International Institute for Applied Systems Analysis
IIASA www.iiasa.ac.at

science for global insight

Strategien und Maßnahmen zum Klimawandel

Anpassung auf europäischer Ebene und mögliche Auswirkungen auf die Agrarmärkte

Stefan Frank, Juraj Balkovic, David Leclere, Petr Havlík, Fulvio diFulvio, Nikolay Khabarov, Michael Obersteiner…

Stefan Frank
Research scholar,
Ecosystems Services and Management (ESM)
IIASA
frank@iiasa.ac.at

Übersicht

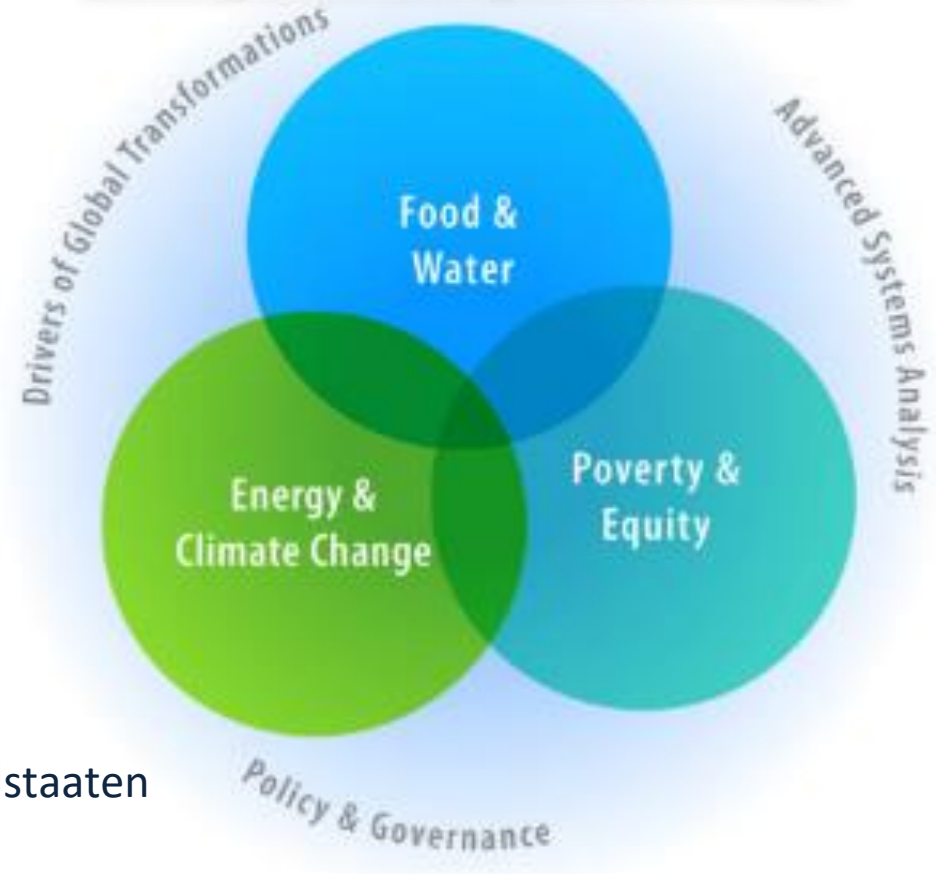
- IIASA
- Global Klima-Szenarien
- Europäische Analysen zu Anpassungsmaßnahmen
- Ökonomische Landnutzungsmodellierung
- Emissionsreduktionsmaßnahmen

IIASA

- 1972 gegründet als wissenschaftliche Brücke im Kalten Krieg zwischen Ost- und Westblock

- Spezialisiert auf die Modelierung von komplexen Sozio-ökonomischen und Umwelt-Systemen

- 9 Forschungsprogramme:
  - Ökosysteme, Services & Management
  - Energie & neue Technologien
  - Bevölkerung
  - Wasser
  - Luftqualität und Verschmutzung
  - …

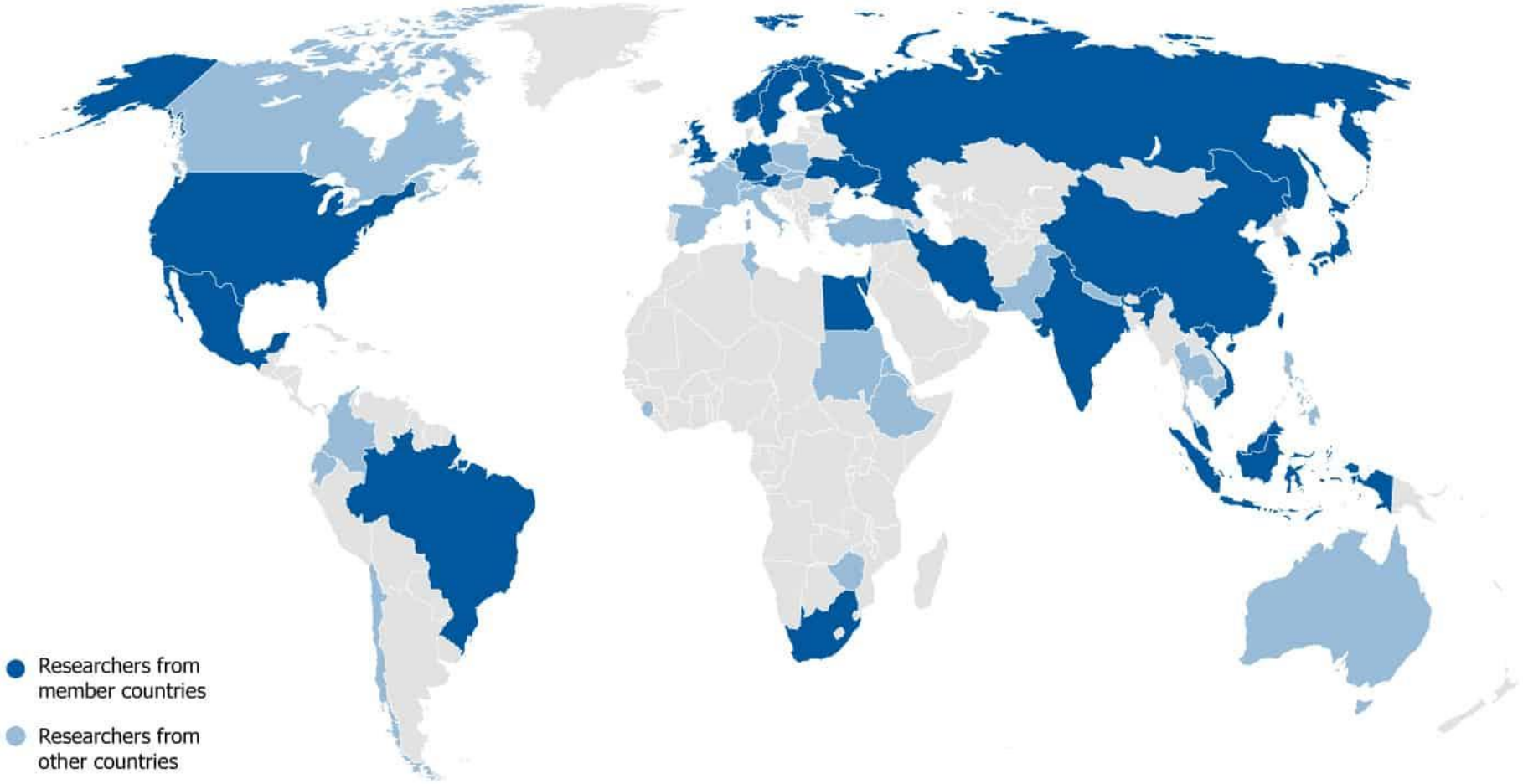


- 23 Mitgliedstaaten

- In etwa 400 internationale & inter-disziplinäre Wissenschaftler

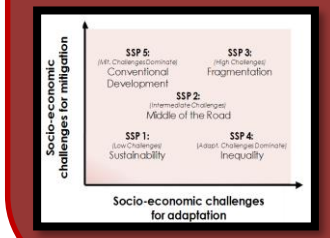
IIASA

In 2018, 395 researchers from 50 countries worked at IIASA



Forschungsschwerpunkte ESM

Szenarien und Ausblick



Klimawandel Vermeidung

Effekte Klimawandel und Anpassung

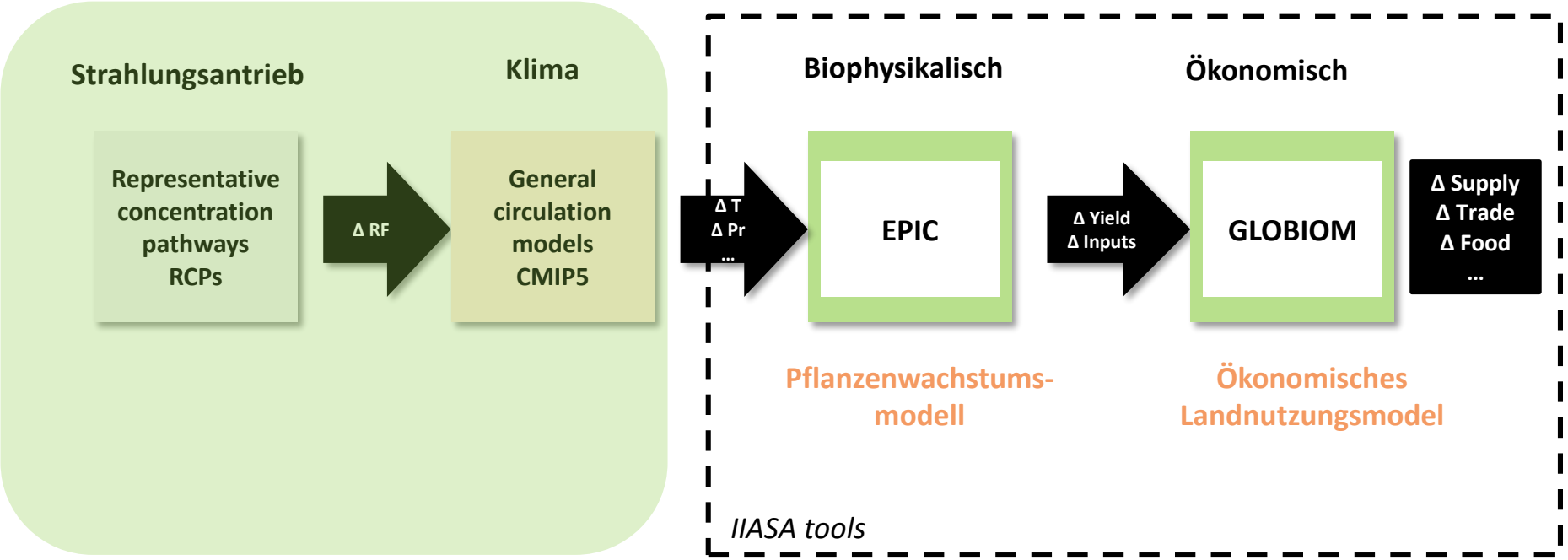
Nachhaltige Entwicklung

Übersicht

- IIASA
- Global Klima-Szenarien
- Europäische Analysen zu Anpassungsmaßnahmen
- Ökonomische Landnutzungsmodellierung
- Emissionsreduktionsmaßnahmen

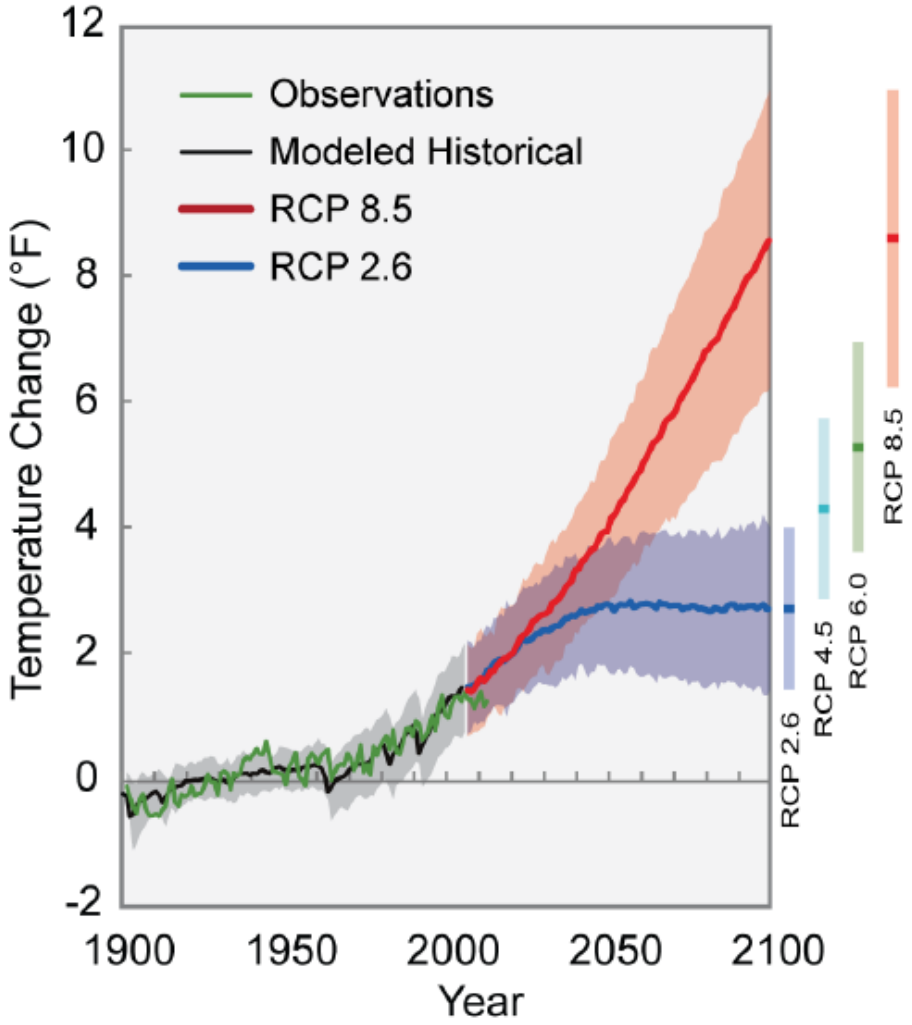
Modellierung von Auswirkungen des Klimawandels und Anpassungsmaßnahmen

- Von Klimaszenarien zu Einflüssen und Anpassungsmaßnahmen



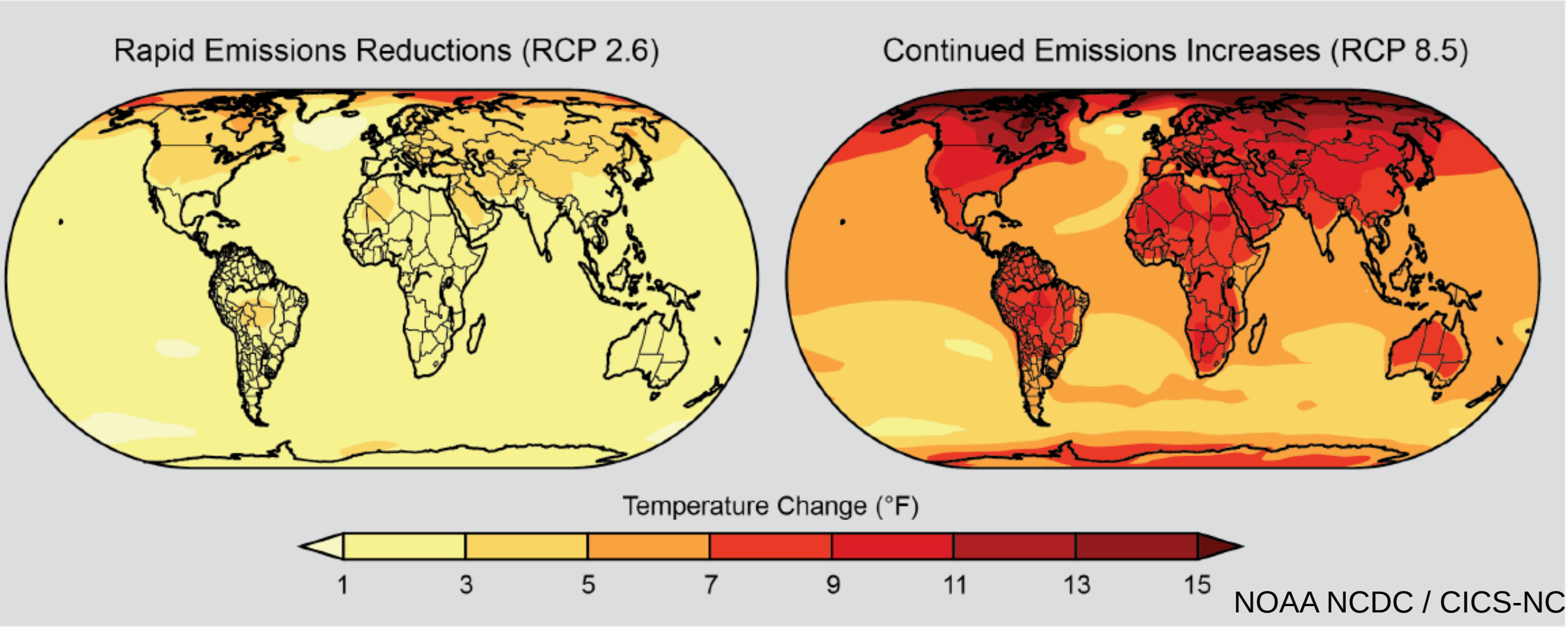
Klimaszenarien – RCPs

- Verschiedene Klimaszenarien die mögliche zukünftige Treibhausgas-konzentrationen in der Atmosphäre abbilden, Input für Klimamodelle
- Bandbreite von 1.5 C bis zu 5 C Erwärmung in 2100



Data from CMIP3, CMIP5, and NOAA NCDC

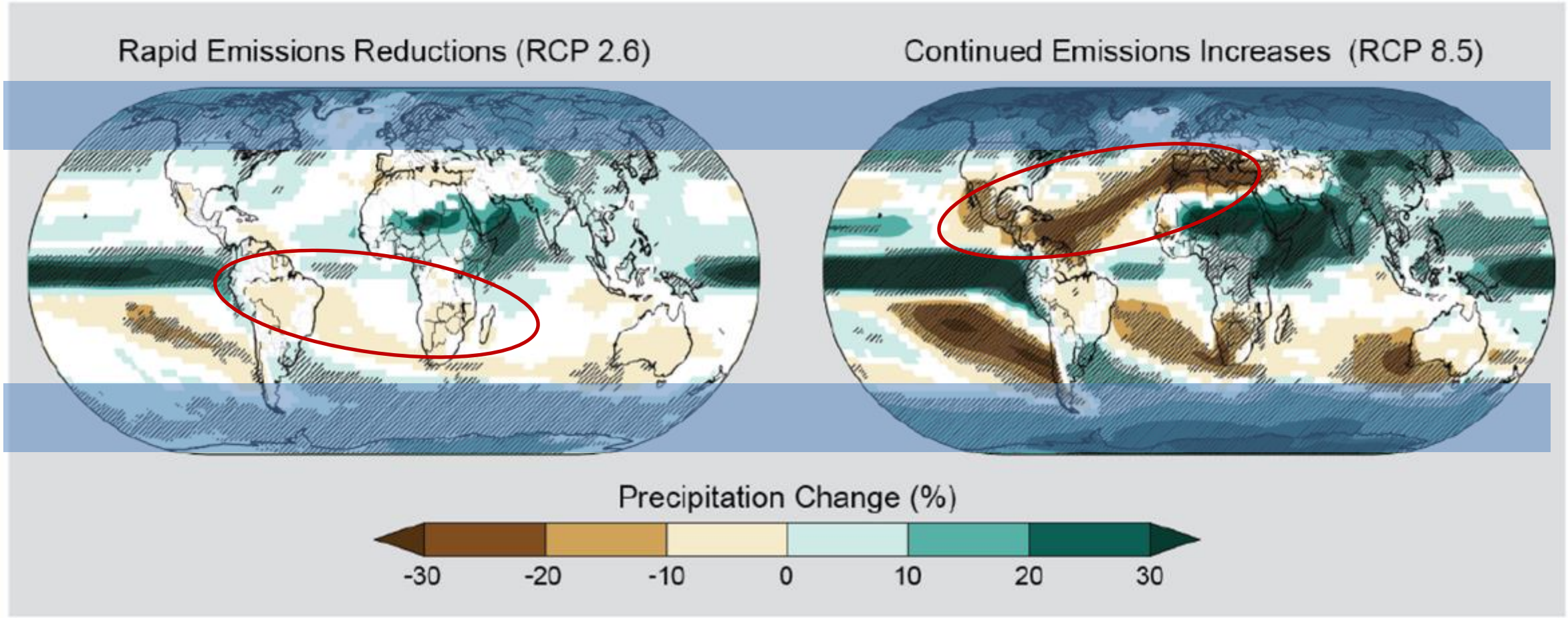
Projected Change in Average Annual Temperature



NOAA NCDC / CICS-NC

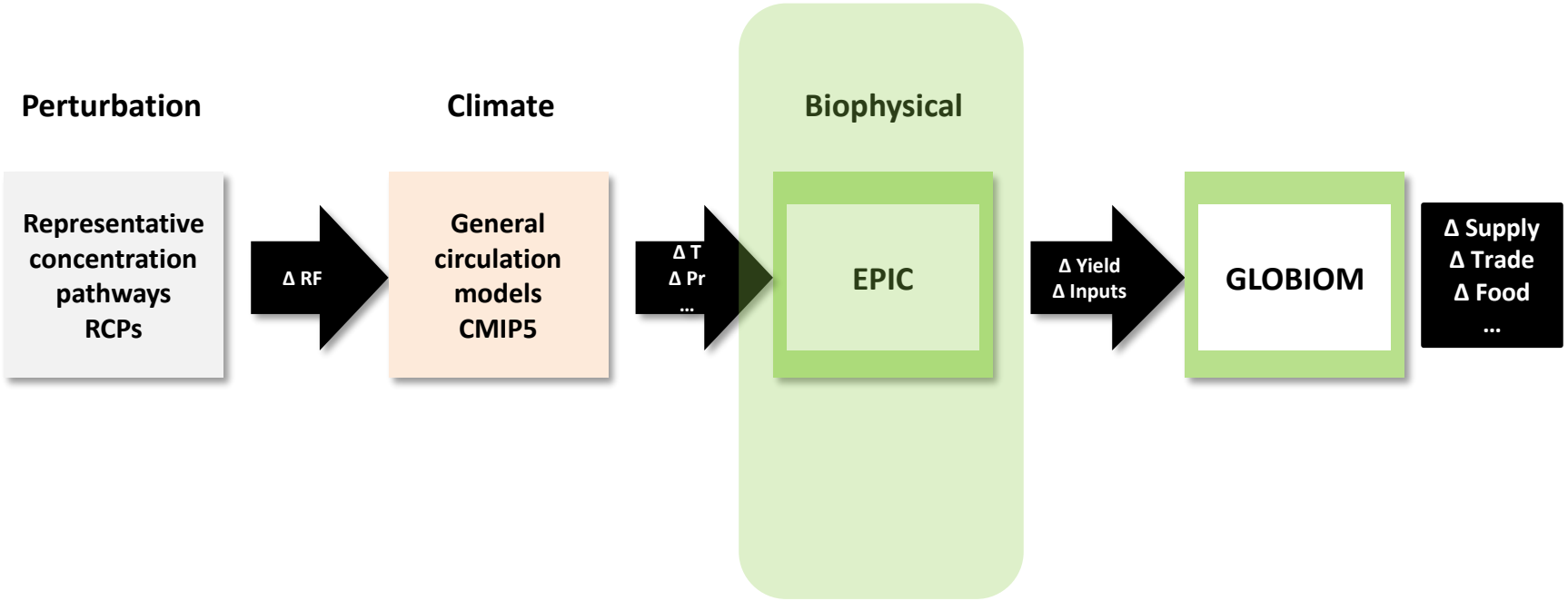
Die Erde erwärmt sich nicht gleichmäßig, Ozeane erwärmen sich langsamer als Landmassen und Arktis

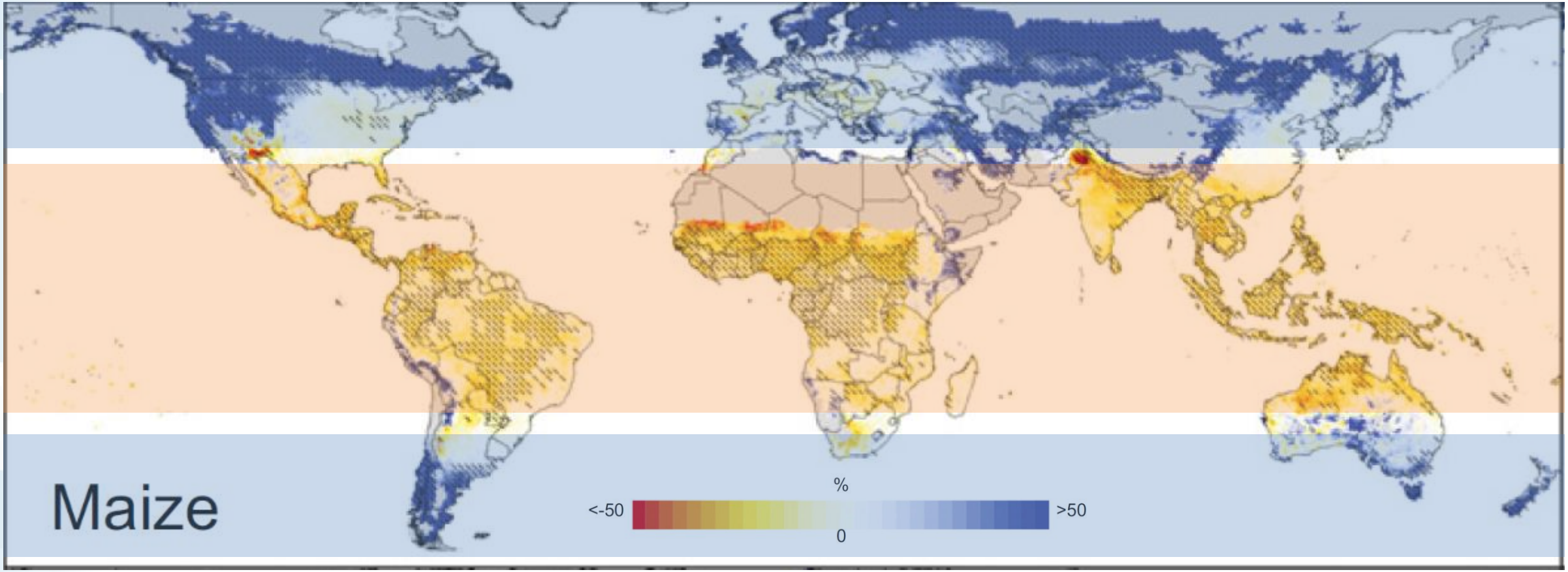
Projected Change in Average Annual Precipitation



- Regionen in der Nähe der Pole tendieren dazu mehr Niederschlag zu bekommen
- Vermehrter Niederschlag in den Tropen während der Regenzeit
- Verstärkte Trockenheit im Westen der USA, Südeuropa und Teilen der Tropen

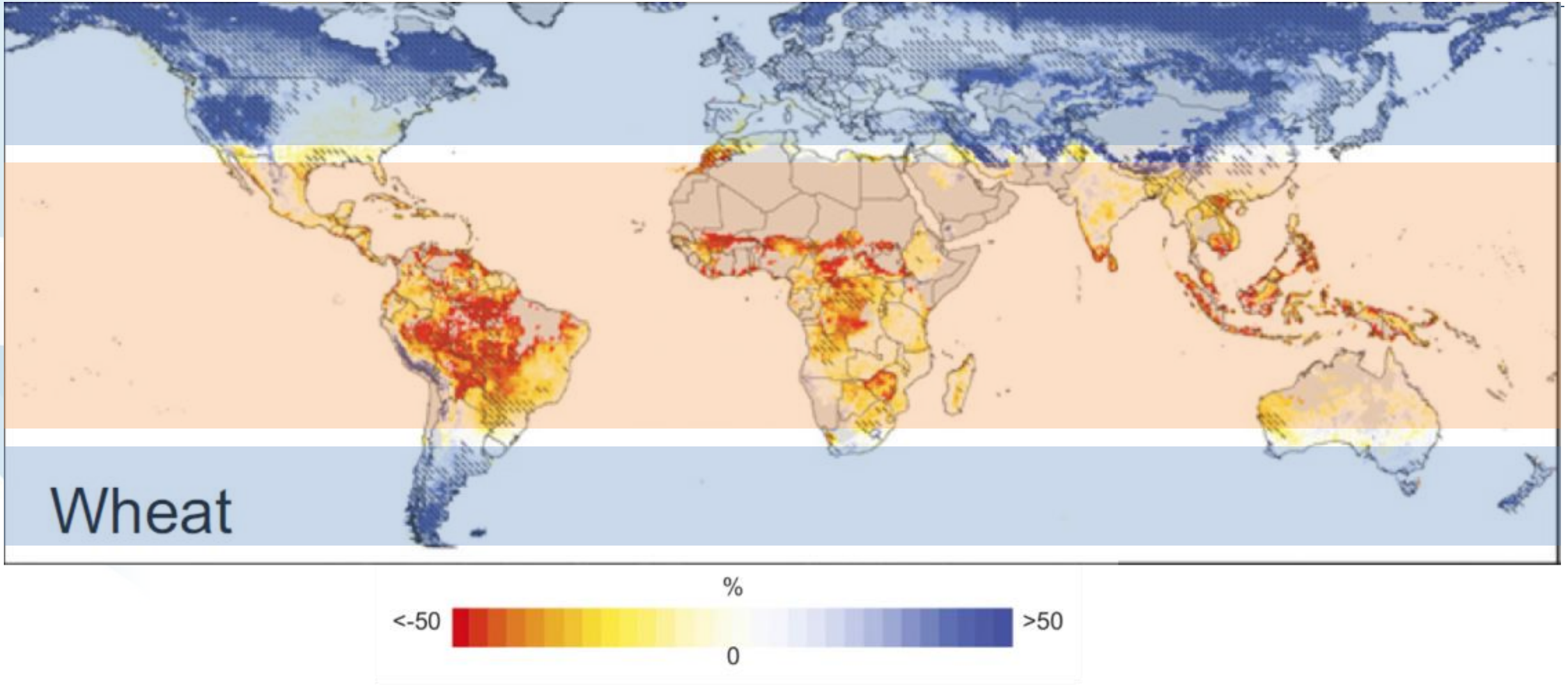
Modellierung von Auswirkungen des Klimawandels und Anpassungsmaßnahmen

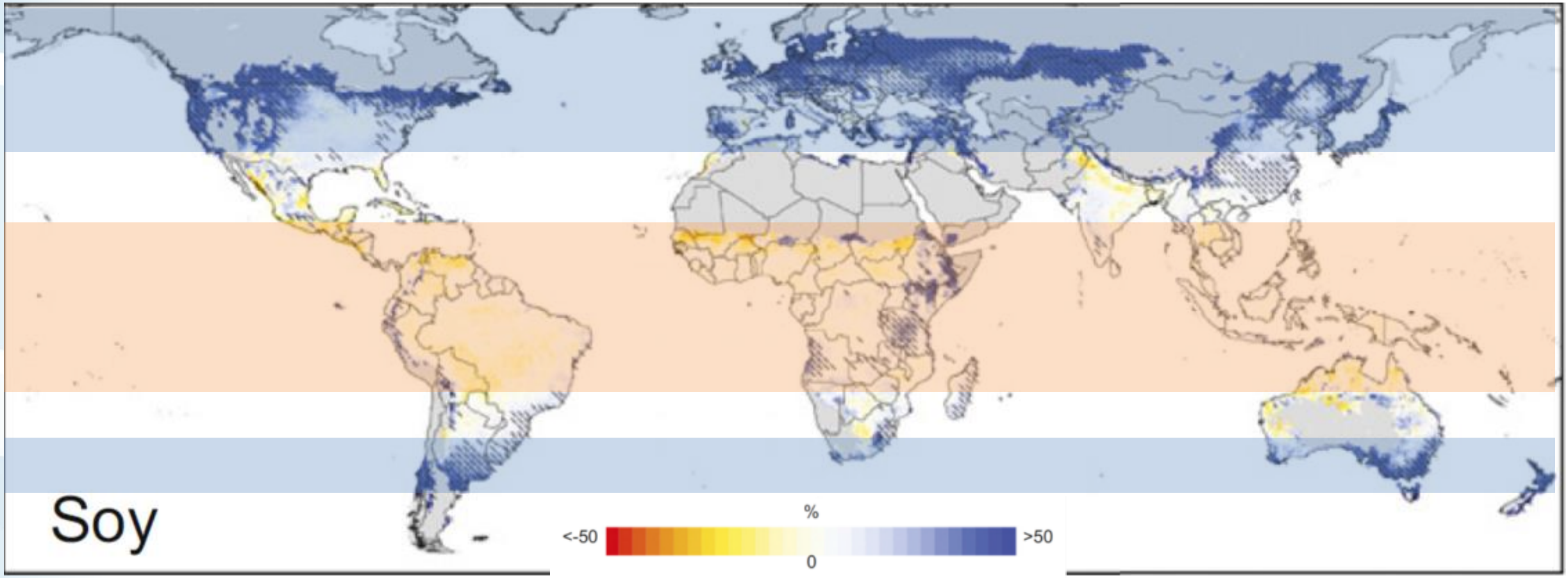




- Ertragsanstieg für Mais und Weizen in hohen und niedrigen Breitgengraden in der Nähe der Pole, hohe Übereinstimmung der Modelle (5 Klimamodelle x 6 Pflanzenwachstumsmodelle)

- Höhere Ertragseinbußen in den Tropen aufgrund der verkürzten Vegetationsperiode, insbesondere für C3 Pflanzen


Wheat
%
<-50
>50
0



Unsicherheiten jedoch bezüglich:

- Qualität globaler Datensätzen v.a. in Entwicklungsländern
- Modellierung extremer Wetterereignisse
- CO2 Effekte auf Pflanzenwachstum

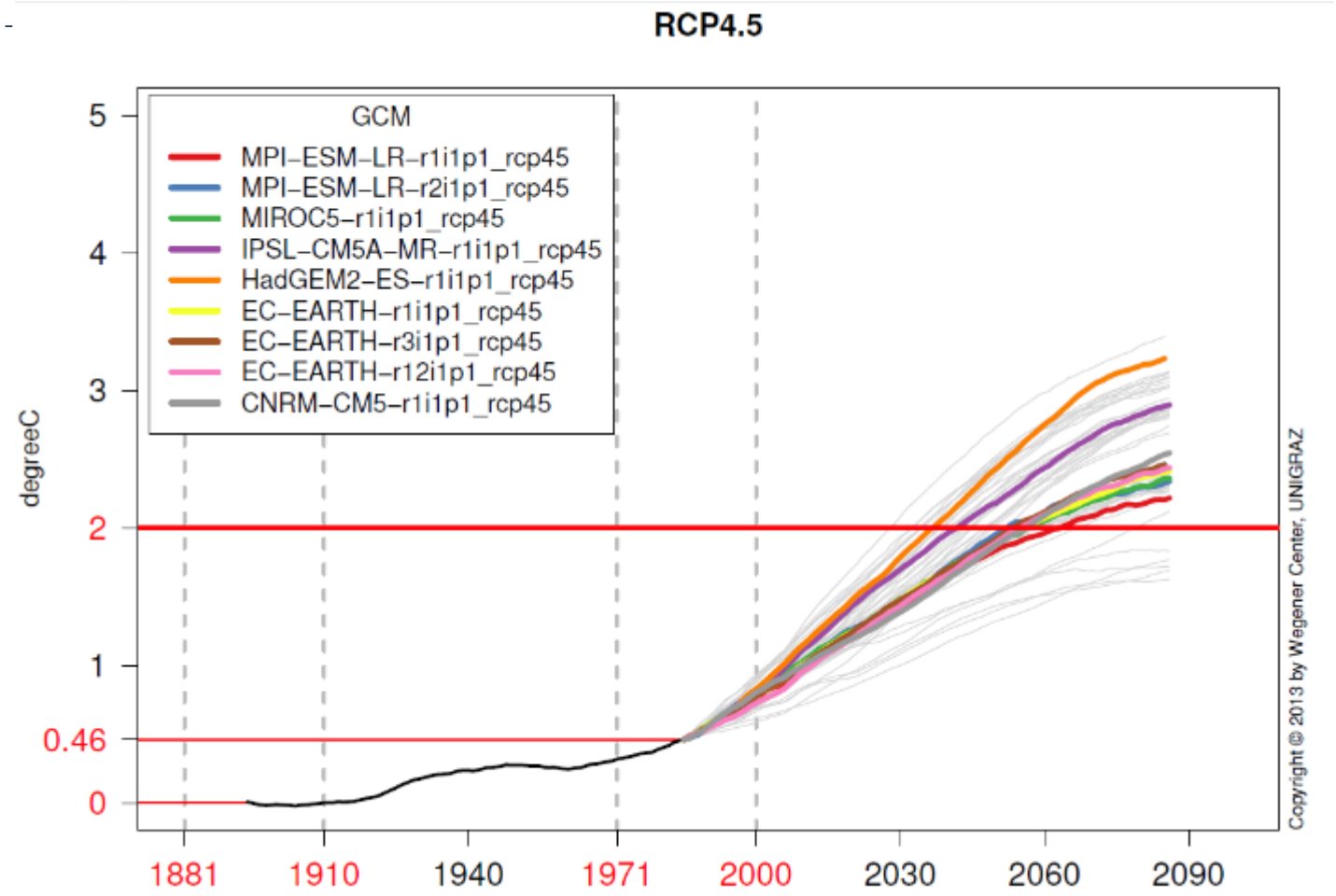
Übersicht

- IIASA
- Global Klima-Szenarien
- Europäische Analysen zu Anpassungsmaßnahmen
- Ökonomische Landnutzungsmodellierung
- Emissionsreduktionsmaßnahmen

Europäische Klimaszenarien (IMPACT2C Projekt)

Table 1: IMPACT2C ensemble members for the RCP4.5 conditions; Regional Climate Models (RCM) with their driving models and the associated +2°C global warming periods.

RCM	Global Climate Models	2°C periods
CSC-REMO	MPI-ESM-LR-r1	2050-2079
IPSL-INERIS-WRF331F	IPSL-CM5A-MR-r1	2028-2057
SMHI-RCA4	HadGEM2-ES-r1	2023-2052
KNMI-RACMO22E	EC-EARTH-r1	2042-2071
SMHI-RCA4	EC-EARTH-r12	2042-2071



Einfluss einer +2°C Erderwärmung auf verschiedene Sektoren in IMPACT2C

Angewandte Modelle:

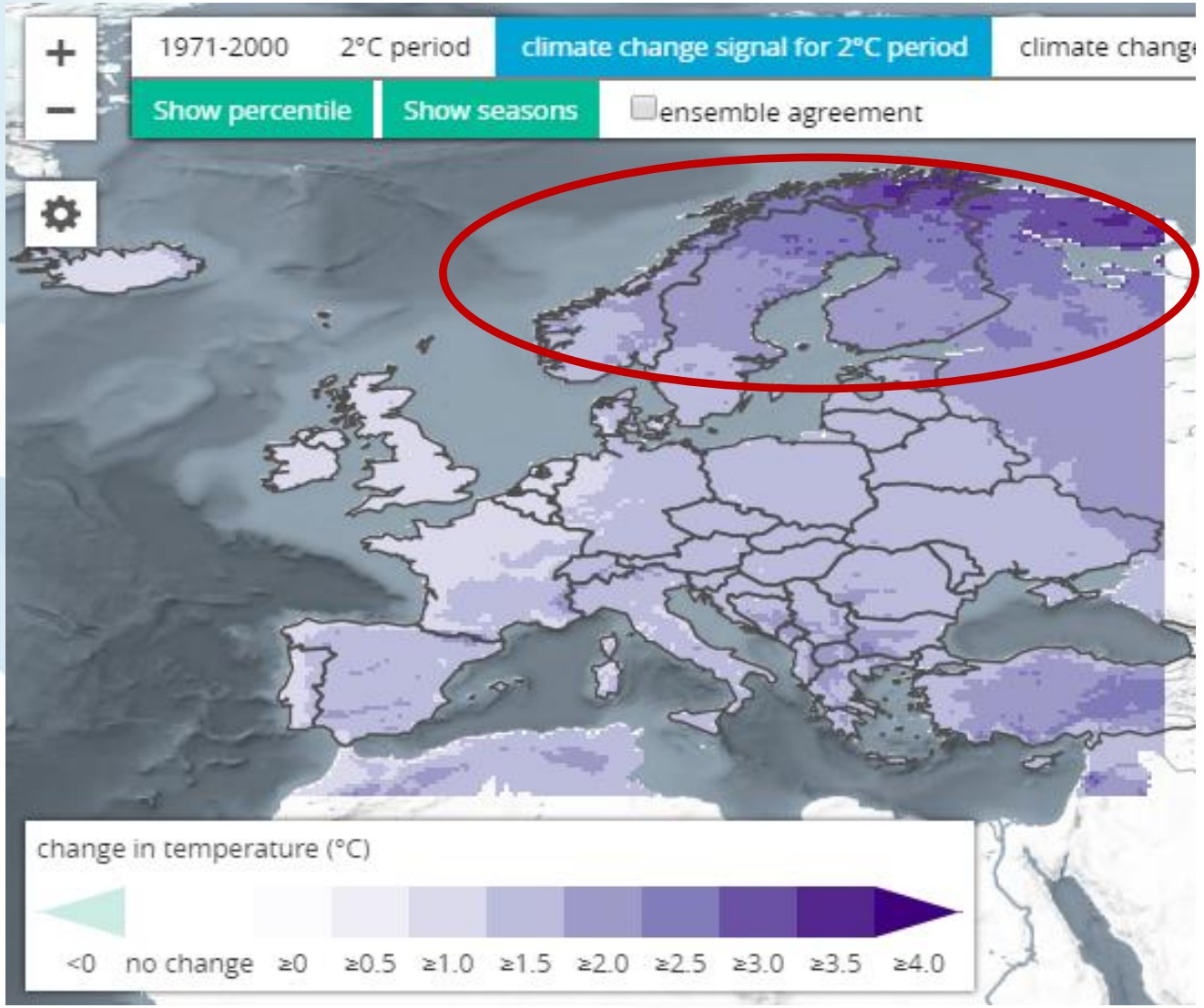
Global Klima-modelle (GCMs)

+ Regionale Klima-modelle (RCMs)

+ Biophysikalische und ökonomische Modelle.

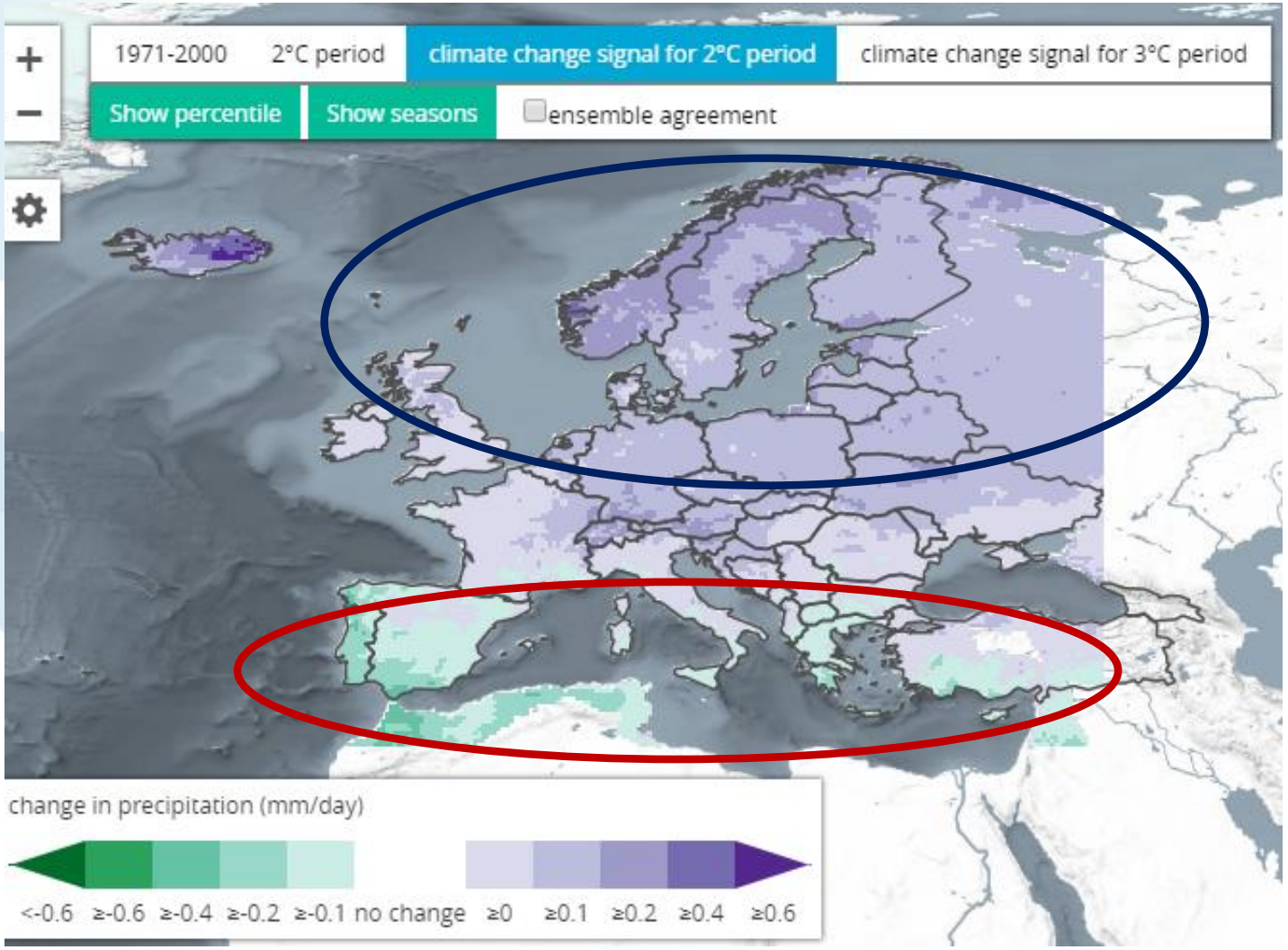
https://www.atlas.impact2c.eu/en/agriculture-forest-and-ecosystems/overview

Temperaturprognosen bei 2C



- Sehr gute Übereinstimmung der Klimaprognosen
- Nord und Osteuropa erwärmt sich mehr als Süd- und West-Europa
- Der simulierte Temperaturanstieg beträgt mehr als +3.5°C in Teilen Nordskandinaviens
- Höchster Temperaturanstieg prognostiziert in Südeuropa sowie in höheren Lagen im Sommer.
- Im Winter Anstieg der Mindest-Temperaturen (vor allem im Norden)

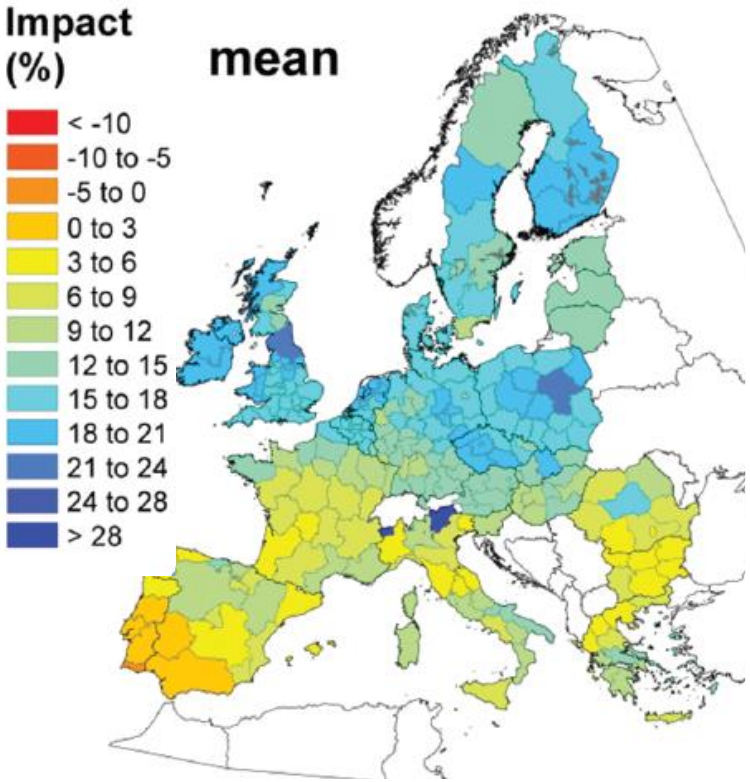
Niederschläge

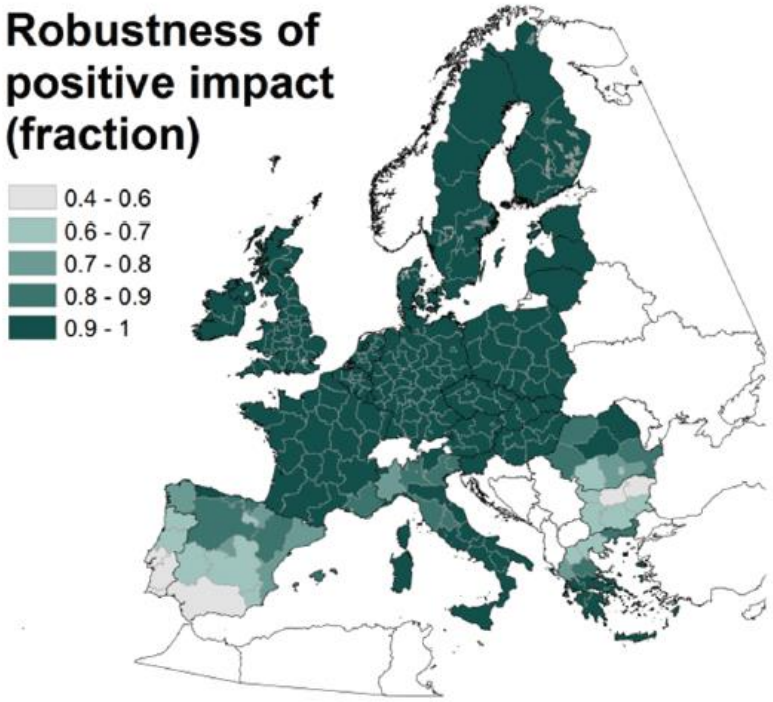


- Sowohl trockenere (Südeuropa) als auch nassere (Nordeuropa) Bedingungen sind prognostiziert
- Trotz der Übereinstimmung in Nord-Süd Gefälle der Klimamodelle, genaue regionale Prognosen variieren erheblich
- Anstieg der Niederschlagsmengen im Winter erwartet
- Erhöhte Trockenheit im Sommer vor allem in Südeuropa

2 C Effekte auf Pflanzenerträge

- **<u>+2°C Erwärmung</u>** in der EU inkl. atm. CO2 Effekt auf Pflanzenwachstum
- **<u>Pflanzenerträge</u>** (Summe aus 10 Feldfrüchten)
- **<u>Robustheit der Ergebnisse</u>** für Effekte von 2C Klimaänderung





Balkovic et al. 2018

Unsicherheit CO2 Effekt auf Pflanzenwachstum

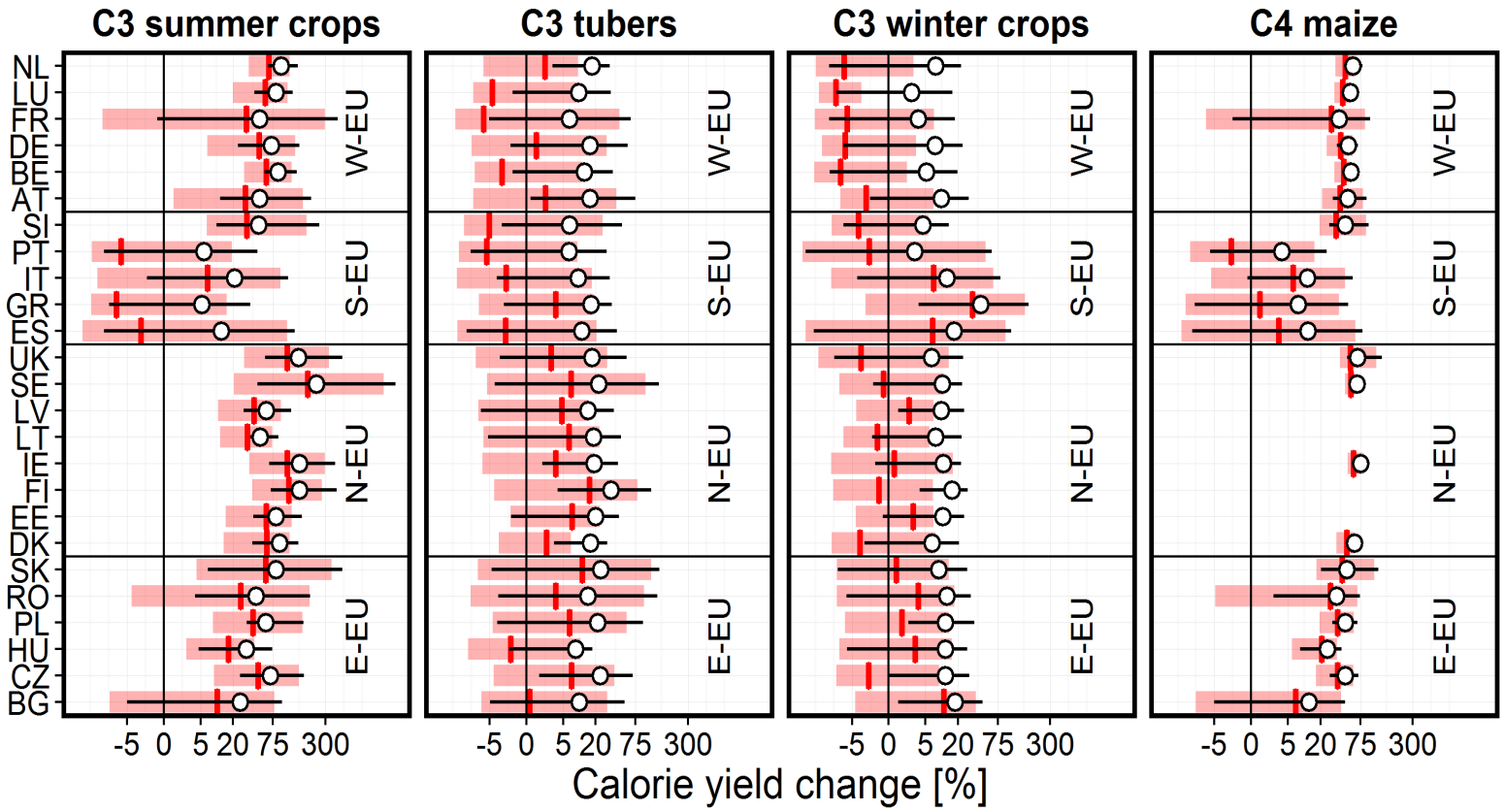
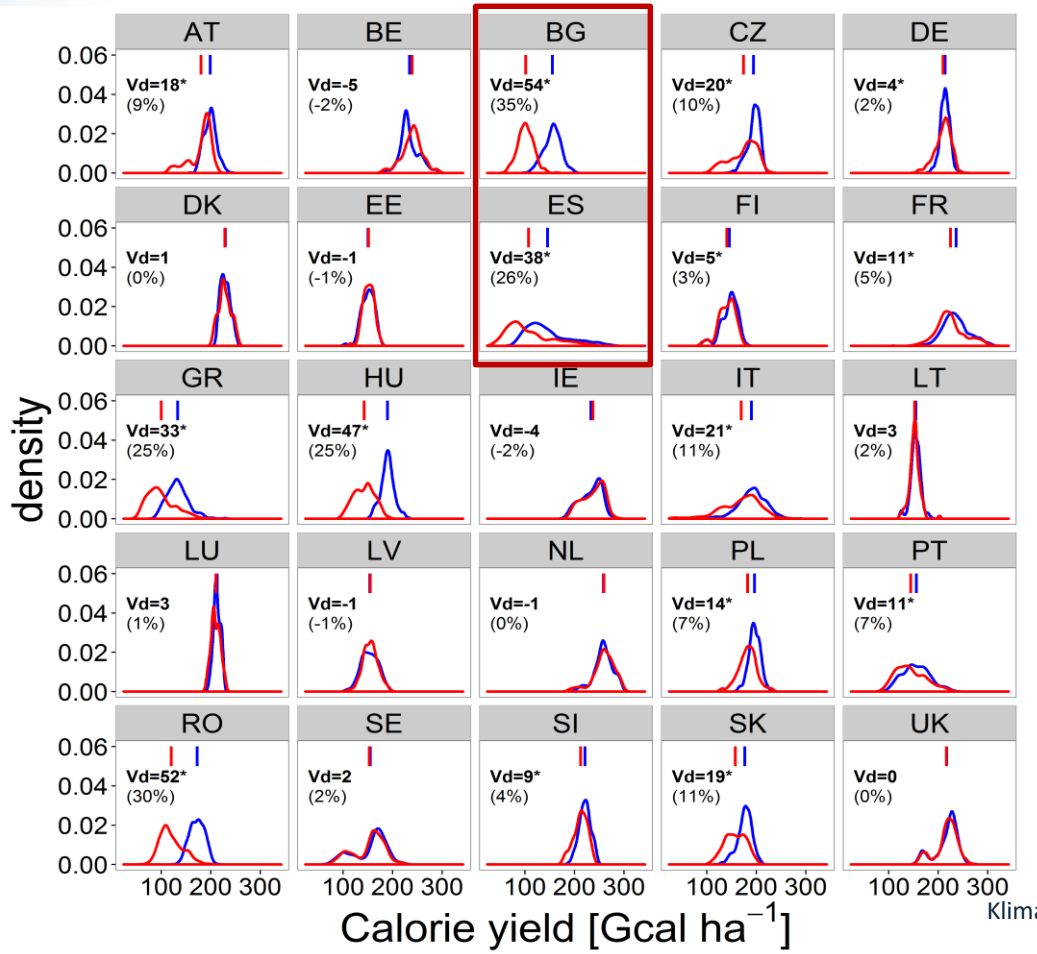


Figure S2. Calorie yield change (in %) at the +2°C threshold estimated for C3-type summer crops (sunflower, soya, and rice), C3-type tubers (potato, sugar beet), C3-type winter crops (wheat, rye, and rapeseed, including barley), and C4-type maize considering fixed atmospheric CO2 concentration of 360 ppm (red) and transient CO2 concentration of up to 550 ppm (circle); median and 5th to 95th percentiles are plotted

Dürre Vulnerabilität +2°C Erwärmung

- 10 wichtige Feldfrüchte in Europa
- Hohe Vulnerabilität in der Pannonischen Zone zB Bulgarien, Romänien, und Ungarn
- Aber auch in Griechenland und Spanien



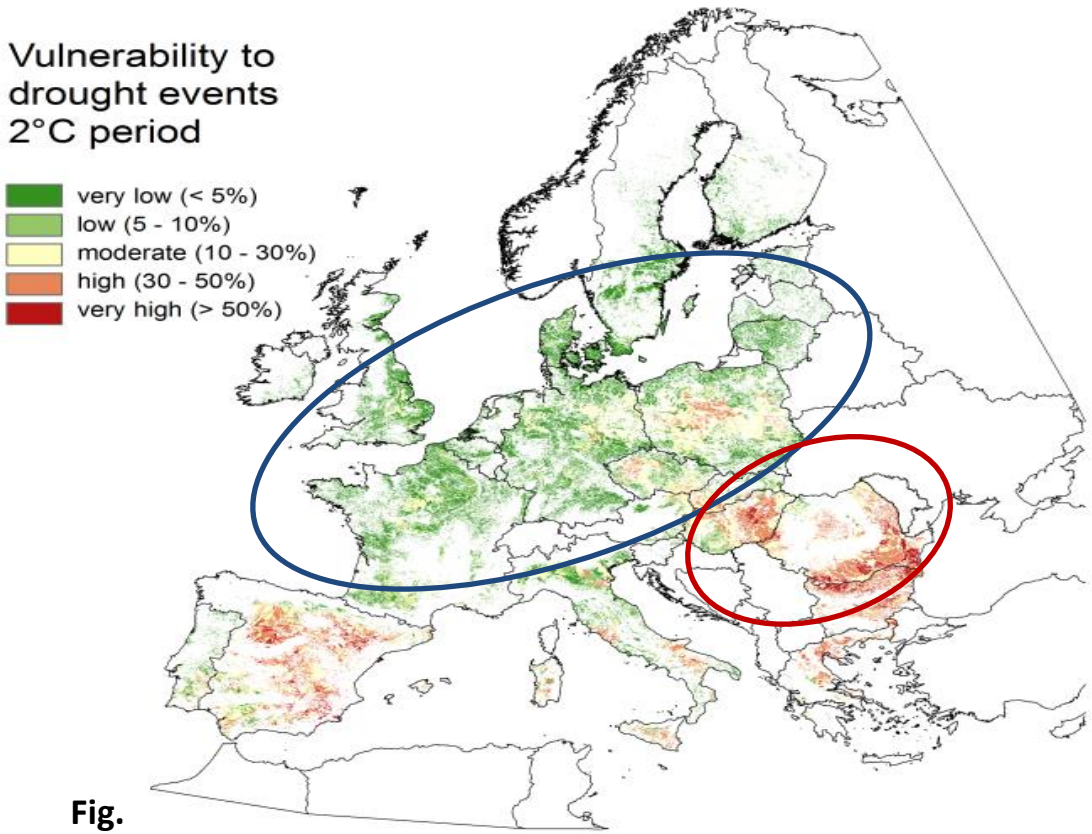


Fig.
Crop calorie yield distribution under +2°C (30-years around +2°C globaly, EURO-CORDEX RCP 4.5 ensemble)

Rot: Dürre beinträchtigt
Blau: nicht beeinträchtigt

Einfluss von Bodendegradation auf Erträge

- Änderungen der Bodenqualität (durch Erosion, Düngung, Humusabbau etc.) haben signifikante Effekte auf die Erträge unter Klimawandel

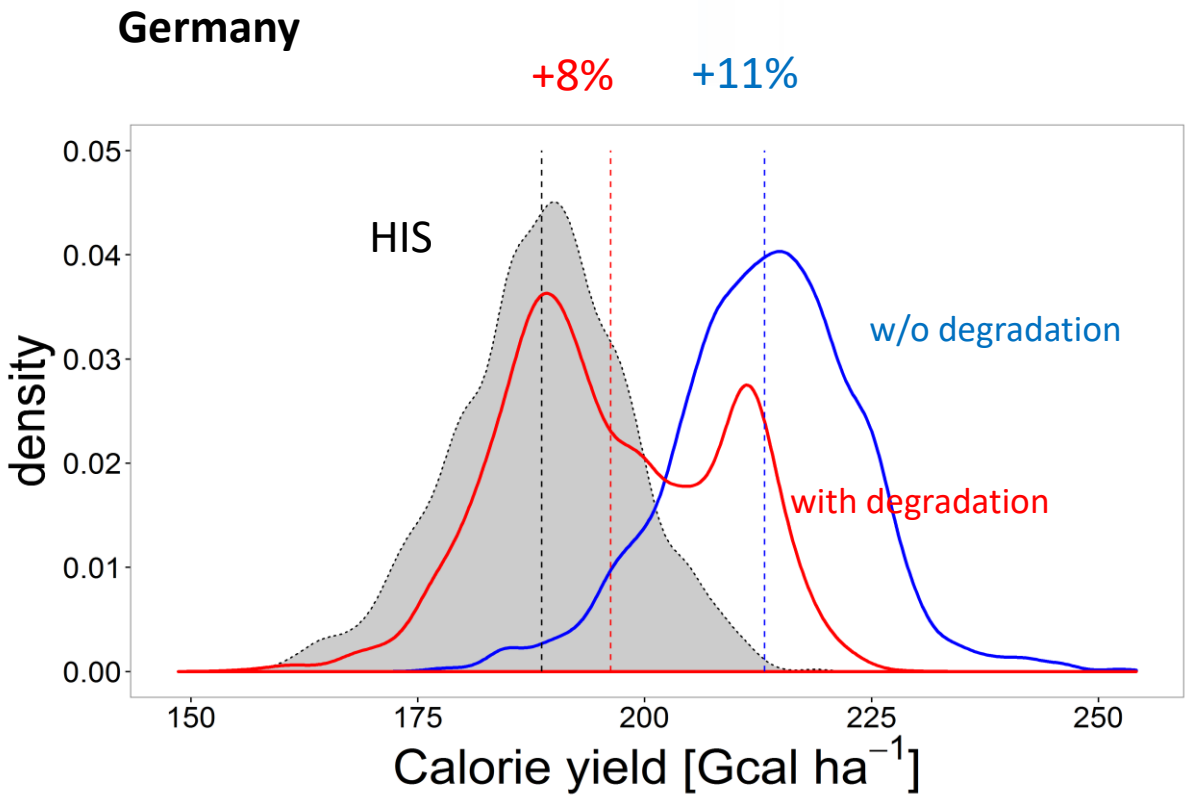


Figure 1. Crop calorie yield distribution (in Gcal/ha) from ten major crops under +2°C of global warming simulated with and without soil degradation, relative to the calorie yield distribution simulated for historic period.

Klimawandel und Bodendegradation

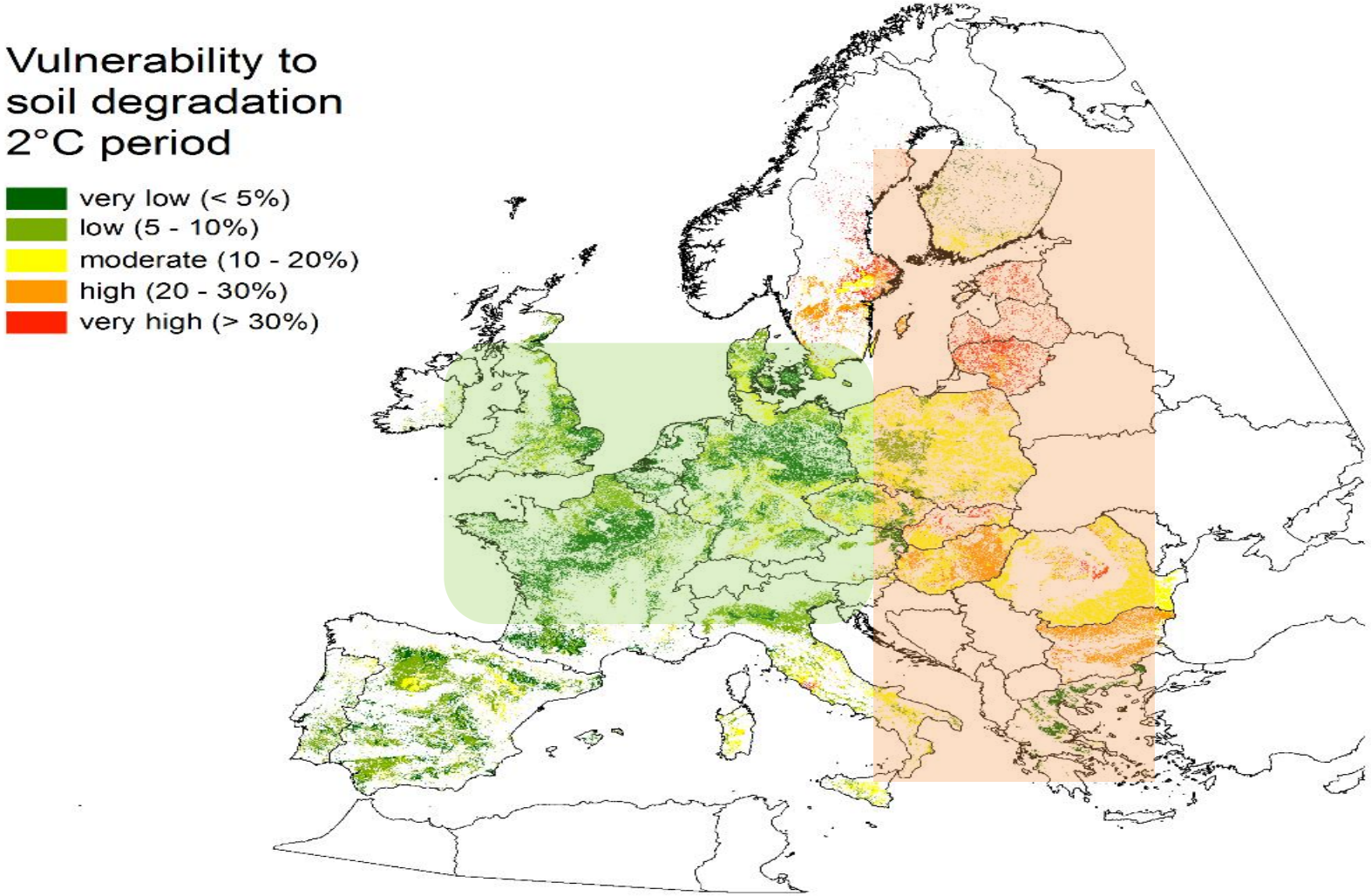
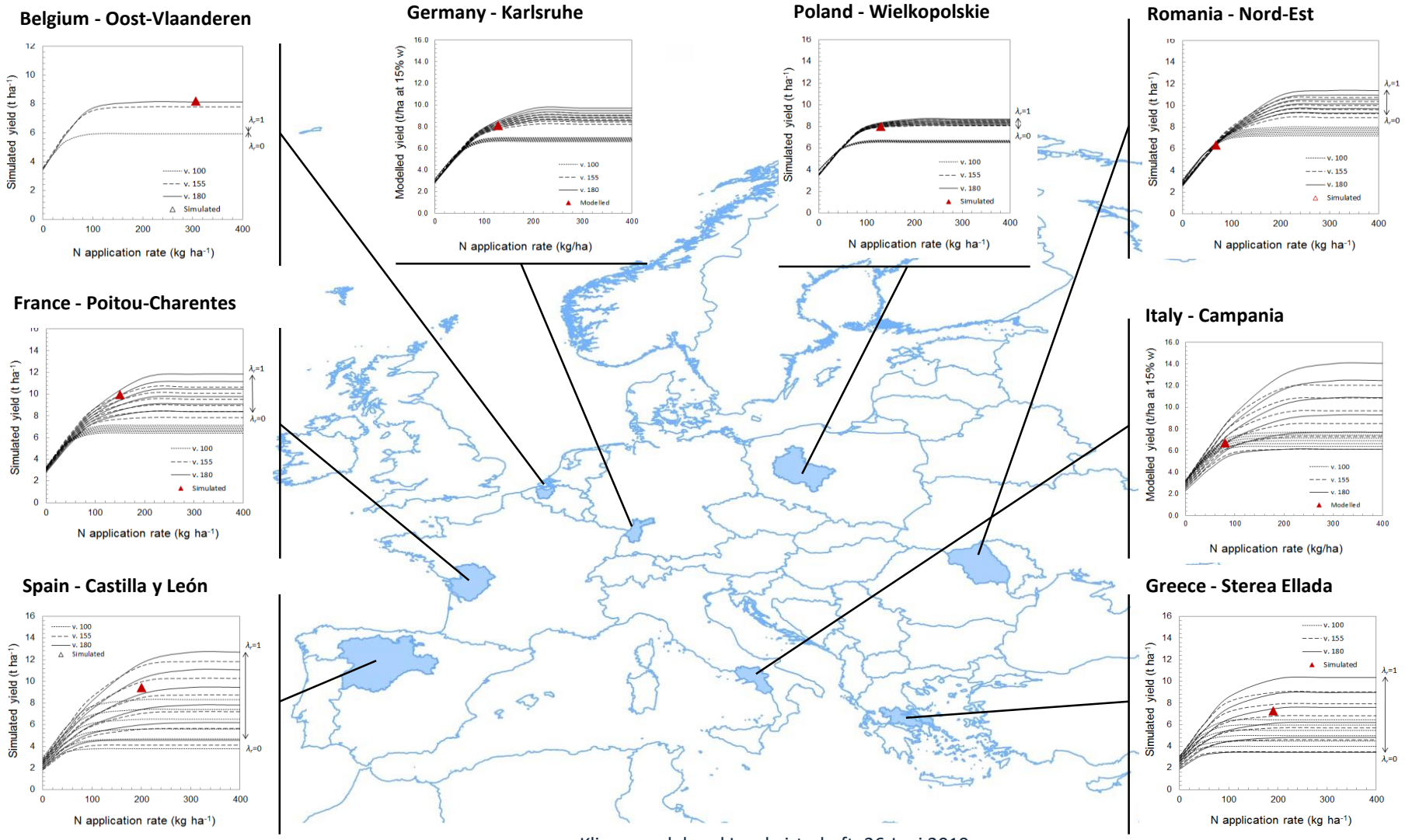
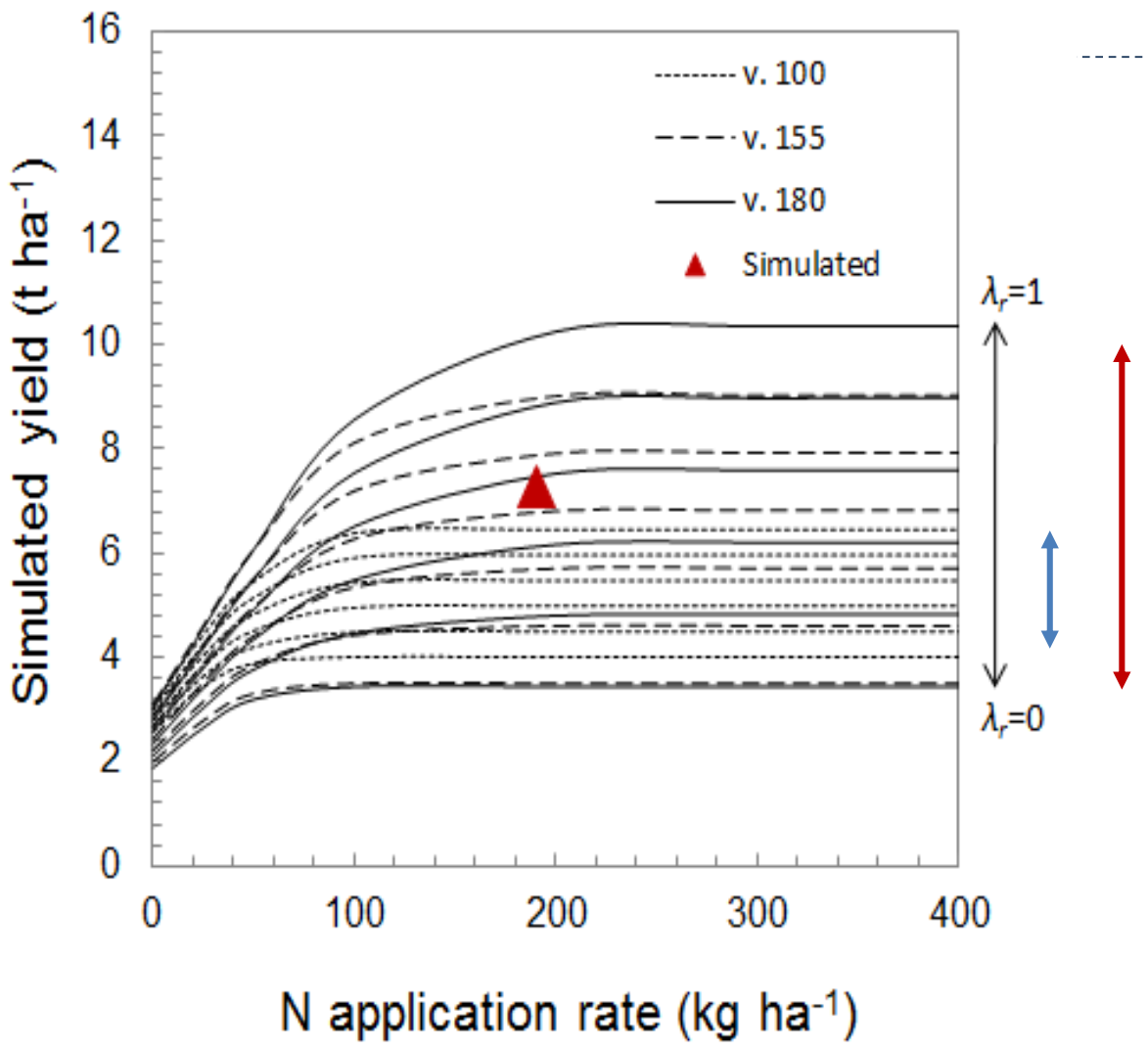


Figure 1. Mean crop calorie yield vulnerability due to soil degradation (*Vs*, in %) simulated for the +2°C warming period.

Sortenselektion und Bewässerung

- Vegetationsperiode Mais Sorten (100-Tage, 150-Tage and 180-Tage Mais)
- Ertragsänderung zu Düngungs (N) und Bewässerungs (λ) Intensität





Anpassungseffekte (zwischen unbewässerten und bewässerten) Maissorten mit langer Vegetationsperiode

Anpassungseffekte (zwischen unbewässerten und bewässerten Systemen) Maissorten mit kurzer Vegetationsperiode

100-Tage Mais Cultivar: kurze Vegetationsperiode von Vorteil für Systeme mit geringer Düngung ohne Bewässerung reduziert Wasserstress im Spätsommer

180-Tage Mais Cultivar: lange Vegetationsperiode von Vorteil in intensiveren Produktionssystemen mit Bewässerung

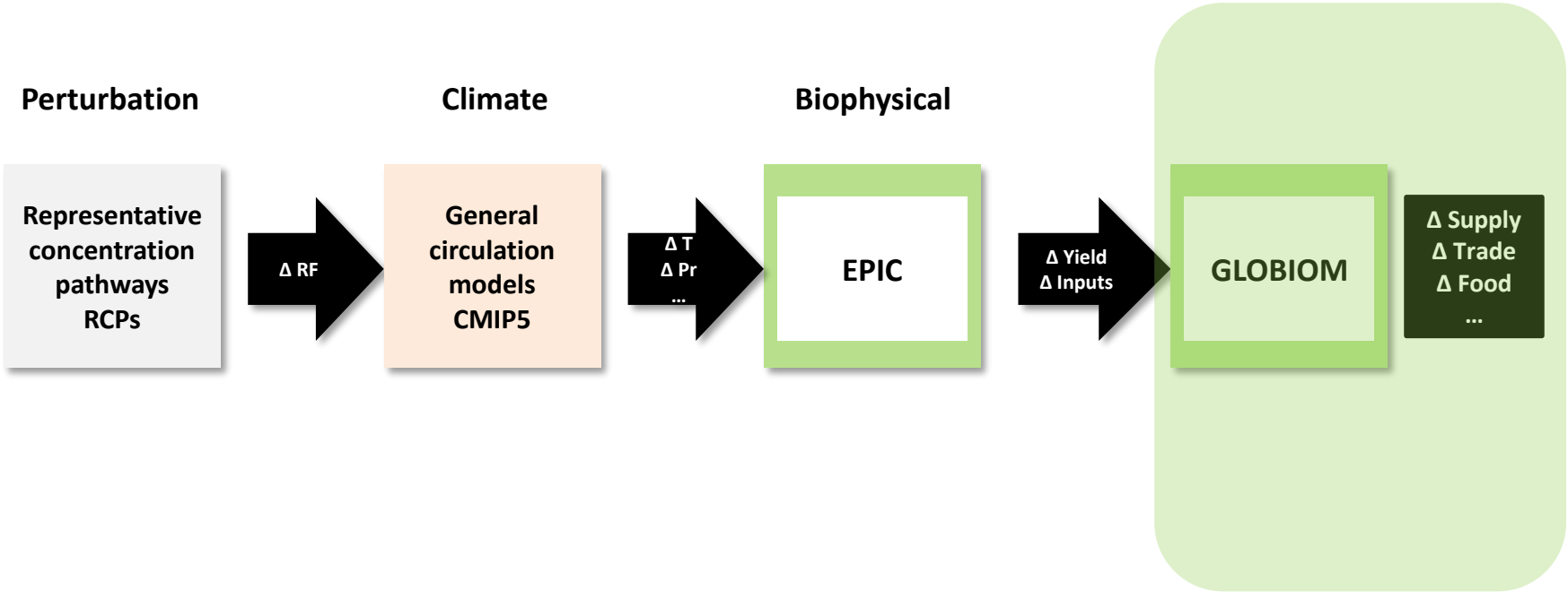
Anpassungsmaßnahmen

- Bedarfsgerechte Düngung sowie Bewässerung ermöglichen höhere Durchschnittserträge auch bei 2 C Erwärmung
- Bewässerung und Intensivierung der Bewässerung erwartet. Verdoppelung der benötigten Wassermenge bei bereits bewässerten Flächen und Expansion der Flächen.
- Wasserverfügbarkeit is wichtig um Ertragseinbußen zu vermeiden und einer der limitierenden Faktoren. Deshalb kaum Potential in Süd Europa und auch erhöhte Konkurrenz mit anderen Sektoren z.B. Energie um Wasser.
- Verbesserte Effizienz von Wirtschaftsdüngernutzung/ausbringung, technologischer Fortschritt und Züchtung sind vielversprechende Optionen in bereits intensiv bewirschafteten EU Regionen.
- Richtige Sortenwahl für Produktionssystem und Erhaltung der Bodenqualität

Übersicht

- IIASA
- Global Klima-Szenarien
- Europäische Analysen zu Anpassungsmaßnahmen
- Ökonomische Landnutzungsmodellierung
- Emissionsreduktionsmaßnahmen

Modellierung von Auswirkungen des Klimawandels und Anpassungsmaßnahmen



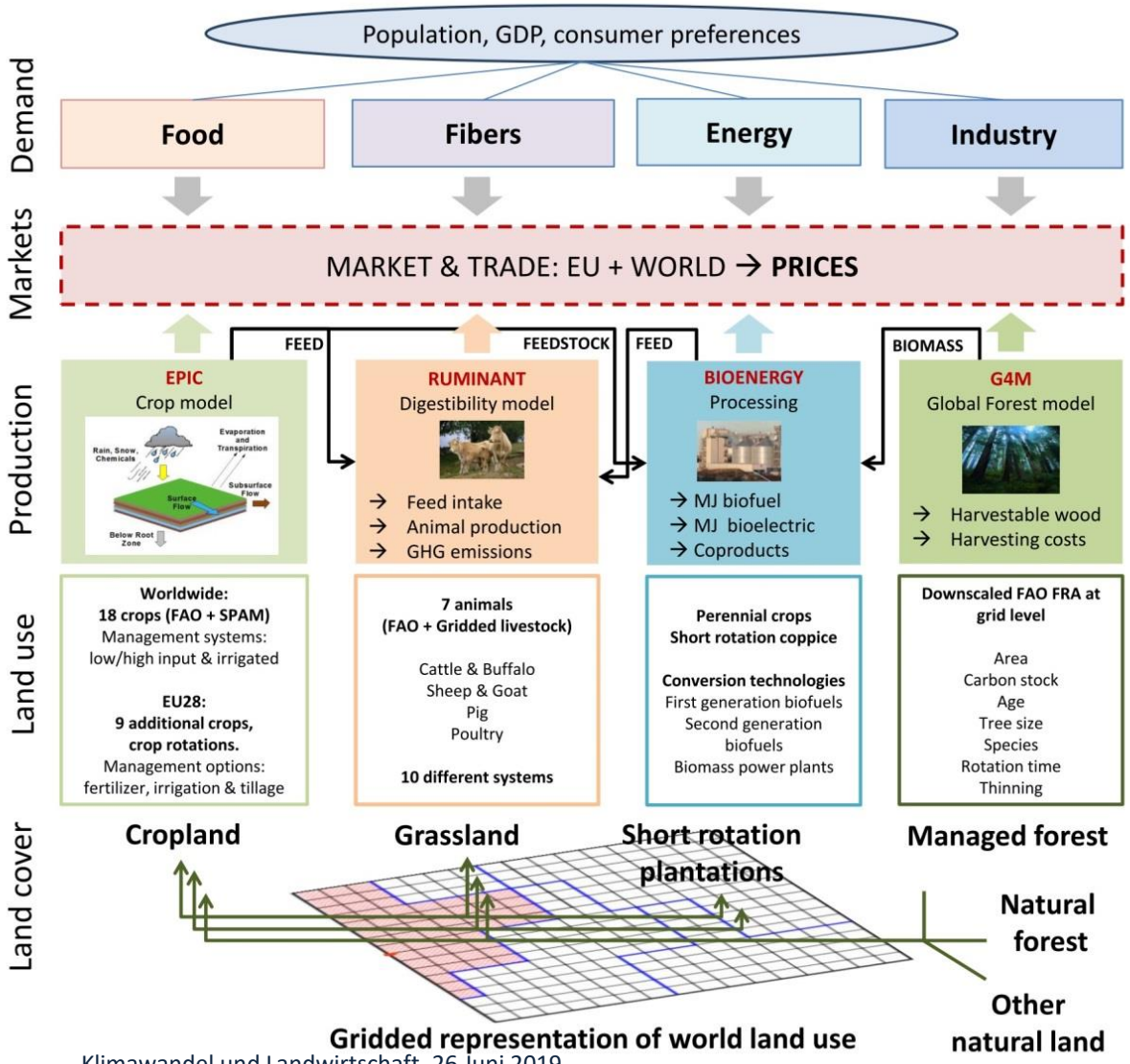
The GLOBIOM model

Szenarien
Bevölkerungswachstum, BIP etc.

Interaktion zwichen Konsumenten, Produzenten, Handel
Ökonomische Zusammenhänge

Management & Technologien
Biophysikalische Modellierung

Landnutzung und Änderungen



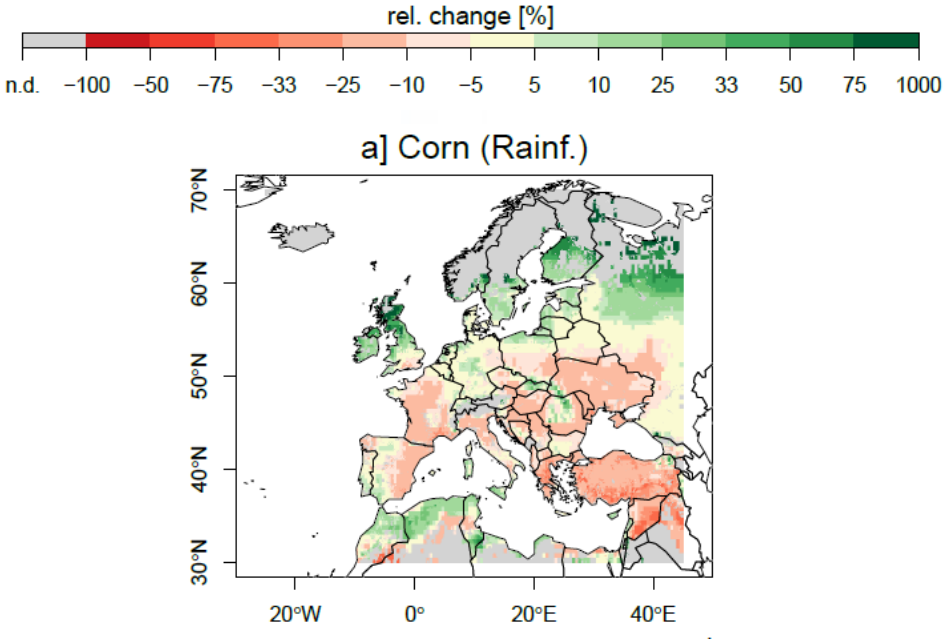
Ökonomische Modellierung von Effekten und Anpassungsstrategien

- The GLObal BIOsphere Management model

Anpassungsoptionen

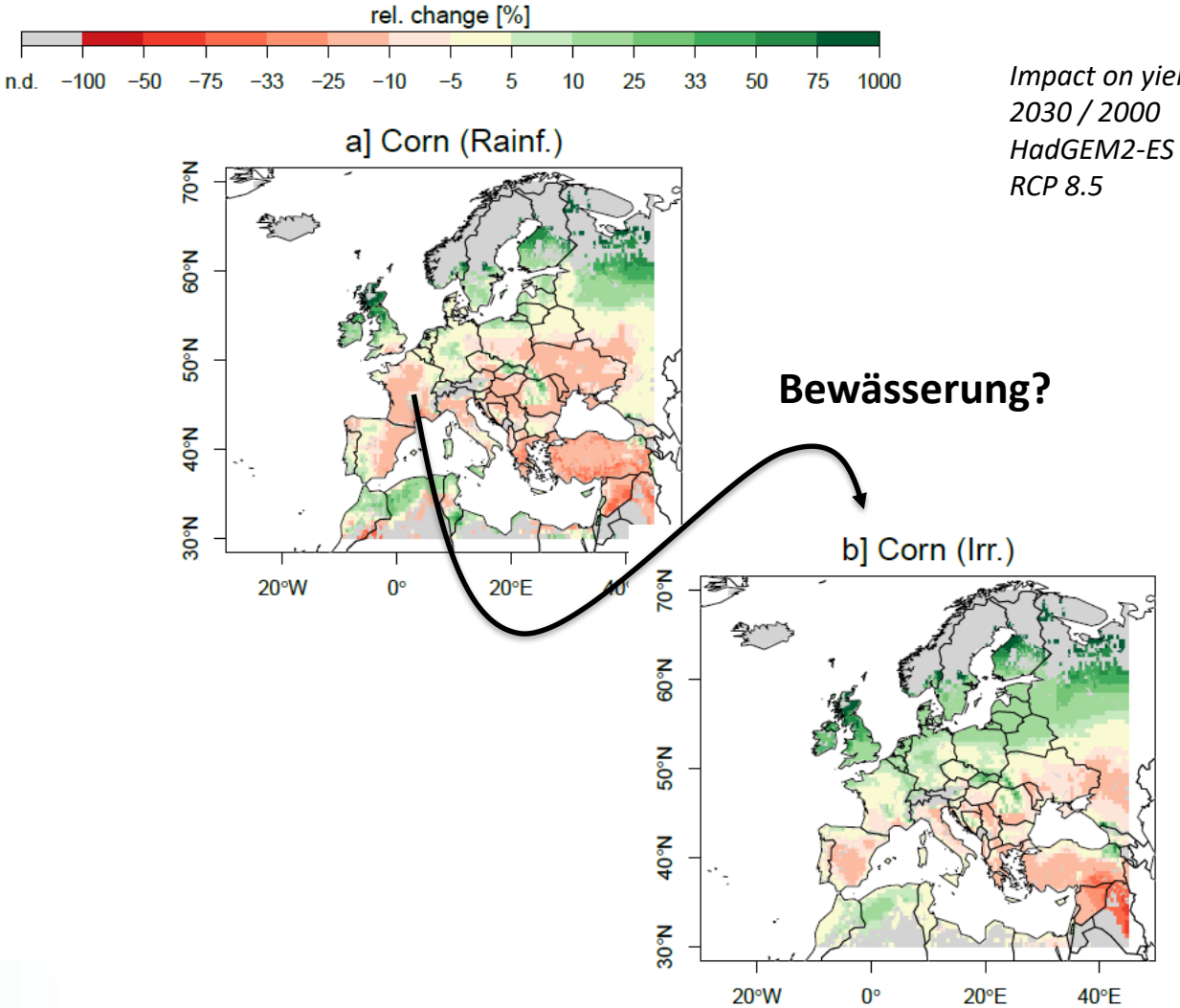
- *Produktionssysteme hohe geographisch explizite Auflösung*
  - Wechsel der Produktionsintensität (4),
  - Wechsel zwischen Feldfrüchten (e.g., between 20 crops)

Ökonomische Modellierung von Effekten und Anpassungsstrategien



Impact on yield
2030 / 2000
HadGEM2-ES
RCP 8.5

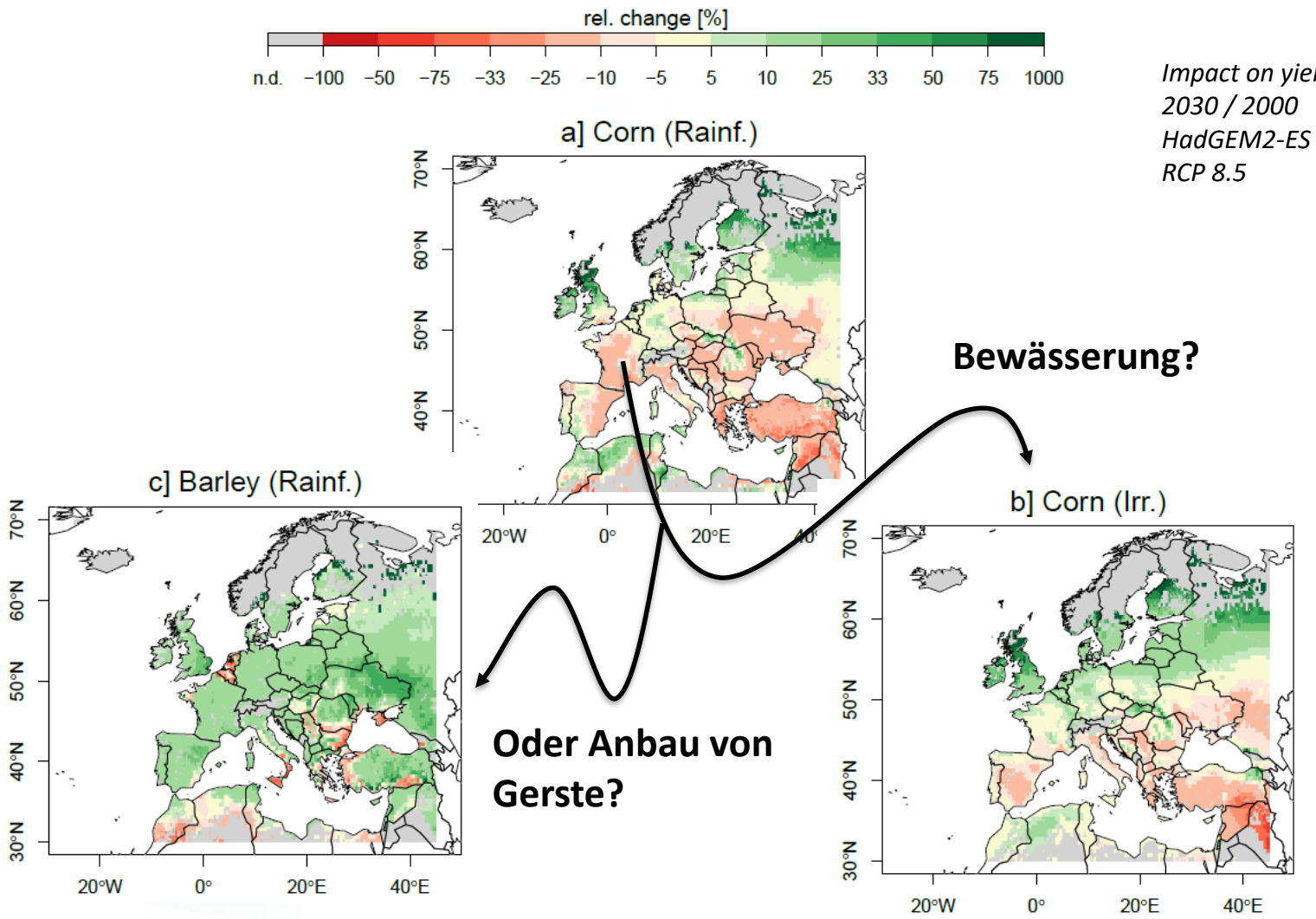
Ökonomische Modellierung von Effekten und Anpassungsstrategien



Bewässerung?

Impact on yield
2030 / 2000
HadGEM2-ES
RCP 8.5

Ökonomische Modellierung von Effekten und Anpassungsstrategien



Impact on yield
2030 / 2000
HadGEM2-ES
RCP 8.5

Ökonomische Modellierung von Effekten und Anpassungsstrategien

- The GLObal BIOsphere Management model

Anpassungsoptionen

- *Produktionssysteme hohe geographisch explizite Auflösung*
  - Wechsel der Produktionsintensität (4), z.B. Bewässerung
  - Wechsel zwischen Feldfrüchten (e.g., between 20 crops)
  - Wechsel der Spezialisierung (z.B. Ackerbau zu Viehhaltung)
  - Expansion/Reduzierung Ackerland, Reallokation der Produktionsflächen (> 10 k)

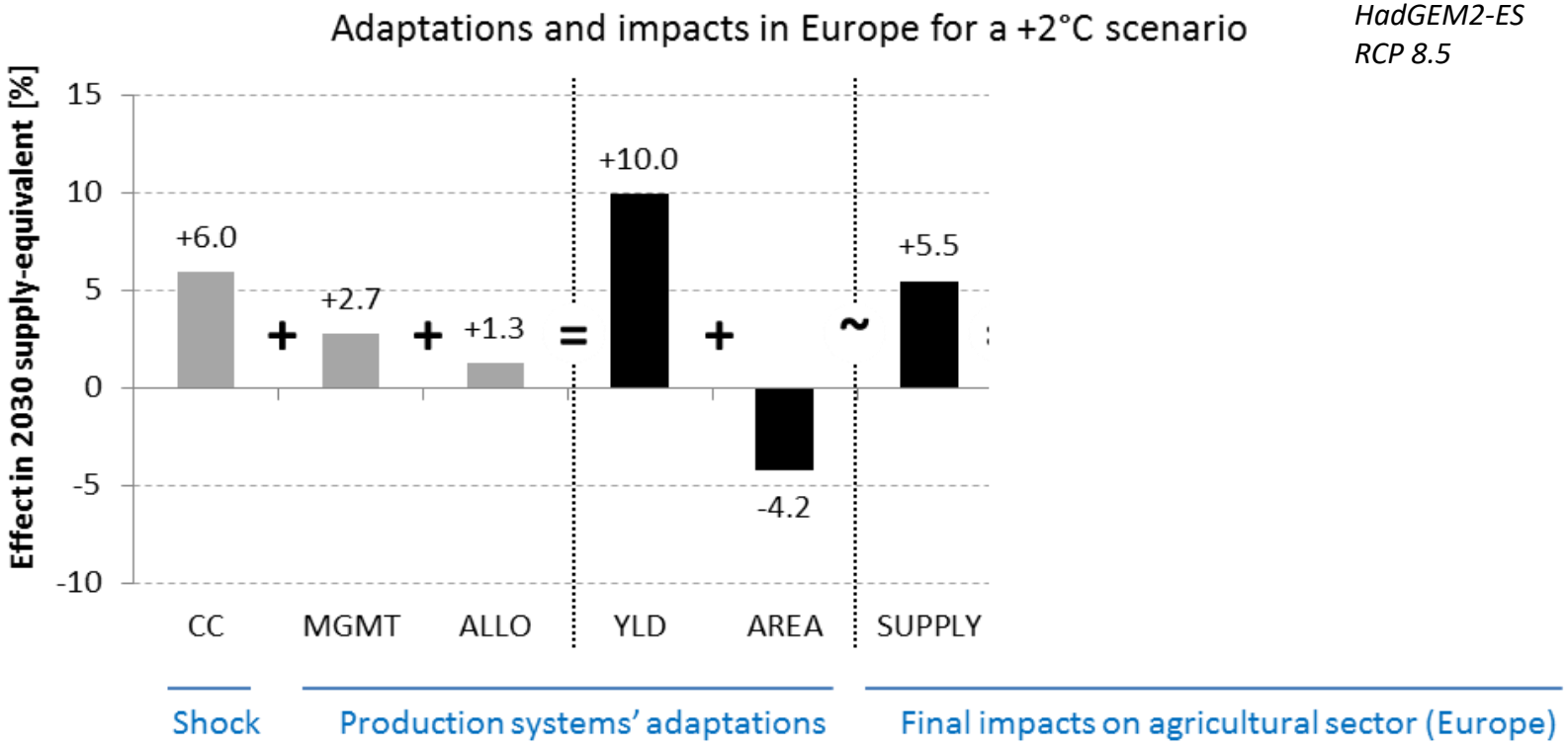
- *Regionale Ebene (30 regions)*:
  - Produktspezifische Nachfrageänderungen z.B. weniger Weizennachfrage
  - Änderungen der Exporte/Importe

An example

2030 / 2000
HadGEM2-ES
RCP 8.5

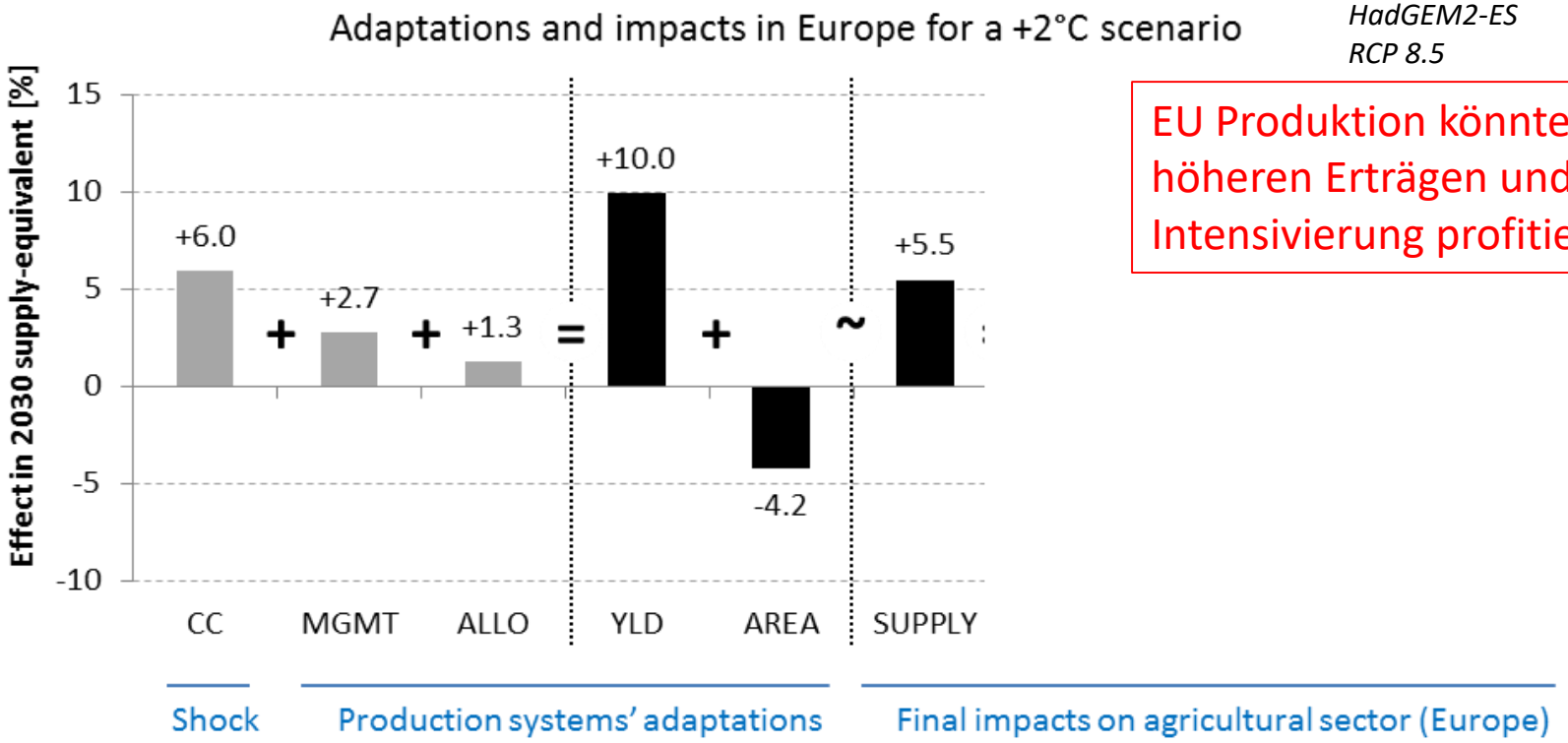
An example

2030 / 2000
HadGEM2-ES
RCP 8.5



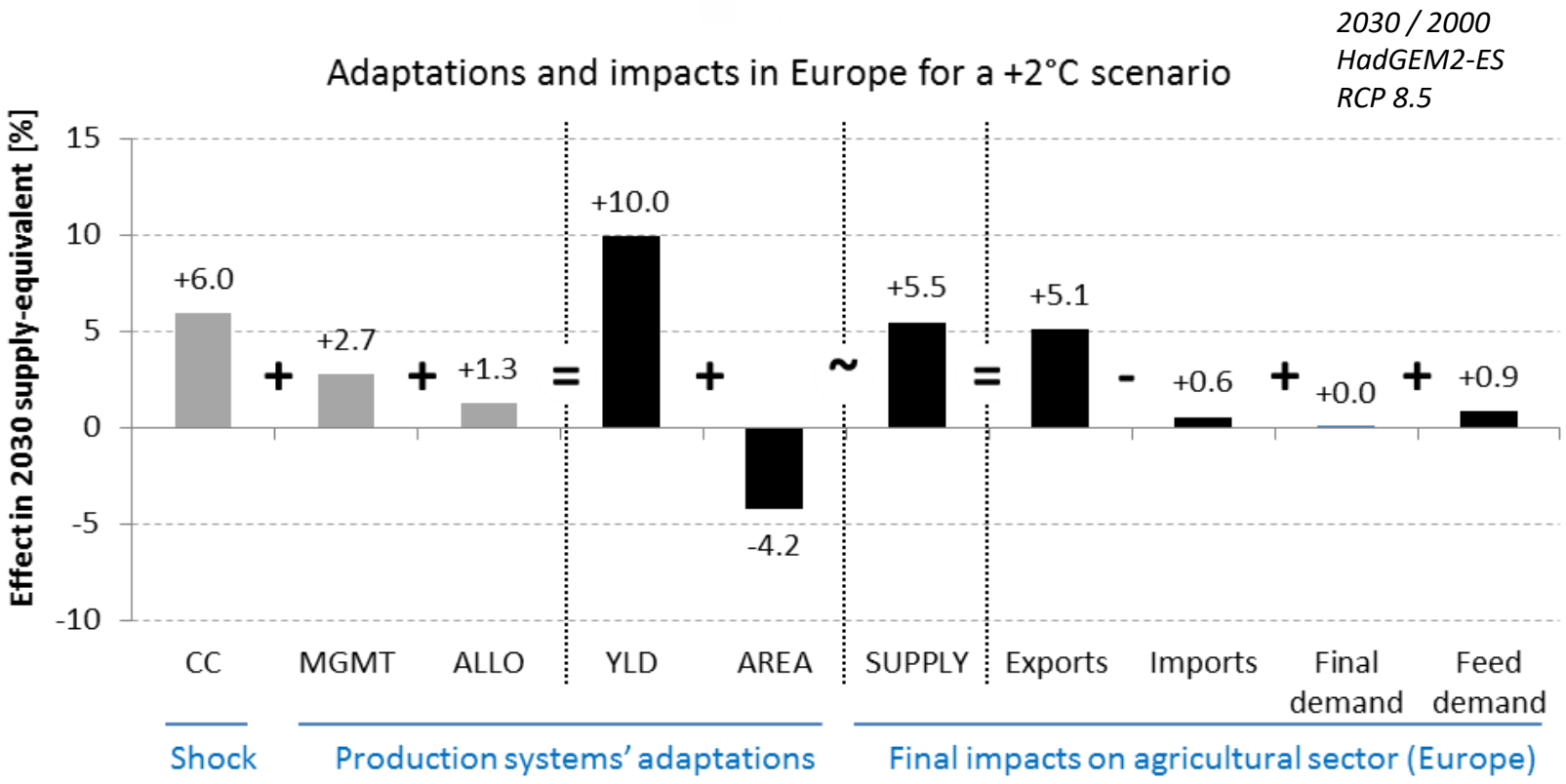
An example

2030 / 2000
HadGEM2-ES
RCP 8.5



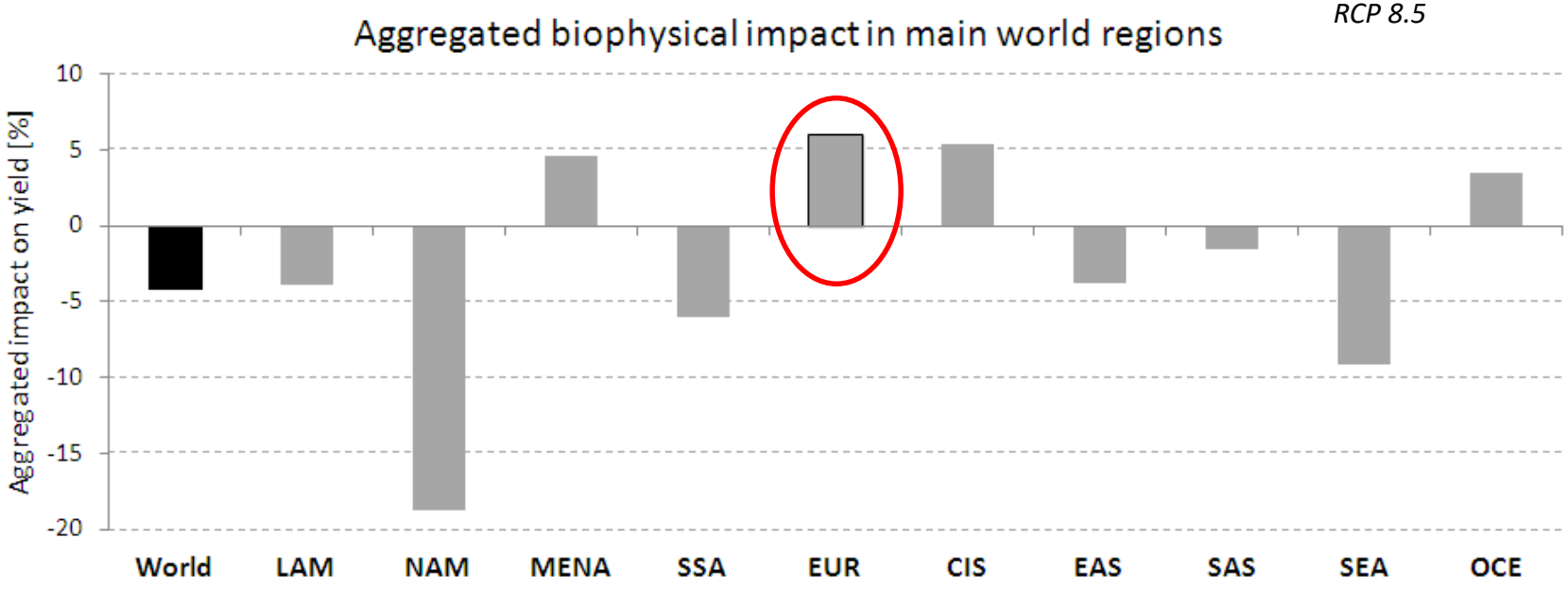
EU Produktion könnte von höheren Erträgen und Intensivierung profitieren

An example

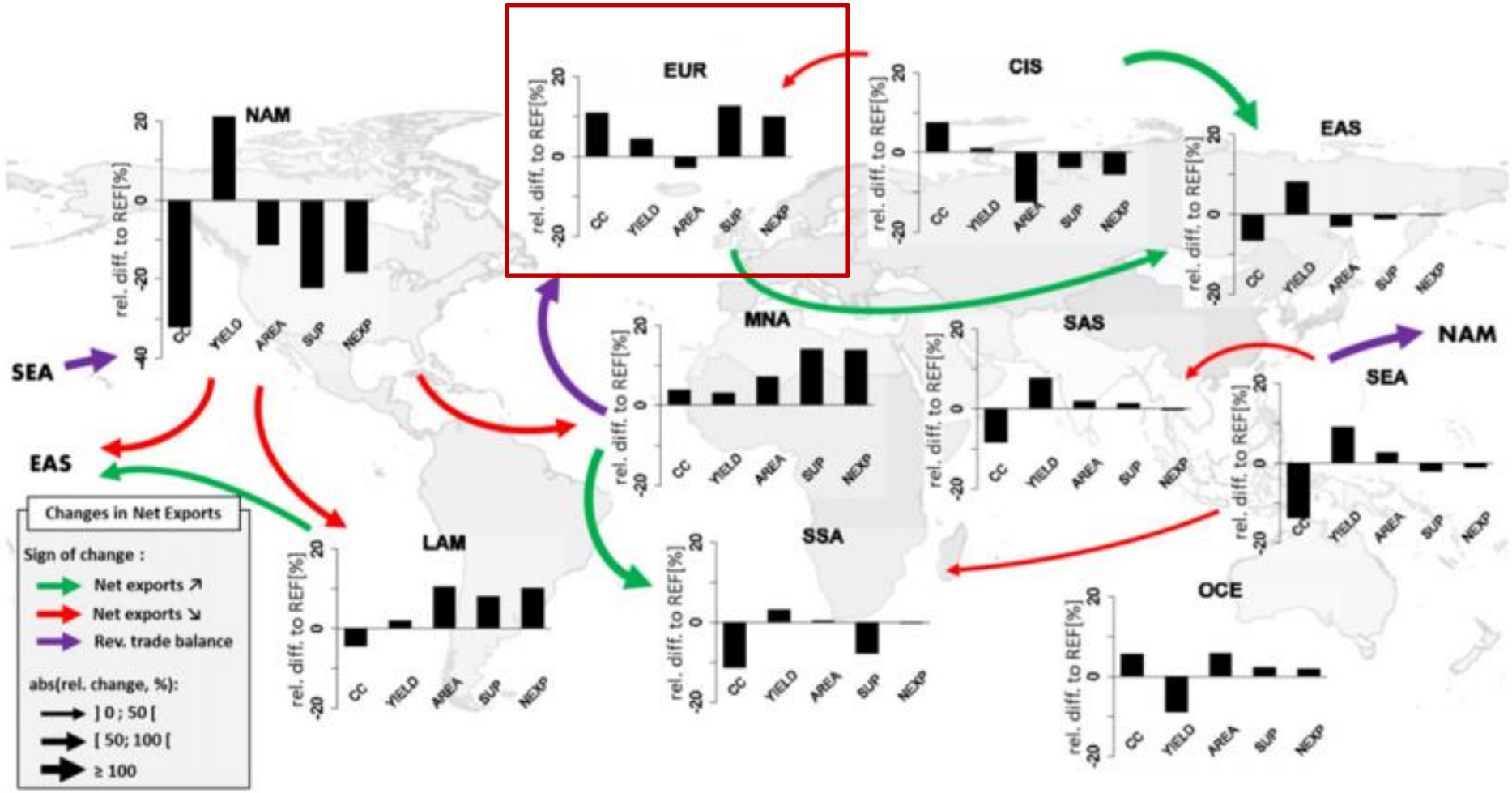

2030 / 2000
HadGEM2-ES
RCP 8.5
Adaptations and impacts in Europe for a +2°C scenario
Effect in 2030 supply-equivalent [%]
15
10
5
0
-5
-10
+6.0
+2.7
+1.3
+10.0
-4.2
+5.5
+5.1
+0.6
+0.0
+0.9
CC
MGMT
ALLO
YLD
AREA
SUPPLY
Exports
Imports
Final demand
Feed demand
Shock
Production systems' adaptations
Final impacts on agricultural sector (Europe)

An example

2030 / 2000
HadGEM2-ES
RCP 8.5



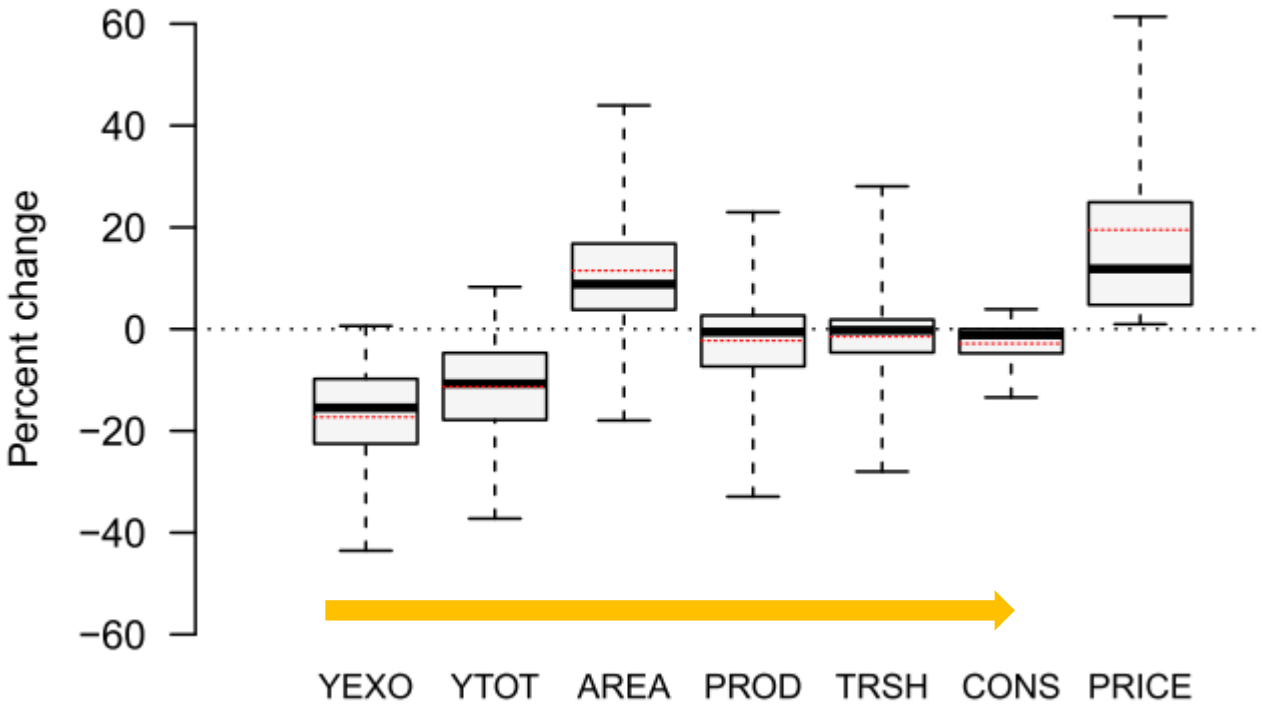
Agrarmärkte – globale Effekte



Leclere et al. 2014

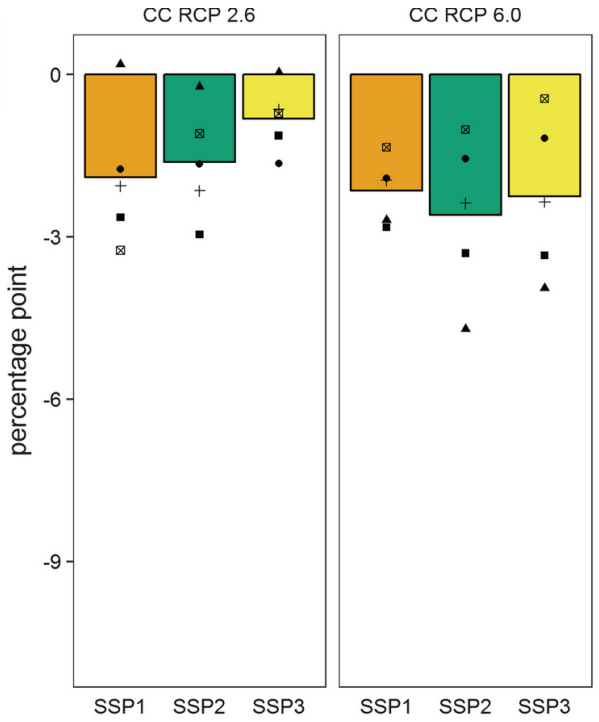
Agrarmärkte – globale Effekte 2050

Anpassungseffekte auf den Agrarmärkten

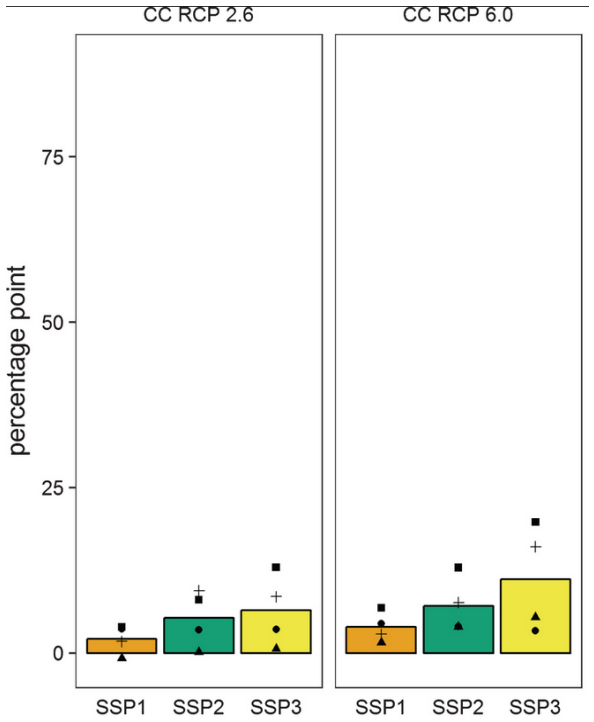


Nelson et al. 2014

Produktion



Preise

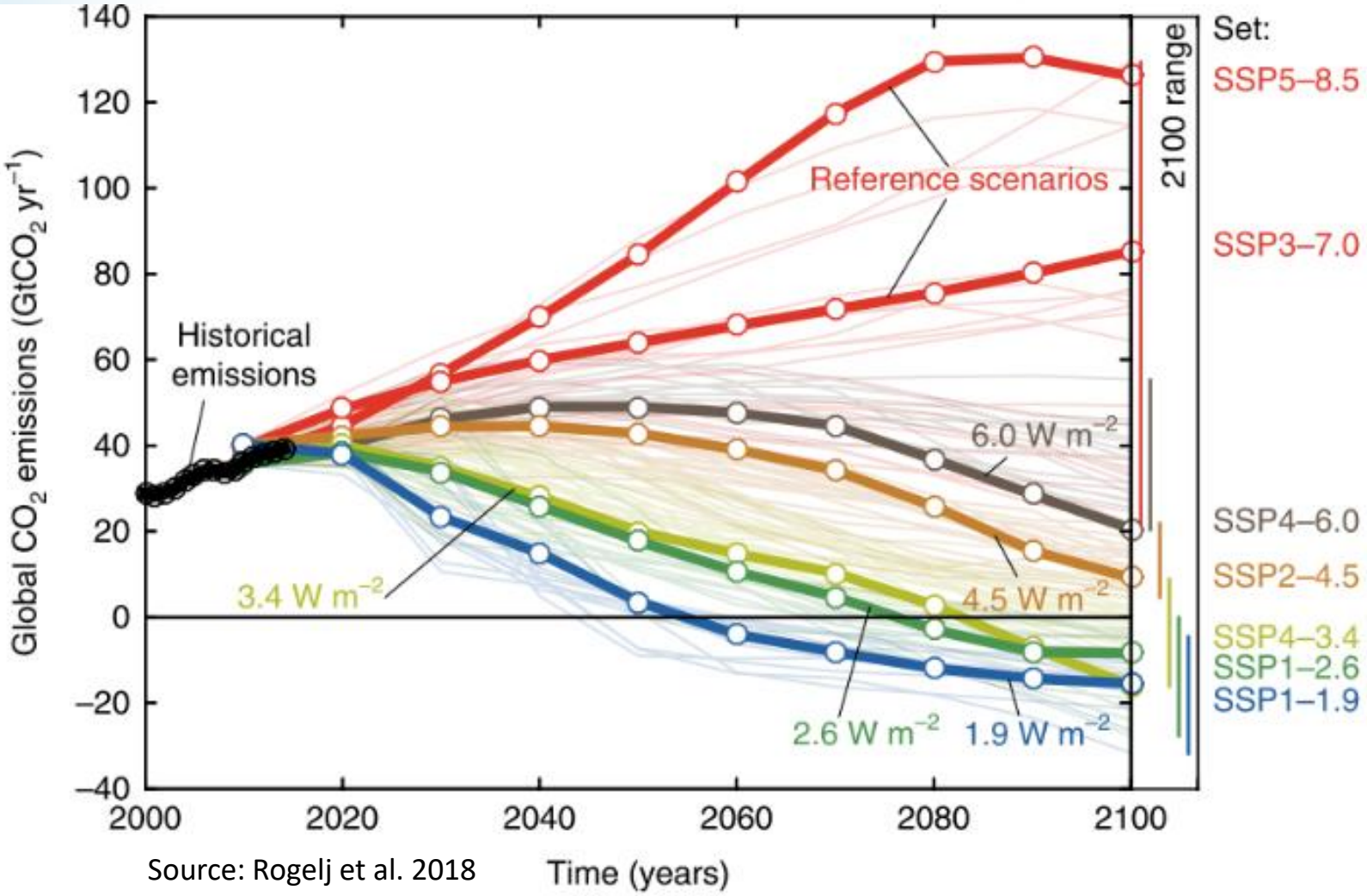


Van Meilj et al. 2018

Übersicht

- IIASA
- Global Klima-Szenarien
- Europäische Analysen zu Anpassungsmaßnahmen
- Ökonomische Landnutzungsmodellierung
- Emissionsreduktionsmaßnahmen

Emissionsreduktionsszenarien – CO2 Emissionen

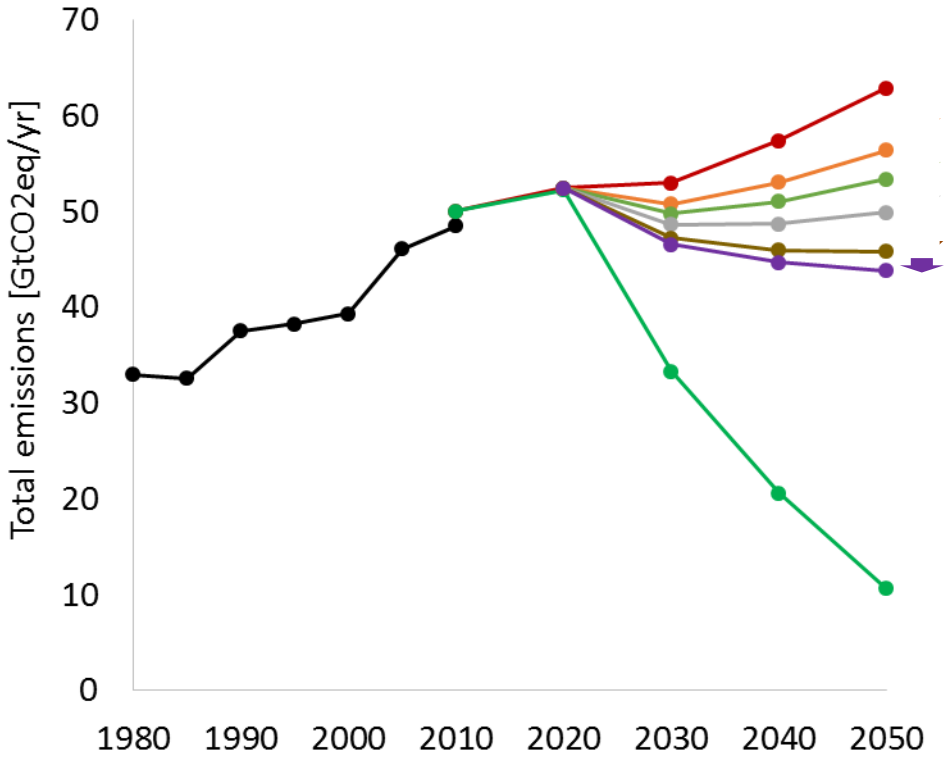


Source: Rogelj et al. 2018

CO2 Neutralität

- 2°C Ziel (RCP 2.6): 2055 – 2080
- 1.5°C Ziel (RCP 1.9): 2045 - 2070

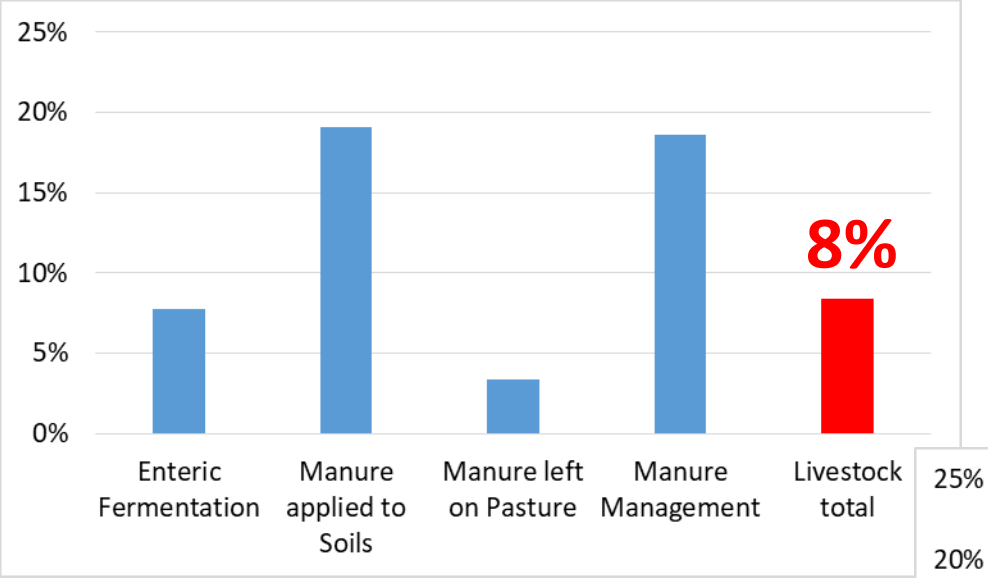
Globale Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen



- Entwaldung stoppen
- Vermehrte Aufforstung
- Kohlenstoffspeicherung durch Humusaufbau
- Nachhaltige (TGH-effiziente) Intensivierung
- Gesunde Ernährung

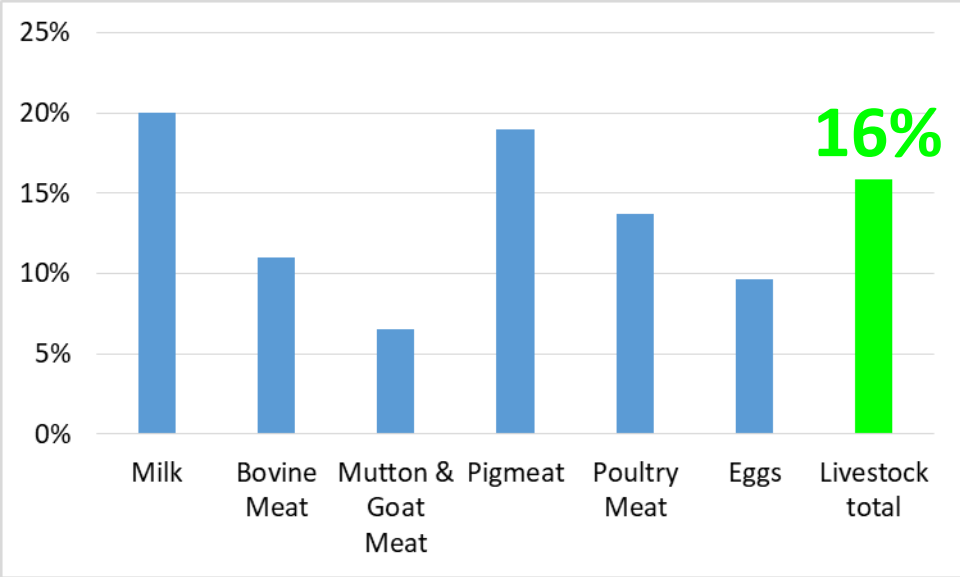
Treibhausgaseffizienz EU Landwirtschaft

EU Anteil an globalen Emissions durch Viehhaltung



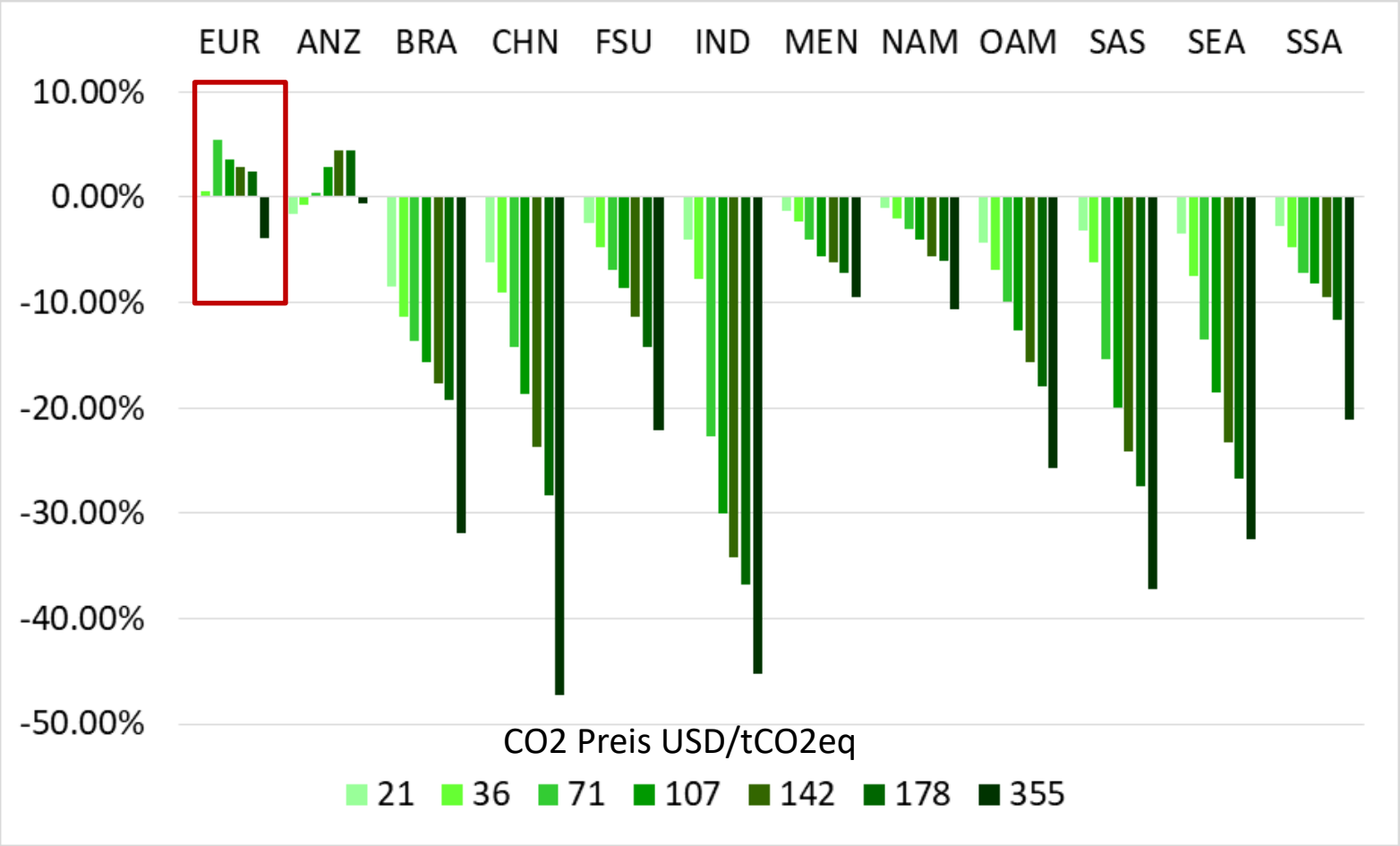
Source: FAOSTAT

EU Anteil an globaler Produktion



Global Treibhausgasreduktion & Milchproduktion

- Änderung der Milchproduktion in 2030 zum Referenzszenario [%]



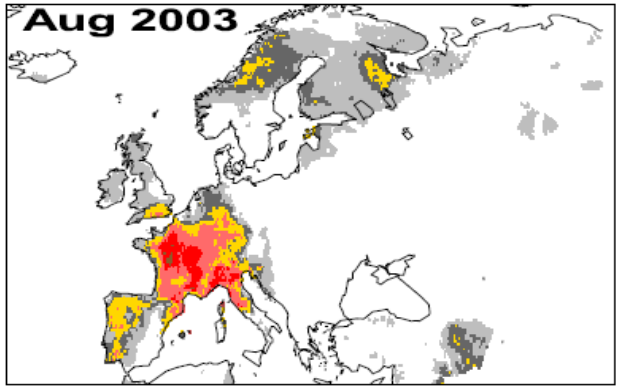
Frank et al. 2018

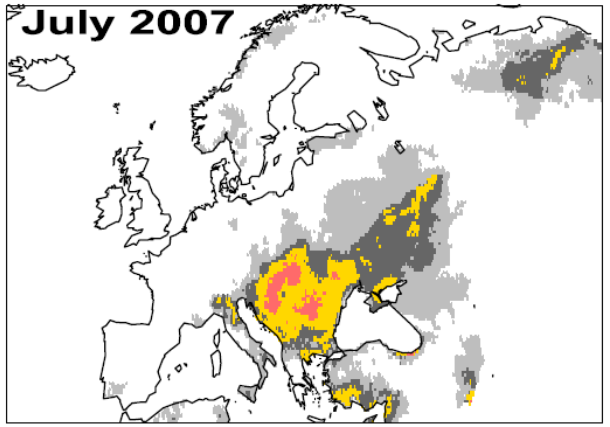
Stefan Frank
Research scholar,
Ecosystems Services and Management (ESM)
IIASA
frank@iiasa.ac.at

EPIC Validierung für Dürreperioden

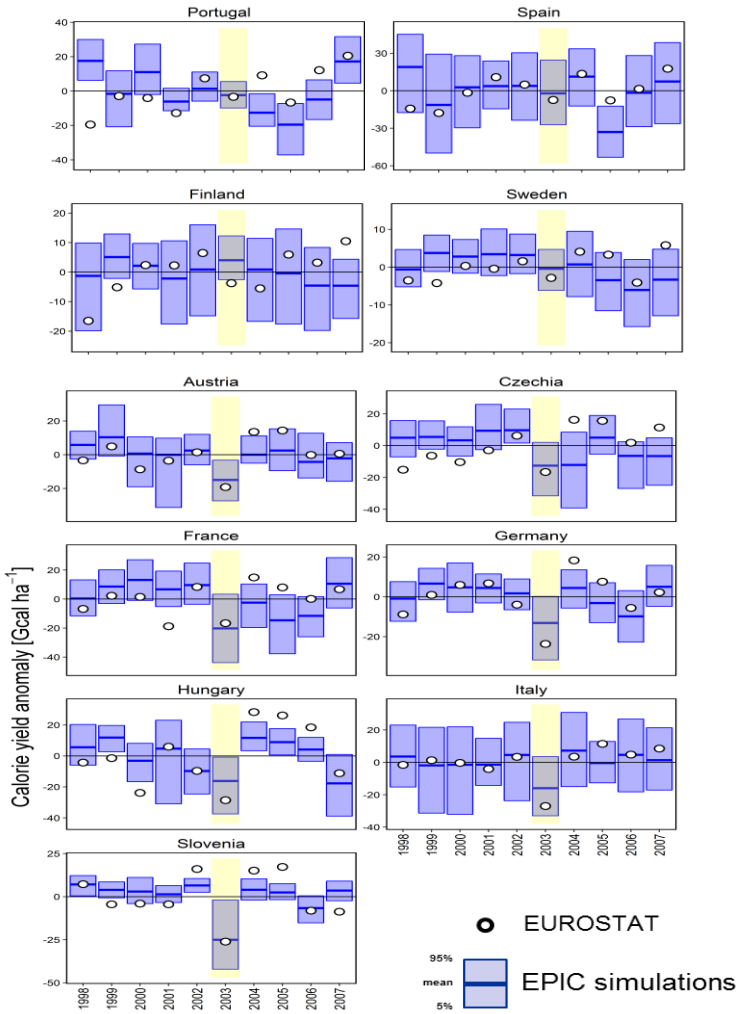
- Hitzewelle und Trockenheit 2003 and 2007

Russo et al. (2015, ERL 10)

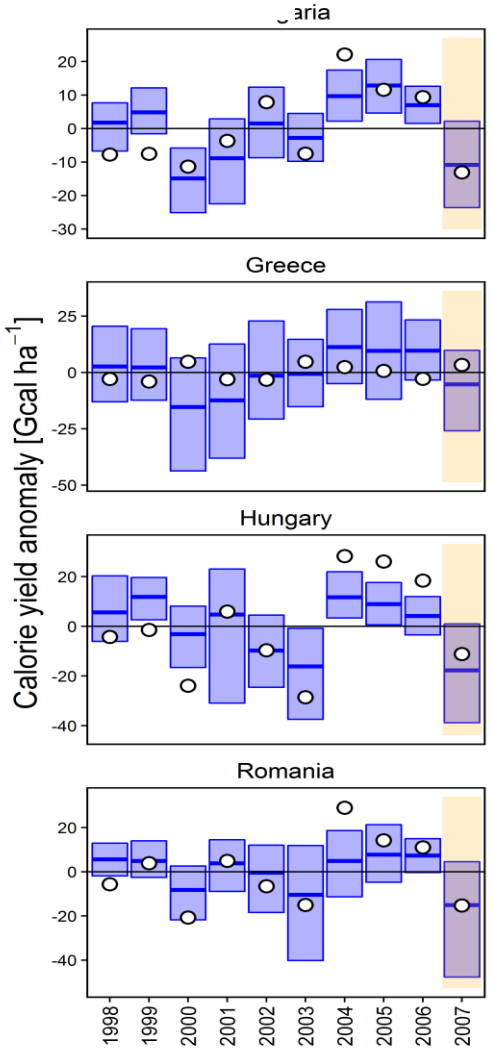




2003



2007



Balkovic et al.