

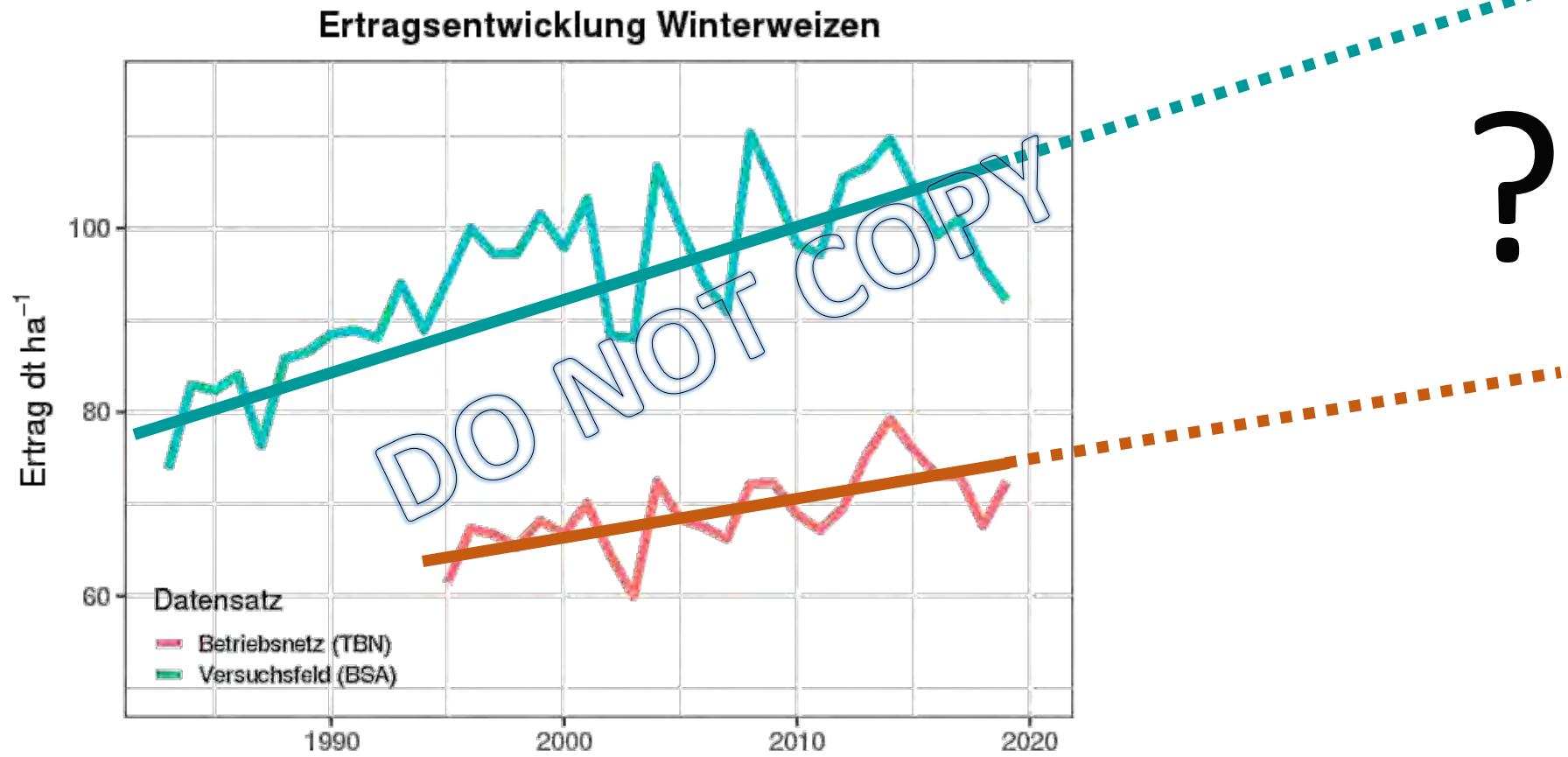
# Projizierte Weizenerträge in Deutschland 2031-2060 und ihre Unsicherheiten

Marlene Bittner, Christian Jorzig, Ludwig Riedesel, Ashifur Rahman Shawon, Markus Möller, Burkhard Golla, Claas Nendel, Arno de Kock, Anto Raja Dominic, Til Feike

Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow

# Überblick

Weizenerträge zur Mitte des Jahrhunderts?



# Überblick



Weizenerträge zur Mitte des Jahrhunderts?

- Meta-Analyse
- Prozessbasierte Ertragsmodellierung
- Statistische Ertragsmodellierung

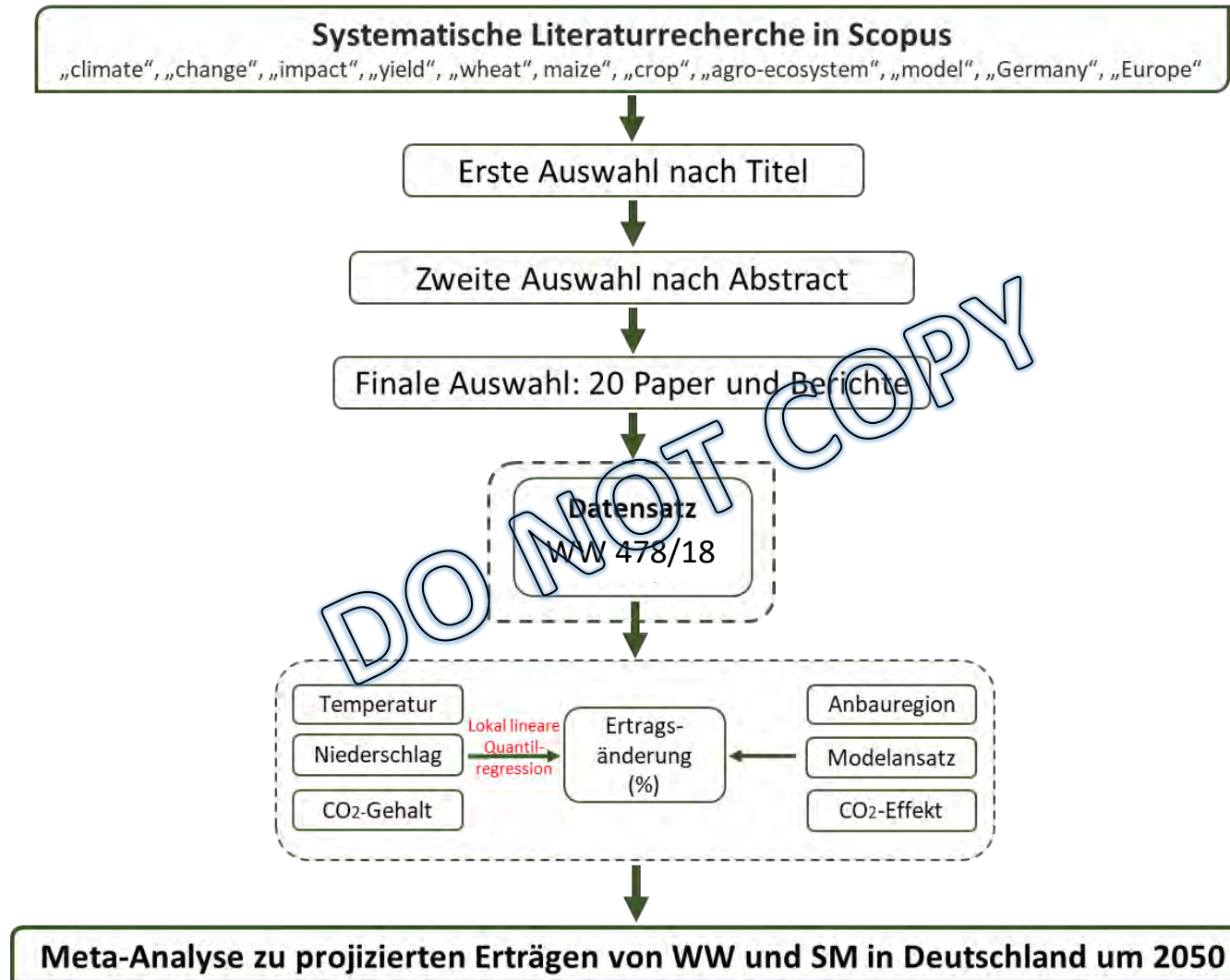
# Überblick



Weizenerträge zur Mitte des Jahrhunderts?

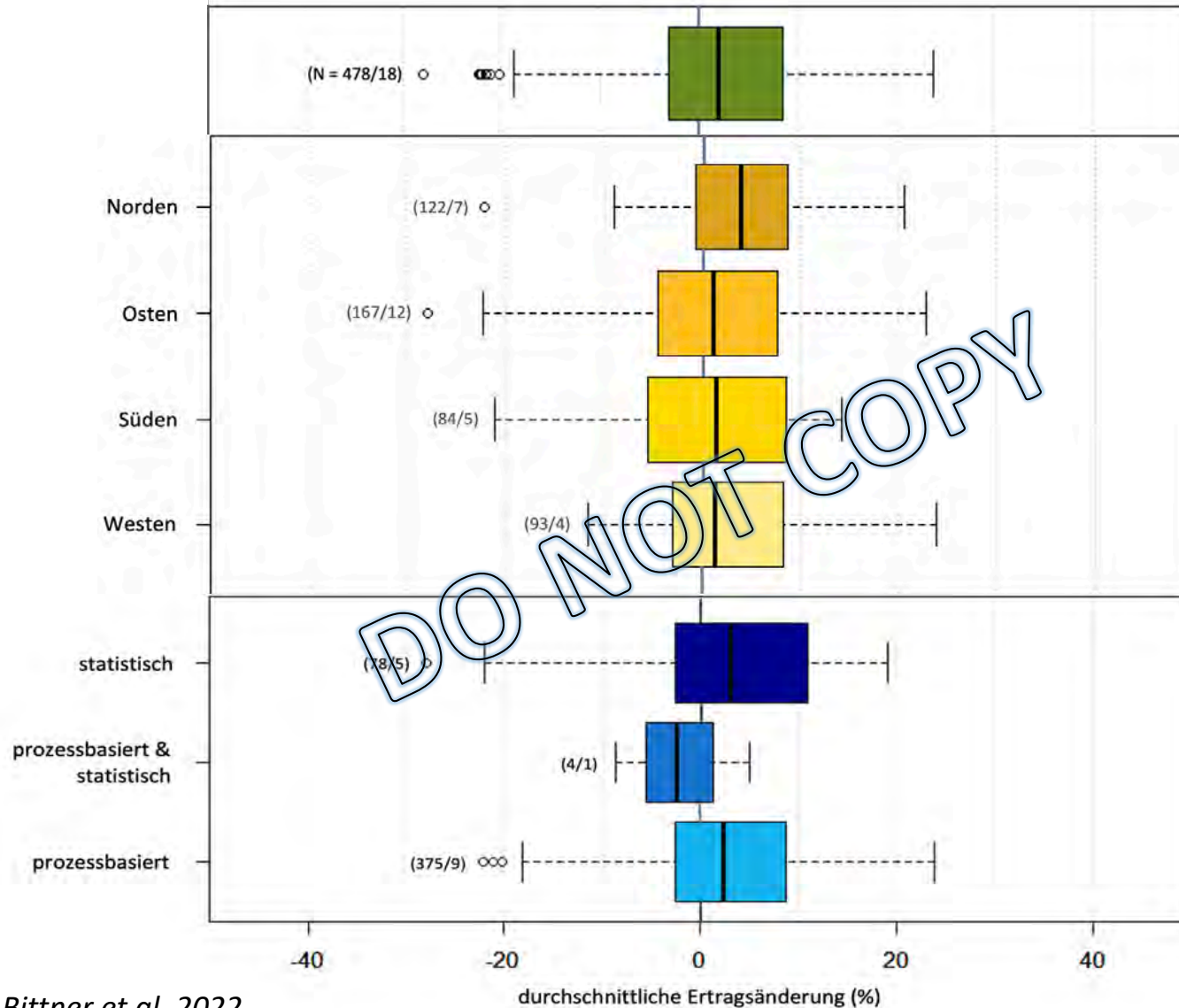
- **Meta-Analyse**
- Prozessbasierte Ertragsmodellierung
- Statistische Ertragsmodellierung

# Meta-Analyse – Material und Methoden



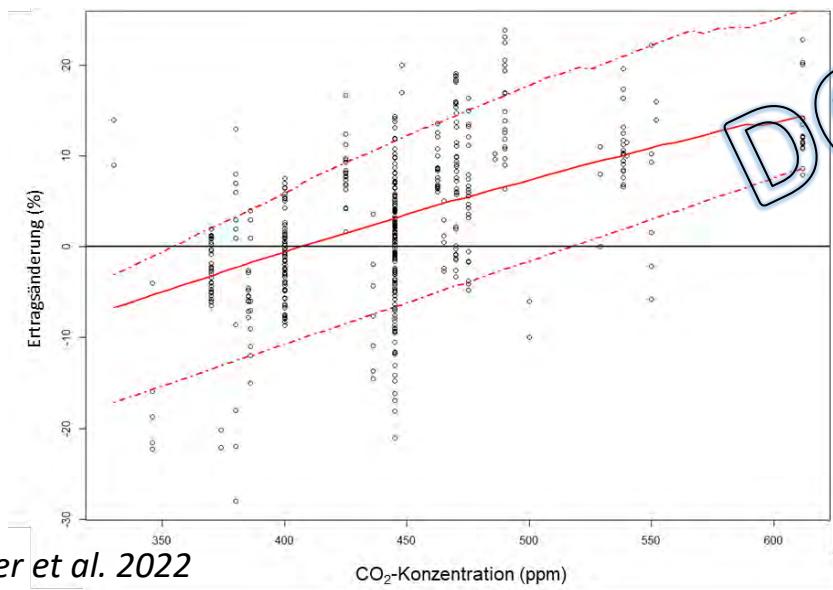
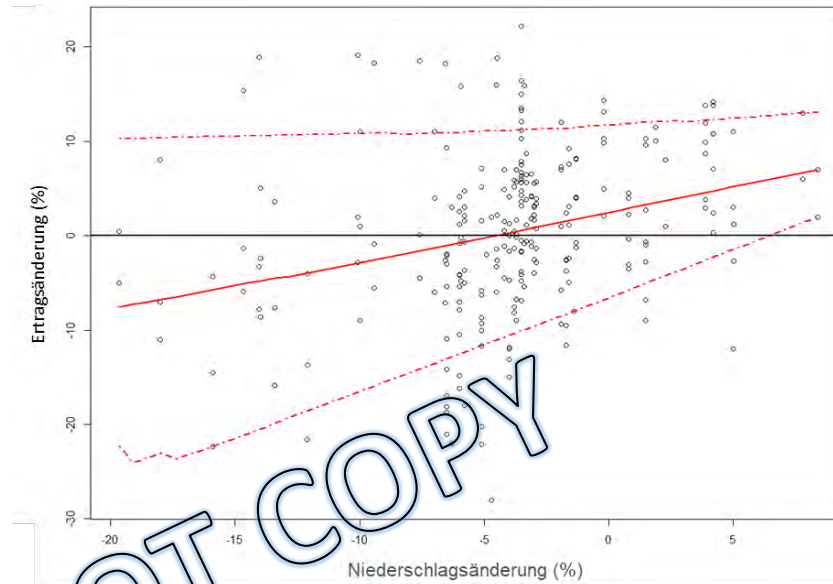
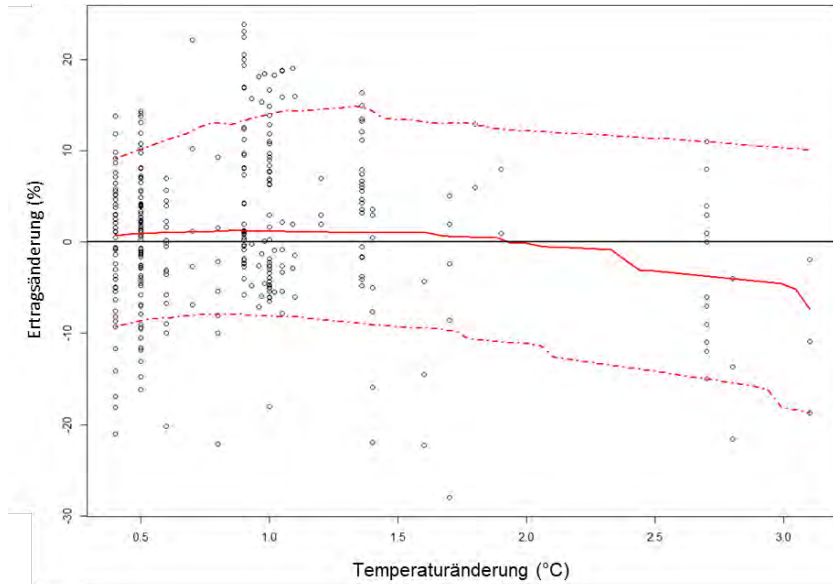
DO NOT COPY

# Meta-Analyse – Ergebnisse





# Meta-Analyse – Ergebnisse



- Temperaturanstieg über +2°C leicht negativ
- Niederschläge mehr als -4% negativ
- CO<sub>2</sub>-Gehalt über 410ppm positiv

# Meta-Analyse – Schlussfolgerungen

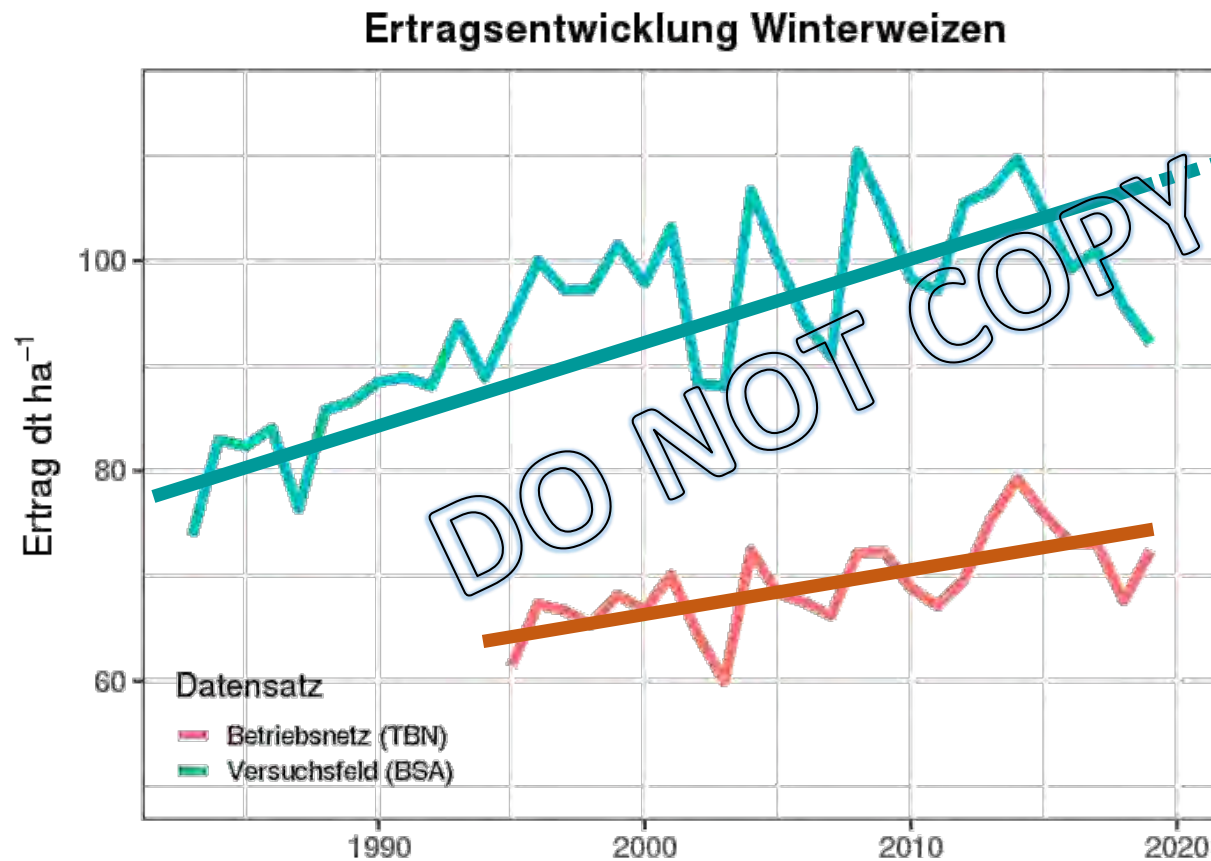
Weizenerträge zur Mitte des Jahrhunderts?

- Positive Tendenzen
- Große Spanne
- CO<sub>2</sub>-Anstieg förderlich



# Überblick

Weizenerträge zur Mitte des Jahrhunderts?



?

# Überblick

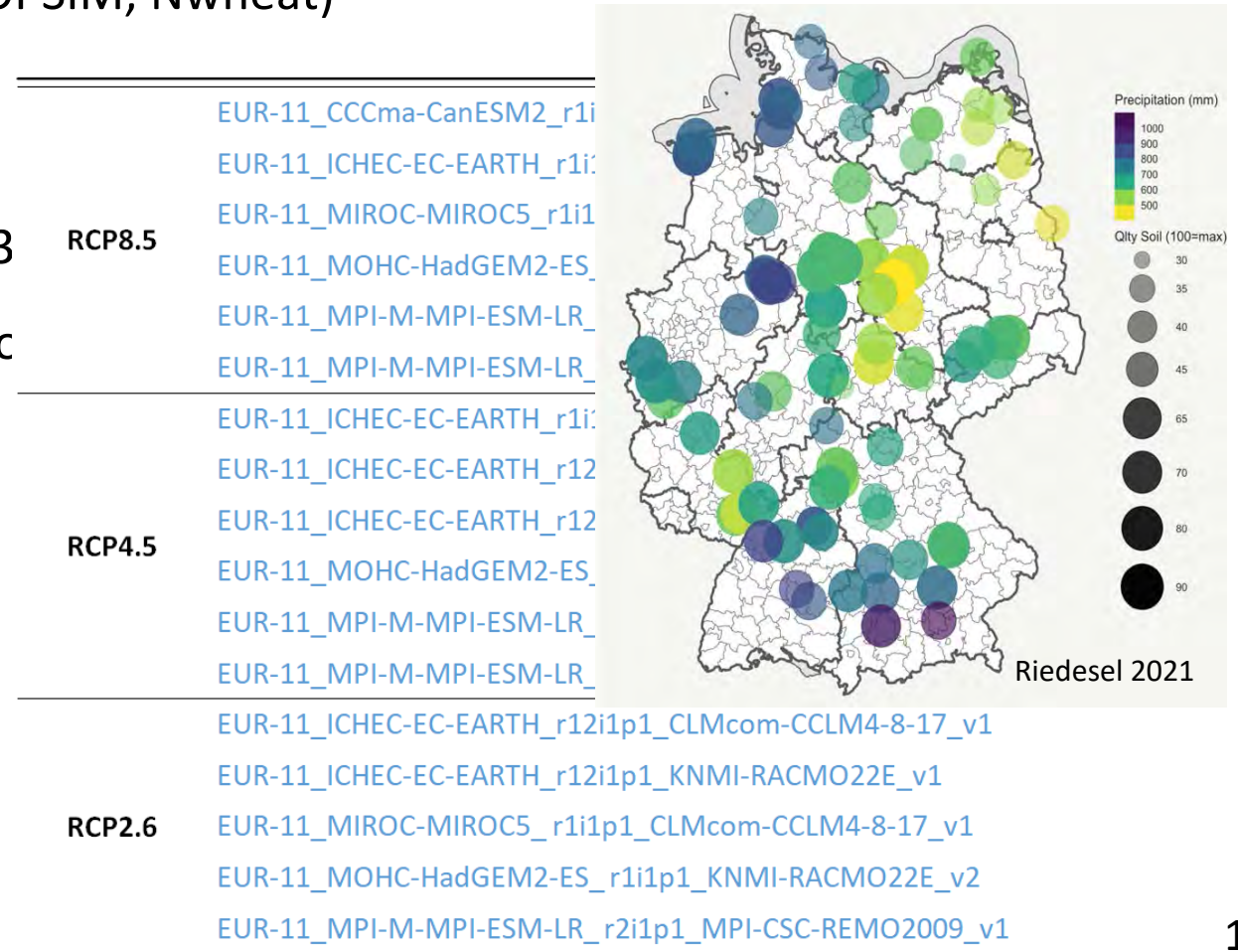


Weizenerträge zur Mitte des Jahrhunderts?

- Meta-Analyse
- **Prozessbasierte Ertragsmodellierung**
- Statistische Ertragsmodellierung

# Prozessbasierte Modellierung – Material & Methoden

- Multi-Model-Ensemble in DSSAT (CERES, CROPSIM, Nwheat)  
+ MONICA (ZALF)
- 17 Klimaszenarien (DWD Kernensemble)
- Simulationen 1971-2000 vs. 2031-2060 (+203)
- Punktbasierte Simulationen an 12 WP-Standc
  - Relevante Weizenanbaugebiete in D



# Prozessbasierte Modellierung – Standorte



Standort	BKR-Nr.	BKR Beschreibung
Boehnshausen	107	Lößböden in der Ackerebene (Ost)
Bollberg	111	Verwitterungsböden in den Übergangslagen (Ost)
Borwede	147	mittleres Niedersachsen / leichte Lehmböden
Bremelau	122	Schwäbische Alb, Baar
Euskirchen	141	Jülicher Börde, Zülpicher Börde / Niederungslagen, feucht
Giebelstadt	113	Nordwestbayern-Franken
Hohensolms	134	Sauerland, Briloner Höhen
Ladenburg	121	Rheinebene und Nebentäler
Leutewitz	108	Lößböden in den Übergangslagen (Ost)
Parchim	102	sandige diluviale Böden des nordostdeutschen Binnentieflandes
Niedertraubling	116	Gäu, Donau- und Inntal
Ostinghausen	142	oberer Mittelrhein, Niederrhein, südliches Münsterland

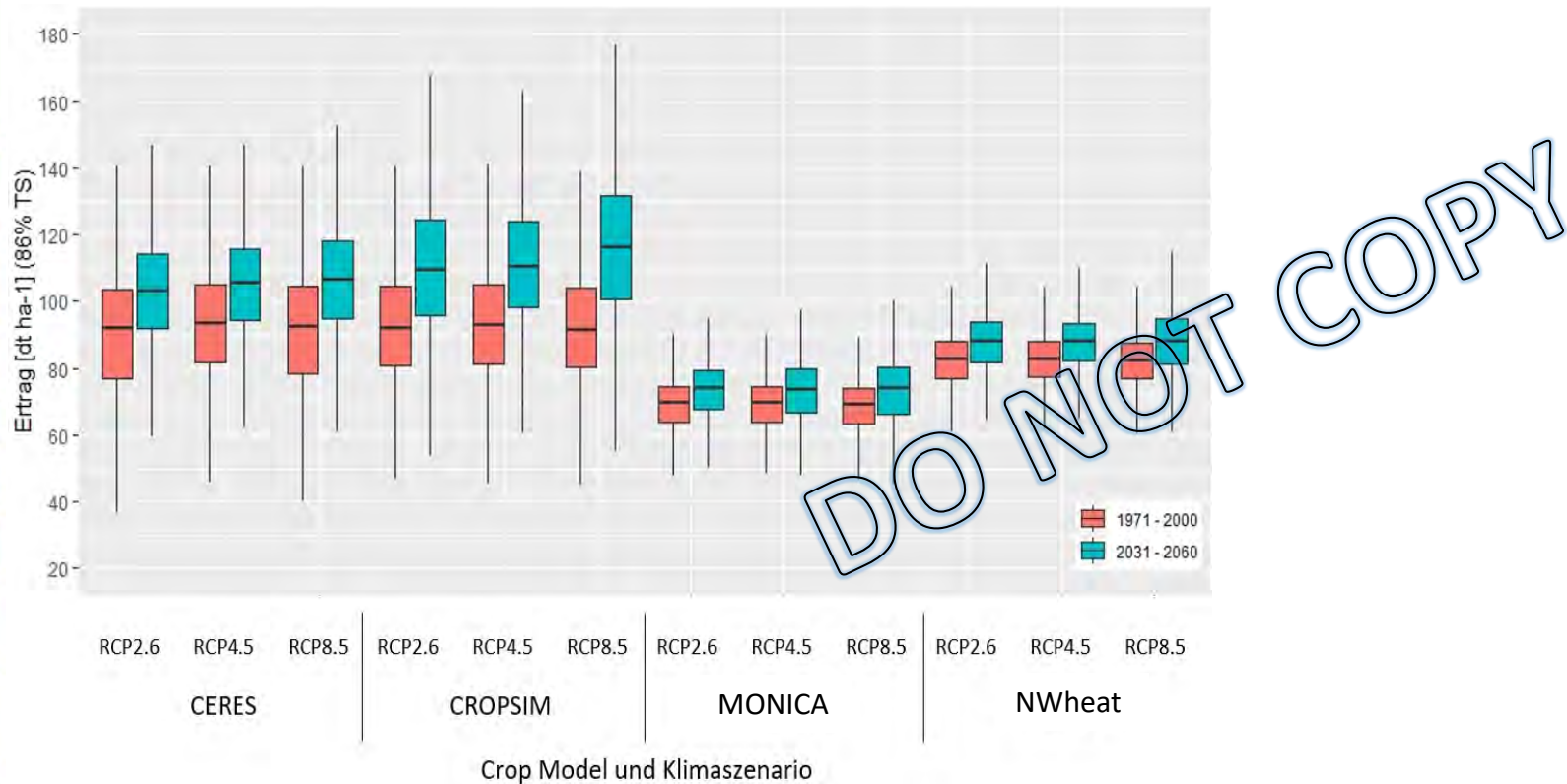
# Prozessbasierte Modellierung – Ergebnisse

WW Erträge – MME über alle Standorte aggregiert



# Prozessbasierte Modellierung – Ergebnisse

WW Erträge & Ertragsveränderung – modelspezifisch über alle Standorte aggregiert





# Prozessbasierte Modellierung – Ergebnisse

Ertragsvariabilität – Variationskoeffizient absoluter Erträge über 30 Jahre

Variations- koeffizient	RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
	1971-2000	2031-2060	1971-2000	2031-2060	1971-2000	2031-2060
CERES	0.30	0.21	0.27	0.20	0.29	0.19
CROPSIM	0.21	0.19	0.21	0.17	0.20	0.18
Nwheat	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11	0.13
MONICA	0.14	0.13	0.13	0.13	0.14	0.15
MME	0.19	0.16	0.18	0.16	0.19	0.16

# Prozessbasierte Modellierung – Ergebnisse

Veränderung in Erträgen simulierter WW Erträge des MME im zeitlichen Verlauf

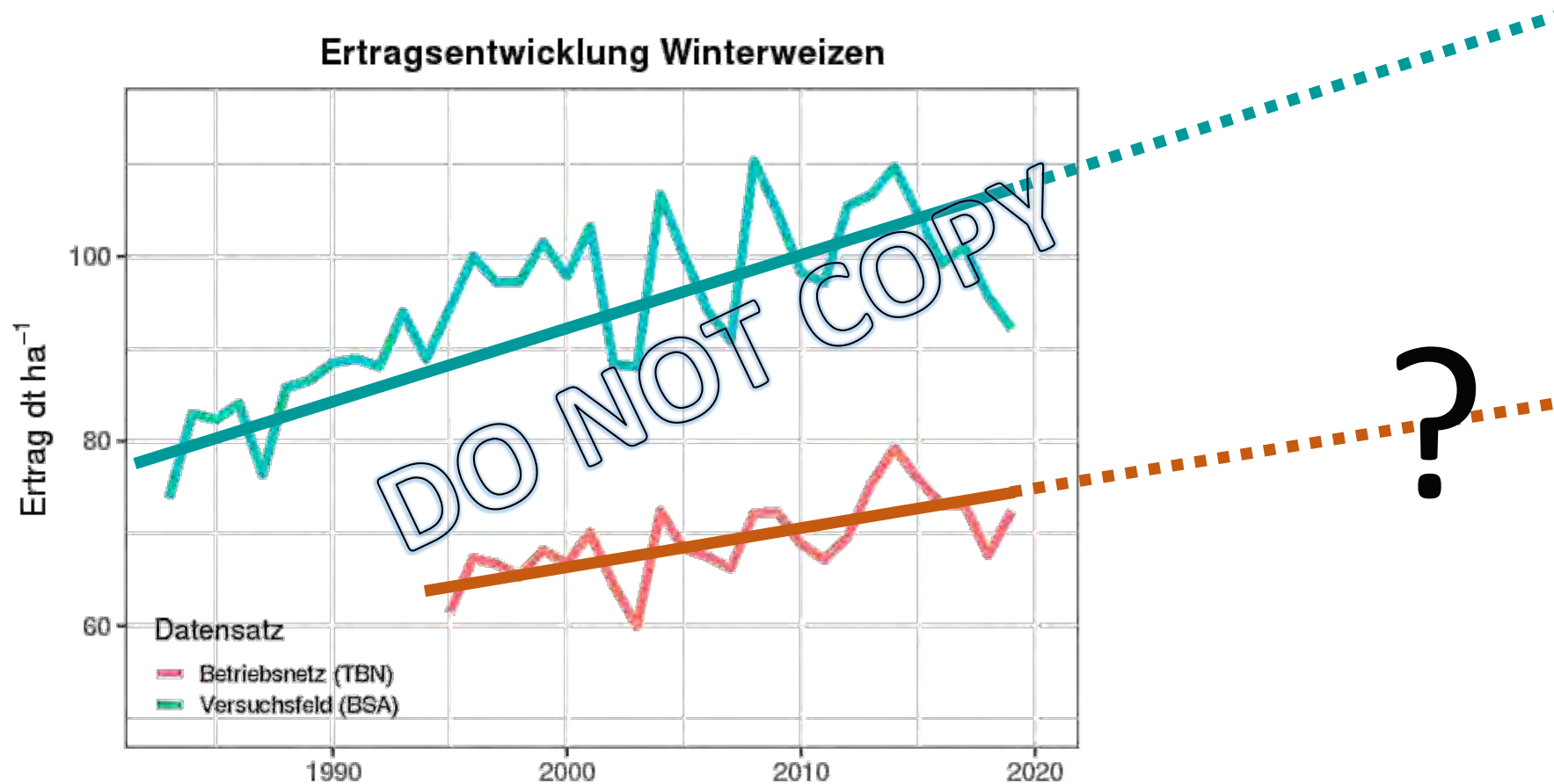


# Prozessbasierte Modellierung – Schlussfolgerungen

- Steigende Erträge für 4 Crop Modelle, 17 Klimaszenarien und 12 Weizenanbaugebiete 2031-2060 vs. 1971-2000
  - Mittlere Ertragszuwächse ~11% (RCP2.6 & 4.5) bis ~14% (RCP8.5)
  - Keine Zunahme der Ertragsvariabilität (Variationskoeffizienten absoluter Erträge)
  - CO<sub>2</sub>-Düungeeffekt erklärt größten Teil des Ertragsanstiegs
  - CO<sub>2</sub>-Düungeeffekt steigt weiterhin, jedoch weniger effektiv
- nicht-CO<sub>2</sub>-bedingte Klimaänderungen zunehmend negativ

# Überblick

Weizenerträge zur Mitte des Jahrhunderts?



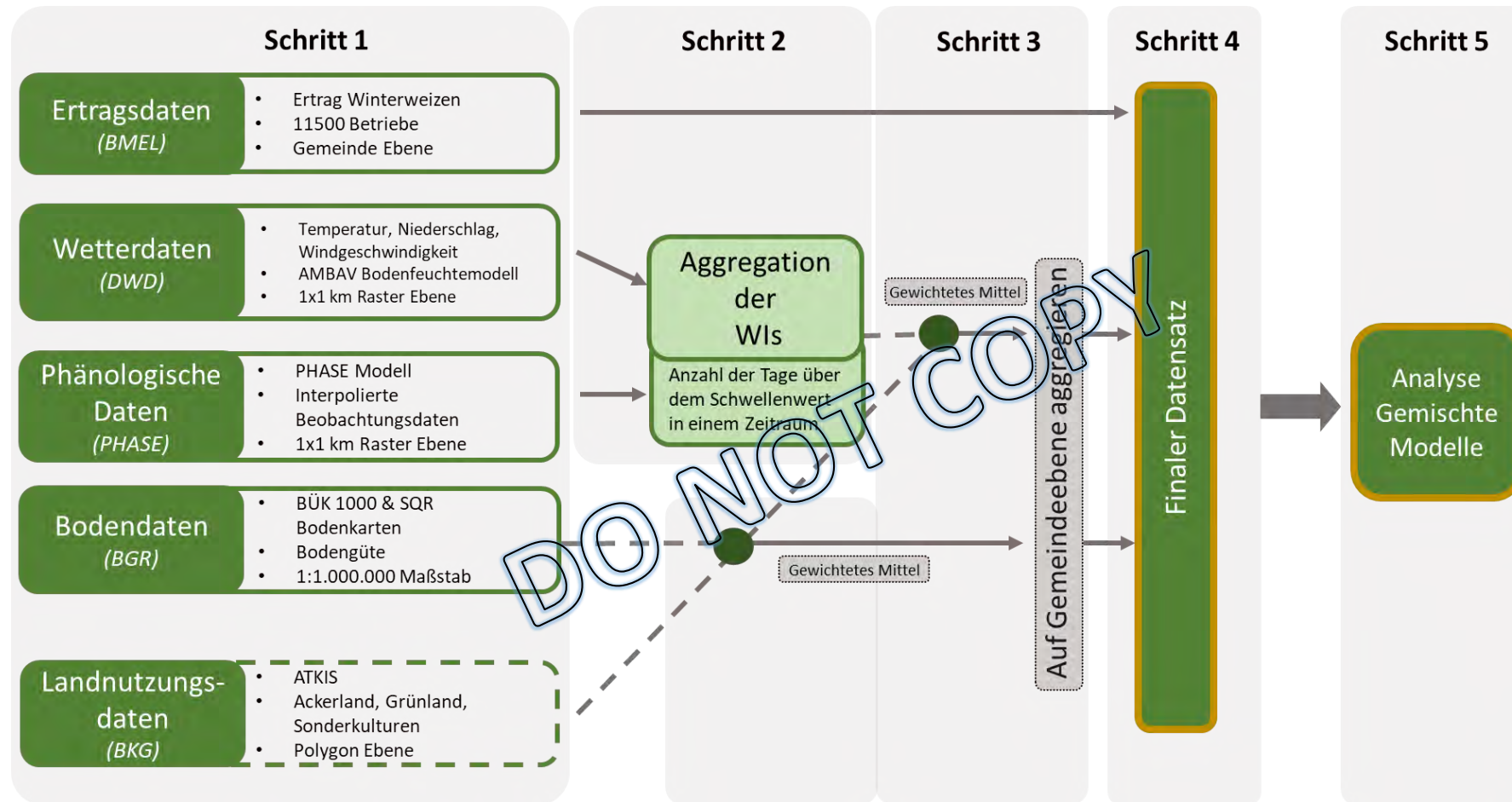
# Überblick



Weizenerträge zur Mitte des Jahrhunderts?

- Meta-Analyse
- Prozessbasierte Ertragsmodellierung
- **Statistische Ertragsmodellierung**

# Statistische Modellierung – Studiendesign





# Statistische Modellierung – Statistische Parameter

## 1. Erklärkraft:

- *Wie gut hilft Hinzunahme eines einzelnen WI Erträge besser zu erklären?*
- $R^2$  der zufälligen Effekte  
(d.h., wie stark erhöht der WI die erklärte Varianz an der gesamten Varianz)



## 2. Regions-spezifische Effektstärke

- *Um wie viel  $dt \text{ ha}^{-1}$  verringert/erhöht sich der Ertrag durch Anstieg des WI um einen Tag (Estimated Coefficient)*
- Individueller Regressionskoeffizient für jeden der 51 Bodenklimaräume

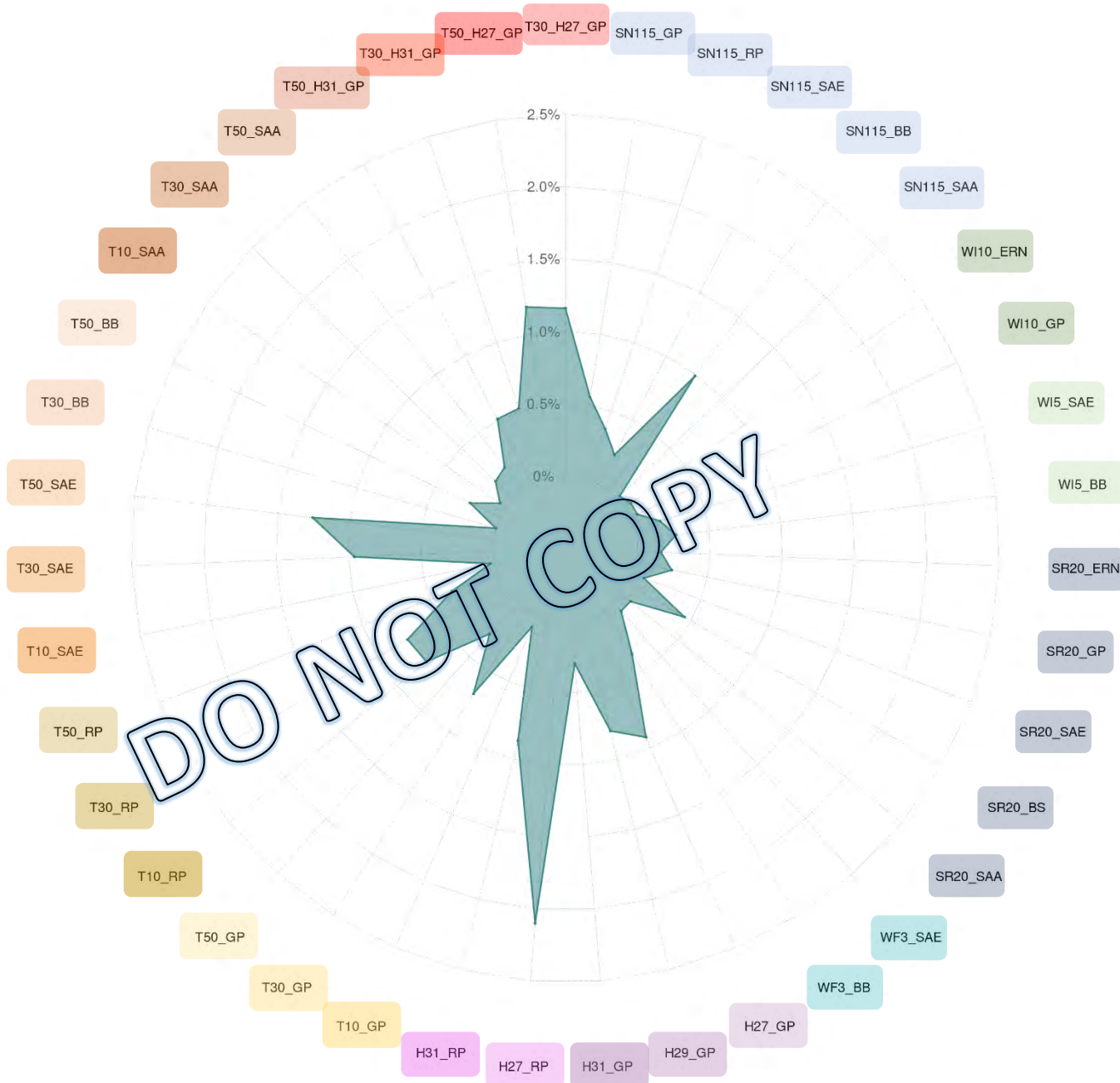
# Erklärkraft

## Wettervariable:

- T = Trockenheit
- H = Hitze
- WF = Wechselfrost
- SR = Starkregen
- WI = Wind
- SN = Staunässe

## Zeitraum

- GP = BBCH 51-87
- RP = BBCH 51-75
- SAE = BBCH 31-51
- BS = BBCH 09-31
- ERN = 87-Ernte
- SAA = Aussaat-09



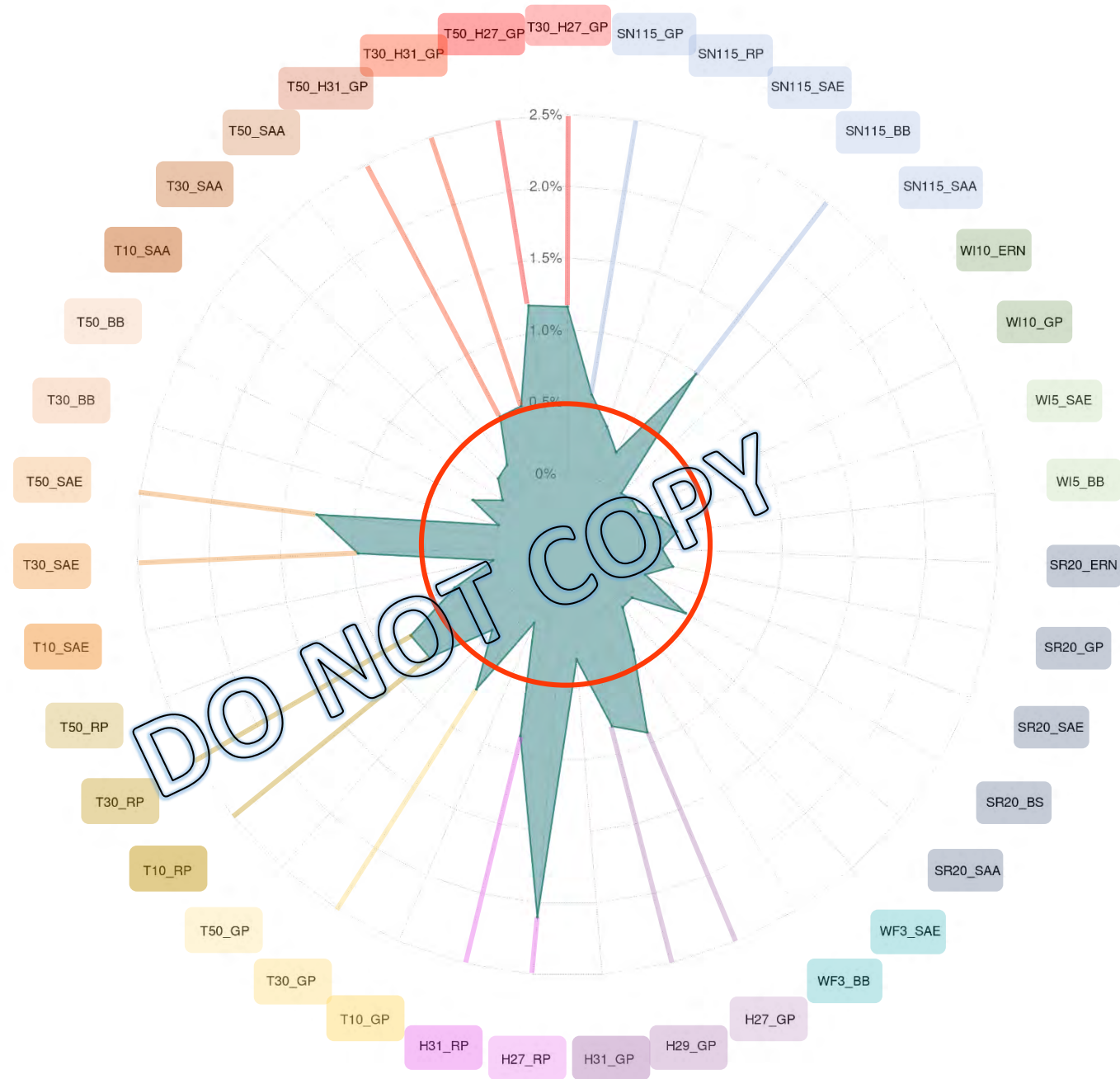
# Erklärkraft

## Wettervariable:

- T = Trockenheit
- H = Hitze
- WF = Wechselfrost
- SR = Starkregen
- WI = Wind
- SN = Staunässe

## Zeitraum

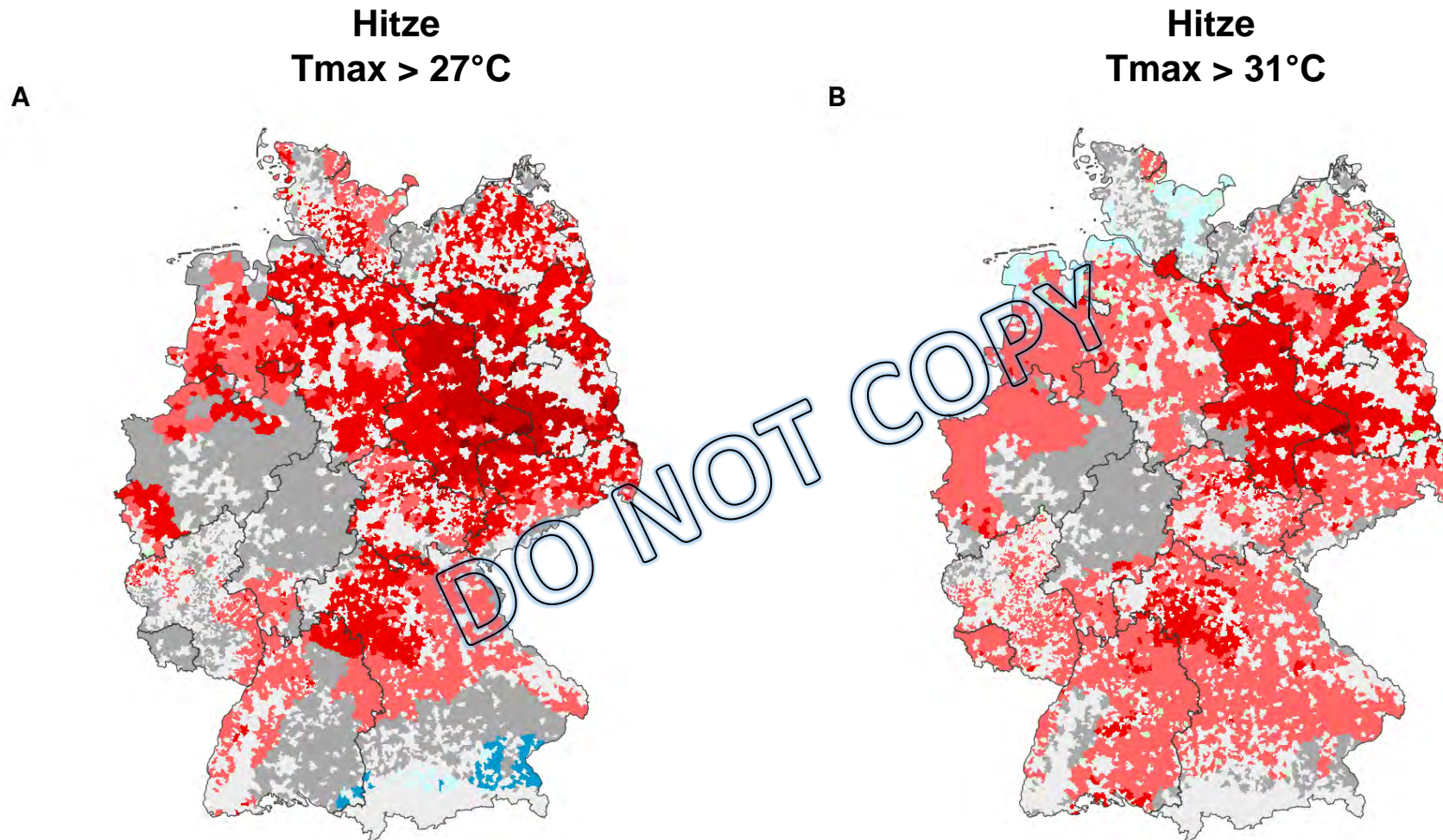
- GP = BBCH 51-87
- RP = BBCH 51-75
- SAE = BBCH 31-51
- BS = BBCH 09-31
- ERN = 87-Ernte
- SAA = Aussaat-09





# Ertragsveränderung Hitze

Ährenschieben – Milchreife (BBCH 51-75)



Ertragsveränderung durch Hitze  
in dt/ha und €/ha\*  
\*15,39 €/dt (Ø Weizenpreis 2016-2020)

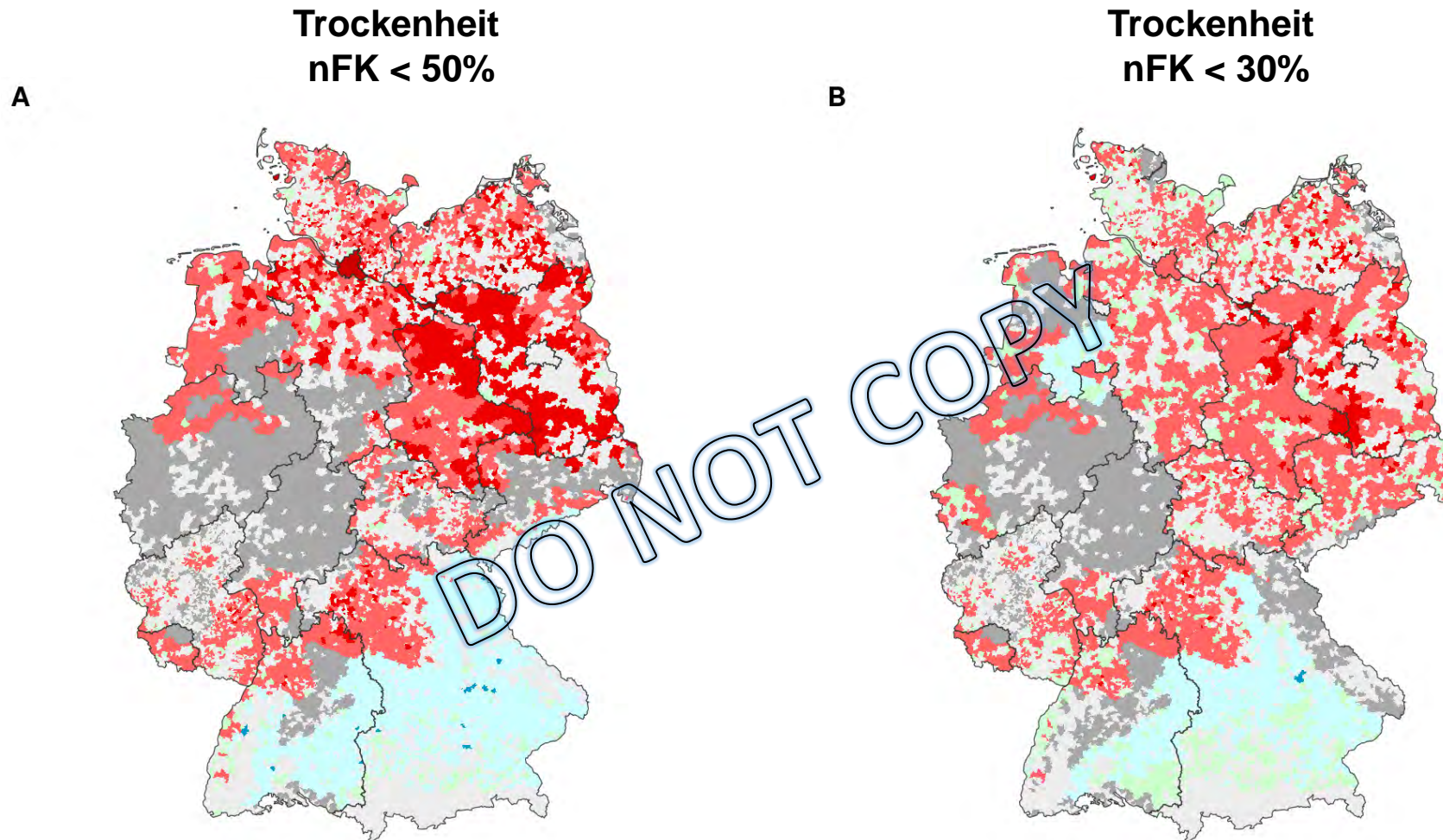


VR: -2.10%

VR: -0.87%

# Ertragsveränderung Trockenheit

Schossen - Ährenschieben (BBCH 31-51)



Ertragsveränderung durch Trockenheit  
in dt/ha und €/ha\*  
\*15,39 €/dt (Ø Weizenpreis 2016-2020)



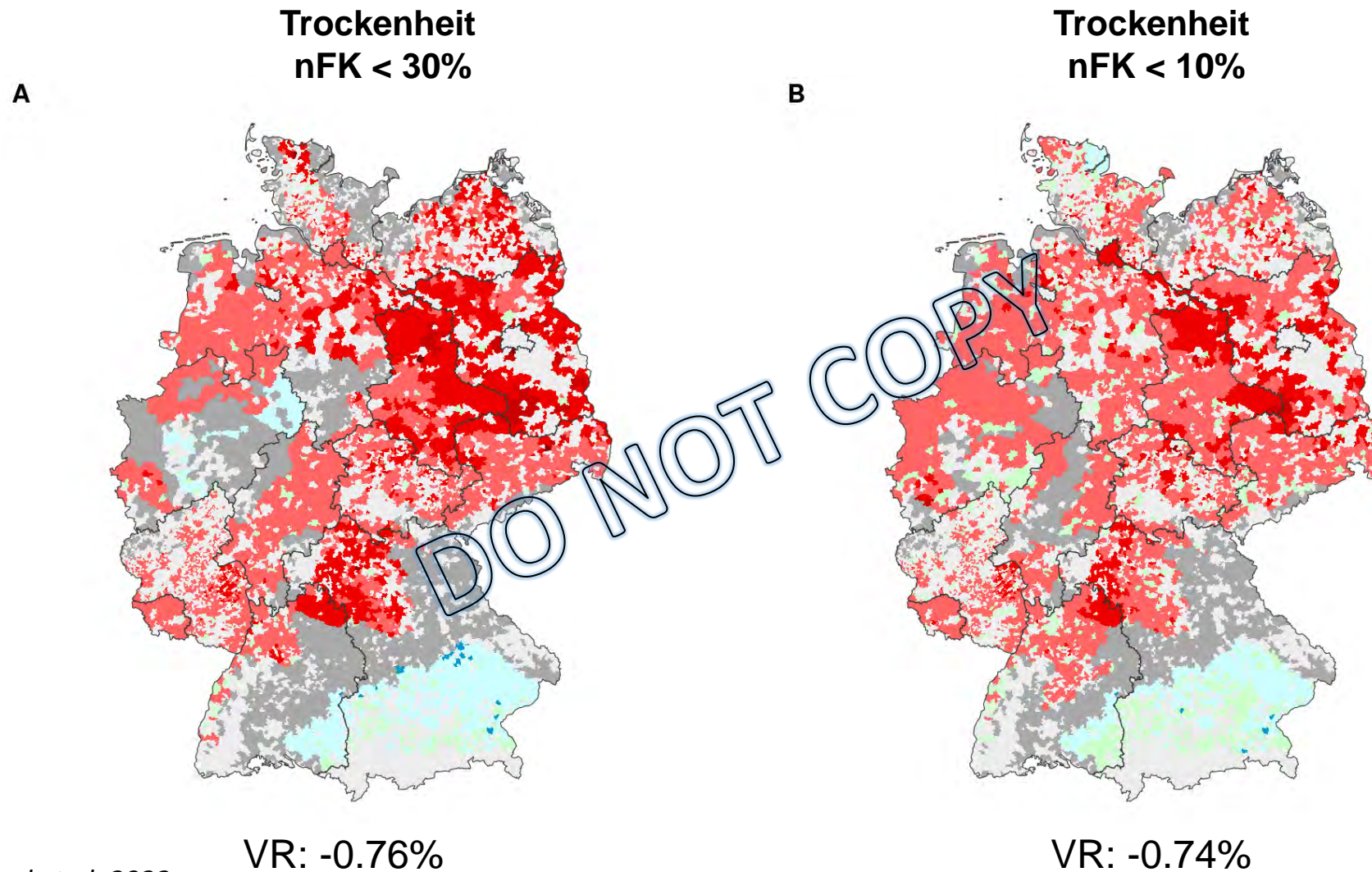
VR: -1.26%

VR: -0.96%



# Ertragsveränderung Trockenheit

Ährenschieben – Milchreife (BBCH 51-75)



Ertragsveränderung durch Trockenheit  
in dt/ha und €/ha\*  
\*15,39 €/dt (Ø Weizenpreis 2016-2020)

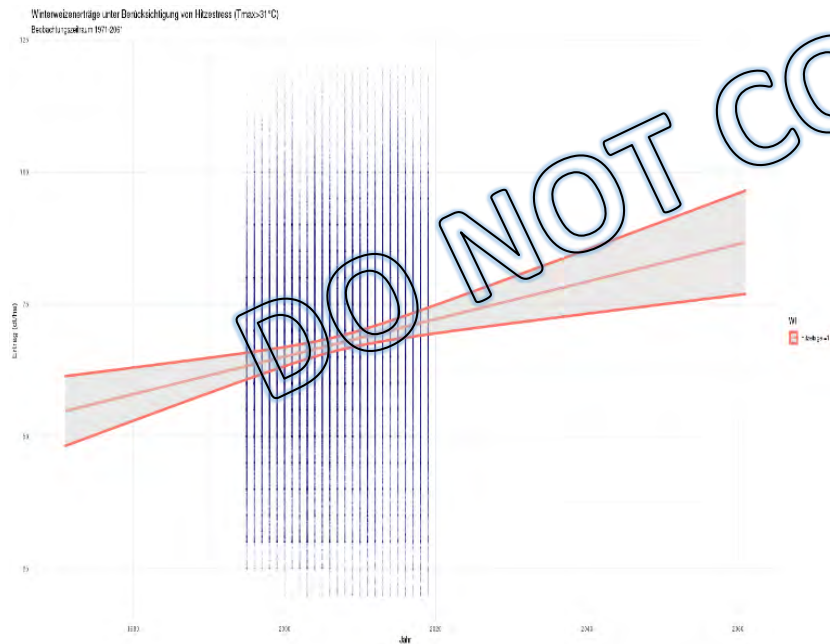


DO NOT COPY



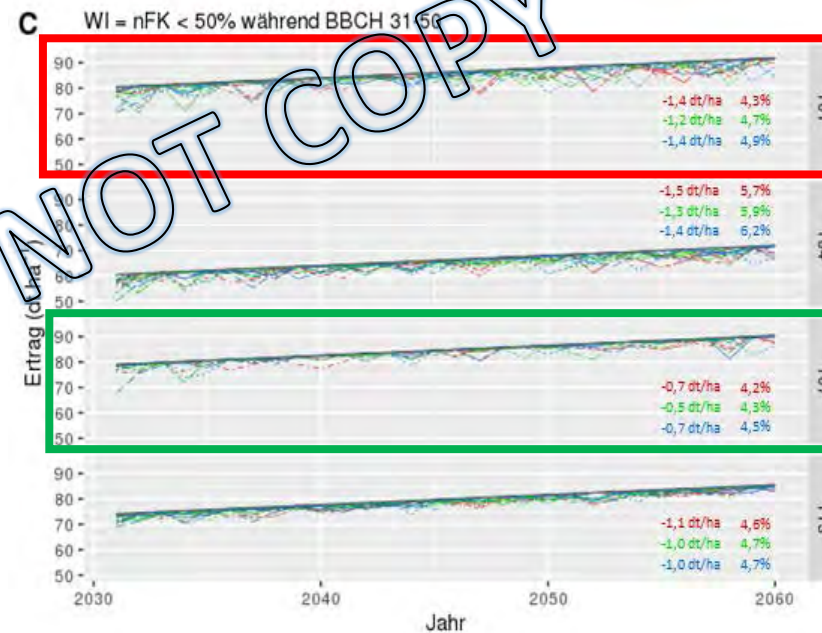
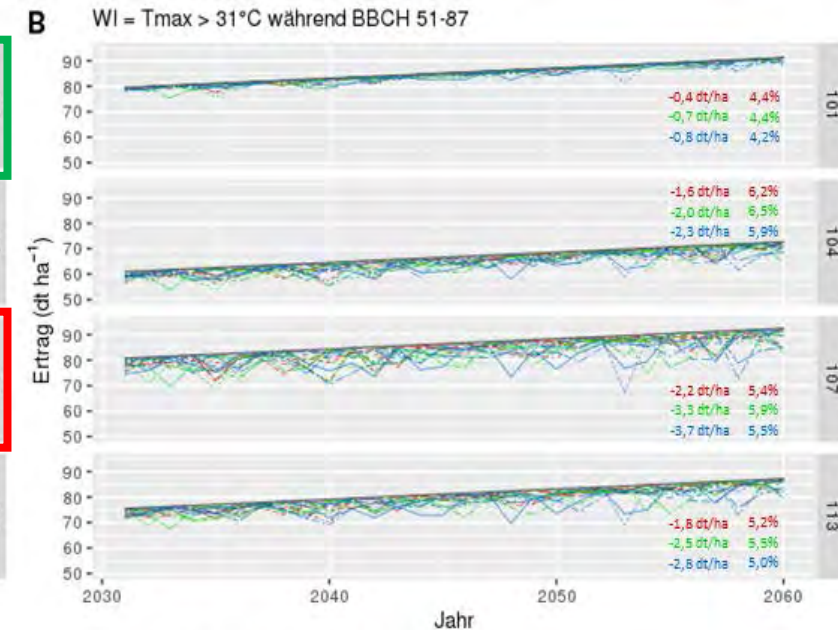
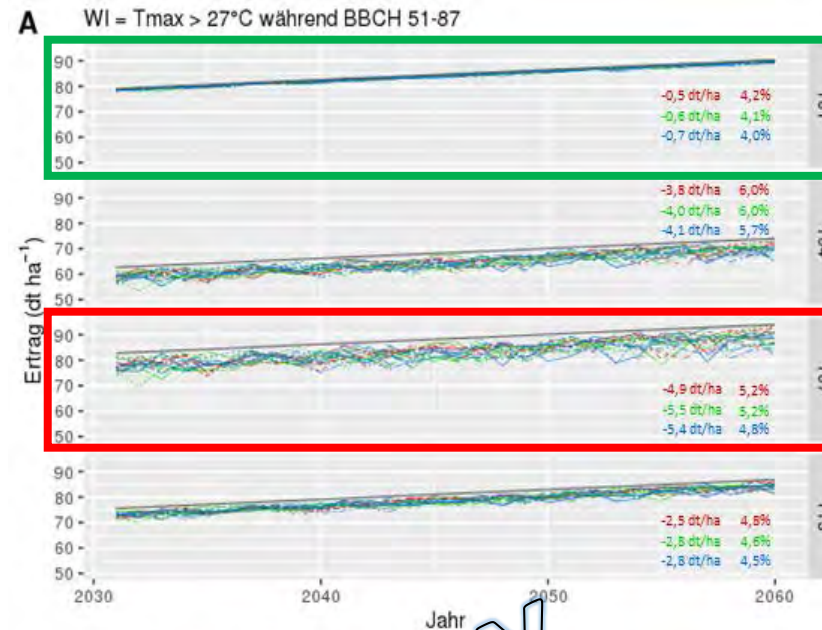
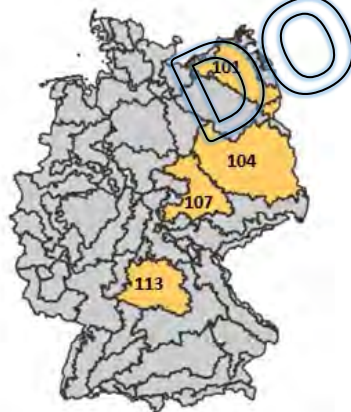
# Ertragsprognose

- Ertragsprognose für Zukunft (2031-2060) und Vergangenheit (1971-2000) für RCP 2.6, 4.5, 8.5 basierend auf statistischem mixed effects model
- Für jeden BKR berechnet



# Ertragsprognose

- Erträge steigen bis 2060
- Moderate Hitze stärkere negative Ertragseffekte
- Extreme Hitze vereinzelt stärkste Ertragsreduktion (bis zu 20 dt ha<sup>-1</sup>)
- Starke räumliche Unterschiede bzgl. Ertragsverluste durch WI



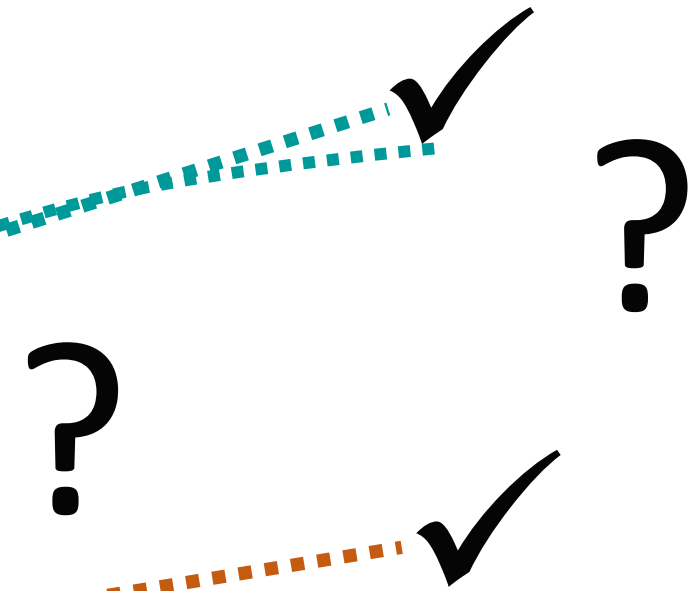
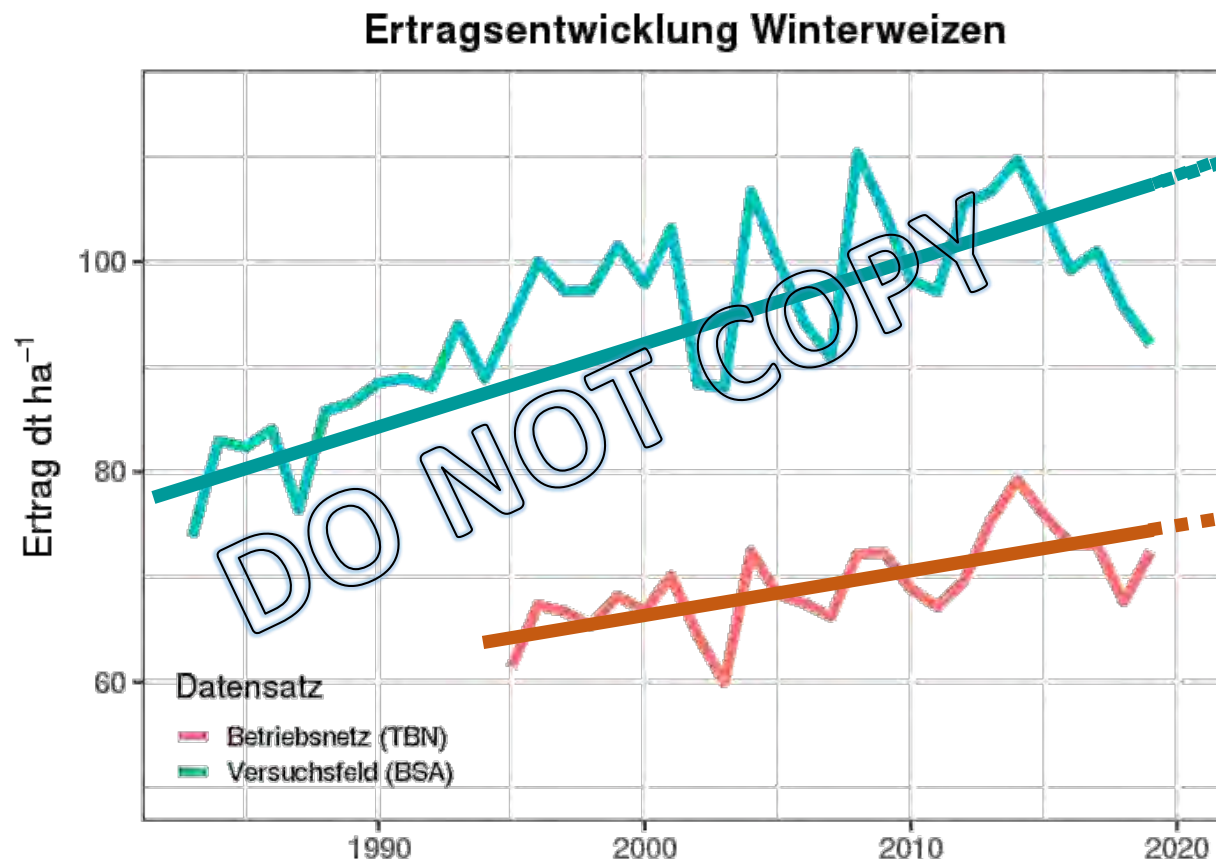
## Statistische Modellierung - Schlussfolgerungen

- Ertragsverluste Hitze und Trockenheit → ähnliches Muster
  - Stärkste Verluste: Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Nordwest-Bayern/Franken
- Trockenheit im Süden z.T. positive Effekte → andere WIs (Staunässe)
- WIs: Wind, Starkregen, Wechselfrost noch zu unscharf ... keine Erklärungskraft
- Moderater Stress führt durchschnittlich zu höheren Verlusten als extremer Stress
- Erträge nehmen bis 2061 weiter zu mit regional unterschiedlichen Schwankungen durch Wettereinflüsse



# Überblick

Weizenerträge zur Mitte des Jahrhunderts?



# Ausblick

Ertragsentwicklung Winterweizen



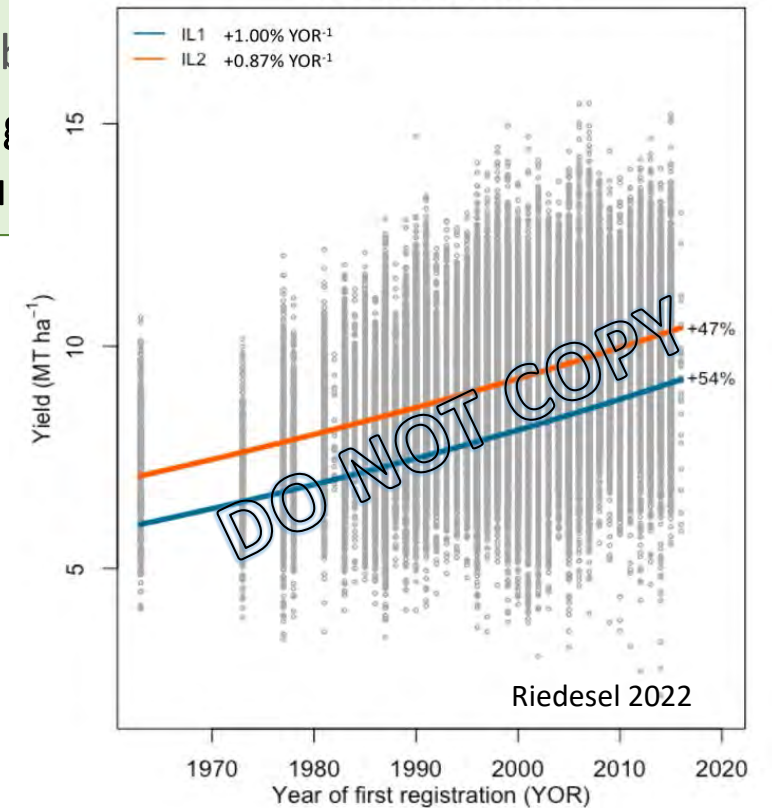
## G X E X M

Veränderung von

- Genotypen/Sorten
- Witterung/Klima (a)
- Schadorganismen (b)
- Aussaatzeiten, Düng
- Pflanzenschutz, Fru

- Experimentelle Datengrundlage  $G \times CO_2 \times$  abiotischer Stress
- Genotypspezifische Modellierung
- Berücksichtigung von biotischen Schadwirkungen

Yield Winter Wheat





**Vielen Dank!**