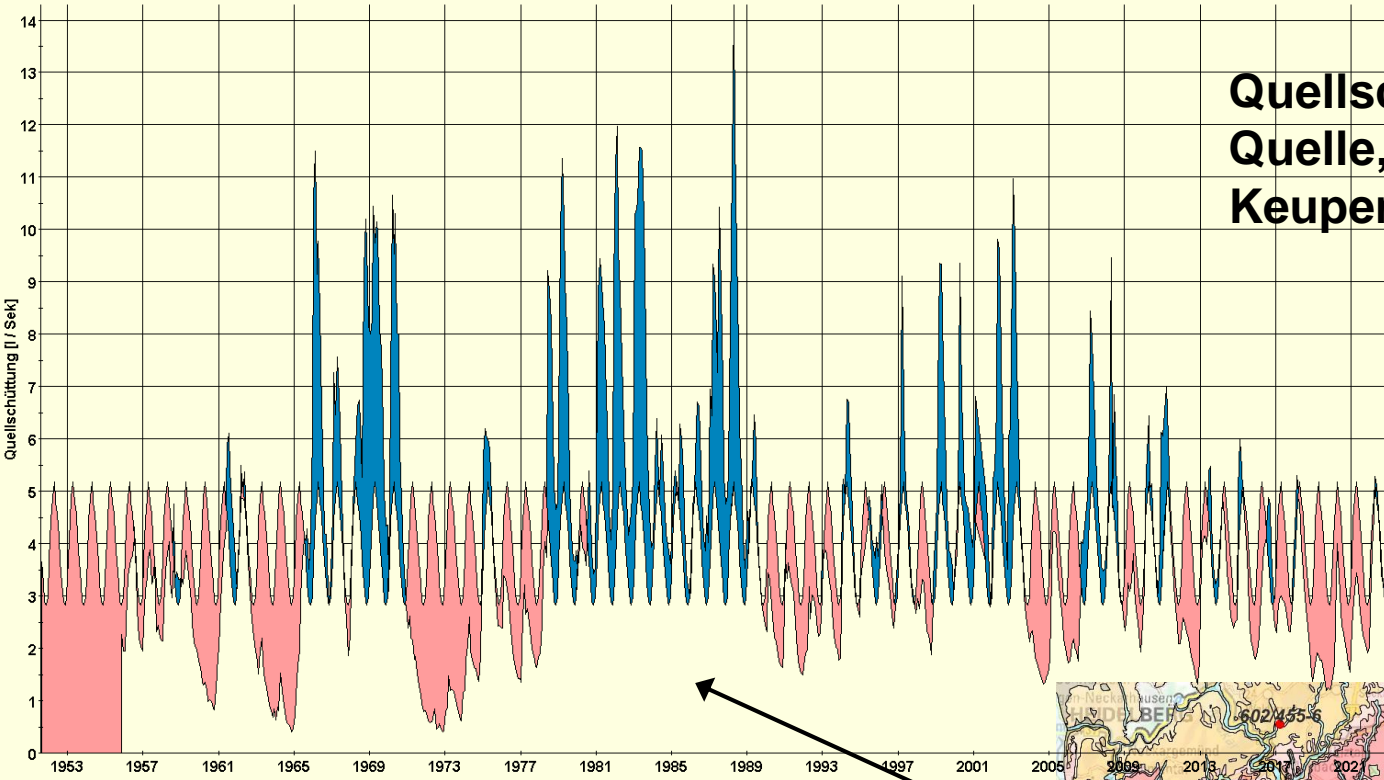
**Quellschüttung QF  
Weichselbrunnen, Jagstzell,  
Keuperbergland**



# Entwicklung Grundwasser 1951-2022

600/407-7  
QF 2 Hintere Quelle, Hilsbach

**Quellschüttung QF2 Hintere  
Quelle, Hilsbach, Höherer  
Keuper**



# Projektionen in die Zukunft (bis 2100)

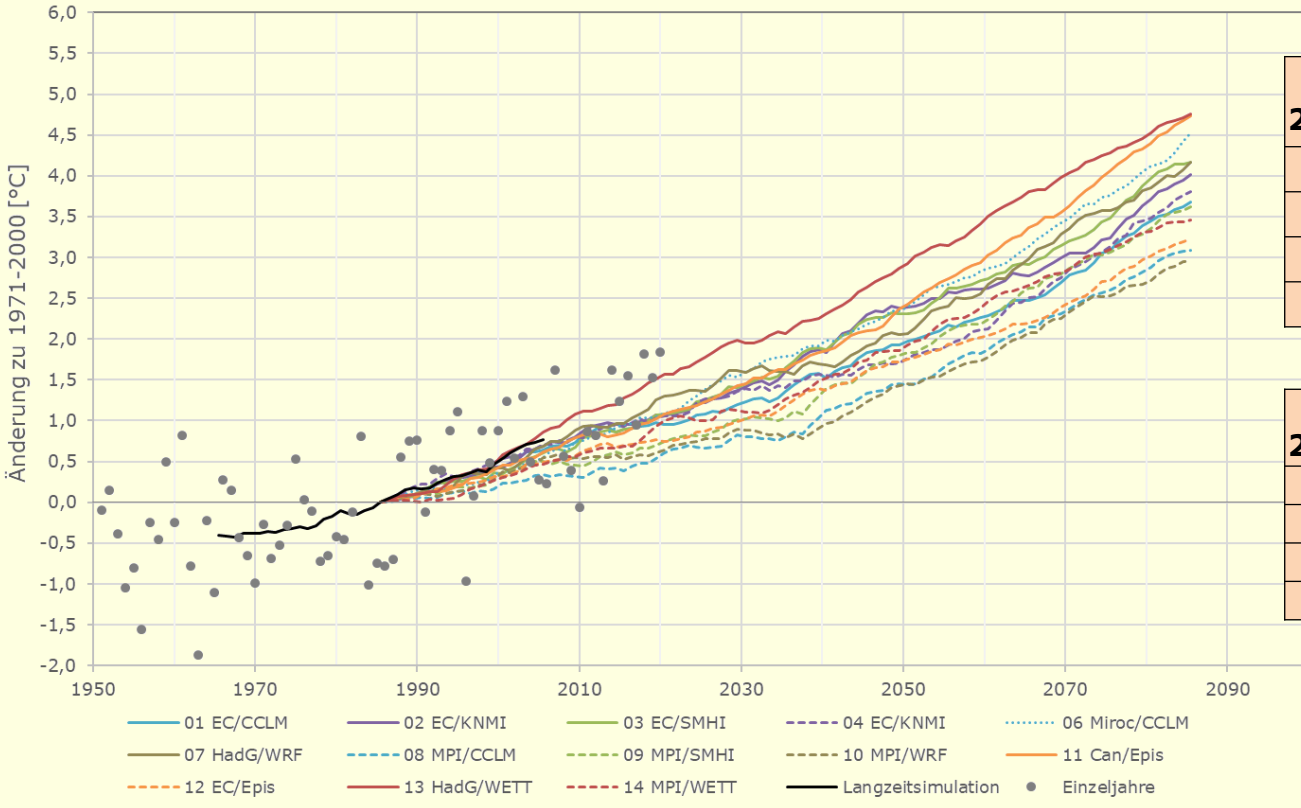
- 9 dynamische Klimamodelle
- 4 statistische Klimamodelle
- <https://lfu.rlp.de/de/unser-amt-service/unsere-jahresberichte/dem-klimawandel-auf-der-spur/kliwa-projekt-2019/>

Emissionsszenario	Globales Klimamodell	Modellrun	Regionalmodell	Typ Regionalmodell	Projektion
RCP 8.5	EC-EARTH	r12i1p1	CCLM4-8-17	Dynamisch	Proj01
RCP 8.5	EC-EARTH	r12i1p1	KNMI-RACMO2	Dynamisch	Proj02
RCP 8.5	EC-EARTH	r12i1p1	SMHI-RCA4	Dynamisch	Proj03
RCP 8.5	EC-EARTH	r1i1p1	KNMI-RACMO2	Dynamisch	Proj04
RCP 8.5	MIROC5	r1i1p1	CCLM4-8-17	Dynamisch	Proj06
RCP 8.5	HadGEM2	r1i1p1	WRF361H	Dynamisch	Proj07
RCP 8.5	MPI-ESM	r1i1p1	CCLM4-8-17	Dynamisch	Proj08
RCP 8.5	MPI-ESM	r1i1p1	SMHI-RCA4	Dynamisch	Proj09
RCP 8.5	MPI-ESM	r1i1p1	WRF361H	Dynamisch	Proj10
RCP 8.5	CanESM2	r1i1p1	Episodes2018	Statistisch	Proj11
RCP 8.5	EC-EARTH	r12i1p1	Episodes2018	Statistisch	Proj12
RCP 8.5	HadGEM2	r1i1p1	WETTREG2018	Statistisch	Proj13
RCP 8.5	MPI-ESM	r1i1p1	WETTREG2018	Statistisch	Proj14

- Klimagrößen ohne chronologischen Bezug (keine Übereinstimmung von Einzeljahren)
- Klimamodelle geben Entwicklungstendenzen über längere Zeiträume wieder
- Mittelung von Ergebnisgrößen der Impaktmodelle über längeren Zeitraum (z.B. 30 Jahre)

# Projektionen Lufttemperatur (2021-2050)

Lufttemperatur  
Baden-Württemberg  
30-jähriges Mittel

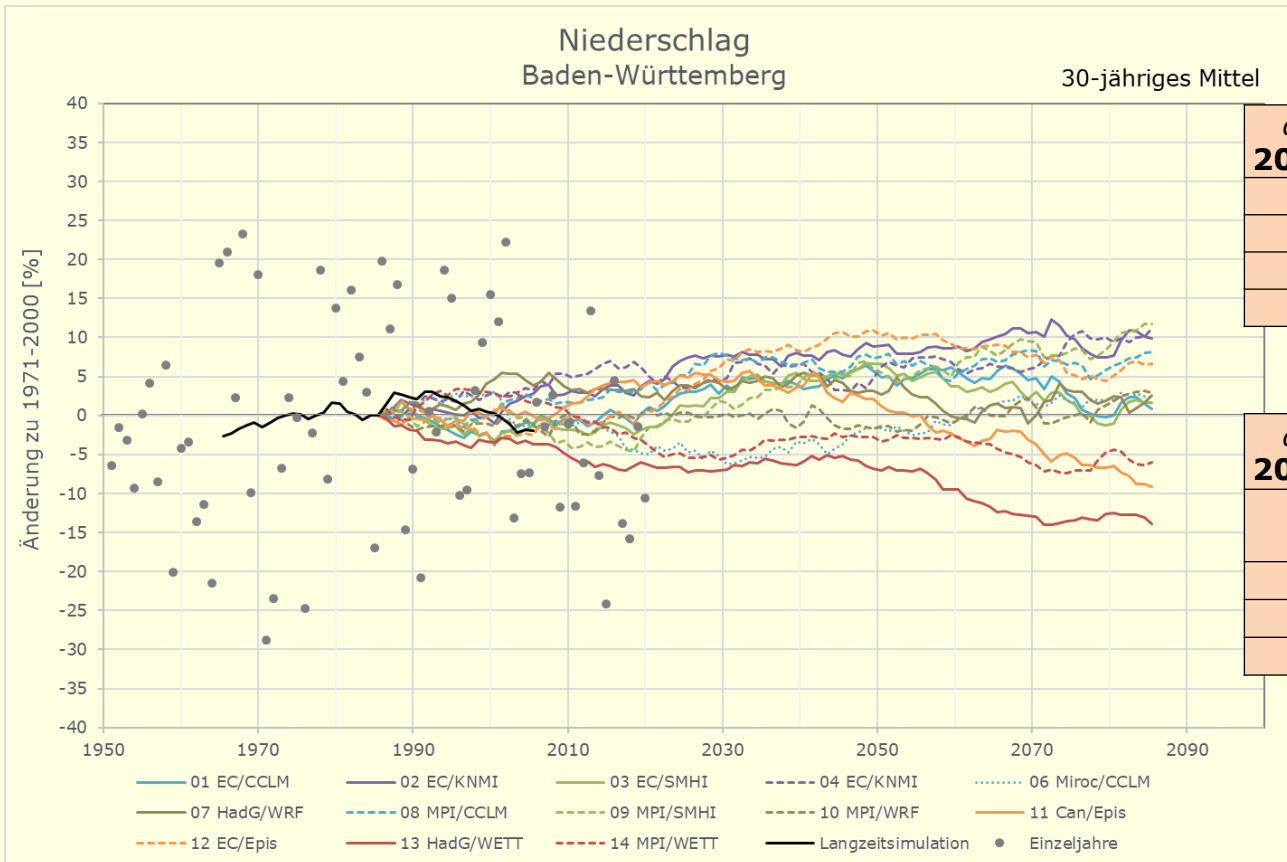


$dAbs$ [°C] <b>2021-2050</b>	BW	BY	RP	HE	SL
Min	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7
Max	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0
<b>Mittel</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>
<b>p50</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>

$dAbs$ [°C] <b>2071-2100</b>	BW	BY	RP	HE	SL
Min	3,0	3,0	2,7	2,7	2,7
Max	4,8	4,8	4,7	4,8	4,8
<b>Mittel</b>	<b>3,9</b>	<b>3,9</b>	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>
<b>p50</b>	<b>3,8</b>	<b>3,9</b>	<b>3,6</b>	<b>3,5</b>	<b>3,7</b>

- Es muss in Zukunft von weiter steigenden Lufttemperaturen ausgegangen werden (richtungsstabil)
- Die bisherige Entwicklung verläuft am oberen Rand der Projektionsbandbreite (schwarze Linie)

# Projektionen Niederschlag (2021-2050)

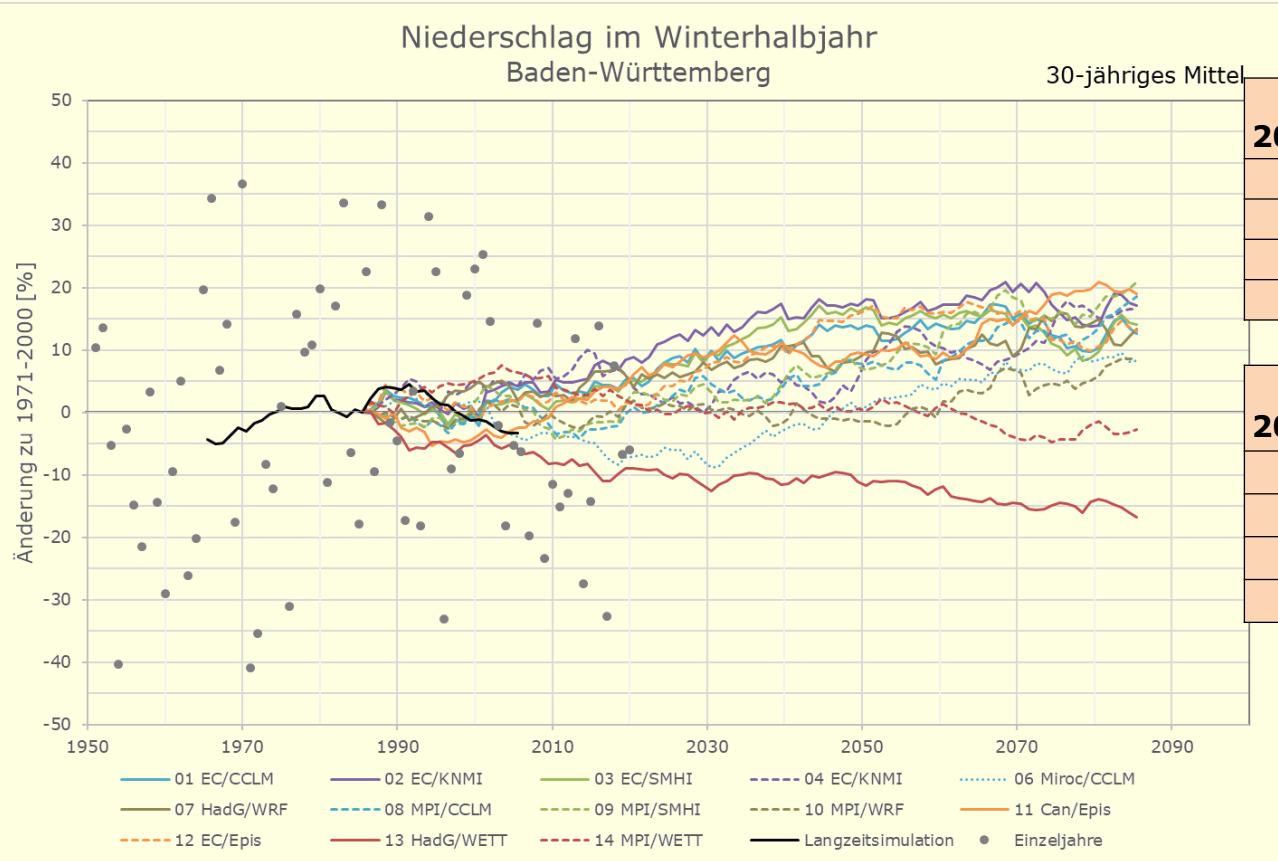


dRel [%]	BW	BY	RP	HE	SL
<b>2021-2050</b>					
Min	-5,6	-7,5	-5,9	-4,4	-6,4
Max	8,2	10,0	7,5	7,4	8,3
<b>Mittel</b>	<b>2,8</b>	<b>2,9</b>	<b>1,9</b>	<b>2,8</b>	<b>2,4</b>
<b>p50</b>	<b>4,3</b>	<b>4,3</b>	<b>3,3</b>	<b>2,4</b>	<b>2,9</b>

dRel [%]	BW	BY	RP	HE	SL
<b>2071-2100</b>					
Min	13,9	-13,4	-6,9	-6,6	-6,0
Max	11,7	13,4	12,4	13,8	14,6
<b>Mittel</b>	<b>2,2</b>	<b>2,4</b>	<b>3,1</b>	<b>4,6</b>	<b>2,9</b>
<b>p50</b>	<b>2,6</b>	<b>5,1</b>	<b>2,6</b>	<b>4,1</b>	<b>1,5</b>

- Die Entwicklung der jährlichen Niederschlagshöhe ist mit größeren Unsicherheiten behaftet als jene der Temperatur
- Die Bandbreite reicht von einer moderaten Abnahme bis hin zu einer moderaten Zunahme
- Die bisherige tatsächliche Entwicklung hat sich zum unteren Rand der Projektionsbandbreite hin entwickelt

# Projektionen Niederschlag im Wi-Hj (2021-2050)



dRel [%] 2021-2050	BW	BY	RP	HE	SL
Min	-9,7	-5,4	-4,3	-2,2	-4,2
Max	15,0	15,3	11,9	12,9	10,8
<b>Mittel</b>	<b>4,7</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>3,9</b>
<b>p50</b>	<b>6,6</b>	<b>4,4</b>	<b>4,2</b>	<b>5,9</b>	<b>4,8</b>

dRel [%] 2071-2100	BW	BY	RP	HE	SL
Min	-16,8	-11,2	3,3	7,2	-1,3
Max	21,0	22,5	25,3	25,6	28,4
<b>Mittel</b>	<b>11,0</b>	<b>12,1</b>	<b>12,0</b>	<b>14,0</b>	<b>12,6</b>
<b>p50</b>	<b>13,3</b>	<b>15,3</b>	<b>12,1</b>	<b>14,6</b>	<b>11,6</b>

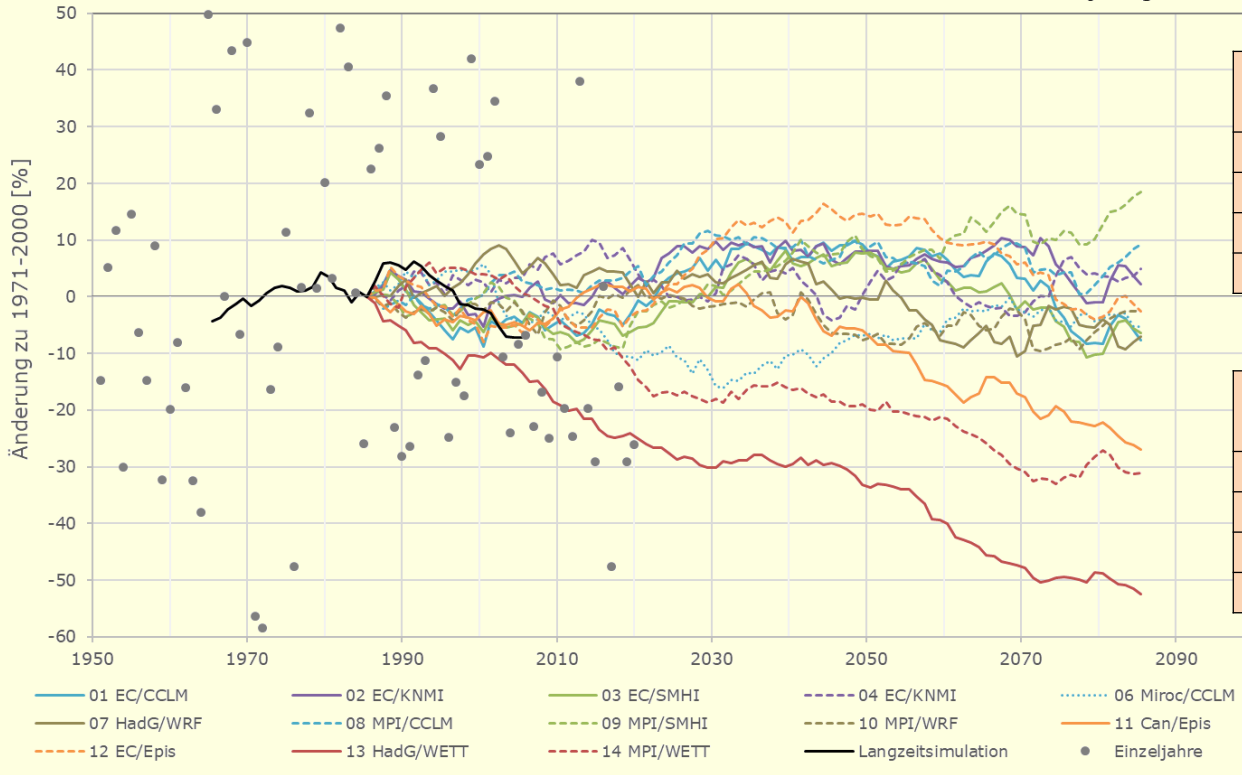
- Die Bandbreite der zukünftige Entwicklung der Niederschlagshöhe im WiHj reicht von moderaten Abnahmen bis hin zu einer deutlichen Zunahme
- Die Mehrzahl der Projektionen weist eine Zunahme aus
- Die bisherige tatsächliche Entwicklung hat sich zum unteren Rand der Bandbreite hin entwickelt



# Projektionen Grundwasserneubildung (2021-2050)

Grundwasserneubildung  
Baden-Württemberg

30-jähriges Mittel



$dRel$ [%]	BW	BY	RP	HE	SL
<b>2021-2050</b>					
Min	<b>-28,0</b>	-27,4	-12,9	-16,5	-12,0
Max	<b>13,1</b>	12,3	11,4	15,2	11,2
<b>Mittel</b>	<b>0,3</b>	0,2	0,8	0,4	1,9
<b>p50</b>	<b>5,6</b>	2,7	-0,8	1,1	1,8

$dRel$ [%]	BW	BY	RP	HE	SL
<b>2071-2100</b>					
Min	<b>-52,4</b>	-45,3	-27,2	-35,6	-23,1
Max	<b>18,4</b>	11,6	35,8	32,1	36,5
<b>Mittel</b>	<b>-8,2</b>	-8,0	-1,2	-4,5	2,3
<b>p50</b>	<b>-5,2</b>	-3,4	-0,8	-5,0	2,3

- Die mögliche zukünftige Entwicklung der jährlichen GWN ist mit deutlich größeren Unsicherheiten behaftet als jene des Niederschlags
- Die Bandbreite der Ergebnisse reicht von einer starken Abnahme der GWN bis hin zu einer moderaten Zunahme
- Im Mittel bliebe die GWN in der nahen und fernen Zukunft quasi unverändert

# Umgang mit Wassermangel

## Zukunftsstrategie Wasser BW

### Strategie zum Umgang mit Hochwasser

Verringerung von Risiken bei Hochwasser- und Starkregenereignissen

### Strategie zum Umgang mit Wassermangel

GW, OFG, GÖ, Management

### Masterplan Wasser

Grundwasser + W.Versorgung

<https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/wasser-und-boden/>

<https://www.hochwasser.baden-wuerttemberg.de/unsere-themen>

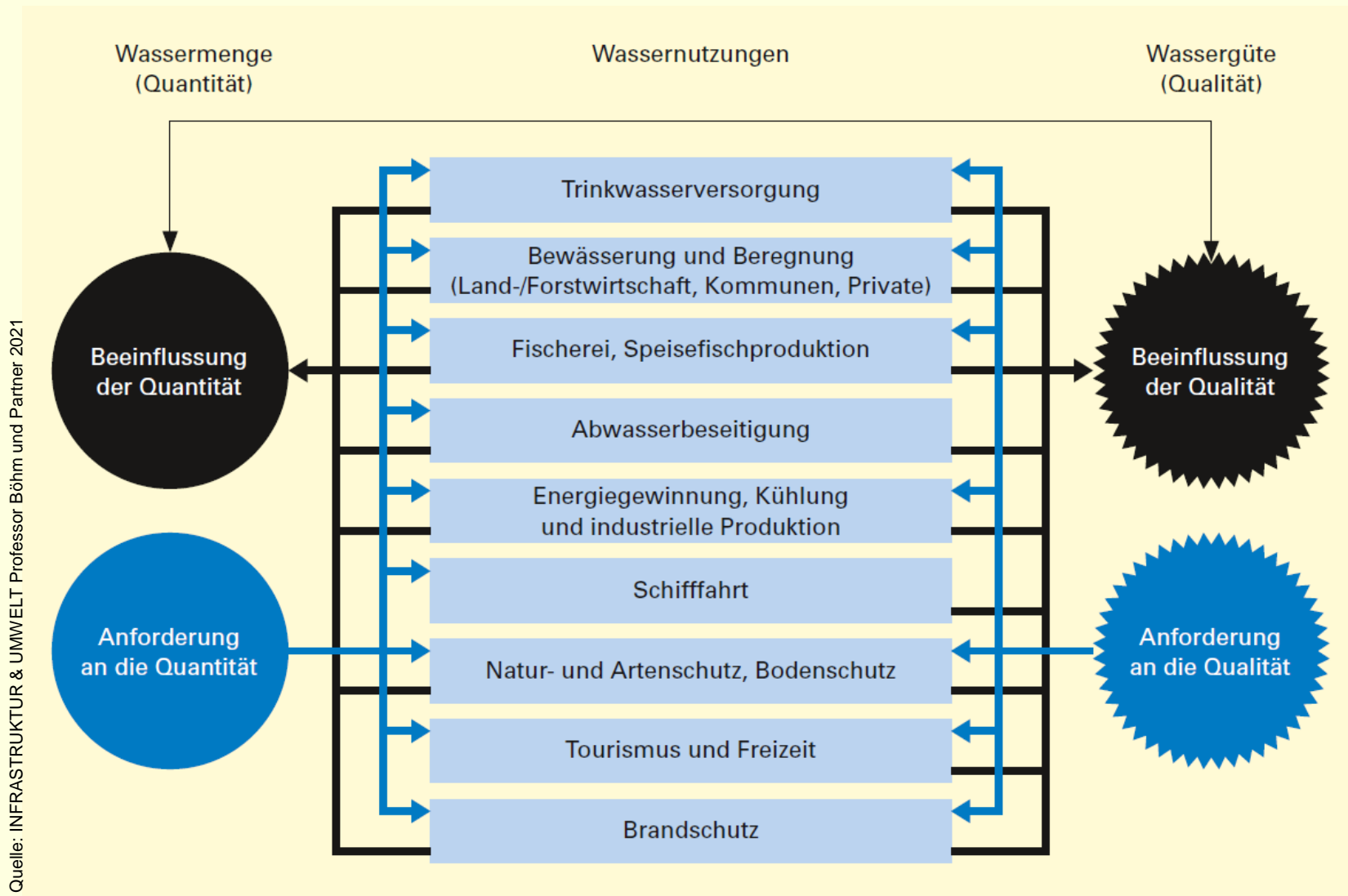
u.a.

länder-  
übergreifend



LU:W

# Ansprüche an die Wasserverfügbarkeit



Quelle: INFRASTRUKTUR & UMWELT Professor Böhm und Partner 2021

# Umgang mit Wassermangel

## Strategie zum Umgang mit Wassermangel in Baden-Württemberg

Erfordernisse zur Verringerung von Risiken und Nutzungskonflikten bei Niedrigwasser und abnehmenden Grundwasserreserven



Baden-Württemberg  
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

[www.um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/wasser-und-boden/](http://www.um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/wasser-und-boden/)

12-Punkte-Plan für einen verbesserten Umgang mit Wasserknappheit

**Ressourcen schützen und Resilienz der Gewässerökosysteme stärken**

**Umweltmonitoring und Informationsbereitstellung**

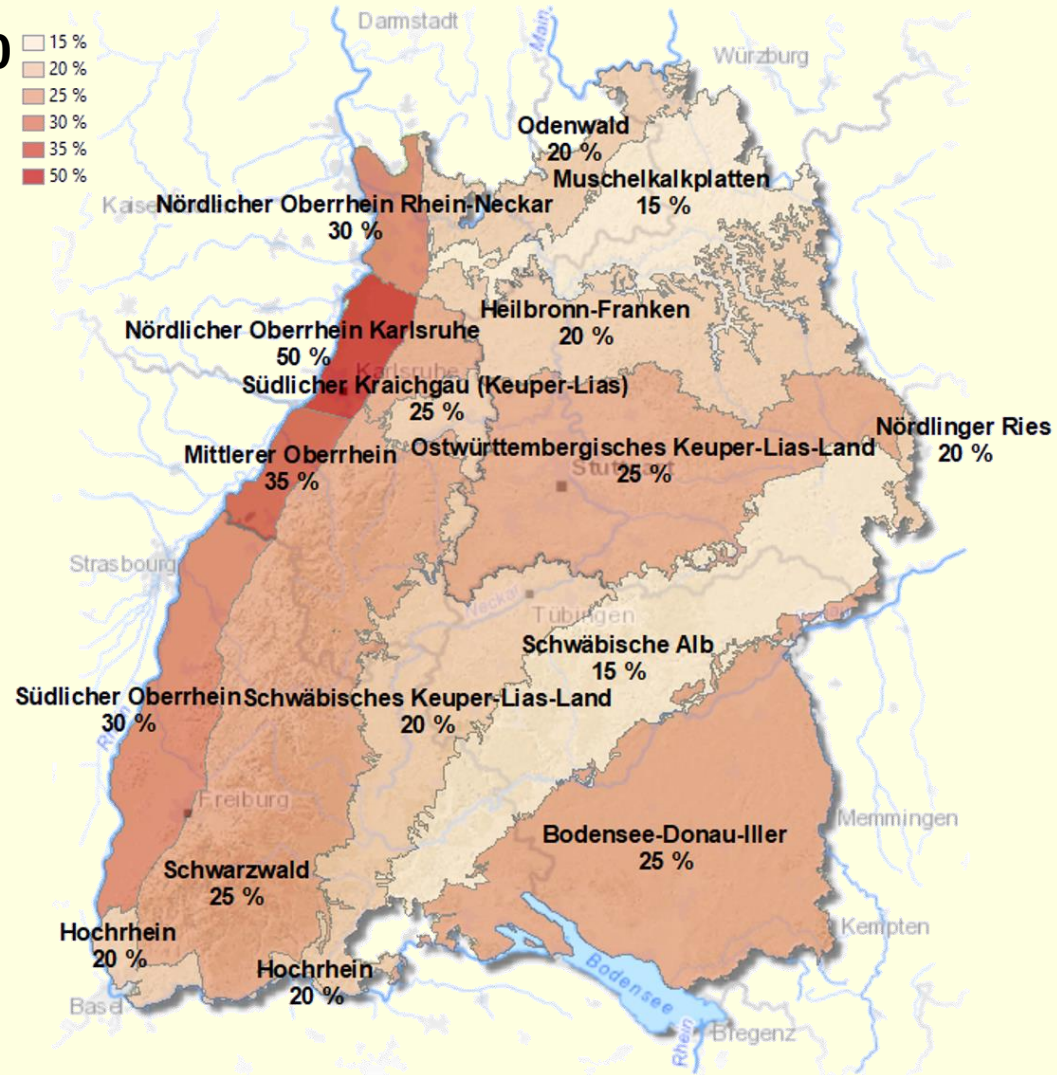
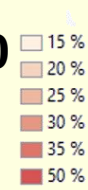
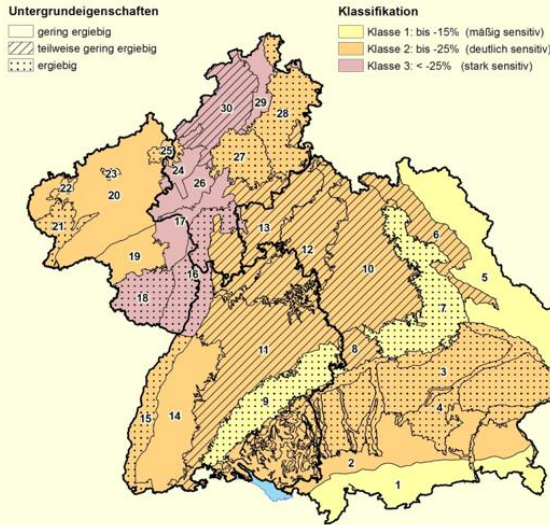
**Bewirtschaftung und Steuerung von Wassernutzungen**

**Anreize erhöhen und Problembewusstsein schärfen**

**Notfallplanung**

# Empfehlung für Wawi Praxis (z.B. Mapla Wasserversorgung Ba-Wü)

- Änderungssignale der GWN für den Zeithorizont **2050 zu 1991-2020** werden dem unteren Rand der Projektionsbandbreite entnommen
- **Änderungssignal** regional differenziert: 15% - 50%, Ø rd. 20%



**Empfehlung: Ansatz einer reduzierten natürlichen GWN**

-10% bei  $GwN_{TD}/GwN_{LM}$  bis 0,85

-20% bei  $GwN_{TD}/GwN_{LM}$  bis 0,75

-30% bei  $GwN_{TD}/GwN_{LM}$  unter 0,75

# Zusammenfassung / Schlussfolgerung

- In den vergangenen 20 Jahren **nach 2002** war das Thema **Trockenheit und Niedrigwasser in Süddeutschland stark im Fokus**. Überdurchschnittliche Lufttemperaturen (Verdunstung) und trockene Winterhalbjahre sind hervorzuheben
- Bei der **Grundwasserneubildung** sind daher seit 2003 neubildungsreiche Jahre weitgehend ausgeblieben. An zahlreichen Grundwassermessstellen wurden in den vergangenen Jahren Niedrigstwerte erreicht
- Aktuelle **Klima-Projektionen** für Süddeutschland zeigen, dass auch in Zukunft mit überdurchschnittlichen und weiter **steigenden Temperaturen** zu rechnen ist (richtungsstabil)
- Die zukünftige **Entwicklung der Niederschlagsmenge** und **insbesondere** der **Grundwasserneubildung** ist vergleichsweise **unsicher** ( $\neq$  richtungsstabil)
- Der Vergleich mit der **Entwicklung in der jüngeren Vergangenheit (N im Winter & GWN)** schließt die pessimistischeren Projektionen als mögliche Entwicklung für die Zukunft in Süddeutschland nicht aus

# Zusammenfassung / Schlussfolgerung

- Der **Umgang mit Wassermangel** erfährt zunehmende Bedeutung
- Eine **umweltverträgliche Grundwasserbewirtschaftung** ist auch unter sich verschärfenden Randbedingungen sicherzustellen
- **Datengrundlagen** und deren **Verfügbarkeit** im wasserwirtschaftlichen Vollzug verbessern
- Empfehlung für die WaWi Praxis: Orientierung an vergangenen Trockendekaden und am **unteren Rand der Projektions-Bandbreite**
- Länderübergreifende **Kooperationen** fortsetzen / ausbauen (Synergien, Blick über den Tellerrand)

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

The background of the slide is a photograph of a stone-lined water channel. On the left, a concrete weir allows water to flow over it. The water then cascades over several layers of large, rough-hewn stones, creating a small waterfall. The right side of the channel is a high, textured stone wall. The scene is lit with warm, yellowish light, possibly from an indoor setting.

**Thomas Gudera**

**LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg**

Referat 42 Grundwasser

Griesbachstr. 1

76185 Karlsruhe

Telefon: +49 (721) 5600 - 2271

Telefax: +49 (721) 5600 - 2399

E-Mail: [Thomas.Gudera@lubw.bwl.de](mailto:Thomas.Gudera@lubw.bwl.de)

<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/startseite>