

# Wasserwirtschaftliche Extremereignisse

- Überflutungen und Wasserknappheit im Kontext des Klimawandels



Dr. Stefan Brune

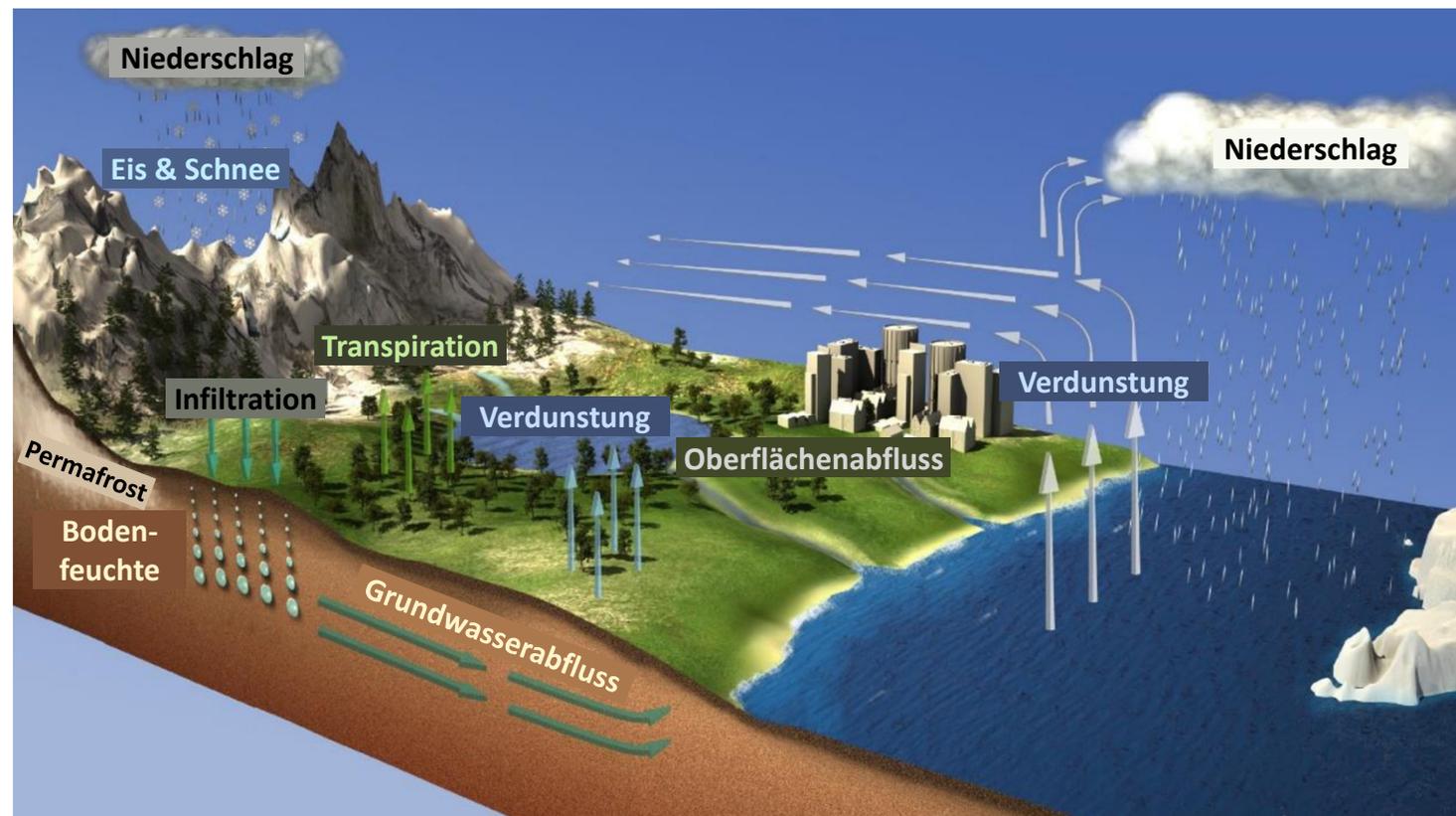
Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz  
Referatsleiter 72 – Kompetenzzentrum Klima

04.12.2024

## Klima

- Klima ist der vieljährige mittlere Zustand der Atmosphäre
- nach WMO mindestens Perioden von 30 Jahren
- repräsentiert durch statistische Größen (Mittelwerte, Extremwerte, Andauerwerte, Häufigkeiten)
- beeinflusst maßgeblich den Wasserkreislauf

(DWD, 2024)



Der Wasserkreislauf (verändert nach ESA, 2020).

## Folie 2

---

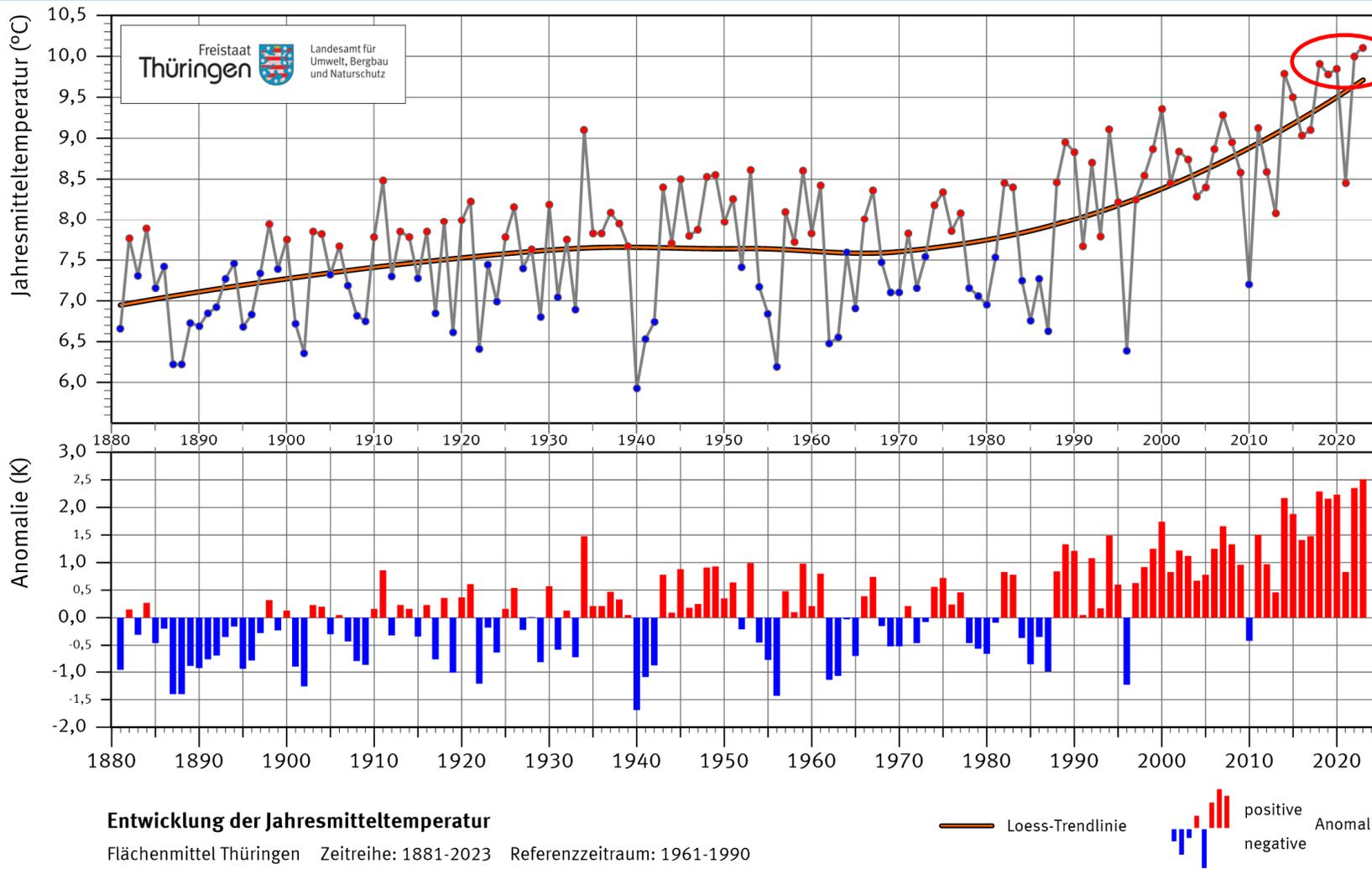
**TLM1** Könnt Ihr den Text noch etwas vereinfachen - im Hinblick auf die Zielgruppe?

TMUEN Luhn, Marius; 29.10.2024

**THT1** Klima ist der mittlere, 30-jährige Zustand der Atmosphäre

TLUBN Henning, Theresa; 30.10.2024

# Klimaentwicklung in Thüringen



## In letzten sechs Jahren:

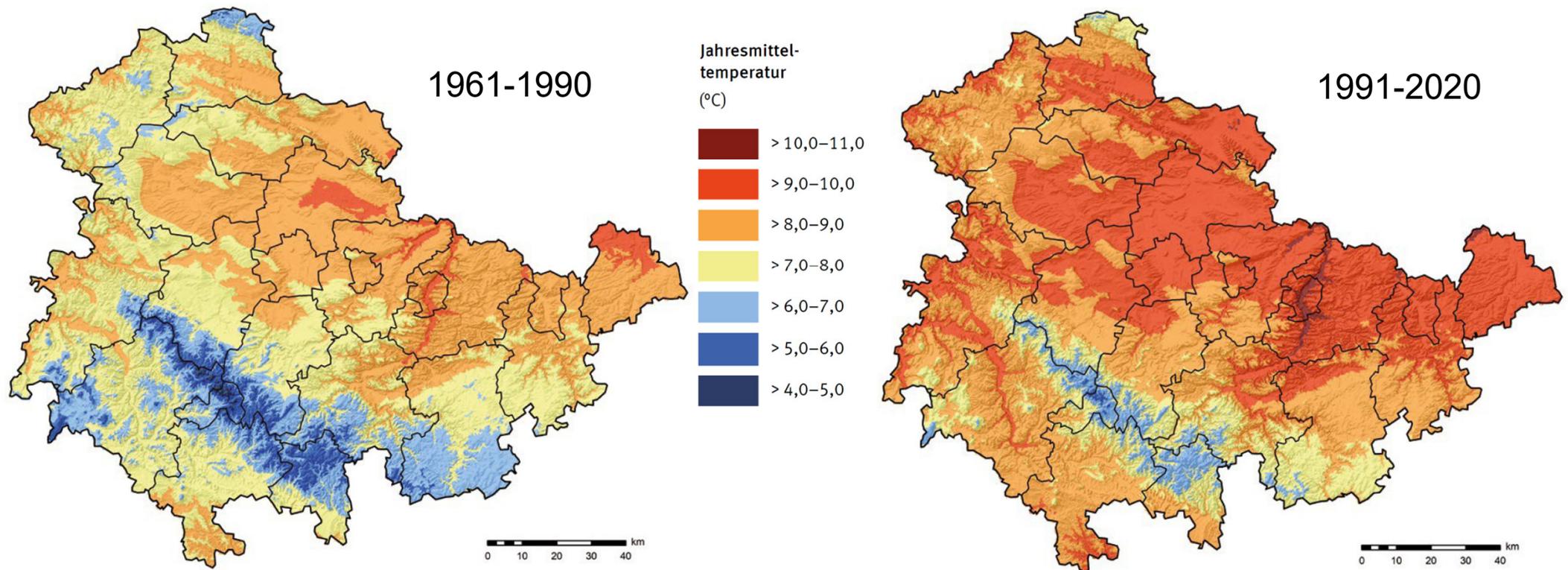
- die fünf wärmsten Jahre der Messreihe
- 2023: wärmstes Jahr (10,1°C)
- 2018 und 2019: zwei extreme Dürrejahre

akt. Klimaperiode  
 (1994-2023: 8,9 °C)

**1,3 Grad**

vs. WMO-Referenz  
 (1961-1990: 7,6 °C)

## Jahresmitteltemperatur



## Stadt Nordhausen

Klimaparameter	1961-1990	1991-2020
Temperatur (°C)	8,1	9,2
Sommertage ( $t_{\max} \geq 25 \text{ °C}$ )	21	38
Heiße Tage ( $t_{\max} \geq 30 \text{ °C}$ )	2	7
Frosttage ( $t_{\min} < 0 \text{ °C}$ )	100	86
Eistage ( $t_{\max} < 0 \text{ °C}$ )	27	16
Niederschlag (mm/a)	661	669

# Niederschlag



Foto: Kai Pfannschmidt



Niedrigwasser an der Schwarzza am 28. November 2018 (Foto: Kai Pfannschmidt)

# Niederschlag



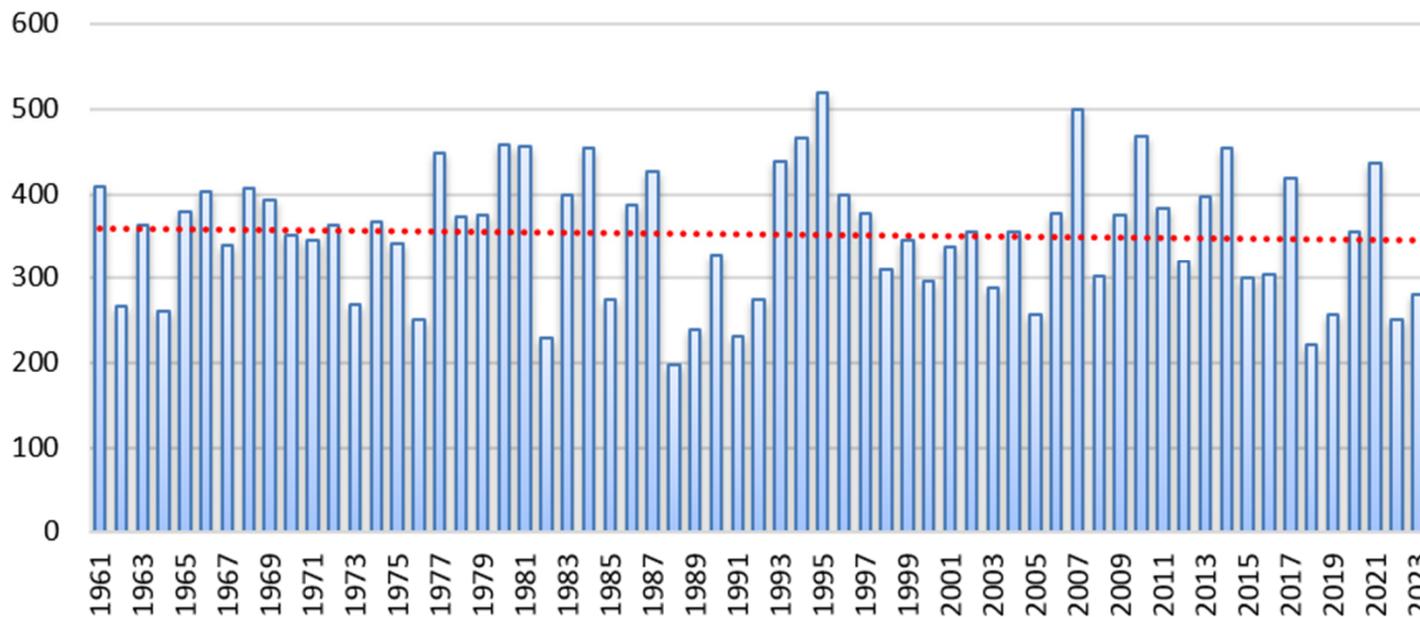
Starkregen in Jena (Foto: Kai Pfannschmidt)



Gewitterzelle mit Starkregen in Südthüringen (Foto: Frank Heyner)

# Exemplarisch: DWD-Station Jena (155 m ü. NN)

## Niederschlag (mm) – April bis September



1961-1990: 352 mm

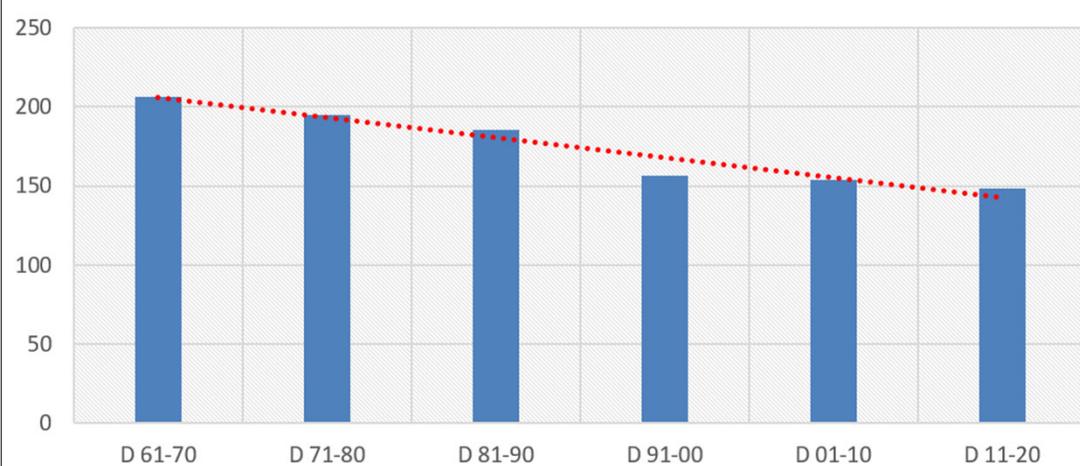
1991-2020: 356 mm



- April bis Juni
- Juli bis September

## Veränderung des Niederschlagregimes

### Niederschlag (mm) – April bis Juni



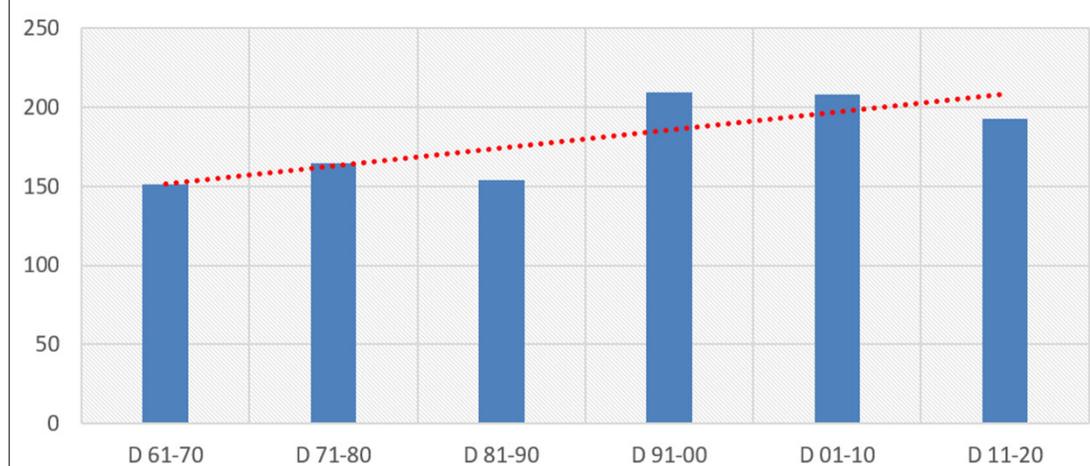
1961-1990  
196 mm

**-22 %**



1991-2020  
153 mm

### Niederschlag (mm) – Juli bis September



1961-1990  
157 mm

**+29 %**



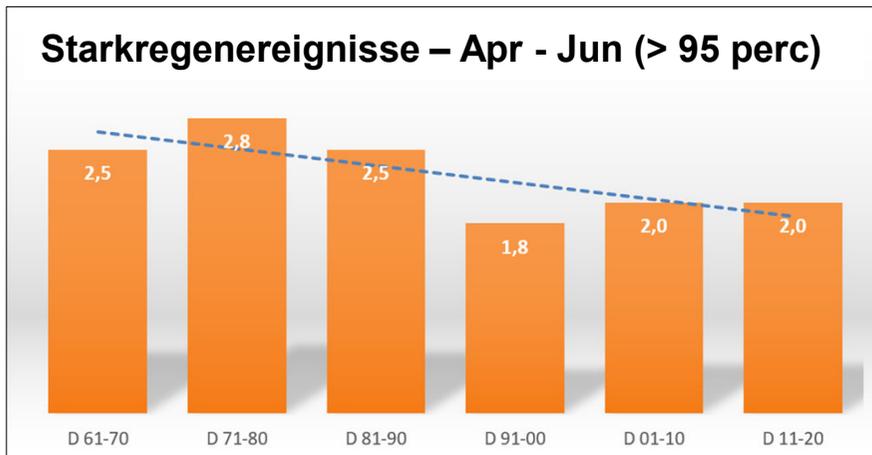
1991-2020  
203 mm

## Starkregen

- große Niederschlagsmengen je Zeiteinheit
- kann überall auftreten und zu sehr schnell stark ansteigenden Wasserständen und/oder zu Überschwemmungen führen
- häufig verbunden mit Bodenerosion (SchlammLawinen)

(DWD, 2024)

## Veränderung der Starkniederschlagsereignisse (>95-Perzentil)

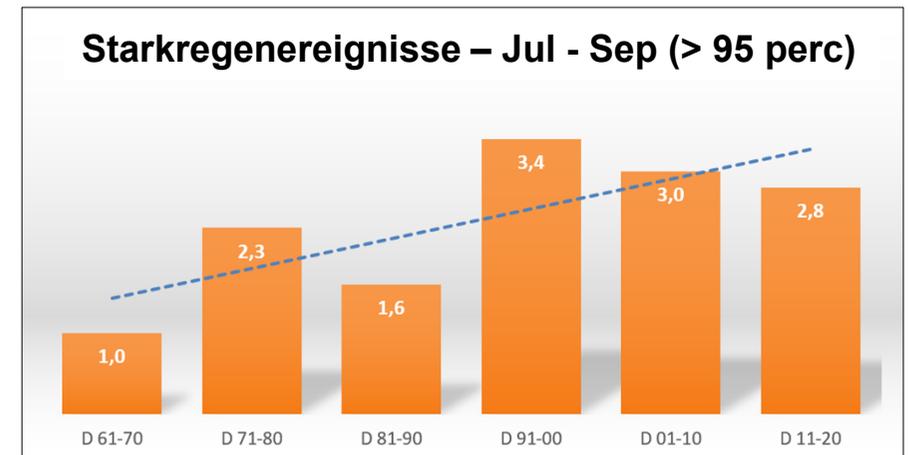


1961-1990  
2,6 Ereignisse

**-27 %**



1991-2020  
1,9 Ereignisse



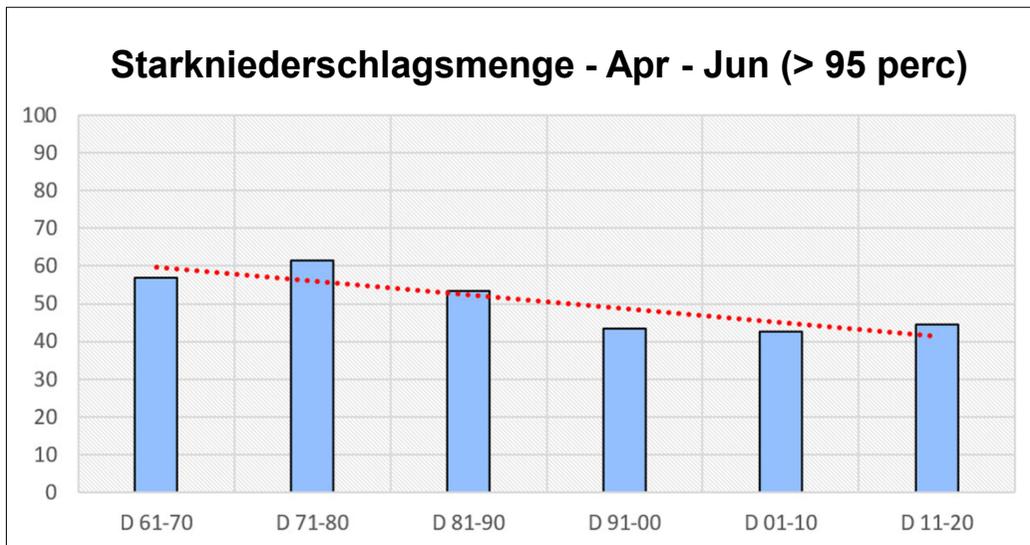
1961-1990  
1,6 Ereignisse

**+ 94 %**



1991-2020  
3,1 Ereignisse

## Veränderung der Starkniederschlagsmenge

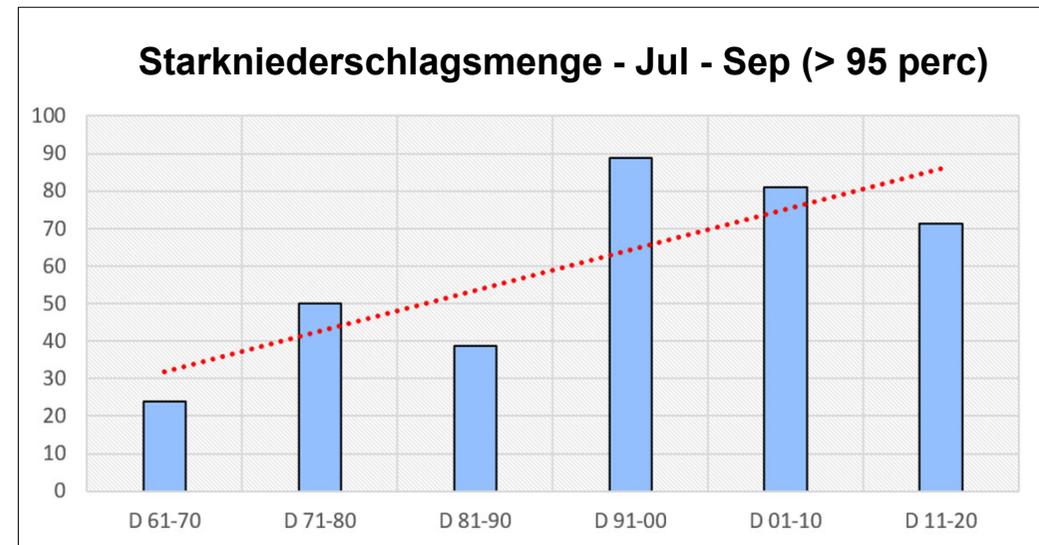


**1961-1990**  
**57 mm**

**-22 %**



**1991-2020**  
**44 mm**



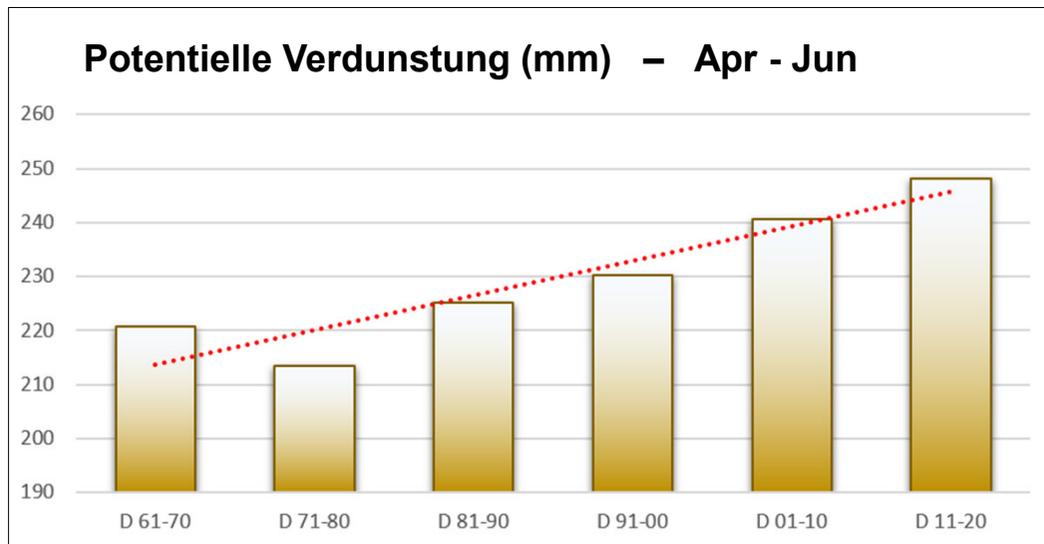
**1961-1990**  
**38 mm**

**+ 111 %**



**1991-2020**  
**80 mm**

## Veränderung der potentiellen Verdunstung

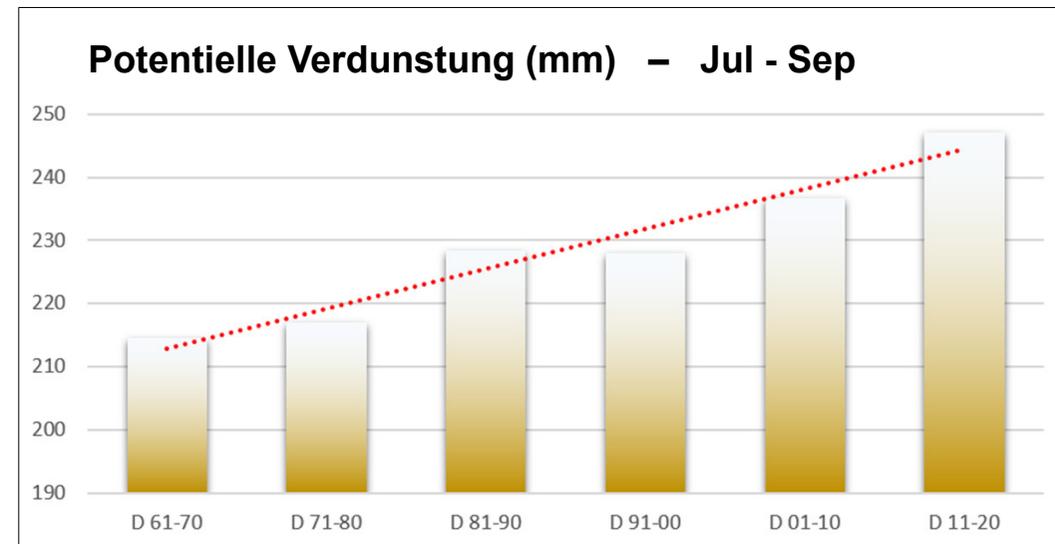


**1961-1990**  
**220 mm**

**+ 9 %**



**1991-2020**  
**240 mm**



**1961-1990**  
**220 mm**

**+ 8 %**



**1991-2020**  
**237 mm**

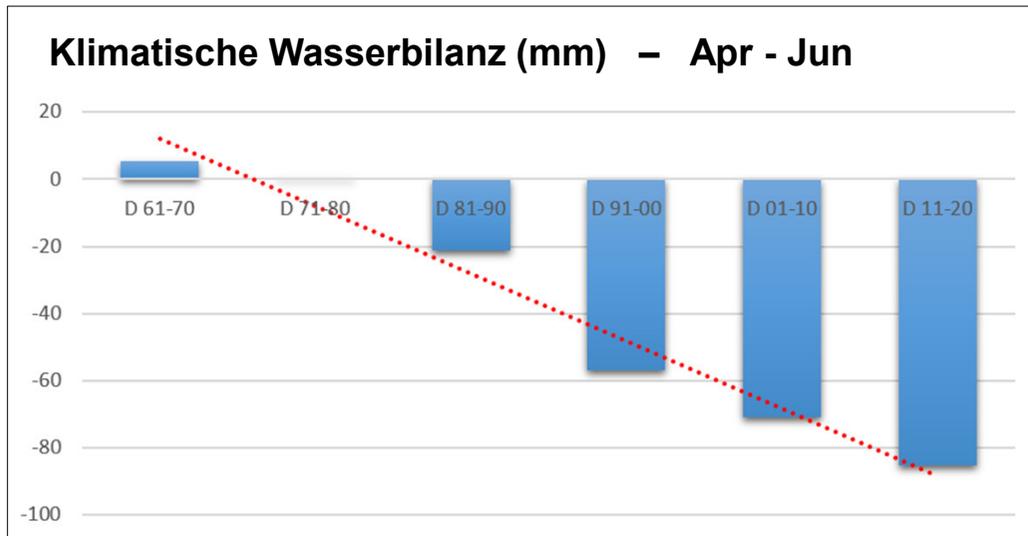
## Veränderung der klimatischen Wasserbilanz

### Klimatische Wasserbilanz

- Differenz zwischen Niederschlag und potentieller Verdunstung
- auch potenzielles Wasserdargebot

(DWD, 2024)

## Veränderung der klimatischen Wasserbilanz

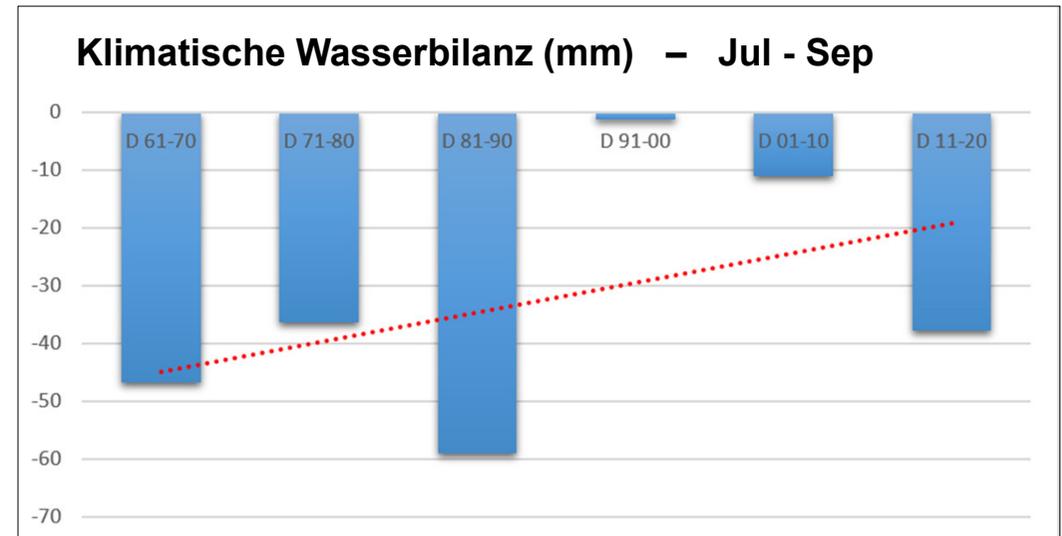


1961-1990  
-5 mm

**- 66 mm**



1991-2020  
-71 mm



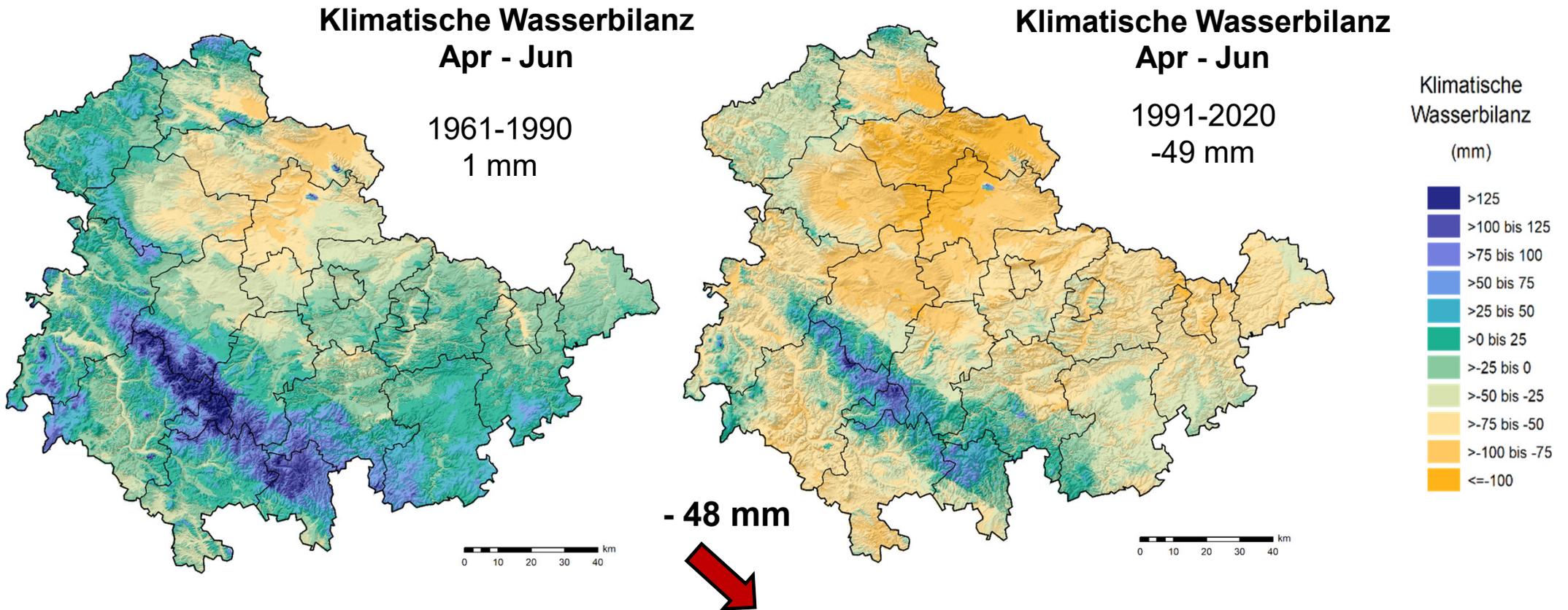
1961-1990  
-47 mm

**+ 30 mm**

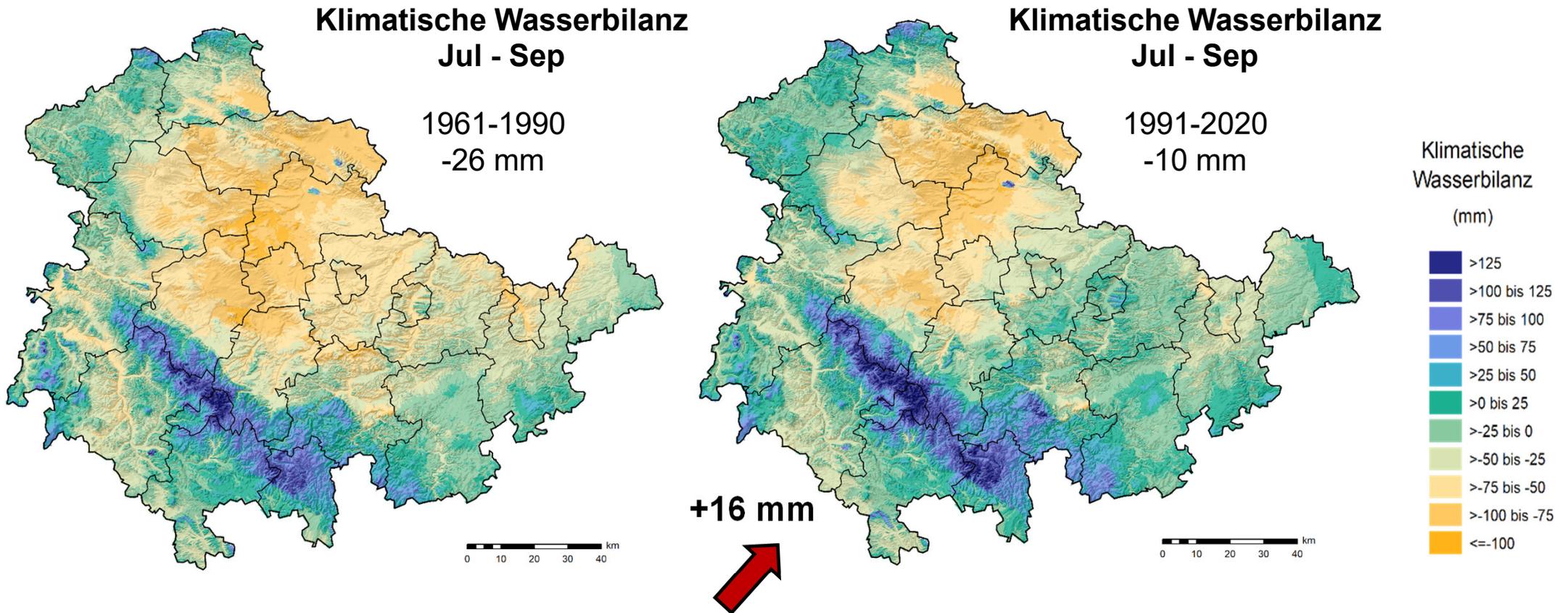


1991-2020  
-17 mm

# Klimaentwicklung in Thüringen



# Klimaentwicklung in Thüringen



Es zeichnen sich **zwei Arten** von Trockenheit ab:

Klimaentwicklung	April bis Juni	Juli bis September
Niederschlagsmenge	↓	↑
Starkregenereignisse und –menge	↓	↑
Potentielle Verdunstung	↑	↑
Klimatische Wasserbilanz	↓	↑
	<b>Trockenheit</b> durch Rückgang an Niederschlag und Zunahme der Verdunstung	<b>Trockenheit</b> durch Zunahme an Starkregen, der oberflächennah abfließt und somit für die Durchfeuchtung des Bodens und die Grundwasserneubildung wenig bis gar nicht wirksam wird

## Klimaprojektionen

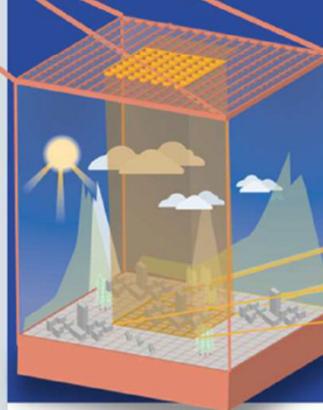
Globale  
Zukunftsszenarien



Globale  
Klimamodelle



Regionale  
Klimamodelle



Wirkmodelle



Berechnungen  
im  
Kompetenz-  
zentrum Klima  
am TLUBN

Räumliche Auflösung

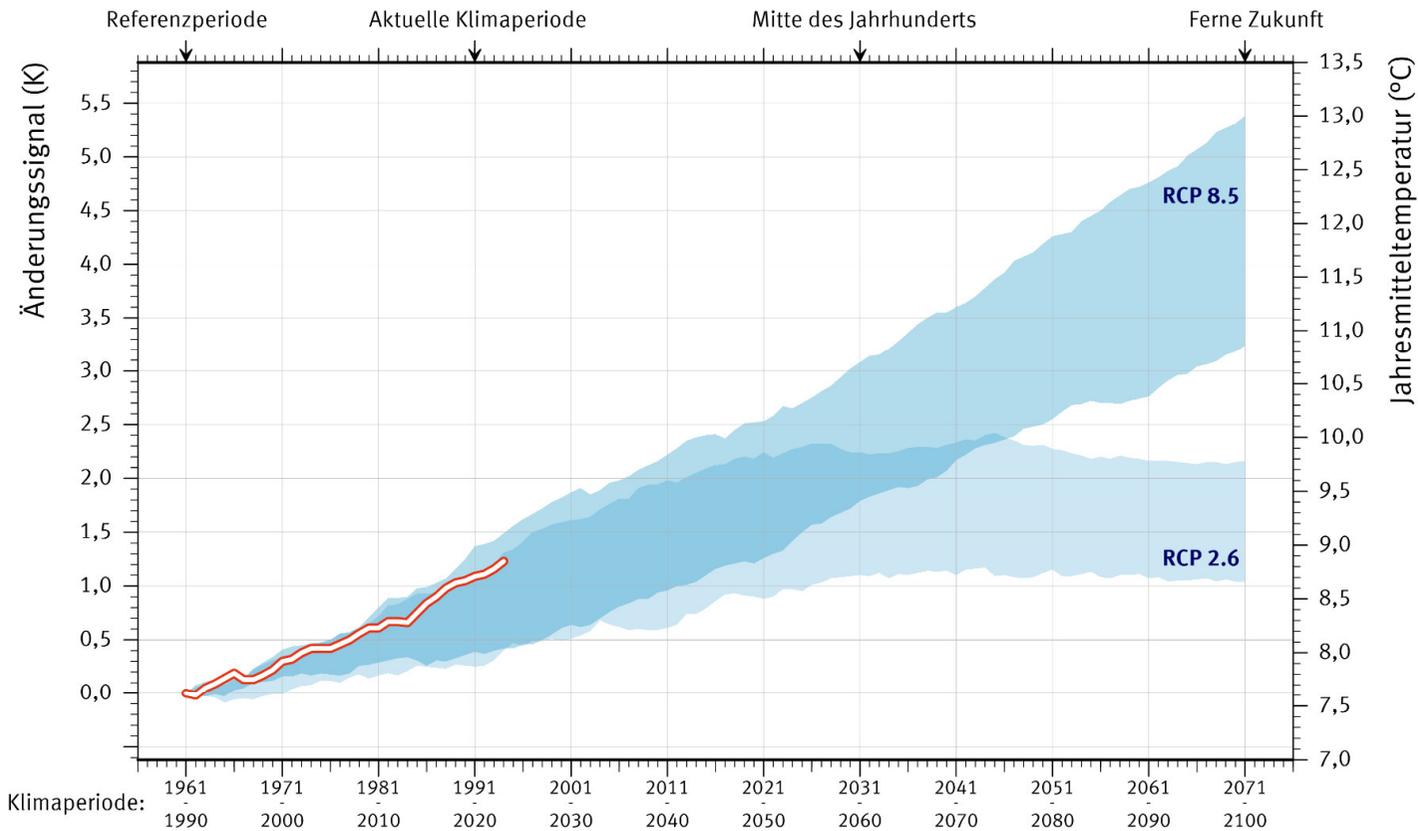
100 km x 100 km

12 km x 12 km

100 m x 100 m

Verändert nach DWD,  
2020.

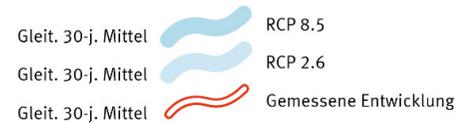
# Klimaprojektionen



## Gemessene und projizierte Entwicklung der Jahresmitteltemperatur

Mitteldeutsches Kernensembel (MDK) 1.0, RCP - Szenarien 2.6 und 8.5

Flächenmittel Thüringen



**Beobachtete und  
projizierte zukünftige  
Entwicklung der  
Jahresmitteltemperatur  
für Thüringen**

## Stadt Nordhausen

Klimaparameter	1961-1990	1991-2020	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 8.5)
Temperatur (°C)	8,1	9,2	10,1	12,6
Sommertage ( $t_{\max} \geq 25 \text{ °C}$ )	21	38	47	81
Heiße Tage ( $t_{\max} \geq 30 \text{ °C}$ )	2	7	10	34
Frosttage ( $t_{\min} < 0 \text{ °C}$ )	100	86	73	38
Eistage ( $t_{\max} < 0 \text{ °C}$ )	27	16	16	5
Niederschlag (mm/a)	661	669	664	665

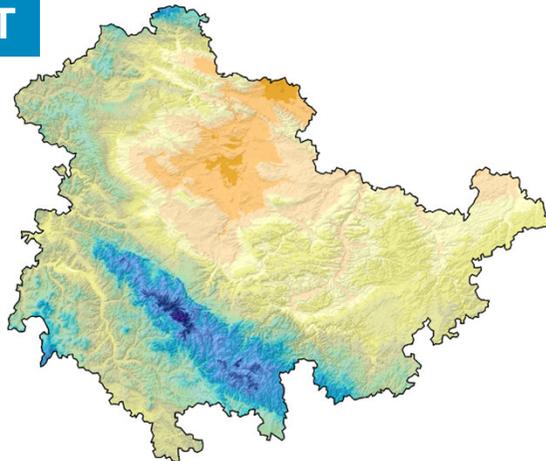
# Klimaprojektionen

Mittlere jährliche klimatische Wasserbilanz

## BEOBACHTET

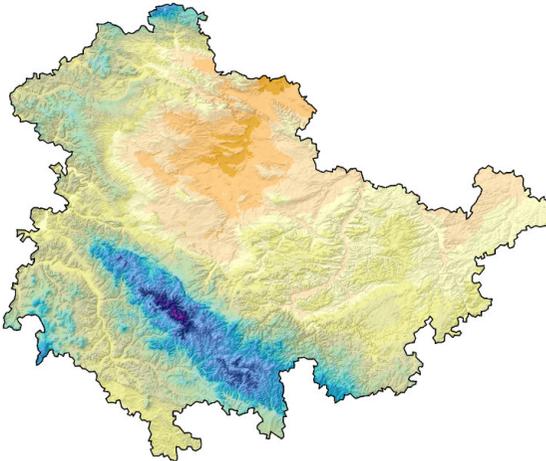
**1961-1990**

149 mm



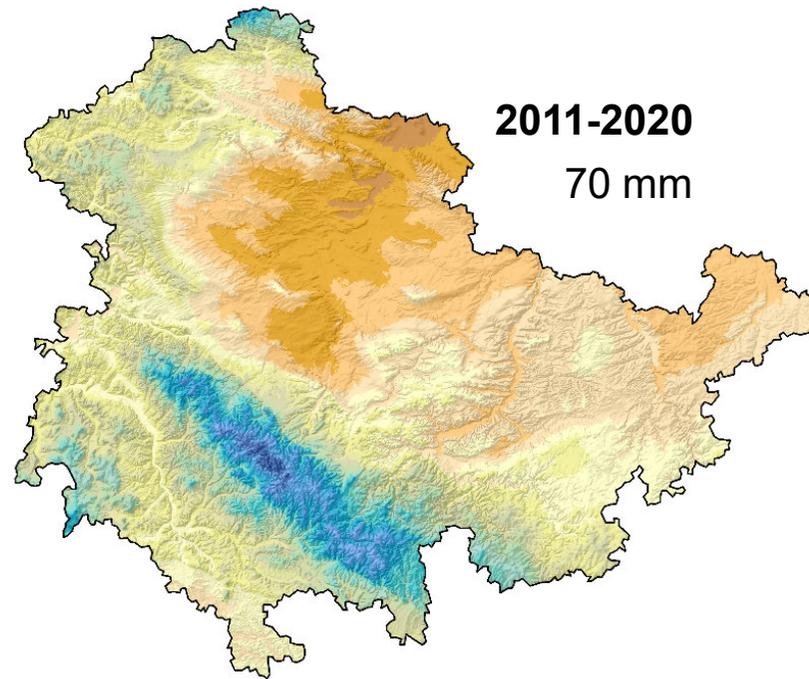
**1991-2020**

135 mm

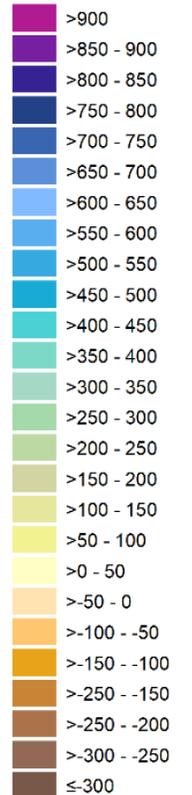


**2011-2020**

70 mm



## Jährliche Klimatische Wasserbilanz (mm/a)



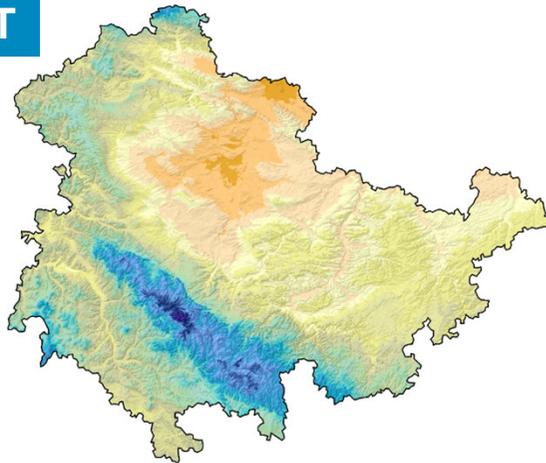
# Klimaprojektionen

Mittlere jährliche klimatische Wasserbilanz

## BEOBACHTET

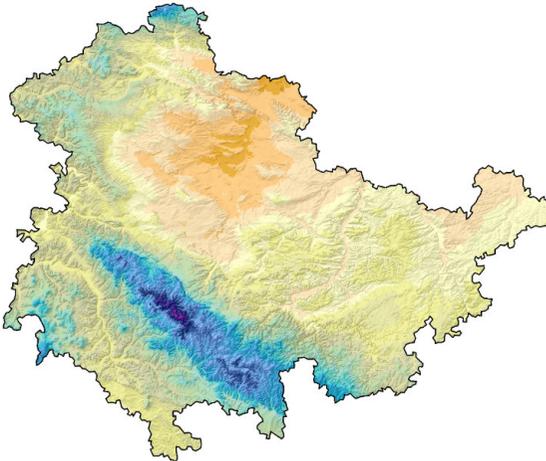
**1961-1990**

149 mm



**1991-2020**

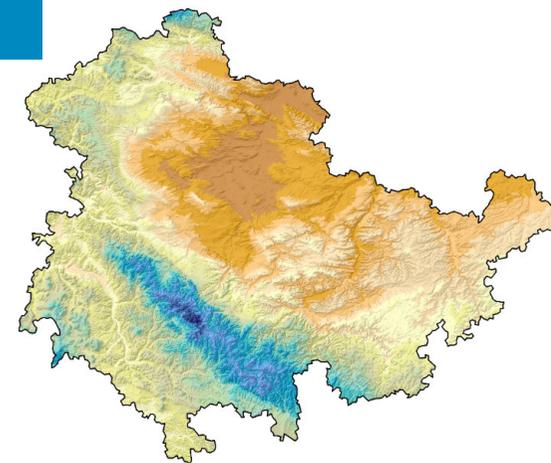
135 mm



## PROJIZIERT

**2031-2060**

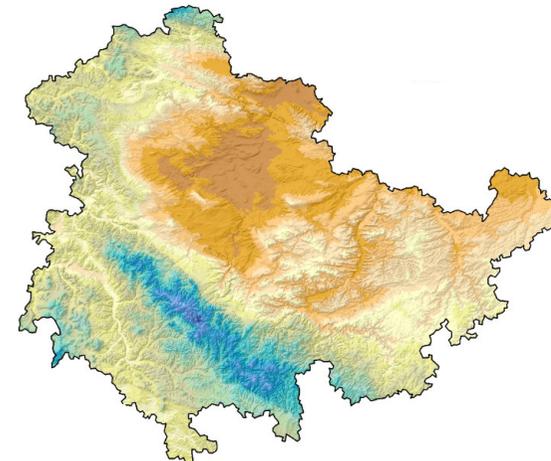
60 mm



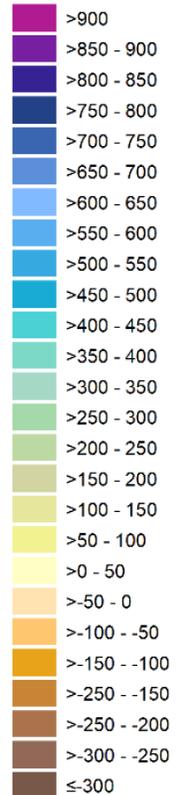
*MDK RCP 8.5*  
Median

**2071-2100**

57 mm

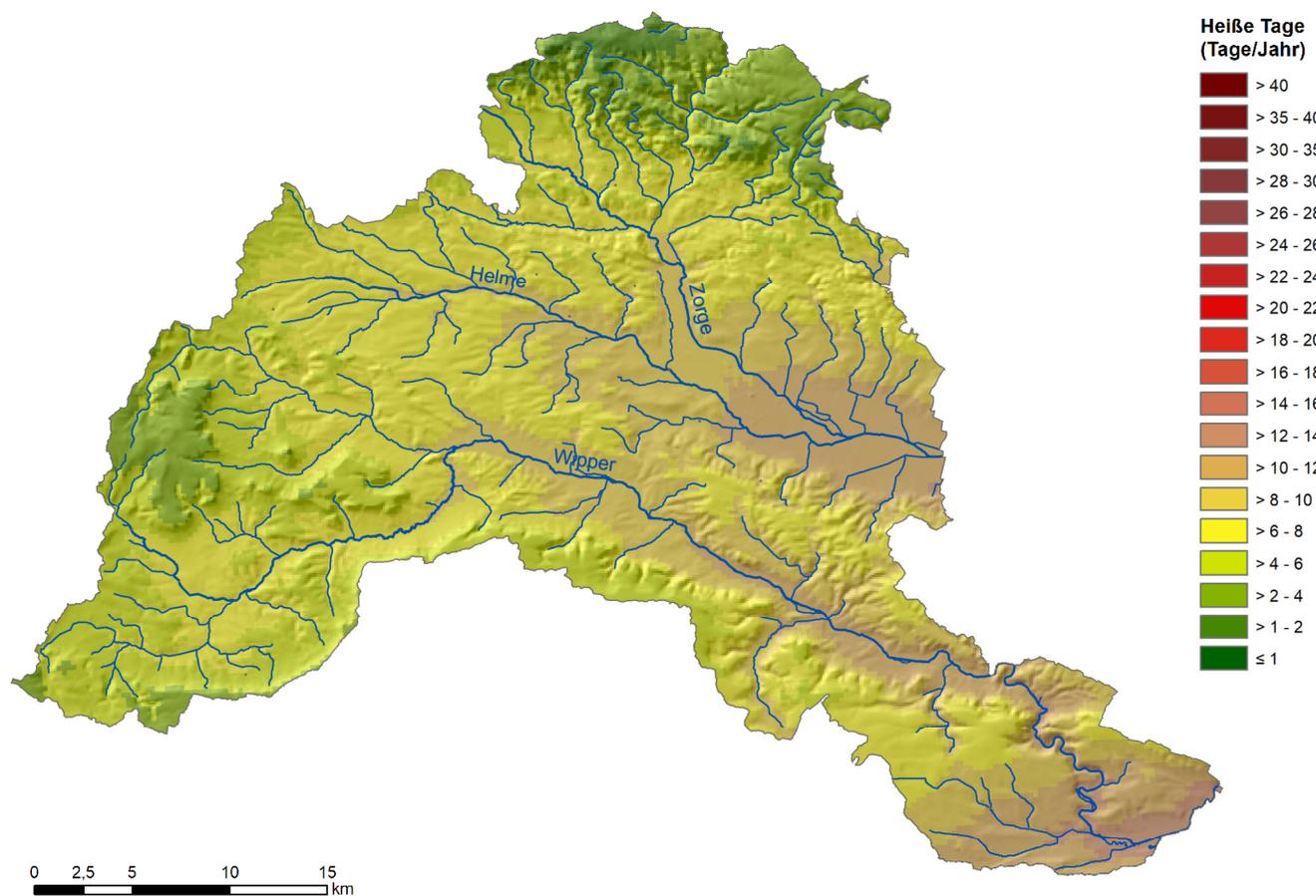


**Jährliche  
Klimatische  
Wasserbilanz  
(mm/a)**



# Klimaprojektionen

## Heiße Tage GUV 1

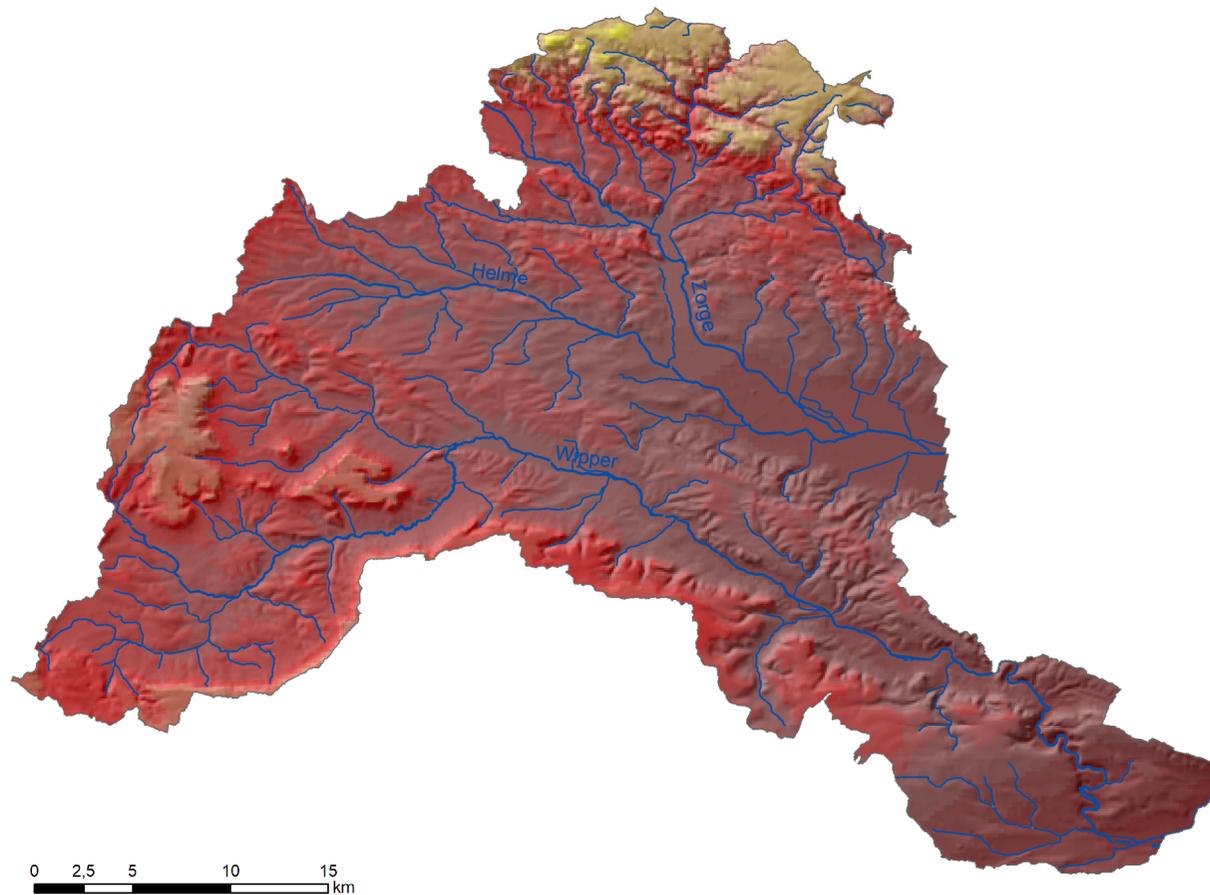


**Heiße Tage  
(Tage/Jahr)  
1991-2020  
beobachtet**

# Klimaprojektionen

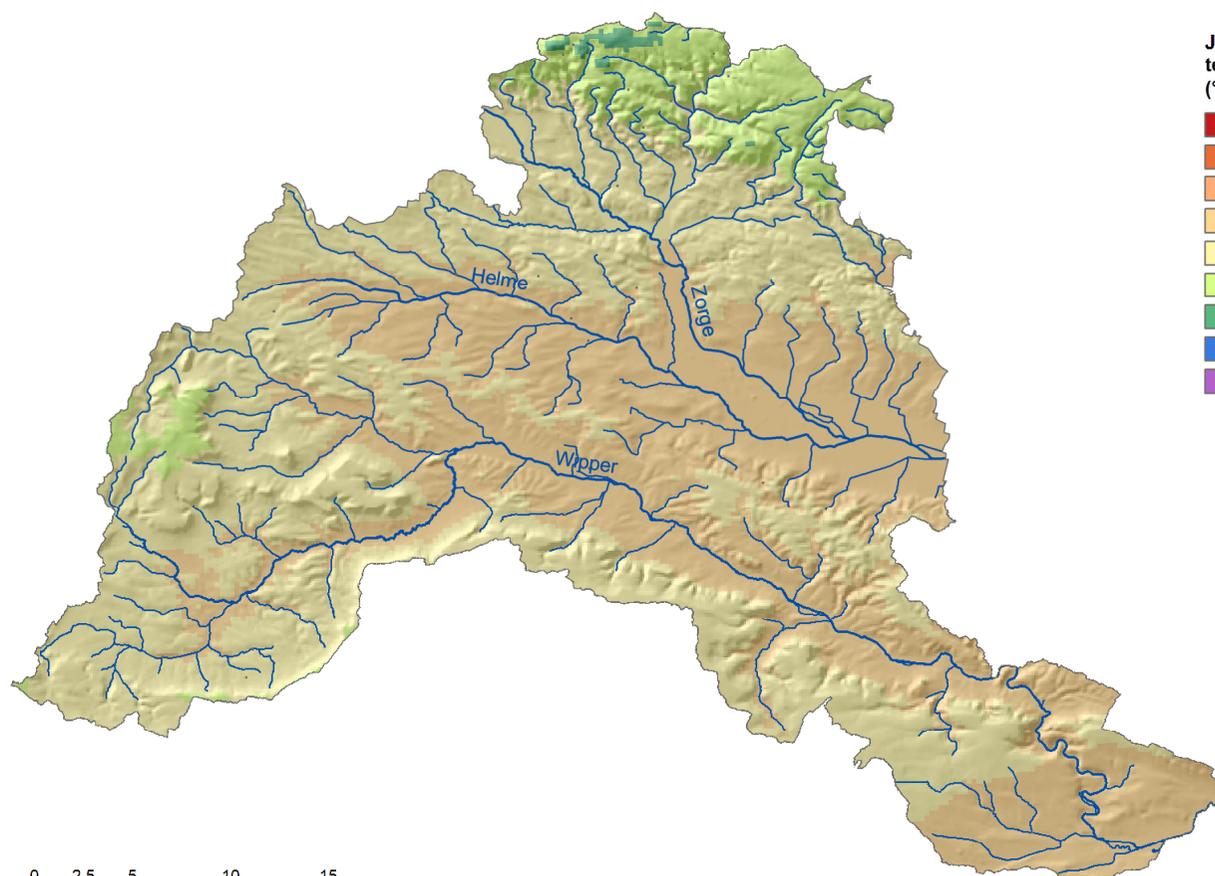
## Heiße Tage GUV 1

**Heiße Tage  
(Tage/Jahr)  
MDK RCP 8.5  
2071-2100**

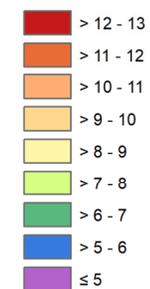


# Klimaprojektionen

## Jahresmitteltemperatur GUV1



Jahresmittel-  
temperatur  
(°C)

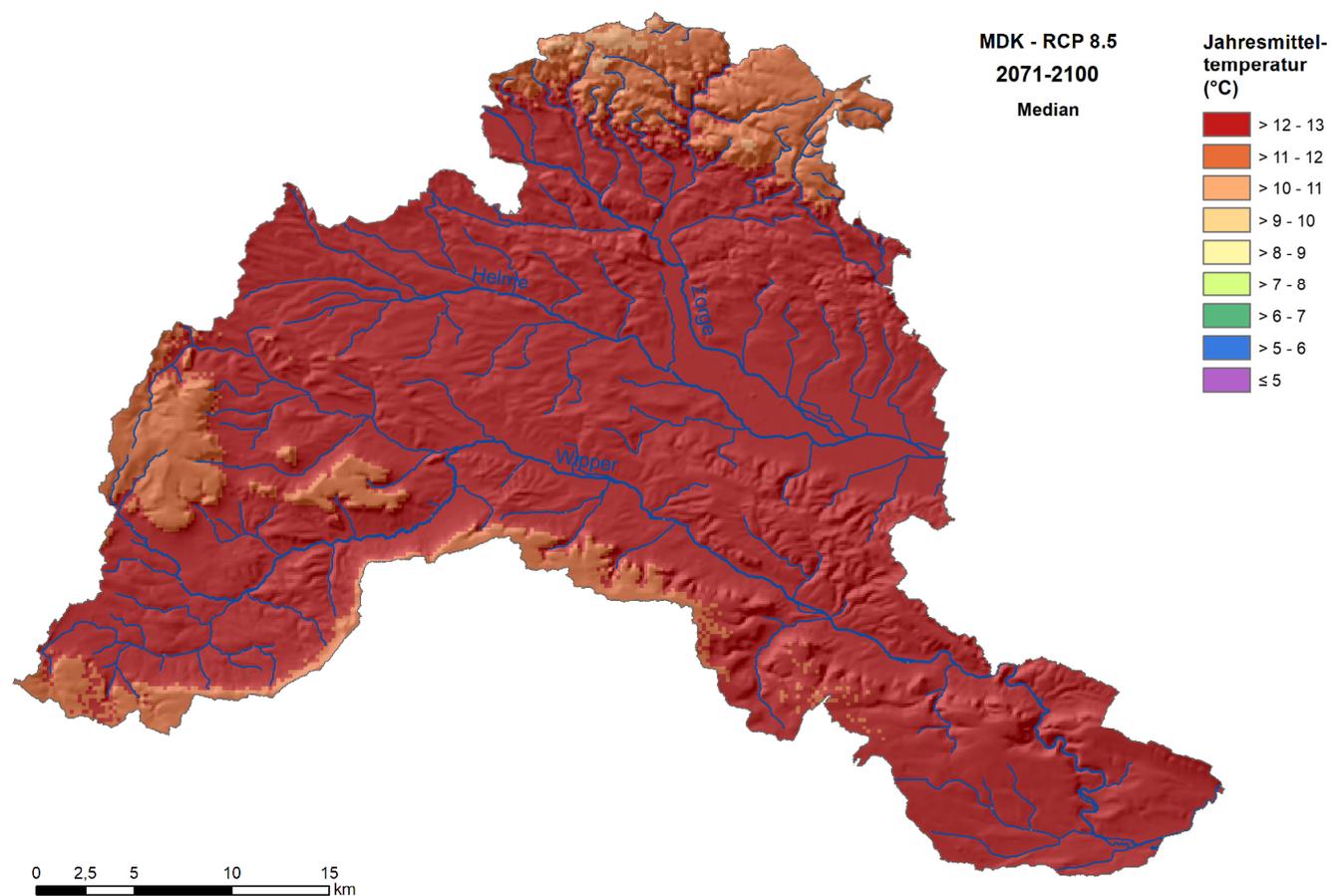


**Jahresmittel-  
temperatur  
(°C)  
1991-2020  
beobachtet**

0 2,5 5 10 15 km

# Klimaprojektionen

## Jahresmitteltemperatur GUV1

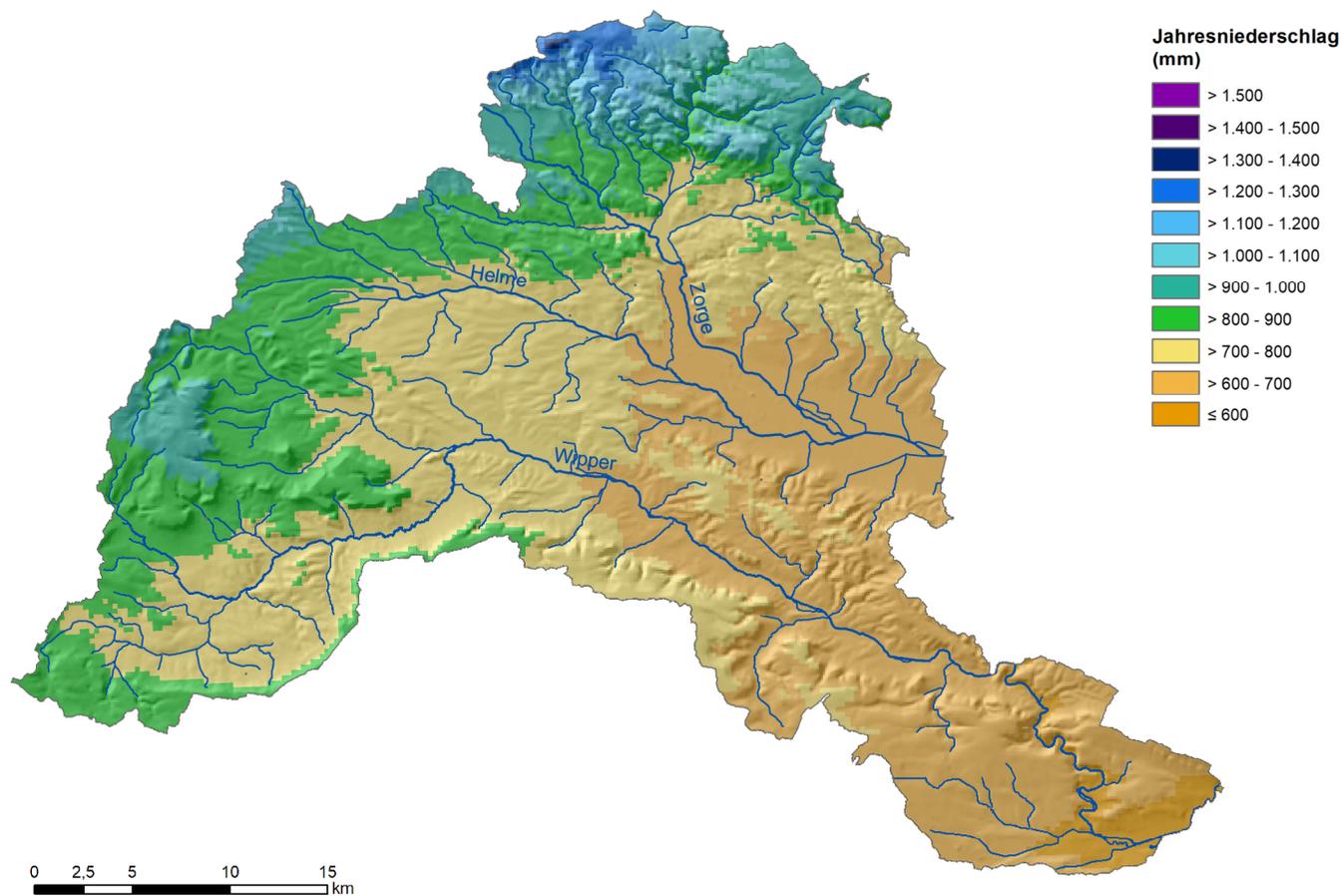


**Jahresmitteltemperatur (°C)**  
**MDK RCP 8.5**  
**2071-2100**

# Klimaprojektionen

## Jahresniederschlag GUV1

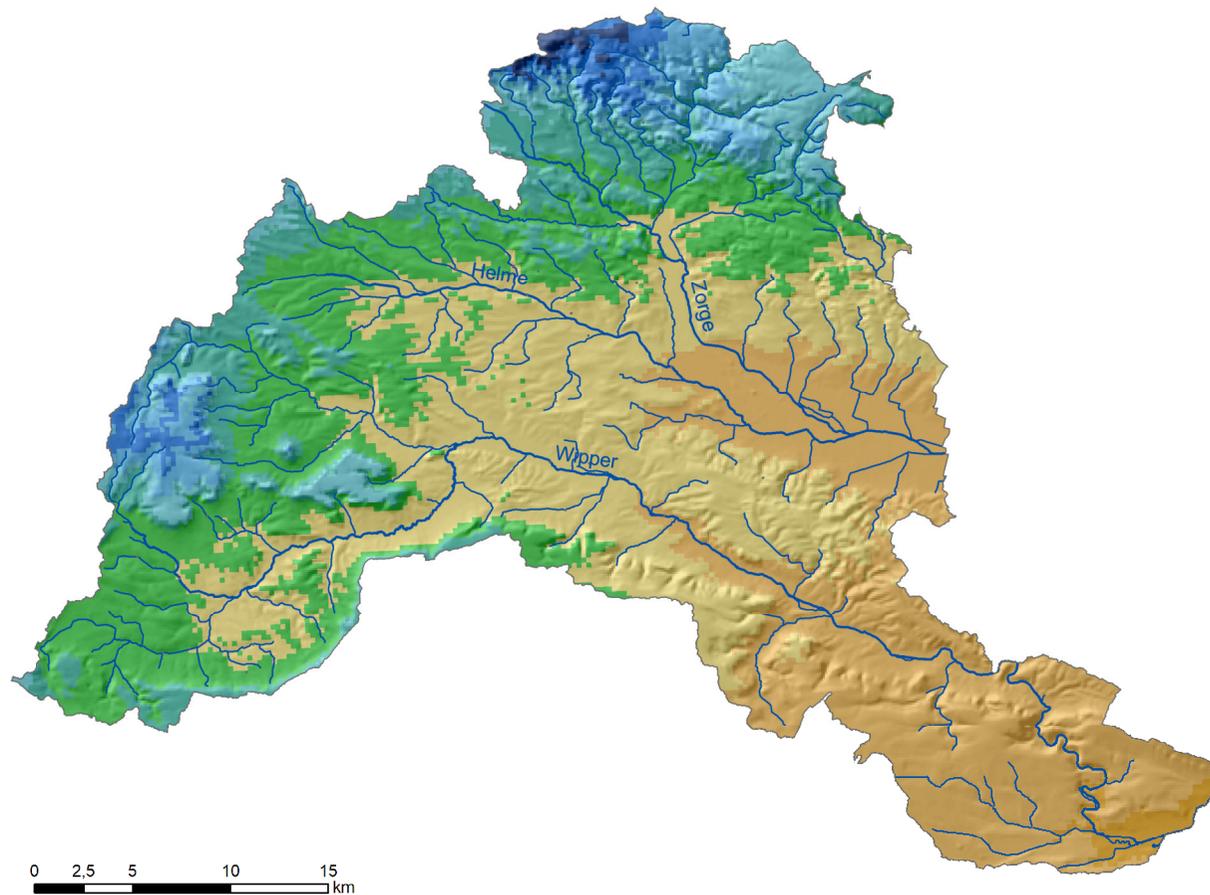
### Jahres- niederschlag (mm) 1991-2020 beobachtet



# Klimaprojektionen

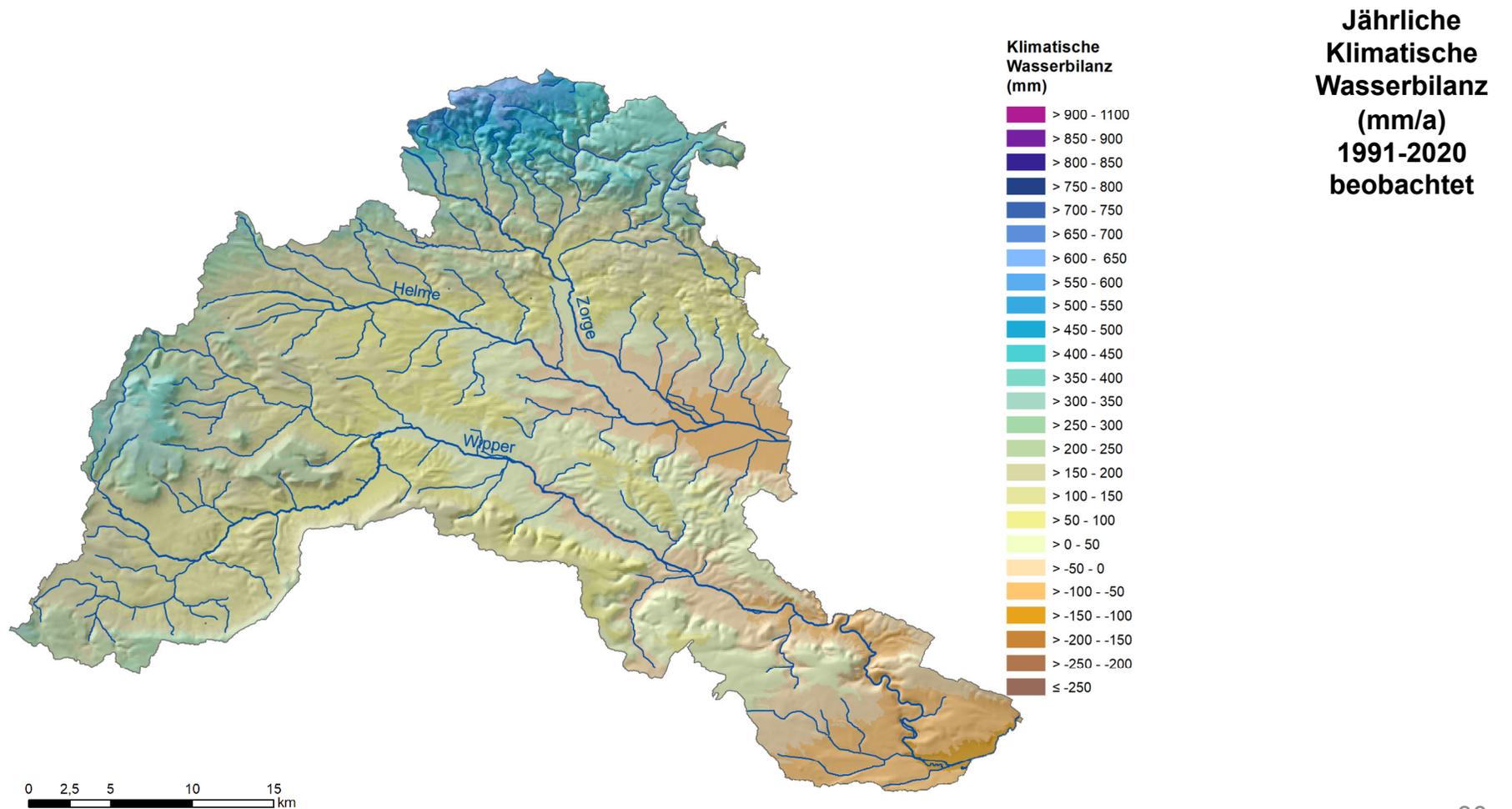
## Jahresniederschlag GUV1

**Jahres-  
niederschlag  
(mm)  
MDK RCP 8.5  
2071-2100**



# Klimaprojektionen

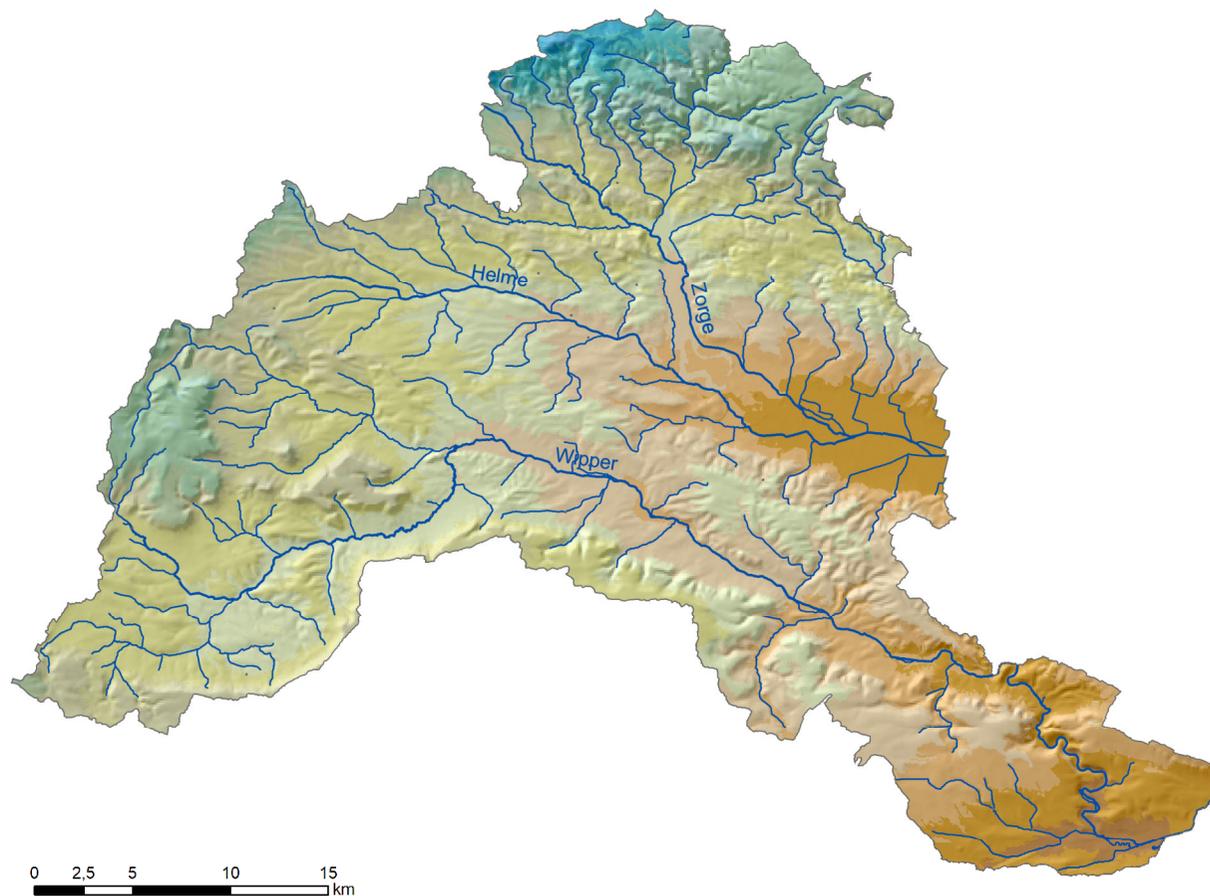
Mittlere jährliche klimatische Wasserbilanz GUV1



# Klimaprojektionen

Mittlere jährliche klimatische Wasserbilanz GUV1

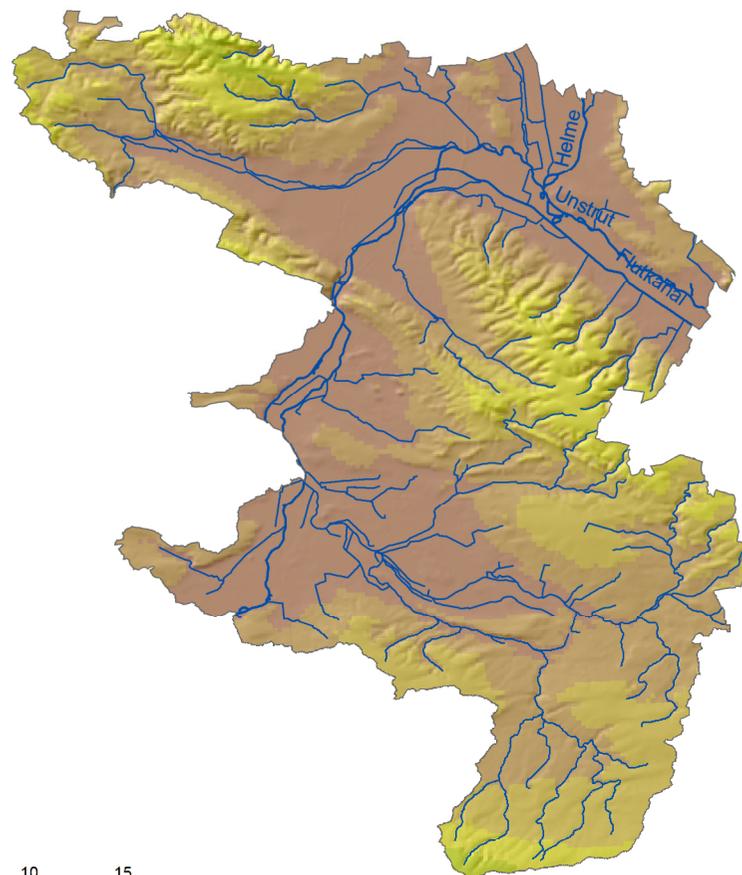
**Jährliche  
Klimatische  
Wasserbilanz  
(mm/a)  
MDK RCP 8.5  
2071-2100**



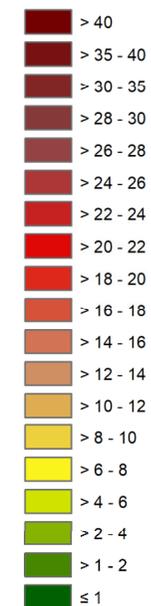
# Klimaprojektionen

## Heiße Tage GUV 4

### Heiße Tage (Tage/Jahr) 1991-2020 beobachtet



#### Heiße Tage (Tage/Jahr)



# Klimaprojektionen

Heiße Tage GUV 4

Freistaat  
Thüringen



Landesamt für  
Umwelt, Bergbau  
und Naturschutz

**Heiße Tage  
(Tage/Jahr)  
MDK RCP 8.5  
2071-2100**



0 2,5 5 10 15 km

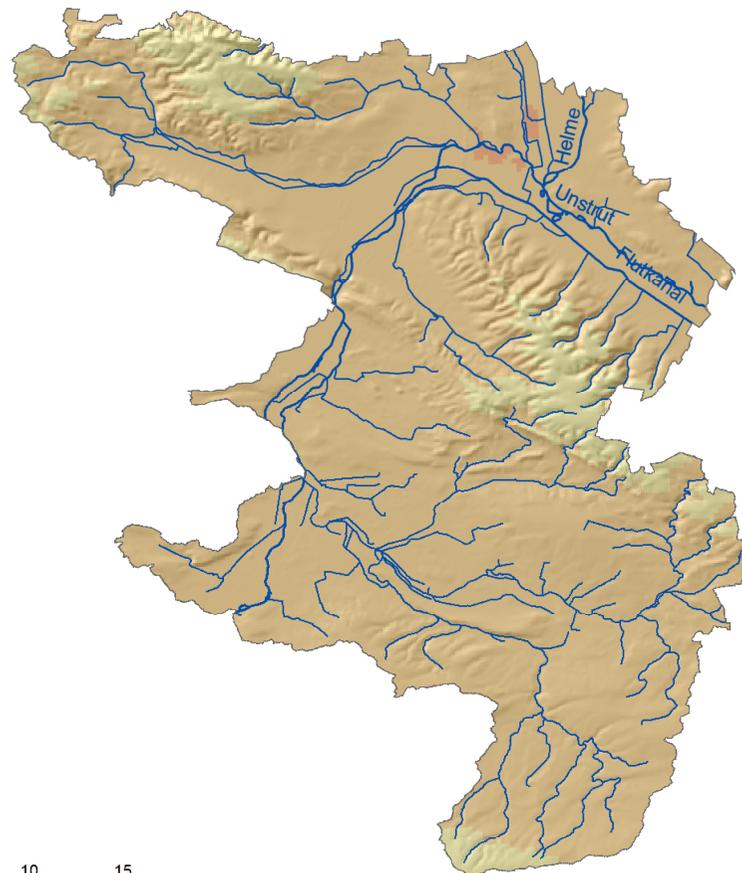
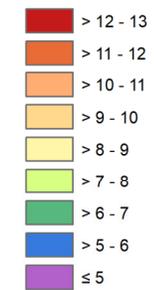
# Klimaprojektionen

Jahresmitteltemperatur GUV4



**Jahresmittel-  
temperatur  
(°C)  
1991-2020  
beobachtet**

**Jahresmittel-  
temperatur  
(°C)**



# Klimaprojektionen

Jahresmitteltemperatur GUV4

Freistaat  
Thüringen



Landesamt für  
Umwelt, Bergbau  
und Naturschutz

**Jahresmittel-  
temperatur  
(°C)  
MDK RCP 8.5  
2071-2100**



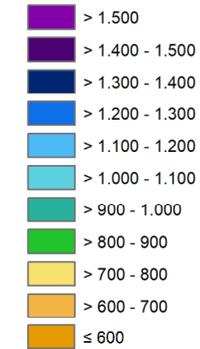
0 2,5 5 10 15 km

# Klimaprojektionen

## Jahresniederschlag GUV4

### Jahres- niederschlag (mm) 1991-2020 beobachtet

#### Jahresniederschlag (mm)



# Klimaprojektionen

Jahresniederschlag GUV4

Freistaat  
Thüringen



Landesamt für  
Umwelt, Bergbau  
und Naturschutz

**Jahres-  
niederschlag  
(mm)  
MDK RCP 8.5  
2071-2100**

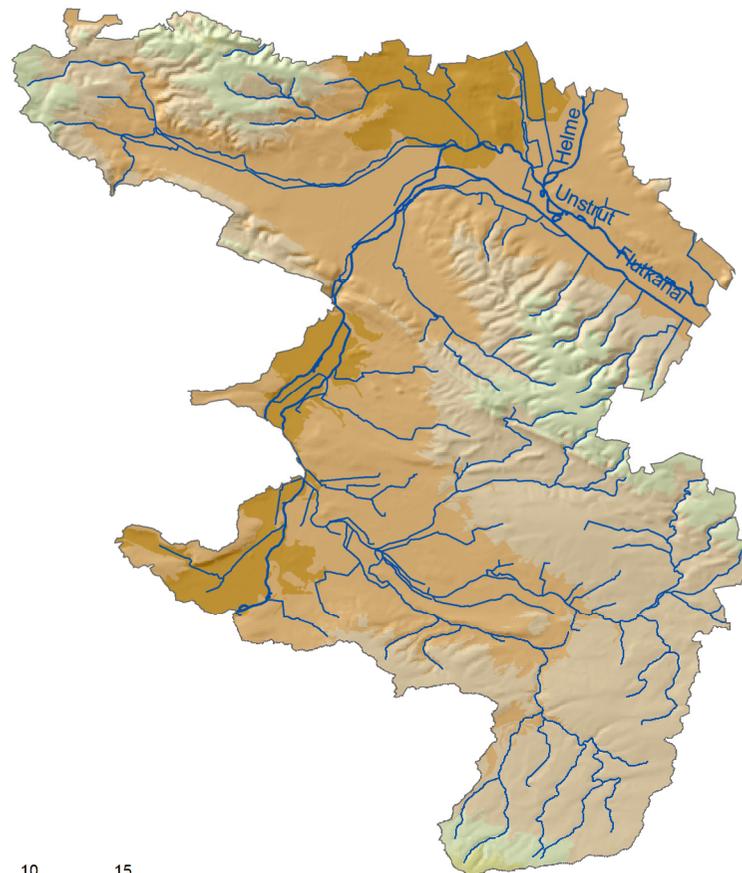


0 2,5 5 10 15 km

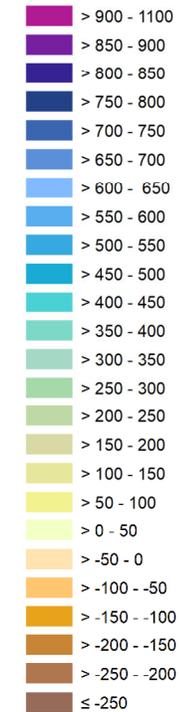
# Klimaprojektionen

Mittlere jährliche klimatische Wasserbilanz GUV4

**Jährliche  
Klimatische  
Wasserbilanz  
(mm/a)  
1991-2020  
beobachtet**



**Klimatische  
Wasserbilanz  
(mm)**



0 2,5 5 10 15 km

# Klimaprojektionen

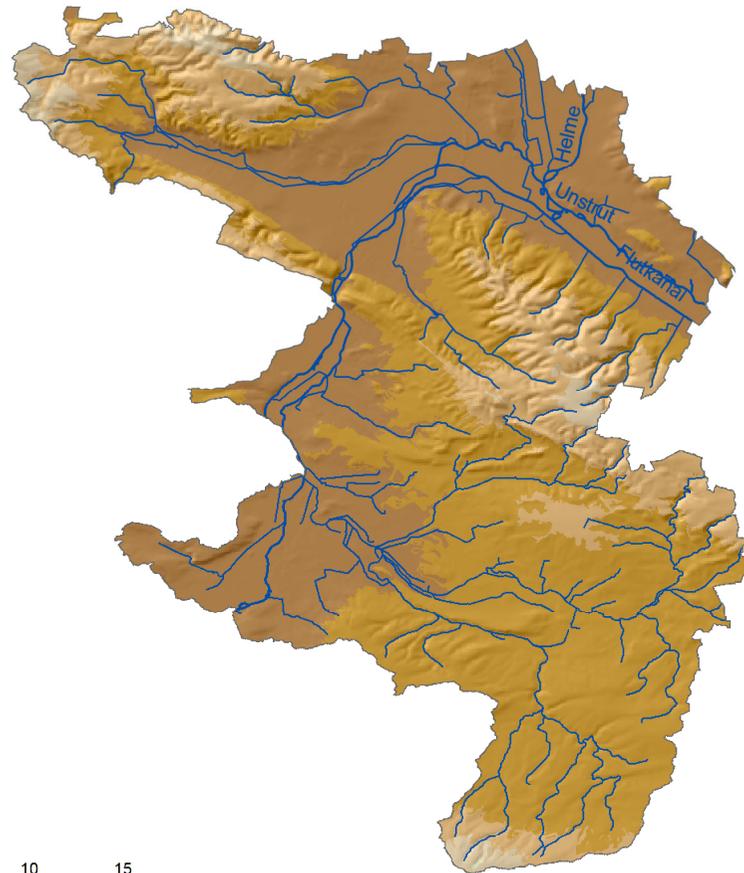
Mittlere jährliche klimatische Wasserbilanz GUV4

Freistaat  
Thüringen



Landesamt für  
Umwelt, Bergbau  
und Naturschutz

**Jährliche  
Klimatische  
Wasserbilanz  
(mm/a)  
MDK RCP 8.5  
2071-2100**



0 2,5 5 10 15 km

- Bis **Mitte des Jahrhunderts** wird es auf Grund der Trägheit des Klimasystems unabhängig von aktuellen globalen Klimaschutzmaßnahmen zu einer weiteren Temperaturerhöhung kommen.
- Erst danach entscheidet sich die weitere Entwicklung.
  - ➔ **Es werden Starkregenereignisse und gleichzeitig Tage mit keinem oder nur geringem Niederschlag zunehmen**
  - ➔ **Perioden ohne Niederschlag treten öfters auf und werden länger**
  - ➔ **Verdunstung wird stark zunehmen**
  - ➔ **Klimatische Wasserbilanz nimmt ab**

# Klimaprojektionen

## What will climate feel like in 60 years?

Search for a city by name (or click on a circle on the map)

Settings

Learn more

Give now!

Erfurt, Germany

### Selected City

Erfurt, Germany

For high emissions, summers in Erfurt, Germany are expected to be 6°C (10.8°F) warmer and 10% drier. Winters are expected to be 4.8°C (8.7°F) warmer and 15.1% wetter.

Vegetation type: **Temperate Broadleaf and Mixed Forests**

### Best Climate Analog

Zrnovci, Zrnovci, North Macedonia

Climate conditions most similar to Erfurt, Germany's climate in 2080 can be found today in Zrnovci, Zrnovci, North Macedonia.

Vegetation type: **Temperate Broadleaf and Mixed Forests**

<https://fitzlab.shinyapps.io/cityapp/>



DWD (Deutscher Wetterdienst) (2024): Wetter- und Klimalexikon. [https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon_node.html)

ESA (European Space Agency) (2020): Der Wasserkreislauf.  
[https://climate.esa.int/media/documents/ESA\\_CCI\\_Bildungsressourcenpaket\\_Der\\_Wasserkreislauf.odf.pdf](https://climate.esa.int/media/documents/ESA_CCI_Bildungsressourcenpaket_Der_Wasserkreislauf.odf.pdf)

Smakhtin, V. U. (2001). Low flow hydrology: A review. *Journal of Hydrology*, 240, 147–186.  
[https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00340-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00340-1)

UBA (Umweltbundesamt) (2021): Niedrigwasser, Dürre und Grundwasserneubildung – Bestandsaufnahme zur gegenwärtigen Situation in Deutschland, den Klimaprojektionen und den existierenden Maßnahmen und Strategien. Abschlussbericht. 174.

UBA (Umweltbundesamt) (2022): Niedrigwasser. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/hoch-niedrigwasser/niedrigwasser>

UBA (Umweltbundesamt) (2022): Hochwasser – wie sie entstehen und wie der Mensch sie beeinflusst.  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/extremereignisse/hochwasser#hochwasser-sind-naturliche-ereignisse>

**Die Begriffe Dürre und Niedrigwasser beschreiben unterschiedliche Formen von Trockenheit, Wasserknappheit oder auch Wassermangel (UBA, 2021).**

## Trockenperiode

- Eine Trockenperiode ist ein mehr oder weniger langer Zeitraum mit ausgeprägter trockener Witterung
- existieren keine einheitlichen Festlegungen, ab wie vielen Tagen ohne (oder mit nur sehr geringen) Niederschlägen man von einer Trockenperiode spricht

(DWD, 2024)

## Dürre

- Mangel an Wasser, der durch weniger Niederschlag und/oder eine höhere Verdunstung durch erhöhte Temperatur (oder Wind) als üblich verursacht wird
- beschreibt unterschiedliche Formen von extremer Trockenheit und Wasserknappheit mit messbaren Auswirkungen

Je nach Andauer der Dürre wird diese entsprechend ihren Auswirkungen als:

- meteorologische Dürre (ein bis zwei Monate trockener als üblich),
- landwirtschaftliche Dürre (zwei Monate und länger trocken, Ernteeinbußen),
- hydrologische Dürre (ab vier Monate, Grundwasser und Pegel betroffen)
- sozio-ökonomische Dürre (ab einem Jahr, Wassermangel bremst produzierende Wirtschaft)

(DWD, 2024)

## Niedrigwasser

- ist ein natürliches Ereignis im Jahresgang von Flüssen
- tritt auf, wenn die Wasserführung in Flüssen und Bächen deutlich unter dem langjährigen Durchschnitt liegt
- Ursache ist häufig das Fehlen von Niederschlägen in Verbindung mit hoher Verdunstung (z.B. durch sommerliche Hitze), aber auch die Speicherung von Regen als Schnee oder Eis führt dazu, dass kein Abfluss stattfindet

(UBA, 2024; Smakhtin, 2001)

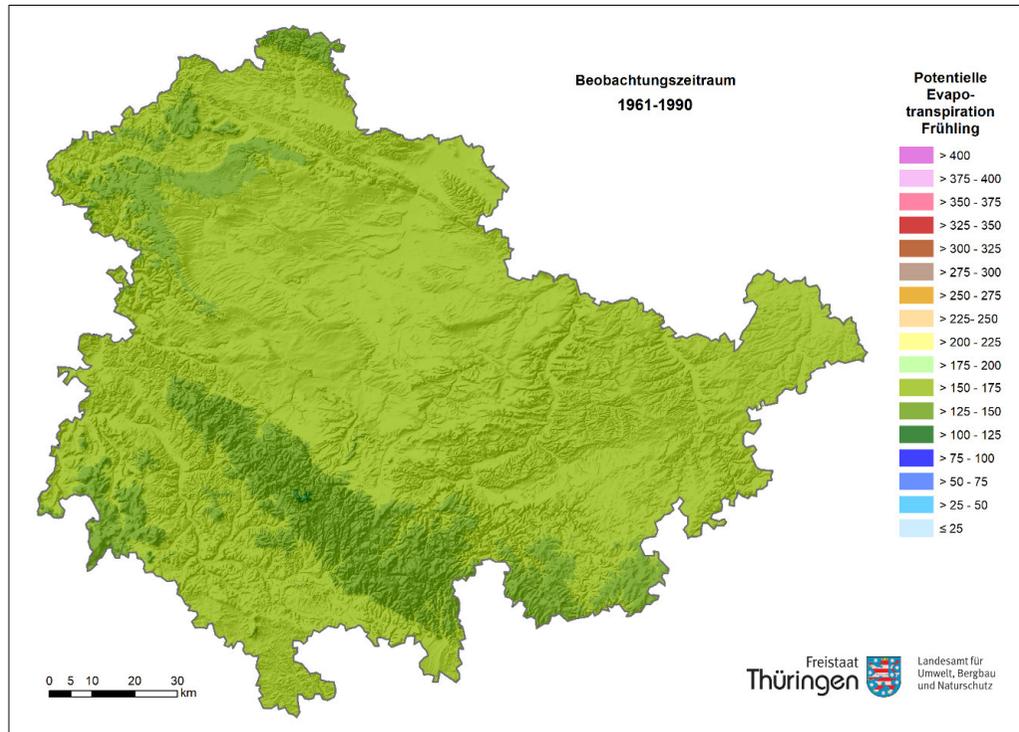
## Hochwasser

- Hochwasser sind natürliche Ereignisse, sie treten regelmäßig auf und sind fester Bestandteil des Abflussgeschehens
- die Entstehung hängt von der Stärke der Niederschläge, den Eigenschaften des Einzugsgebietes und vom Fluss ab
- entstehen in Folge langanhaltender und großräumiger Niederschläge, kurzzeitigem und lokal begrenztem Starkregen oder im Winter und Frühjahr durch die Schneeschmelze

(UBA, 2022)

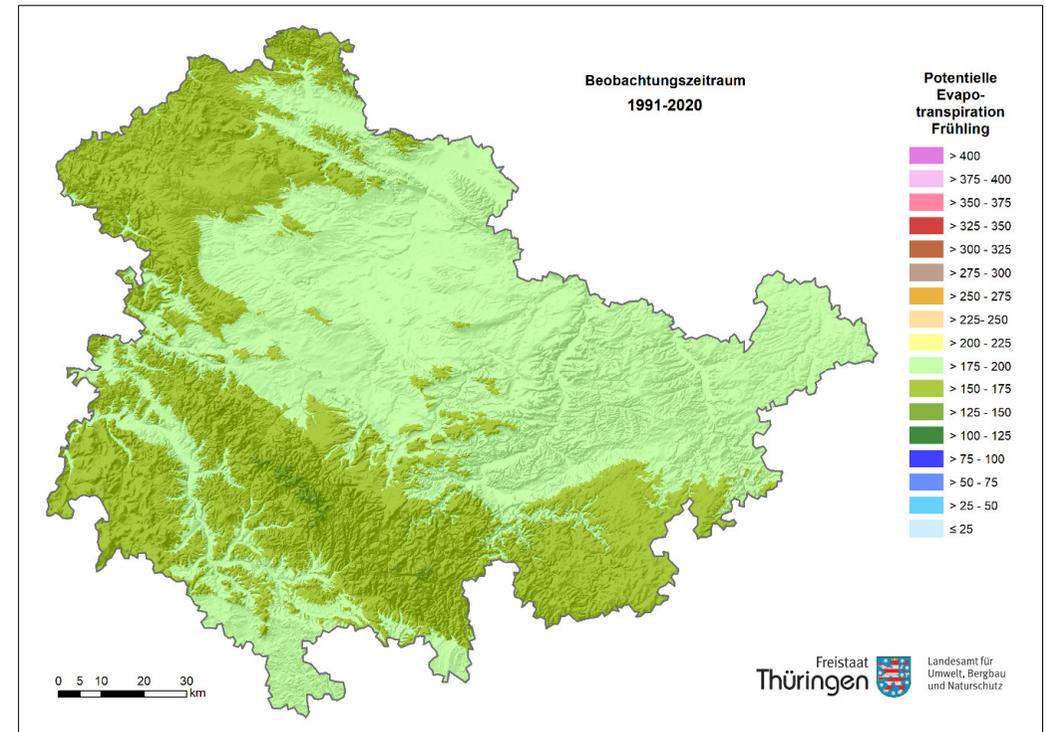
# Potenzielle Verdunstung – meteorol. Frühjahr

1961 - 1990



**158 mm**

1991 - 2020



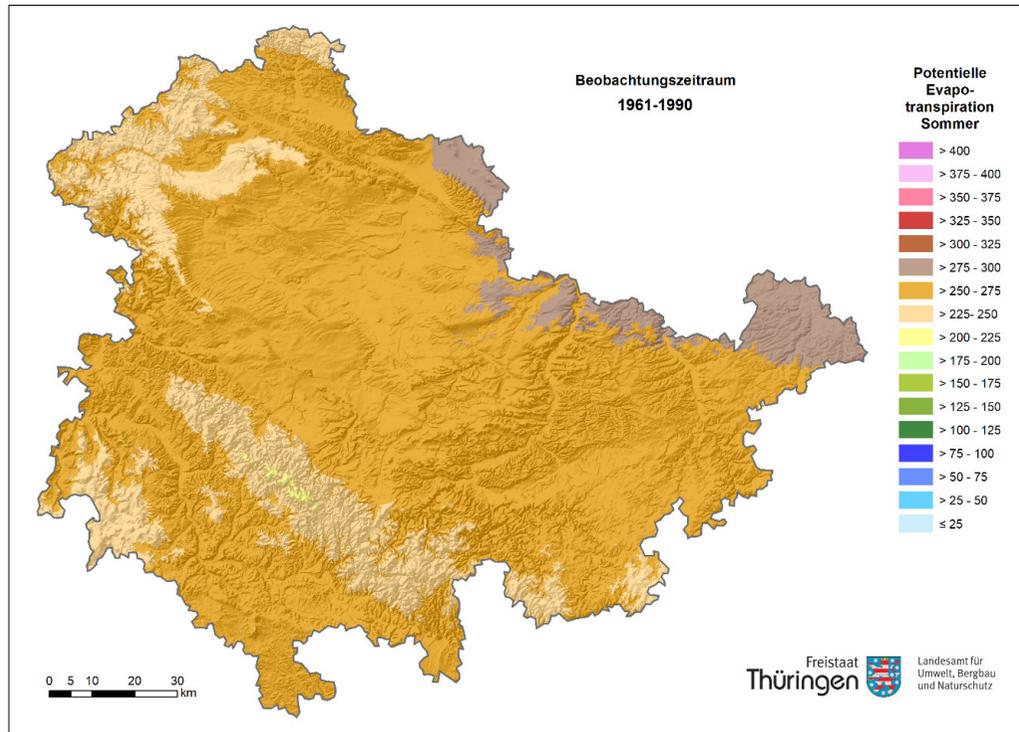
**175 mm**

**+11 %**

Wasserwirtschaftliche Extremereignisse

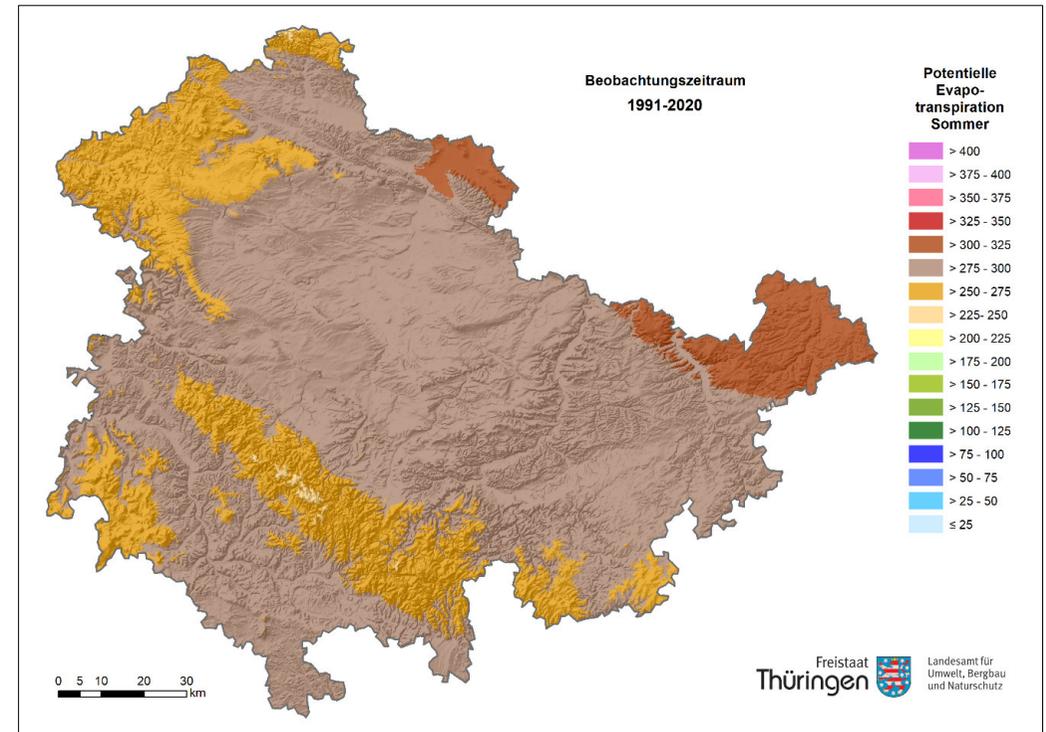
# Potentielle Verdunstung – meteorol. Sommer

1961 - 1990



**261 mm**

1991 - 2020



**284 mm**

**+9 %**

Wasserwirtschaftliche Extremereignisse