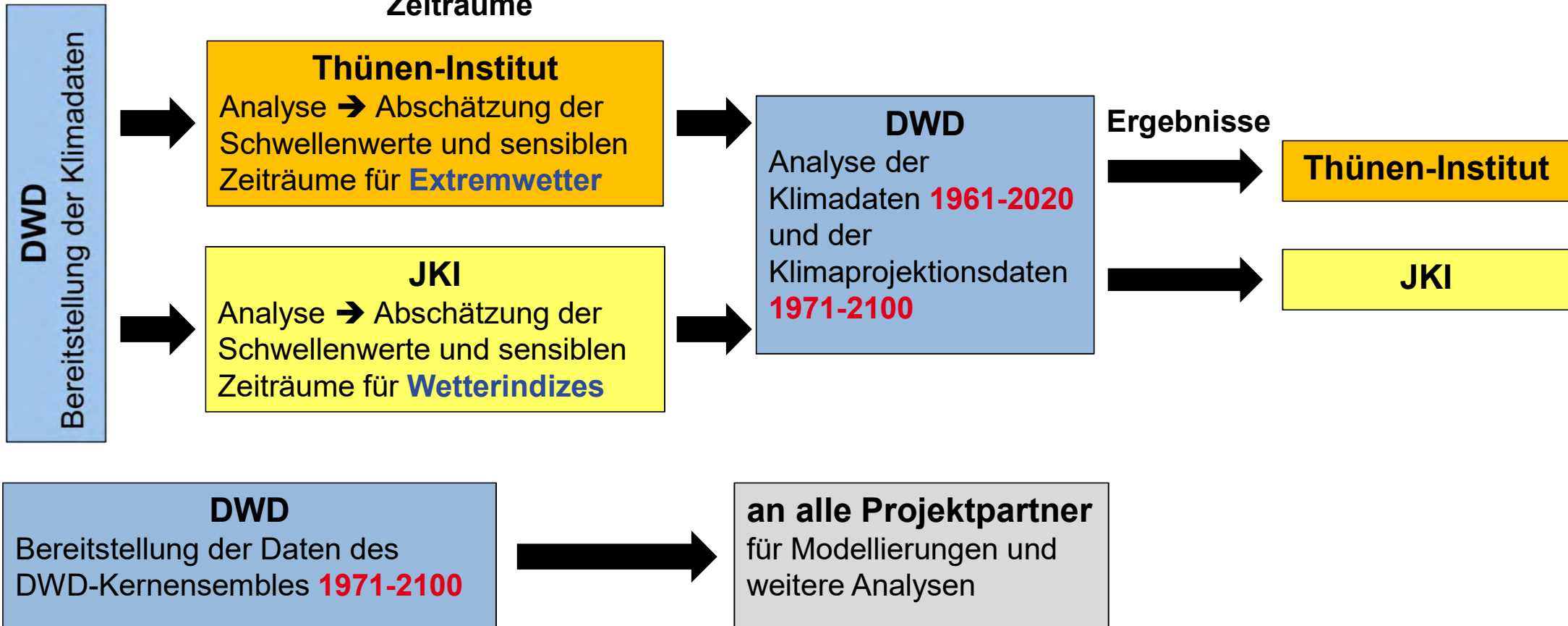


## KlimErtrag

### Extremwetterereignisse und Klima-Indikatoren für Deutschland 2031-2060

Dr. Cathleen Frühauf, Dr. Vanya Romanova, Marco Liedtke, Thomas Leppelt  
Deutscher Wetterdienst – Abteilung Agrarmeteorologie

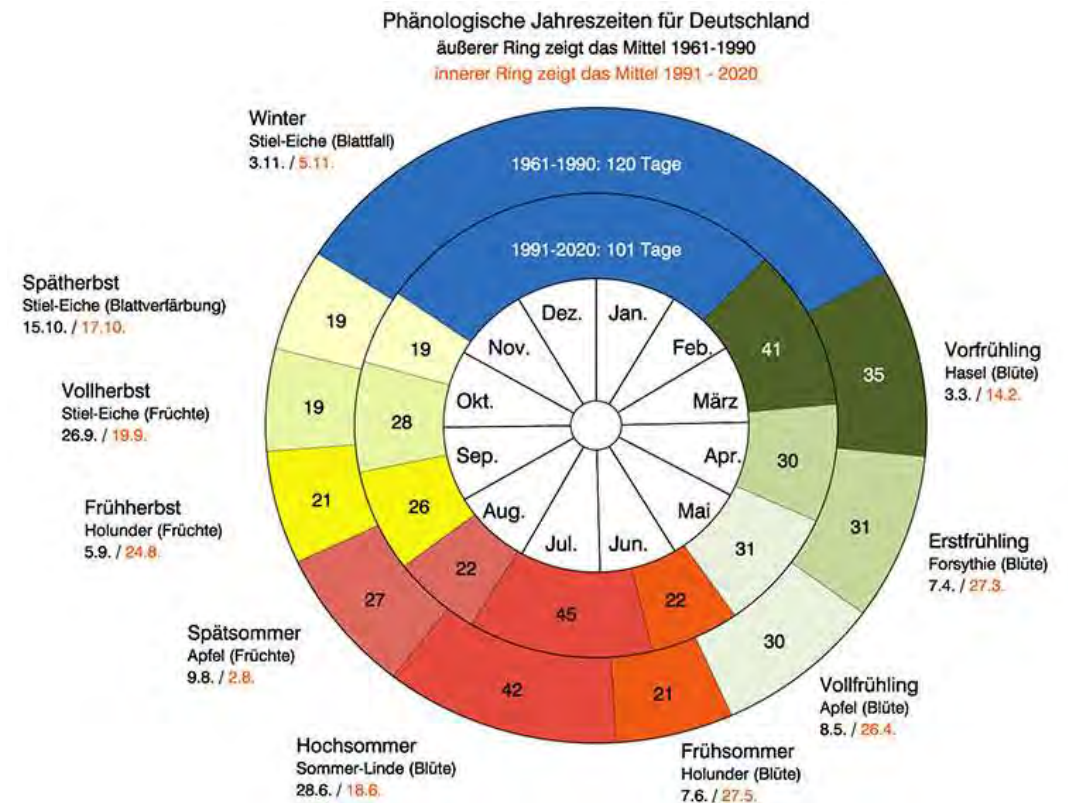
## Festlegung der Schwellenwerte und Zeiträume



# Pflanzenentwicklung

- Vegetationsperiode beginnt früher
- Verschiebung der nachfolgenden phänologischen Jahreszeiten
- empfindlichen Entwicklungsphasen treten früher auf
- Berücksichtigung der sich verändernden phänologischen Entwicklung in den Analysen für die Vergangenheit und Zukunft notwendig

## Phänologische Uhr



Leitphasen, mittlerer Beginn und Dauer der phänologischen Jahreszeiten  
Zeiträume 1961-1990 und 1991-2020 im Vergleich



## Analysen Bodenfeuchte

### Klimadaten

**DWD**  
AMBAV-Modellierung **1961-2020**  
Winterweizen, Mais, Winterraps, ...  
unter Nutzung der DWD-intern interpolierten  
Phänologie

**Bodenfeuchtedaten**

**Thünen-Institut + JKI**  
Analyse → Abschätzung der Schwellenwerte  
und sensible Zeiträume

**Schwellenwerte + Zeiträume**

**DWD**  
Analyse der Klimadaten **1961-2020** und der  
Klimaprojektionsdaten **1971-2060**

### Klimaprojektionen (Kernensemble)

**ZALF**  
MONICA-Modellierung **1971-2099**  
Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste,  
Winterroggen, Winterraps, Zuckerrüben, Mais

**phänologische Daten**

**DWD**  
AMBAV-Modellierung **1971-2099**  
1. Winterweizen, Mais, Winterraps  
2. weitere Kulturen

**Bodenfeuchtedaten**

# Analysen

- Analyse der von den Partnern identifizierten ertragsrelevanten, kulturspezifischen **meteorologischen und agrarmeteorologischen Variablen** (z.B. Temperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit, Bodenfeuchte) **für definierte phänologische Entwicklungsphasen**
  - für die Zeiträume 1961-2020, 2031-2060
  - Berücksichtigung der variablen phänologischen Entwicklung der Pflanzen
  - Berechnung der Bodenfeuchte (Modell AMBAV)
  
- Für die Vergangenheit (1961-2020, 1971-2000) und Zukunft (2031-2060) unter Nutzung der Klimadaten und der Daten des **DWD-Kernensembles** (Szenarien RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5)



# Schwellenwerte

## Beispiele Schwellenwerte für Temperatur

Kultur	Analyse für	Schwellenwert	phänologischer Zeitraum bzw. Monate
Winterweizen	Hitze	$T_{\max} \geq 27 \text{ °C}$	BBCH 31 - BBCH 51 BBCH 51 - BBCH 87 BBCH 61 - BBCH 71
		$T_{\max} \geq 29 \text{ °C}$	BBCH 51 - BBCH 87
		$T_{\max} \geq 31 \text{ °C}$	BBCH 31 - BBCH 51 BBCH 51 - BBCH 87 BBCH 61 - BBCH 71
	Wechselfrost	$T_{\min} \leq -3 \text{ °C}$ und $T_{\max} \geq +3 \text{ °C}$	BBCH 09 - BBCH 31 BBCH 31 - BBCH 51

## Niederschlag

Kultur	Analyse für	Schwellenwert	phänologischer Zeitraum bzw. Monate
Winterweizen	Starkregen	$RR \geq 20 \text{ mm}$	Aussaat - BBCH 09 BBCH 09 - BBCH 31 BBCH 31 - BBCH 51 BBCH 51 - BBCH 87

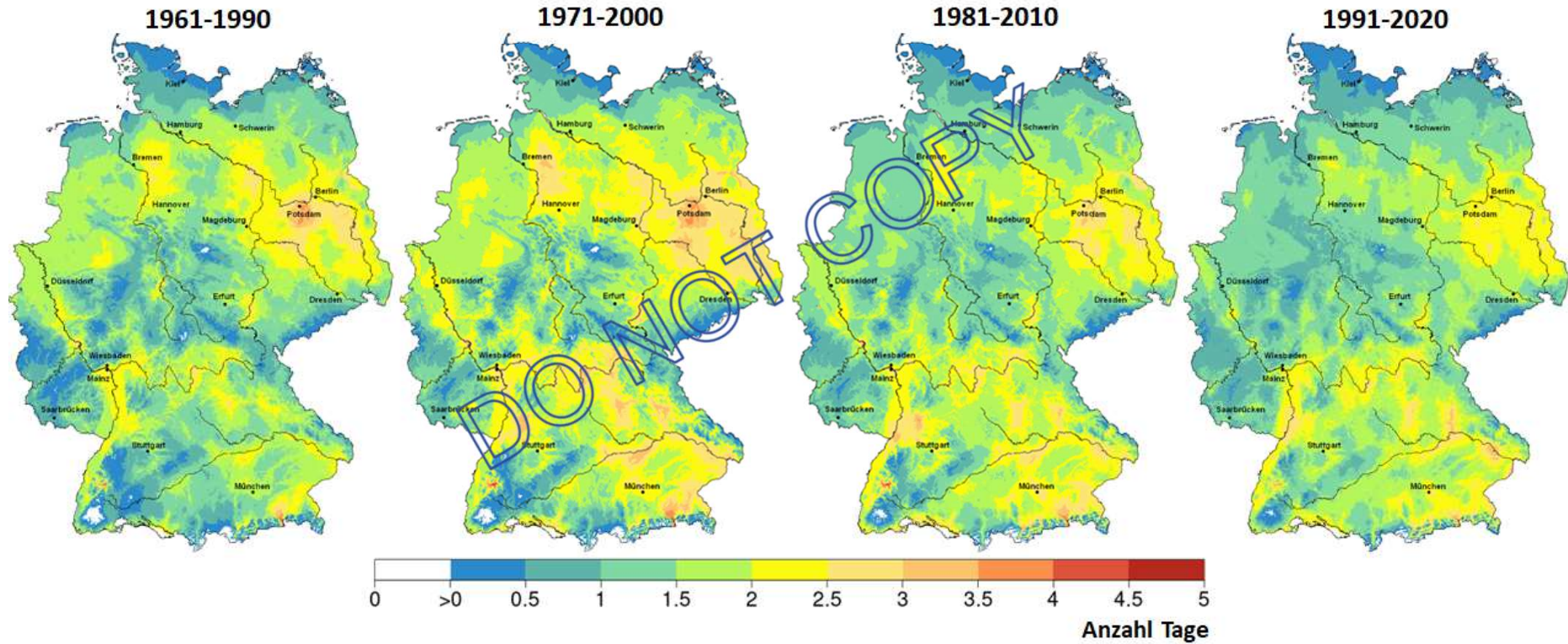
## Bodenfeuchte

Kultur	Analyse für	Schwellenwert	phänologischer Zeitraum
Winterweizen	Trockenheit	$\leq 8 \text{ % nFK}$	BBCH 71 - BBCH 87 BBCH 71 - Ernte
		$\leq 10 \text{ % nFK}$	Aussaat - BBCH 09 BBCH 31 - BBCH 51 BBCH 51 - BBCH 87
		$\leq 14 \text{ % nFK}$	BBCH 31 - BBCH 71
		$\leq 30 \text{ % nFK}$	Aussaat - BBCH 09 BBCH 09 - BBCH 31 BBCH 31 - BBCH 51 BBCH 51 - BBCH 87
		$\leq 50 \text{ % nFK}$	Aussaat - BBCH 09 BBCH 09 - BBCH 31 BBCH 31 - BBCH 51 BBCH 51 - BBCH 87
		$\geq 110 \text{ % nFK}$	BBCH 31 - BBCH 51
	Staunässe	$\geq 112 \text{ % nFK}$	BBCH 71 - BBCH 87 BBCH 71 - Ernte
		$\geq 115 \text{ % nFK}$	Aussaat - BBCH 09 BBCH 09 - BBCH 31 BBCH 31 - BBCH 51 BBCH 31 - BBCH 71 BBCH 51 - BBCH 87
		$\geq 120 \text{ % nFK}$	Aussaat - BBCH 09

# Vergangenheit - Hitze

$T_{\max} \geq 27^{\circ}\text{C}$

BBCH 31 – BBCH 51

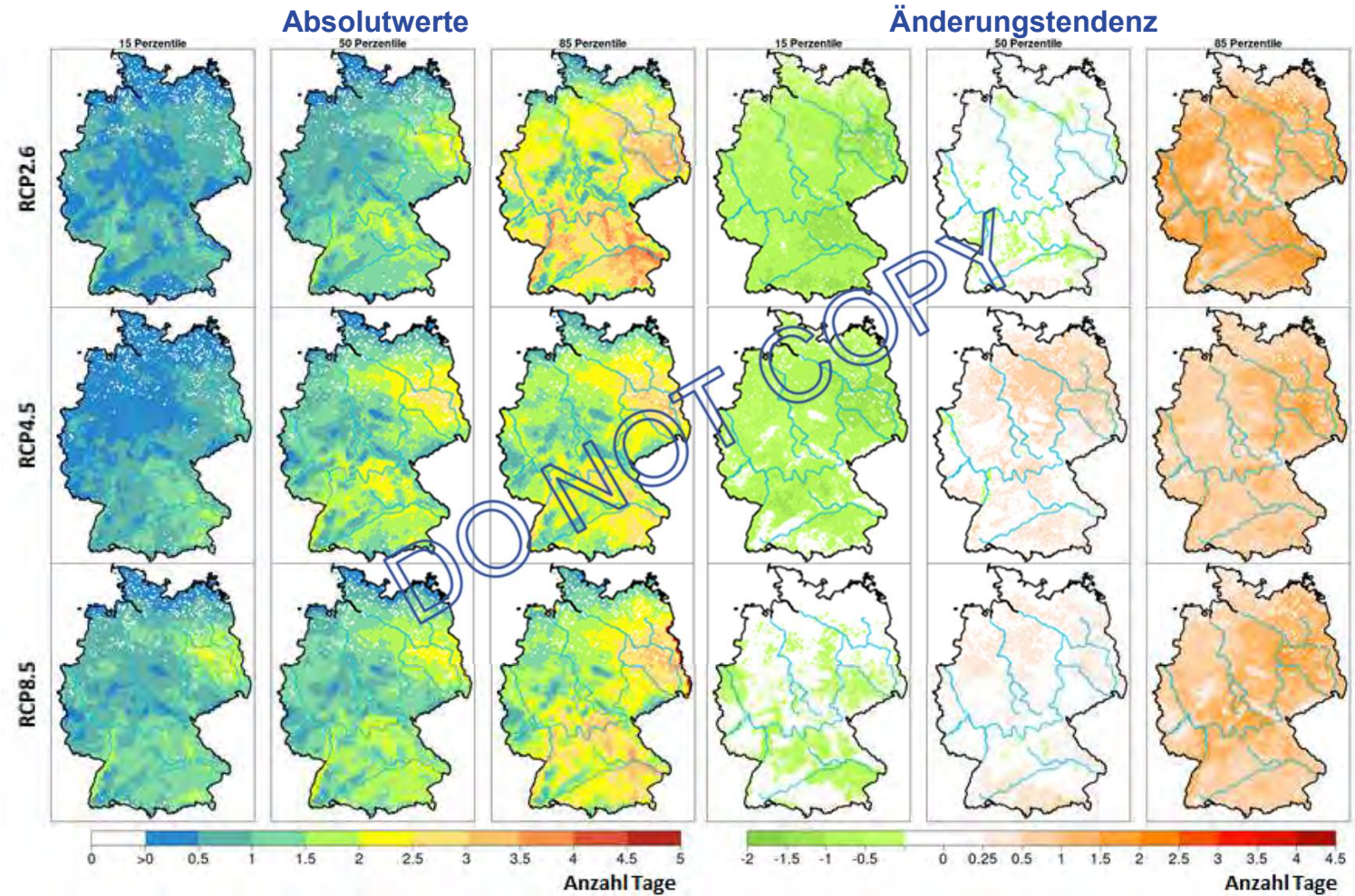


# Zukunft - Hitze

$T_{max} \geq 27^{\circ}C$   
BBCH 31 – BBCH 51

## Änderungstendenzen für Hitze

- Zunahme in fast allen Zeiträumen für die betrachteten Grenzwerte
- Szenario RCP8.5 zeigt nicht immer die höchste Zunahme
- höheren Temperaturen führen zu einer deutlichen Verschiebung der phänologische Entwicklung  
➔ analysierte Zeitraum liegt früher als bei RCP2.6 und RCP4.5



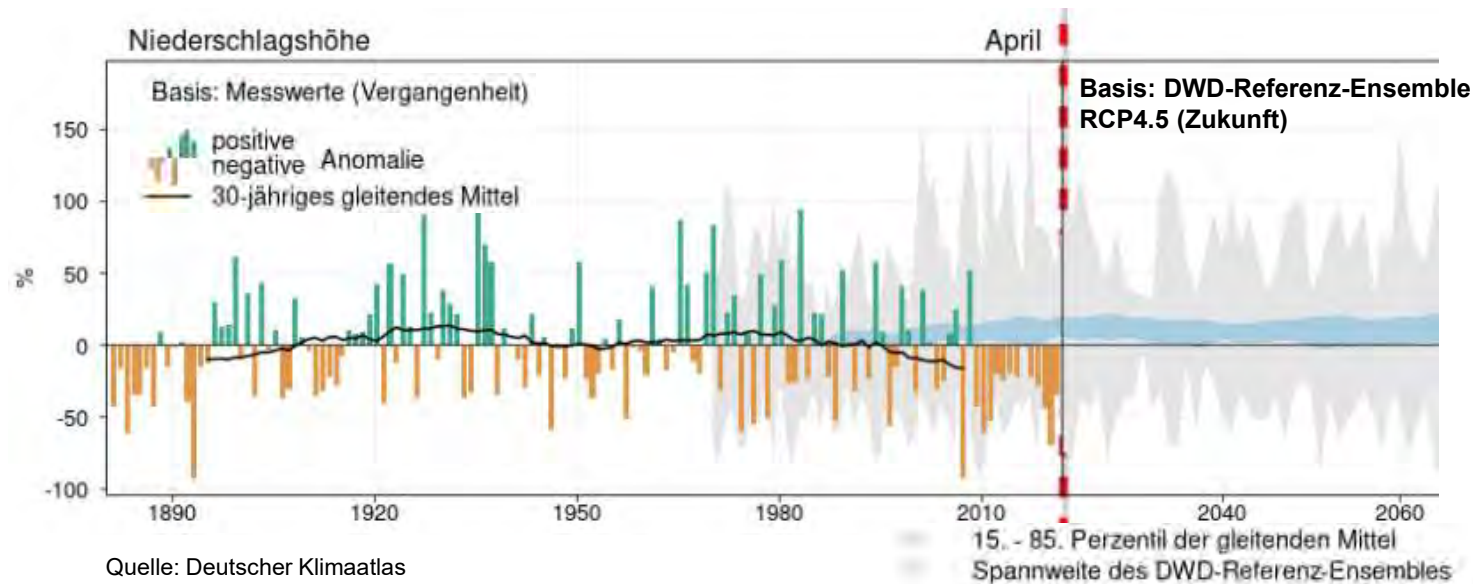


# Zukunft - Niederschlag

## Zukunft

- mittlere Jahressumme in Deutschland ist für den Zeitraum 2021-2050 keine deutliche Änderung zu erwarten.
- Der Unterschied ist zwischen den RCP-Szenarien gering und liegt im Mittel bei +4 %.
- Jahreszeiten:
  - **Frühjahr: +7 %**
  - Sommer: bisher keine Änderung zu erkennen
  - Herbst: +2 %
  - Winter: +8 %

Die Klimaprojektionen bilden die in der Vergangenheit beobachtete Frühjahrstrockenheit nicht ab.  
➔ Prognostizierte Niederschlagsveränderung für das Frühjahr ist unsicher!



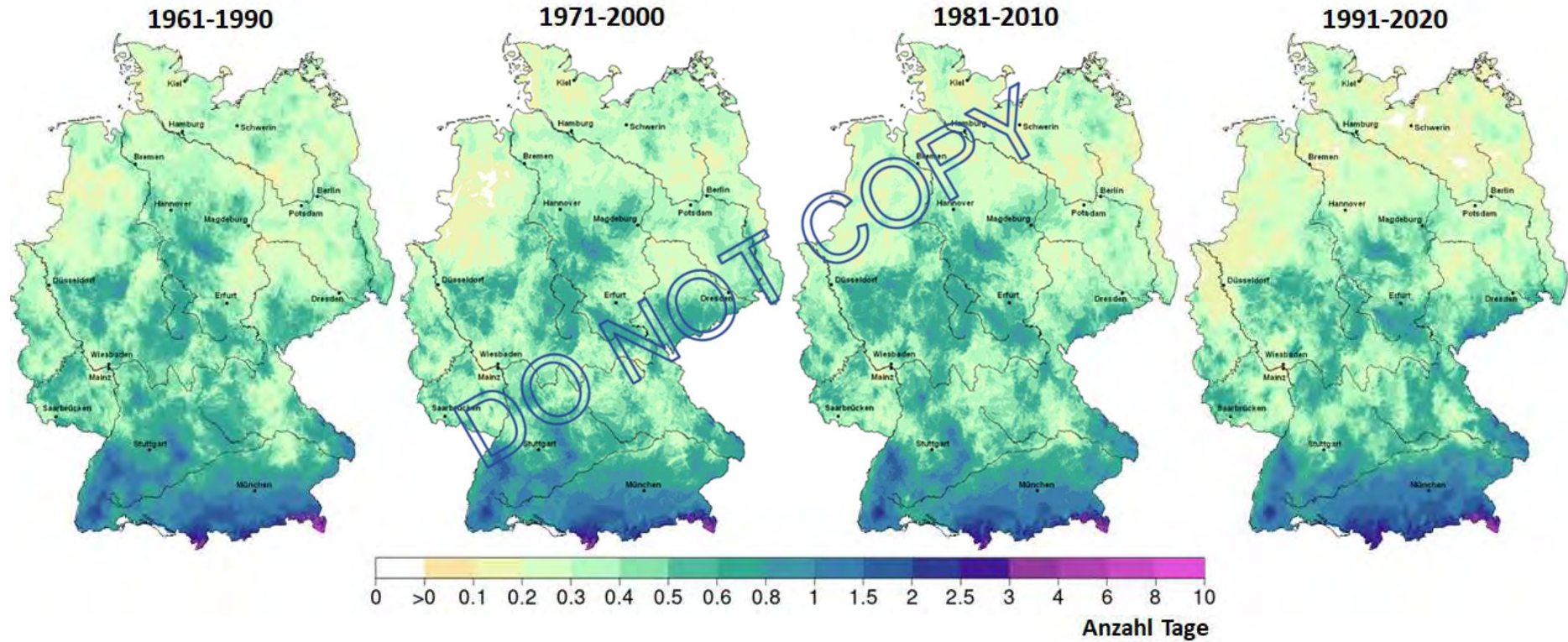
Quelle: Deutscher Klimaatlas



# Vergangenheit - Starkregen

RR  $\geq$  20 mm/d

BBCH 31 – BBCH 51

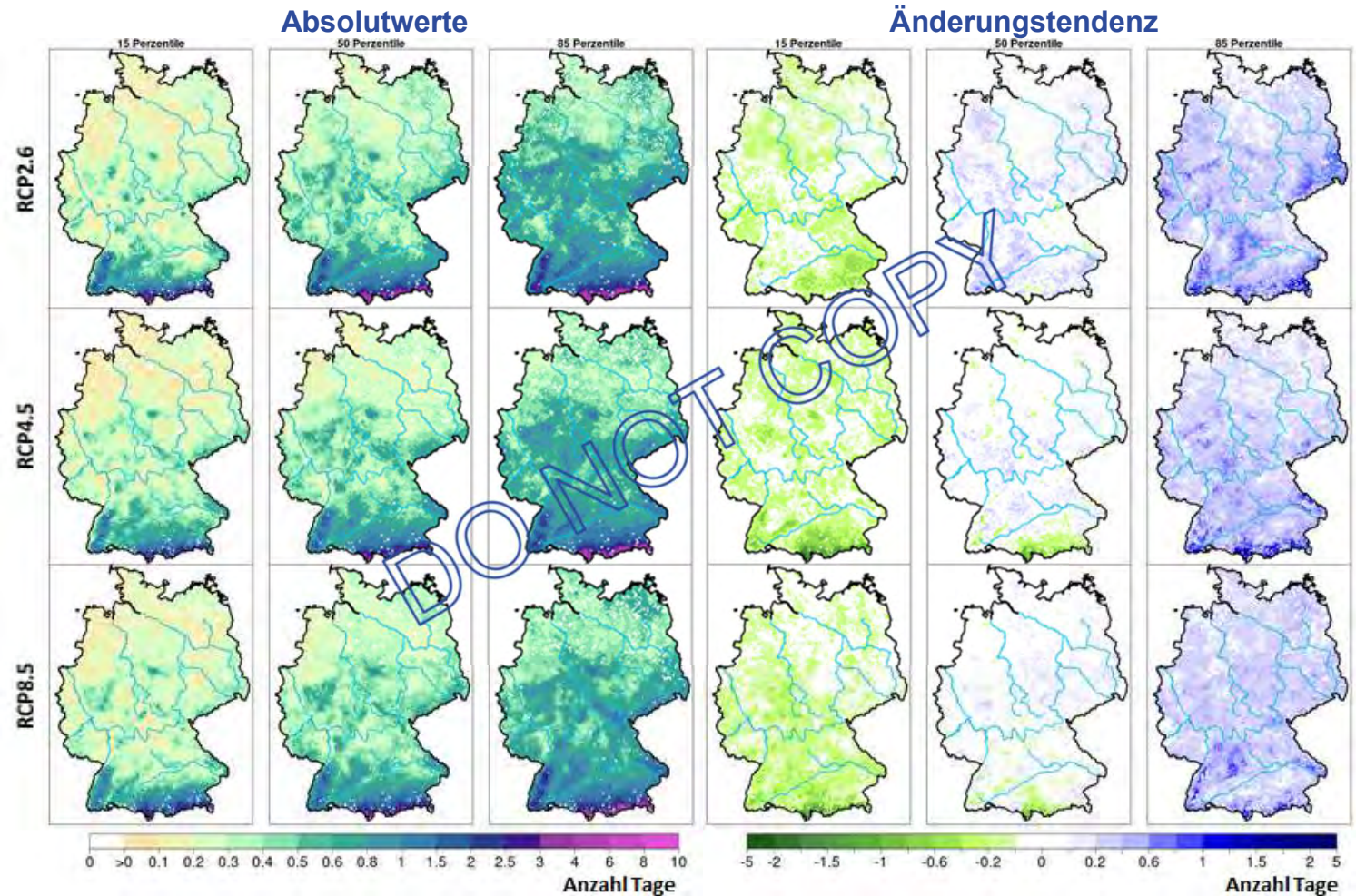


# Zukunft - Starkregen

RR  $\geq$  20 mm/d  
BBCH 31 – BBCH 51

## Änderungstendenzen für Starkregen

- keine Änderung (Aussaat bis BBCH 09)
- regionaler Zu- und Abnahme (BBCH 51 bis BBCH 87)
- deutschlandweiter leichter Zunahme (BBCH 09 bis BBCH 31; BBCH 31 bis BBCH 51).
- Für den Zeitraum April bis Mai wird von einer Zunahme ausgegangen



## Modellierung der Bodenfeuchte

### Vergangenheit (1961-2020):

- Nutzung der Modellversion des Bodenfeuchteviewers ([www.dwd.de/bodenfeuchteviewer](http://www.dwd.de/bodenfeuchteviewer))
- Auflösung 1km x 1km
- Böden aus der BÜK1000 der BGR
- interpolierte phänologische Entwicklung aus dem DWD-Beobachtungsmessnetz
- interpolierte meteorologischen Größen aus dem Messnetz des DWD und Partnernetze (variable Anzahl an Stationen, alle verfügbaren Stationen werden genutzt)

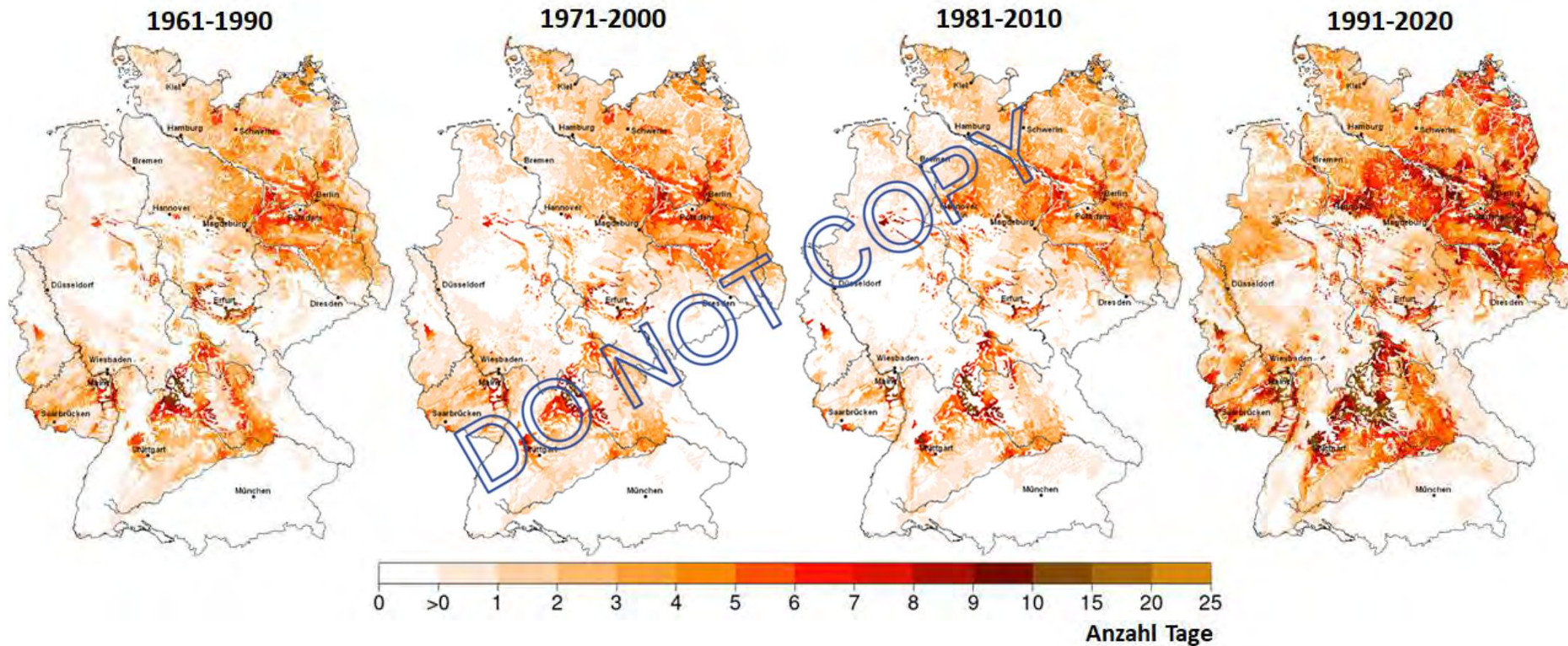
### Zukunft (1971-2100):

- Auflösung 5km x 5km
- Böden aus der BÜK1000 der BGR
- phänologische Entwicklung aus dem Modell MONICA
- meteorologischen Größen aus dem DWD-Kernensemble für die Szenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 (insgesamt 17 Modelle)

# Vergangenheit - Bodenfeuchte

Bodenfeuchte  $\leq 10$  %nFK

BBCH 51 – BBCH 87



In den meisten Fällen leichte bis deutliche Zunahme der Tage an denen die Schwellenwerte für die Trockenheit unterschritten werden - für zahlreiche ausgewertete phänologische Zeiträume

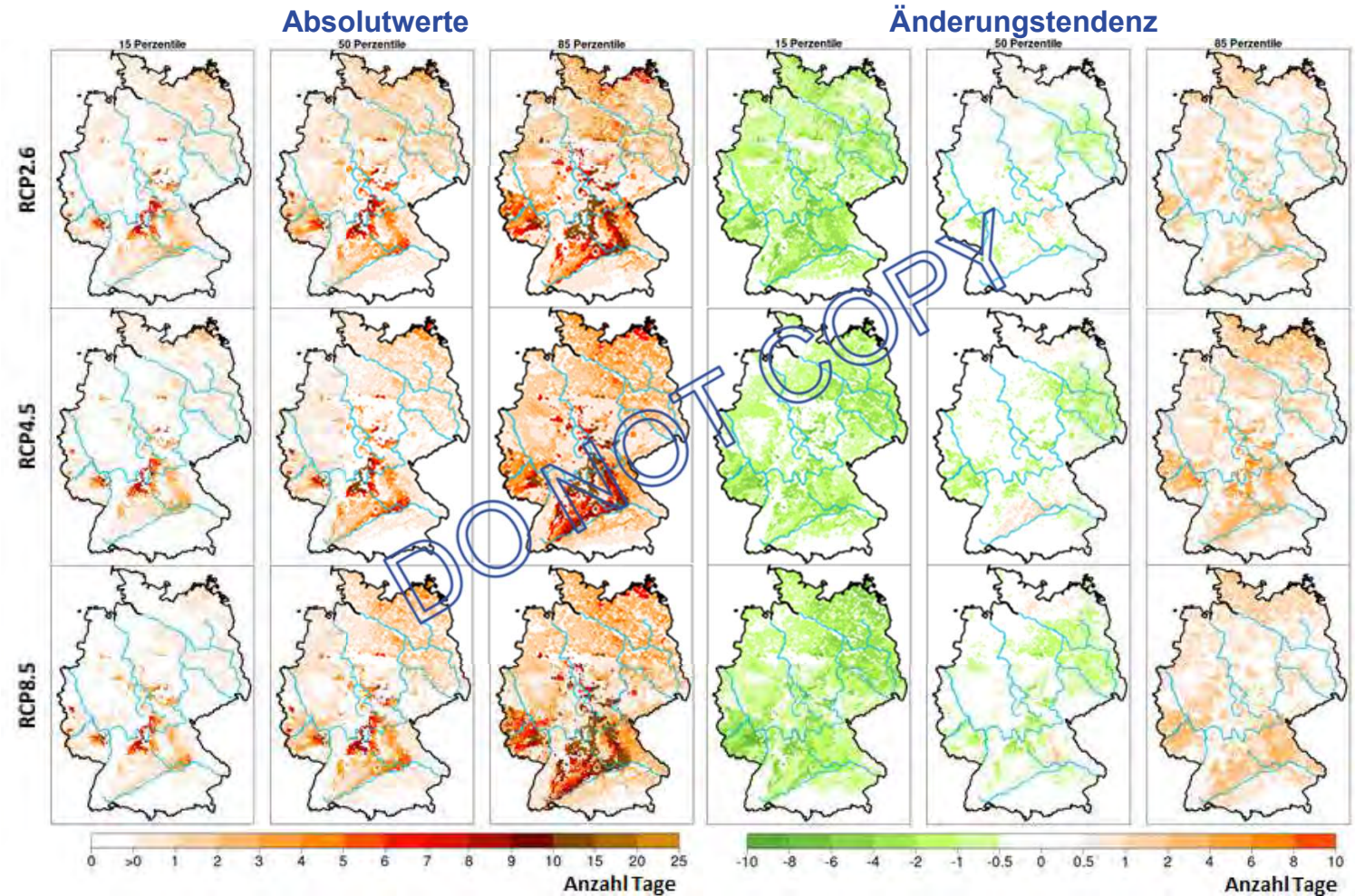


## Zukunft - Bodenfeuchte

BoFeu  $\leq$  10 %nFK  
BBCH 51 – BBCH 87

### Änderungstendenzen für Bodenfeuchte (Trockenheit)

- für die 50. Perzentile meist nur eine geringe Änderung bis zu einer leichten Abnahme dieser Tage mit Trockenstress.
- starke Variabilität der Niederschläge → große Spannbreite der Bodenfeuchte
- 15. Perzentile: Abnahme, 85. Perzentile: Zunahme



# Gewitter / Hagel

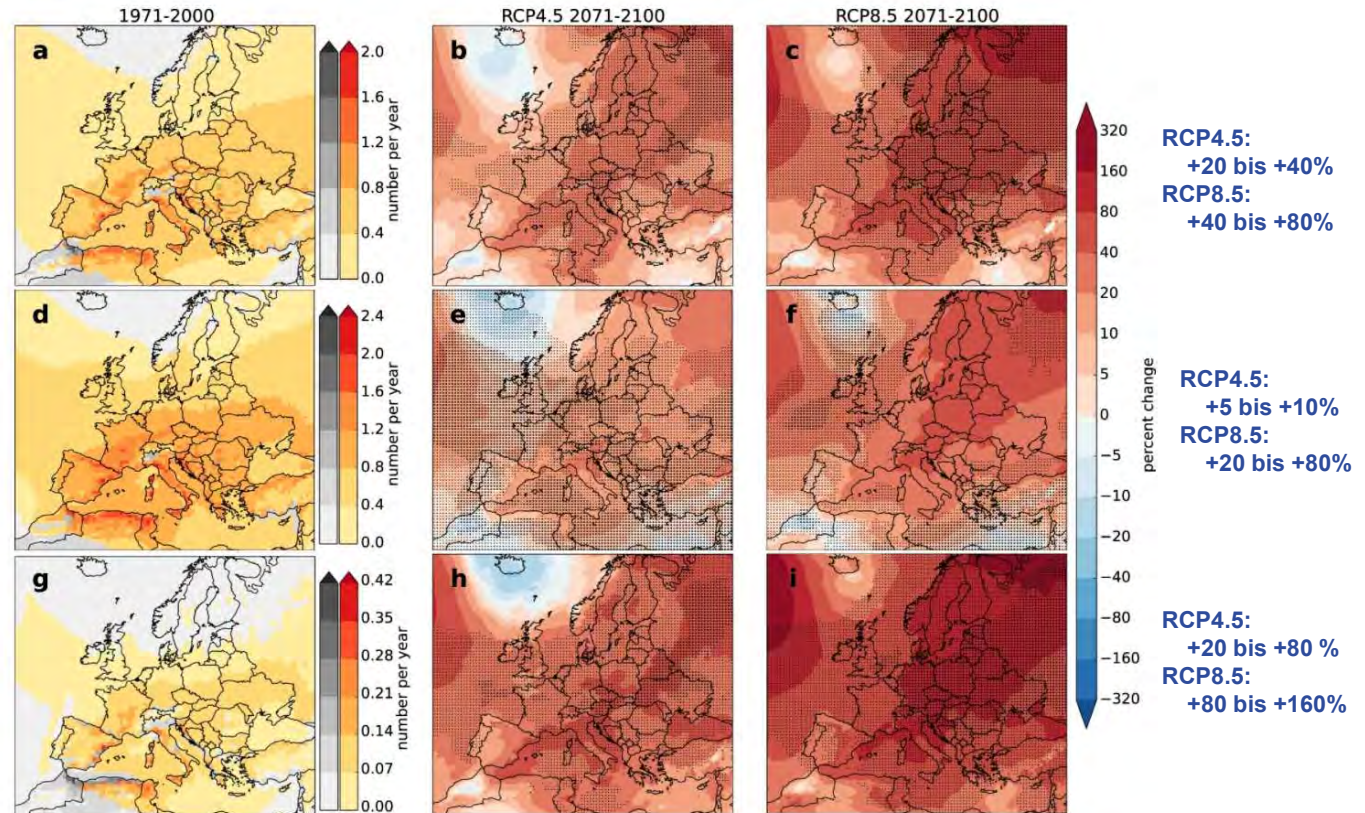
From: Frequency of severe thunderstorms across Europe expected to increase in the 21st century due to rising instability

- Identifizierung Hagelverursachende Wetterlagen (Kapsch et al. 2012)
- Szenarien A1B und B1: 2031-2045: leichten Anstieg der Hageltage zwischen 7 % bis 15 % im Vergleich zur Referenzperiode (1971-2000)

Hagel  
≥ 2 cm

Windböen  
≥ 25 m/s  
(schwerer Sturm  
Windstärke 10)

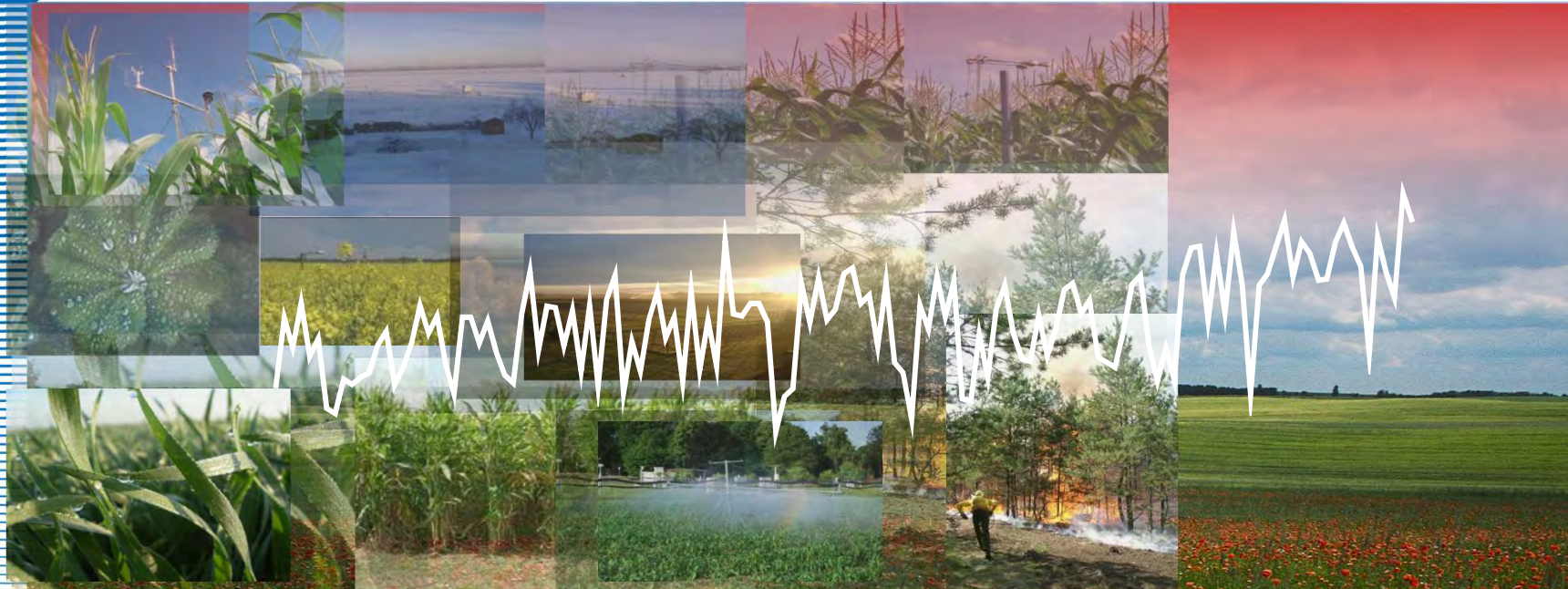
Hagel  
≥ 5 cm



Quelle: Rädler et al. (2019)

- Die Entwicklung der Frühjahrsniederschläge wird in der Vergangenheit (2010-2020) durch die Klimamodelle nicht korrekt abgebildet → zukünftige Entwicklung unsicher
- Einfluss auf die Ertrags- und Bodenfeuchtemodellierung (Eingangsgröße)
- Verwendung der zukünftigen phänologischen Entwicklung aus dem Modells MONICA für die Analyse der ertragsrelevanten Zeiträumen der landwirtschaftlichen Kulturen und als Eingangsgröße für die Modellierung der Bodenfeuchte
- Bodenfeuchtemodellierung mit dem Modell AMBAV für die Kulturen Winterweizen, Mais (und Winterraps)
- Aussagen zur zukünftigen Entwicklung von Gewittern und Hagel (auf Basis der Literaturrecherche)
- regionale Klimaprojektionen können durch die verwendete Gitterweite kleinräumige Strukturen, wie Gewitter nicht abbilden → wahrscheinlich höheres Auftreten
- Bisher keine belastbaren Aussagen zur Entwicklung von Stürmen möglich





**Vielen Dank  
für die Aufmerksamkeit**