

Mögliche Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Alm- & Berglandwirtschaft

Martin Schönhart

*Institut für Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung
Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
Universität für Bodenkultur, Wien*

„Beitrag der Alm- und Berglandwirtschaft zu Naturschutz- und Klimawandeleindämmung“

5. September 2019, Mallnitz

Inhaltsübersicht



Einführung Klimawandel

Klimaveränderungen bis heute

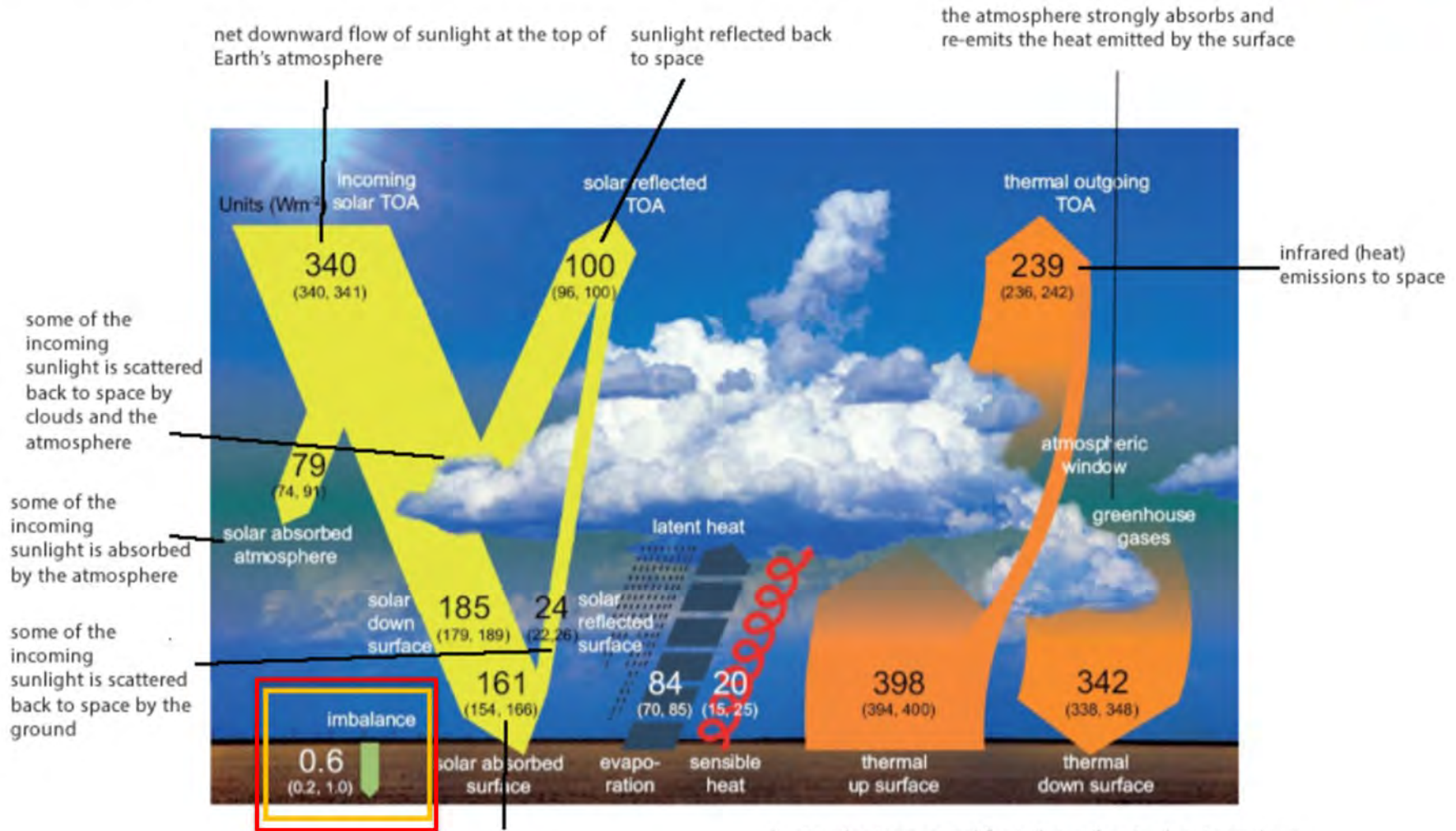
Klimaveränderungen der Zukunft

Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum
Klimawandel

Auswirkungen des Klimawandels

Einführung Klimawandel

Schema des Treibhauseffekts (www.metlink.org/climate/pcc-updates-science-teachers)

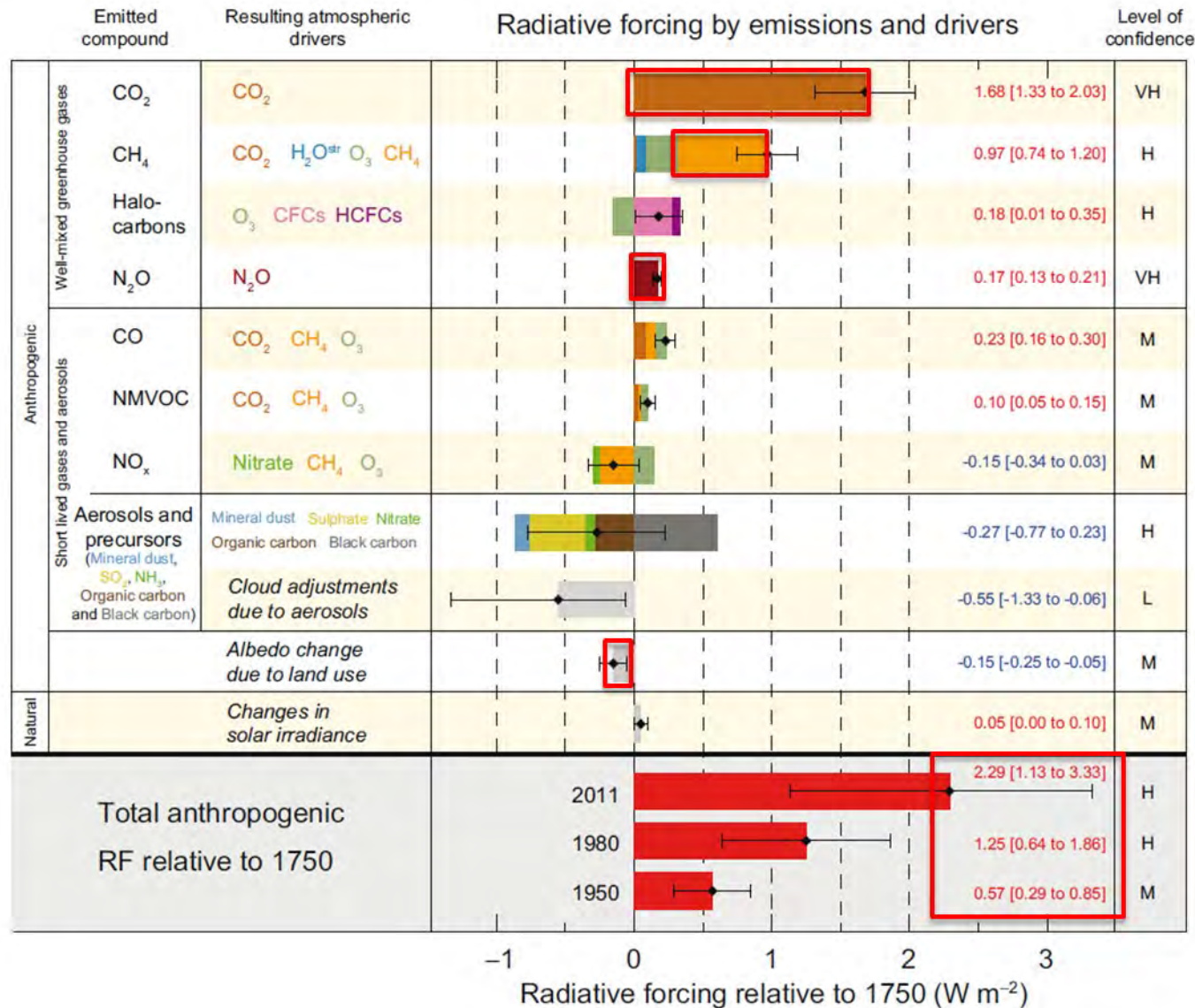


Strahlungsantrieb (W/m^2)
(radiative forcing)

heat is also transported from the surface to the atmosphere by conduction and convection. Evaporation of water at the surface, cools the surface and subsequently warms the atmosphere when water droplets condense or ice particles form

Einführung Klimawandel

Komponenten des Treibhauseffekts und Strahlungsbilanz (IPCC, 2013)



Einführung Klimawandel

Komponenten des Treibhauseffekts und Strahlungsbilanz

Abbildungstext (IPCC, 2013)



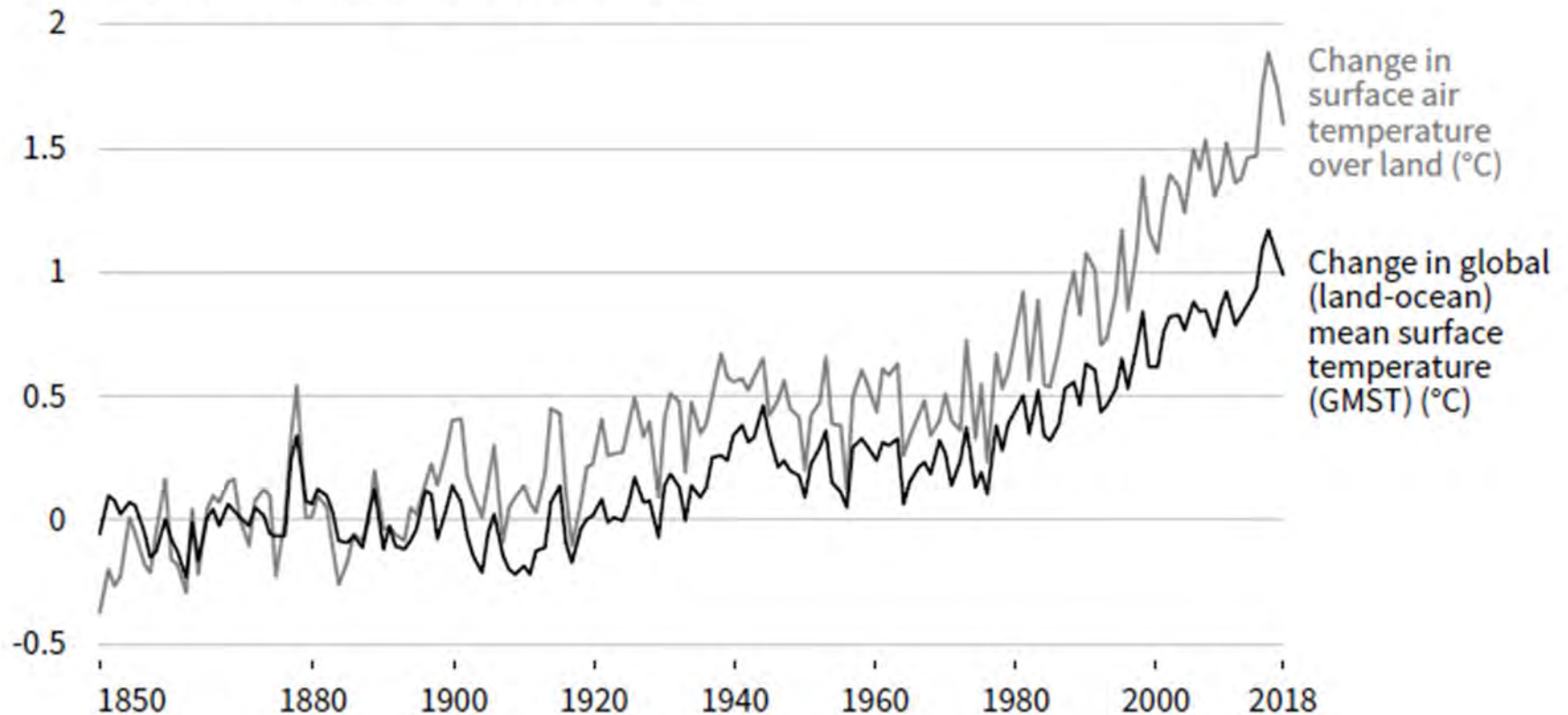
Figure SPM.5 | Radiative forcing estimates in 2011 relative to 1750 and aggregated uncertainties for the main drivers of climate change. Values are global average radiative forcing (RF^{14}), partitioned according to the emitted compounds or processes that result in a combination of drivers. The best estimates of the net radiative forcing are shown as black diamonds with corresponding uncertainty intervals; the numerical values are provided on the right of the figure, together with the confidence level in the net forcing (VH – *very high*, H – *high*, M – *medium*, L – *low*, VL – *very low*). Albedo forcing due to black carbon on snow and ice is included in the black carbon aerosol bar. Small forcings due to contrails (0.05 W m^{-2} , including contrail induced cirrus), and HFCs, PFCs and SF_6 (total 0.03 W m^{-2}) are not shown. Concentration-based RFs for gases can be obtained by summing the like-coloured bars. Volcanic forcing is not included as its episodic nature makes it difficult to compare to other forcing mechanisms. Total anthropogenic radiative forcing is provided for three different years relative to 1750. For further technical details, including uncertainty ranges associated with individual components and processes, see the Technical Summary Supplementary Material. {8.5; Figures 8.14–8.18; Figures TS.6 and TS.7}

Klimaveränderungen bis heute

Veränderung der globalen Durchschnittstemperatur



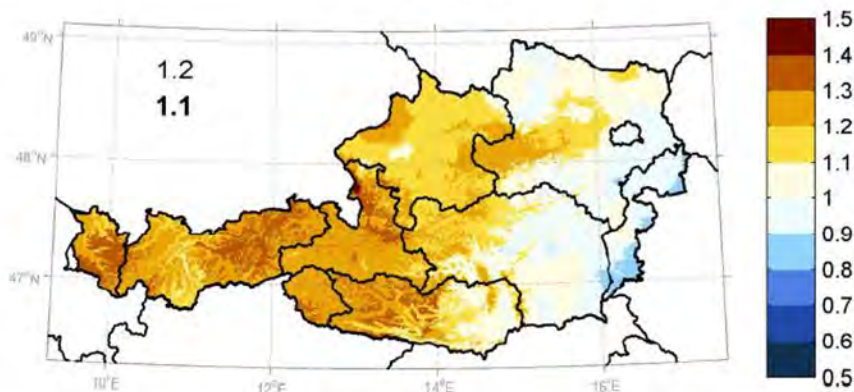
CHANGE in TEMPERATURE rel. to 1850-1900 (°C)



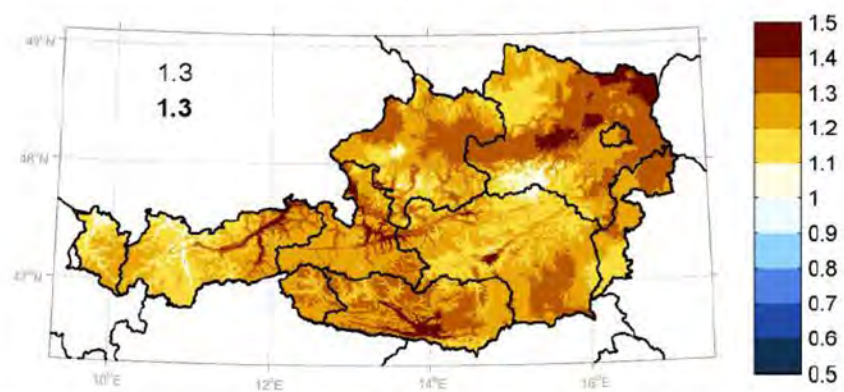
Klimaveränderungen bis heute

Änderung der mittleren saisonalen Durchschnittstemperatur (°C) 1986–2010 zu 1961–1985 [Änderung signifikant und konsistent]

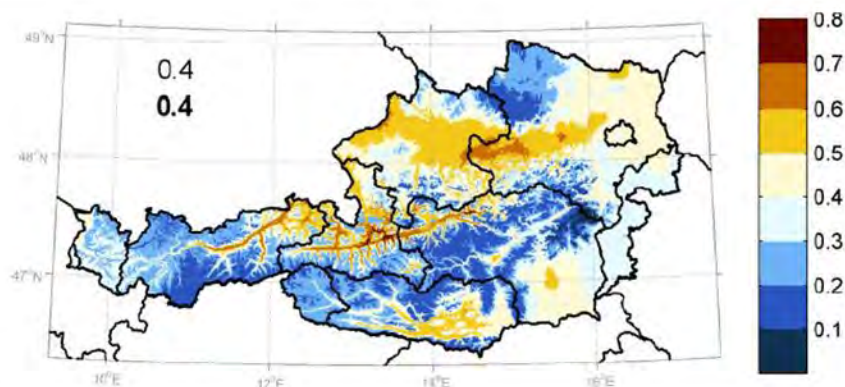
FRÜHLING



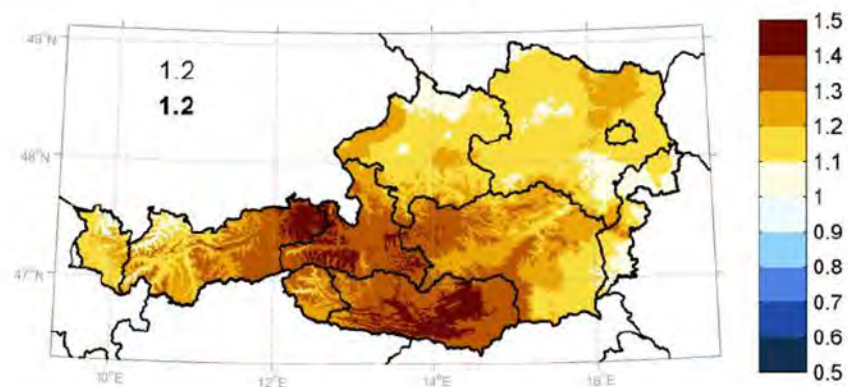
SOMMER



HERBST



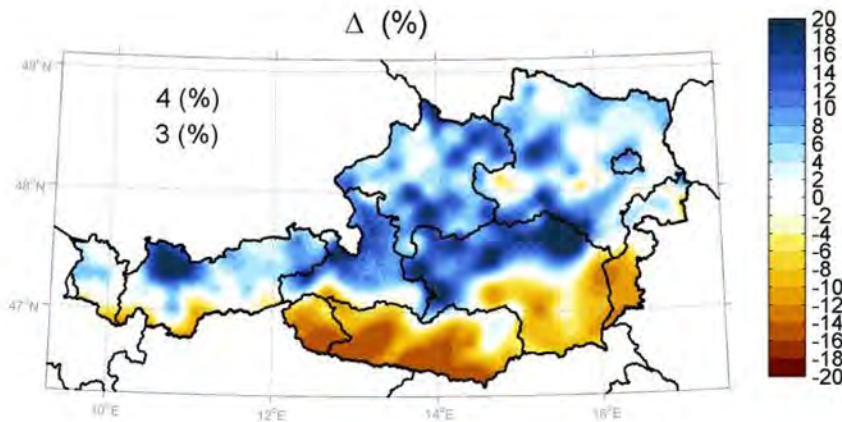
WINTER



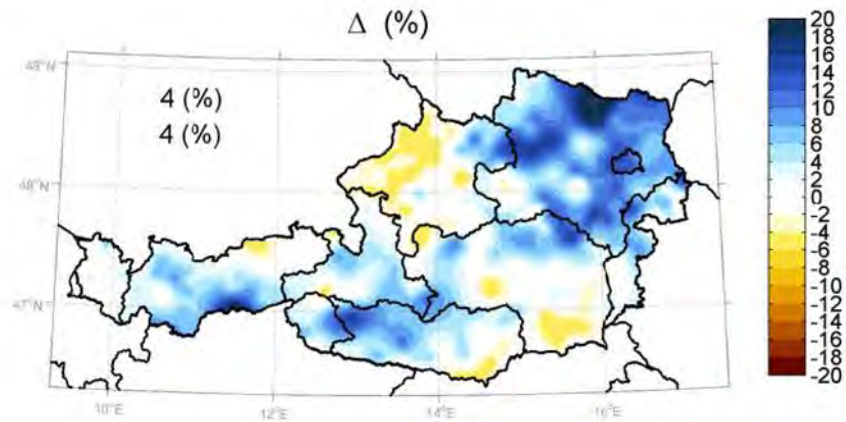
Klimaveränderungen bis heute

Änderung der mittleren saisonalen Niederschlagssumme (%) 1986–2010
zu 1961–1985 [Änderung nur zT signifikant und nicht konsistent]

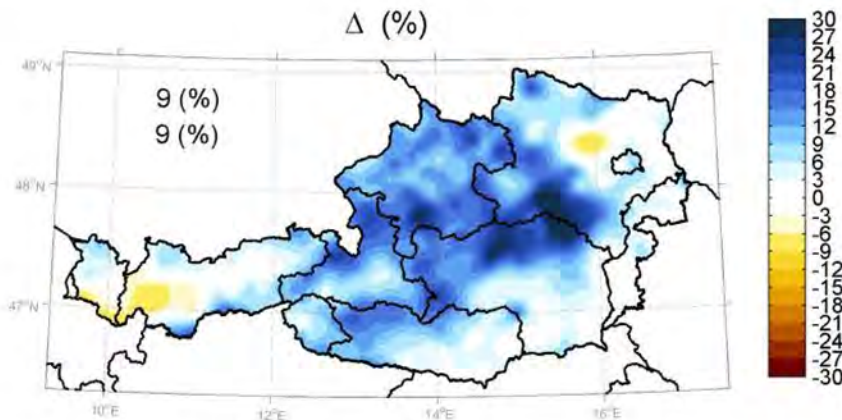
FRÜHLING



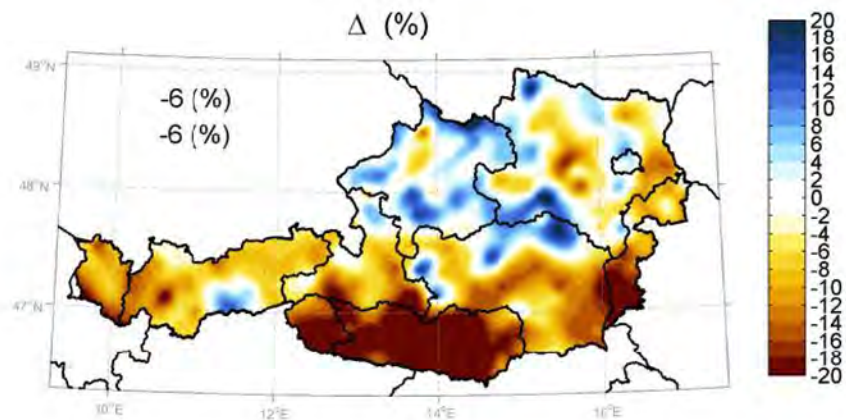
SOMMER



HERBST



WINTER



Klimaveränderungen in der Zukunft

Historische THG-Trends und Repräsentative Konzentrationspfade (RCPs)
(Smith & Myers, 2018)

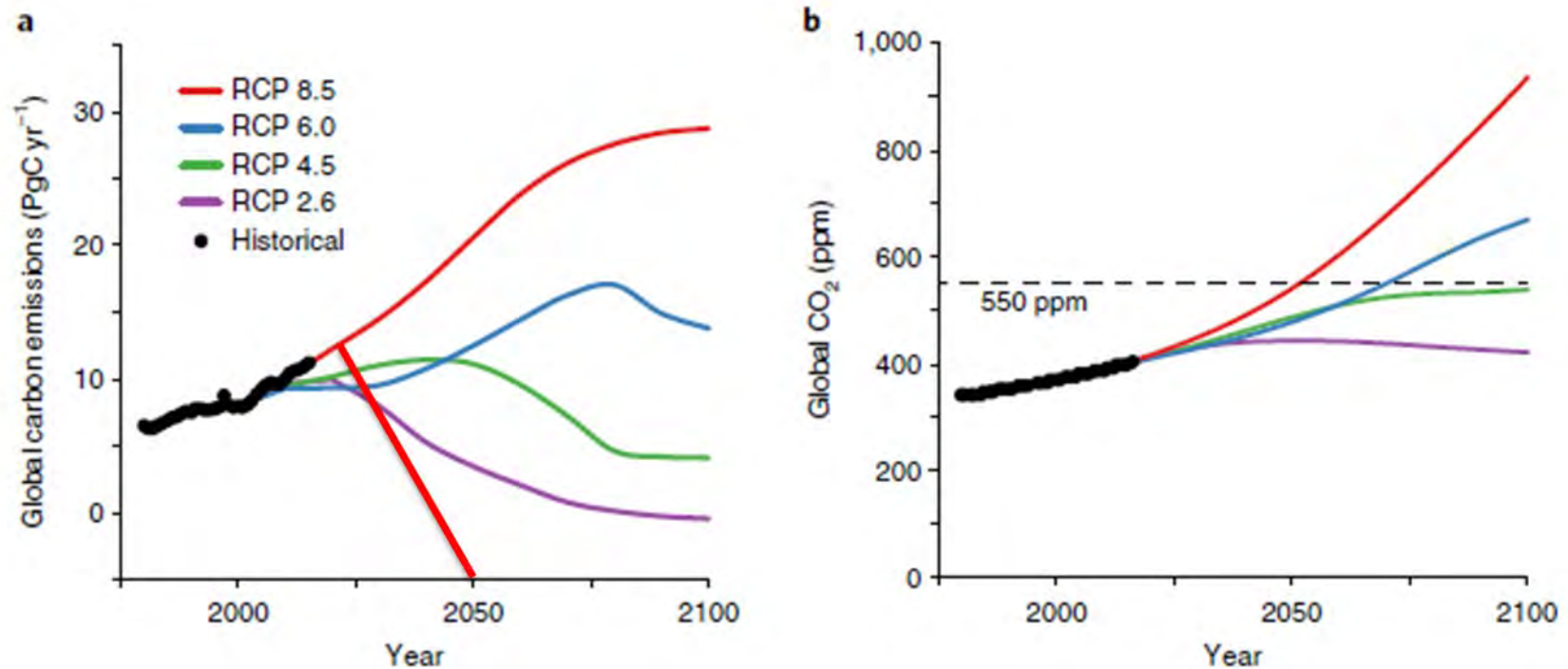
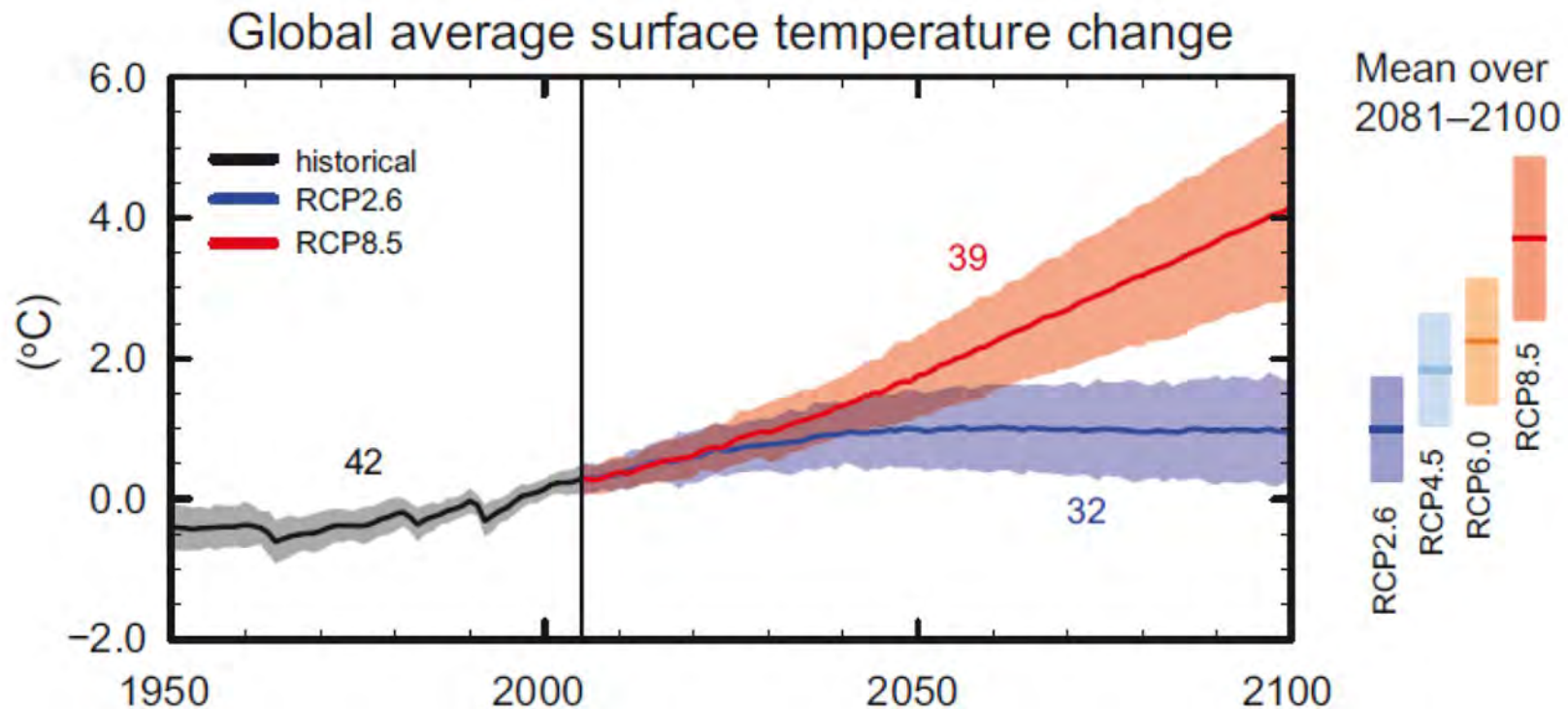


Fig. 1 | Historical trends in CO₂ emissions and atmospheric concentrations compared with model forecasts to 2100. **a**, Historical CO₂ emissions since 1980 and models of carbon emissions until 2100. The current global level of emissions aligns with the most extreme model forecast (RCP 8.5). **b**, Annual surface global CO₂ concentrations. On the current model trajectory of RCP 8.5, we would attain 550 ppm concentrations by the middle of the century. Under less severe emissions scenarios, we would achieve 550 ppm by later in the century or, potentially, not at all if stringent controls are implemented. RCP projections in **a** and **b** are taken from ref. ³, historical global carbon emission data in **a** are from ref. ⁵ and historical global CO₂ concentrations in **b** are from ref. ².

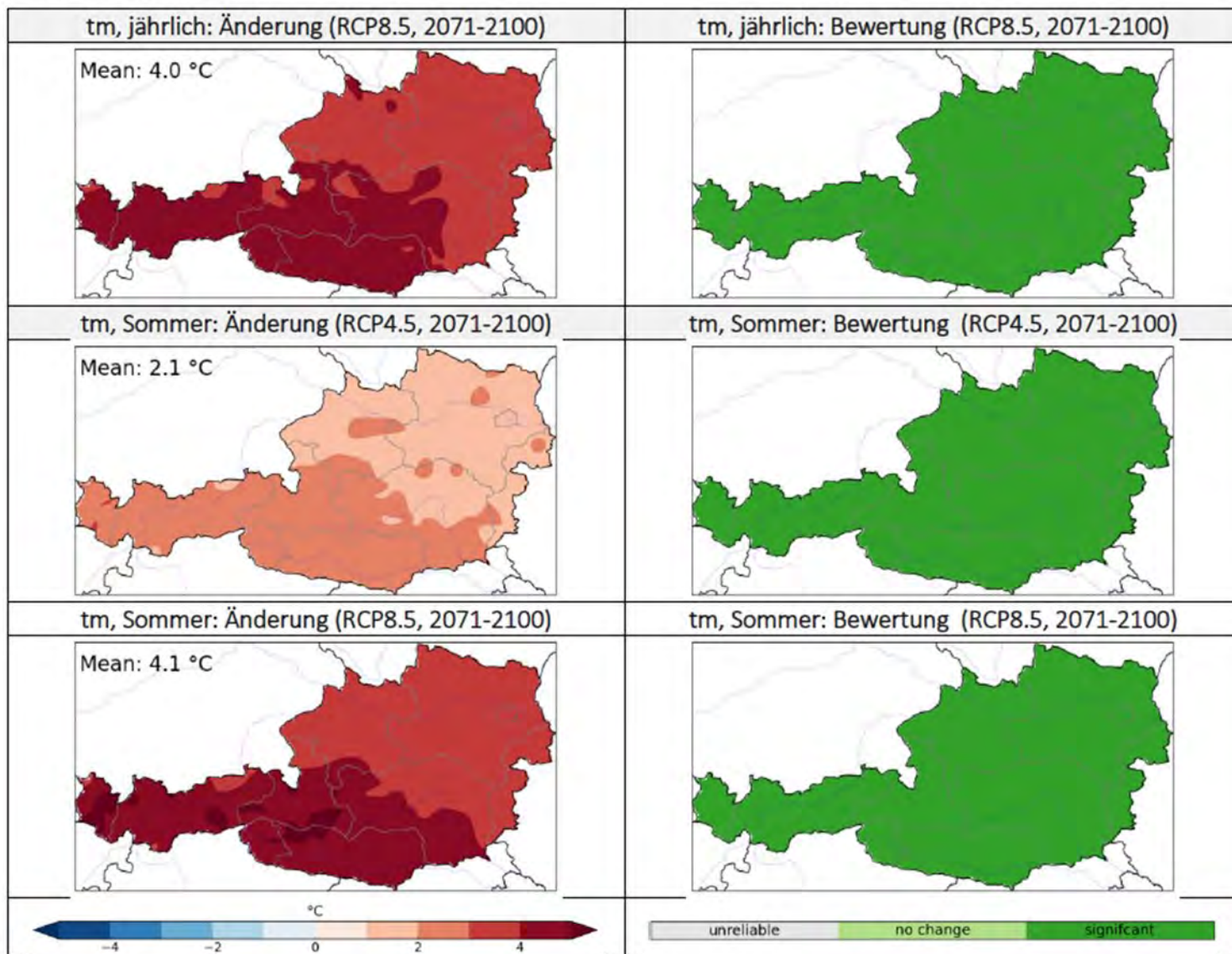
Klimaveränderungen der Zukunft

Modellierte globale Änderungen der Temperatur (IPCC, 2013)



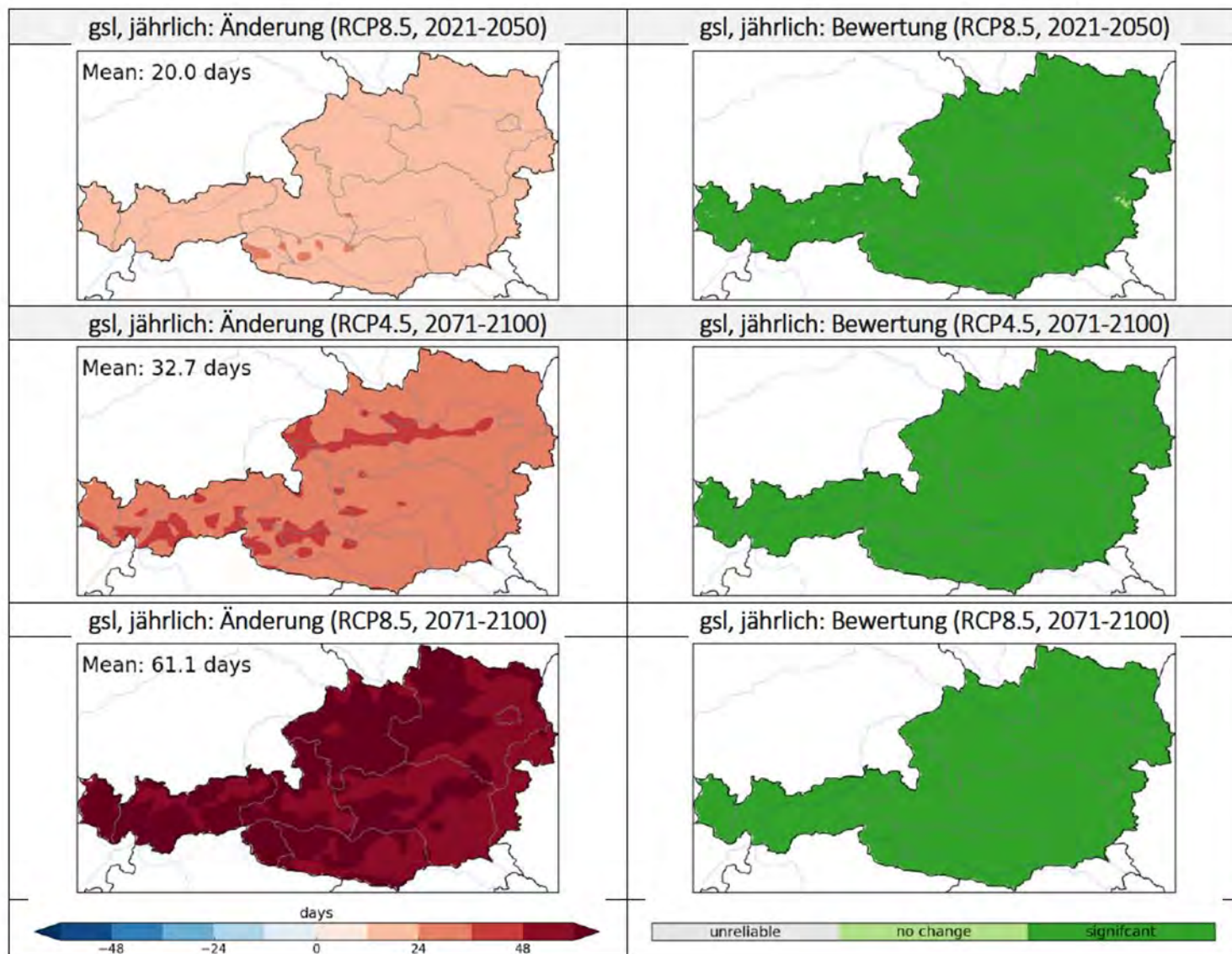
Klimaveränderungen der Zukunft

Änderung der Jahresmittel- und Sommertemperatur (in °C) gegenüber 1971-2001



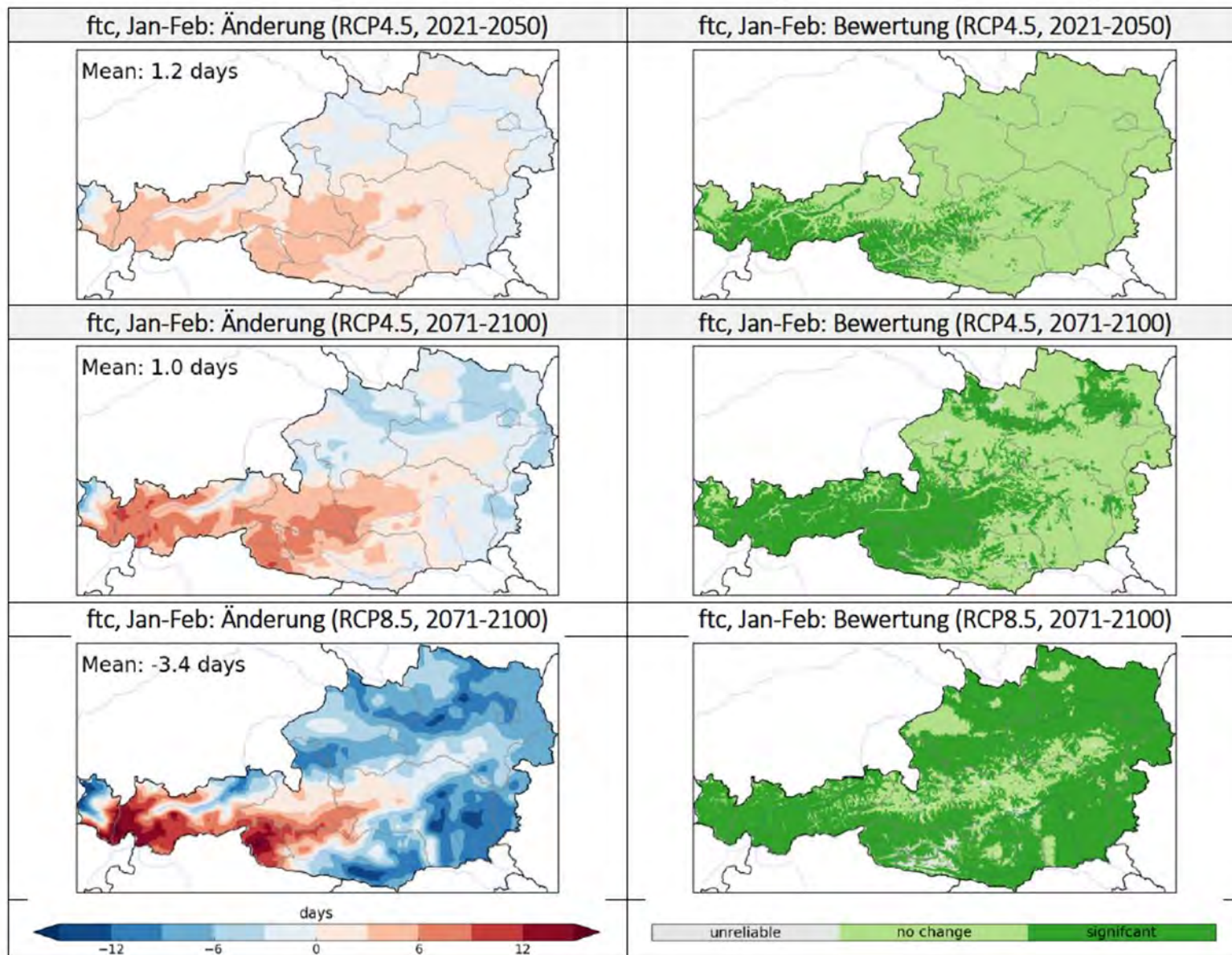
Klimaveränderungen der Zukunft

Änderung der Vegetationsperiode (in Tagen) gegenüber 1971-2001



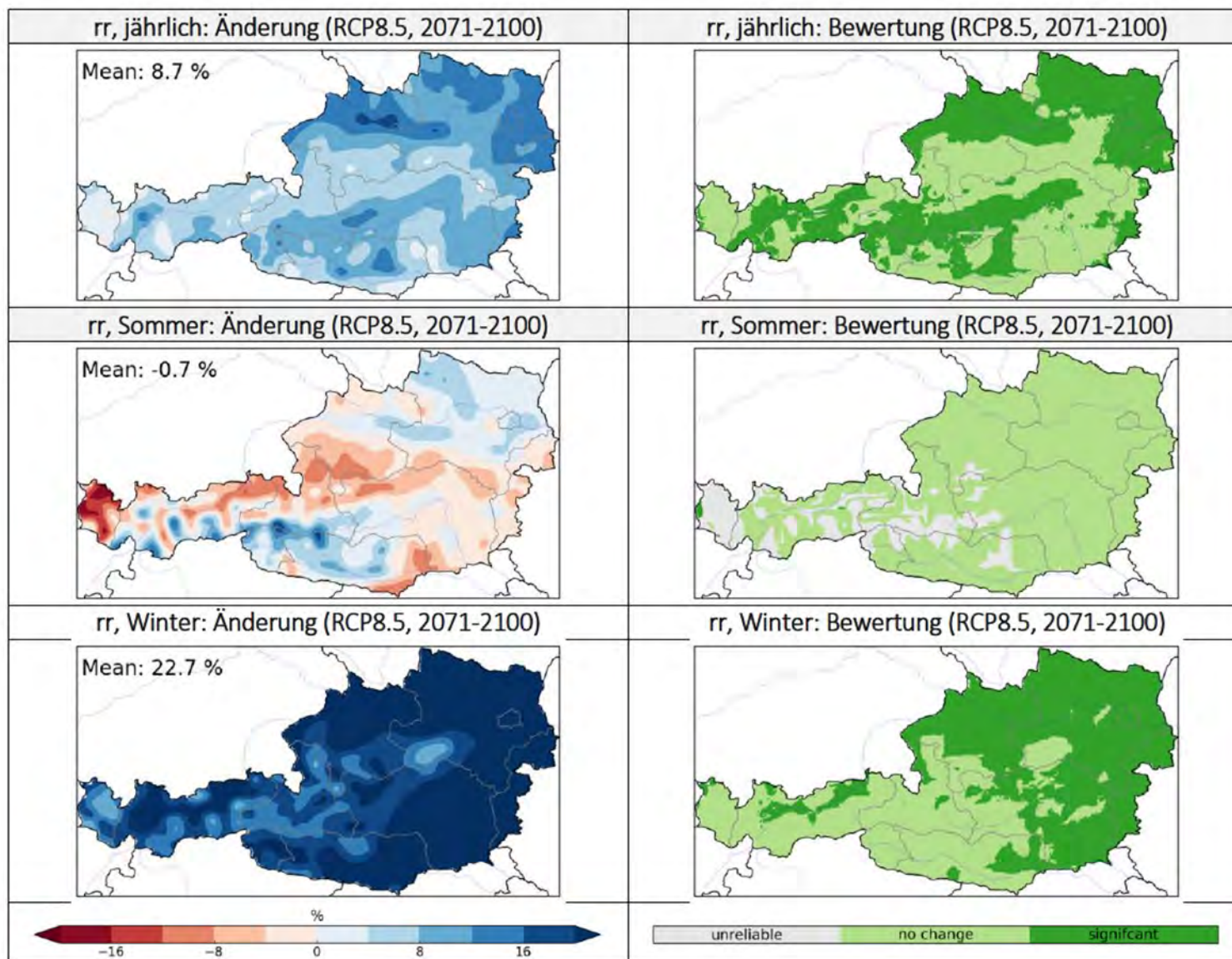
Klimaveränderungen der Zukunft

Änderung der Frost-Tau-Wechseltage (in Tagen) gegenüber 1971-2001



Klimaveränderungen der Zukunft

Änderung des Jahresniederschlags (%) gegenüber 1971-2001



Klimaveränderungen der Zukunft

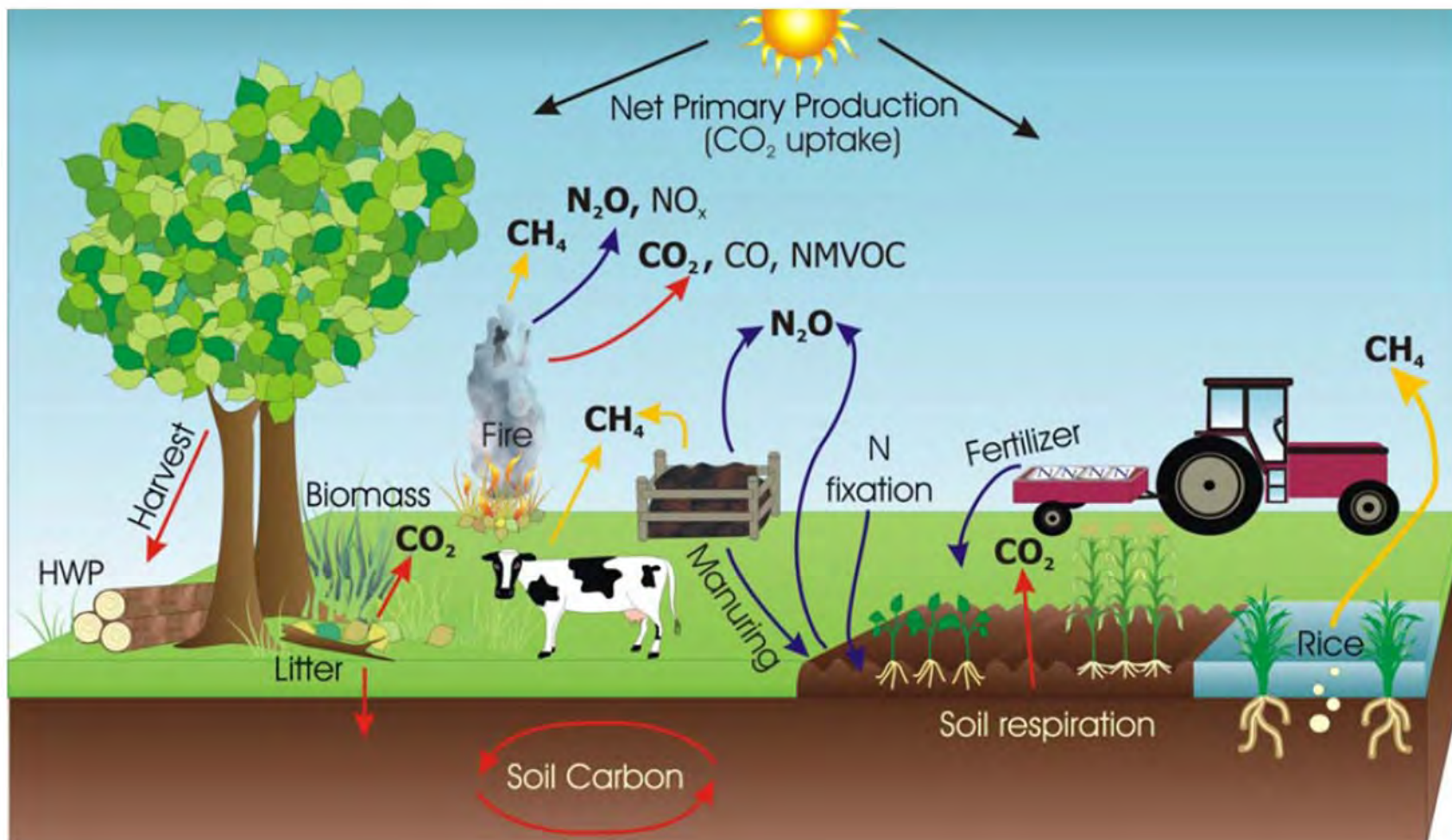
Zwischenfazit ÖKS15 Datensatz (Chimani et al. 2016)



- RCP8.5 wird als business-as-usual Szenario bezeichnet
- Signifikante jährliche Zunahme der Mitteltemperatur in Österreich um rund 1,3 °C (2021-2050) bzw. 2,3/4,0 °C (2071-2100) unter RCP4.5/RCP8.5
- Hitzetage nehmen um 17 Tage (2071-2100, RCP8.5) zu
- Vegetationsperiode nimmt 2071-2100 um 33 Tage (RCP4.5) bzw. 61 Tage (RCP8.5) zu.
- Frosttage nehmen um 42 Tage (RCP4.5) bzw. 70 Tage (RCP8.5) ab
- Frost-Tau-Wechseltage nehmen je nach Region zu oder ab.
- Änderungen bei Niederschläge sind sehr heterogen und weniger zuverlässig
- Gesamte Niederschlagsmenge nimmt in Österreich zu (2071-2100, RCP8.5)
- Zunahme der maximalen täglichen Niederschlagsmenge (2071-2100, RCP8.5)

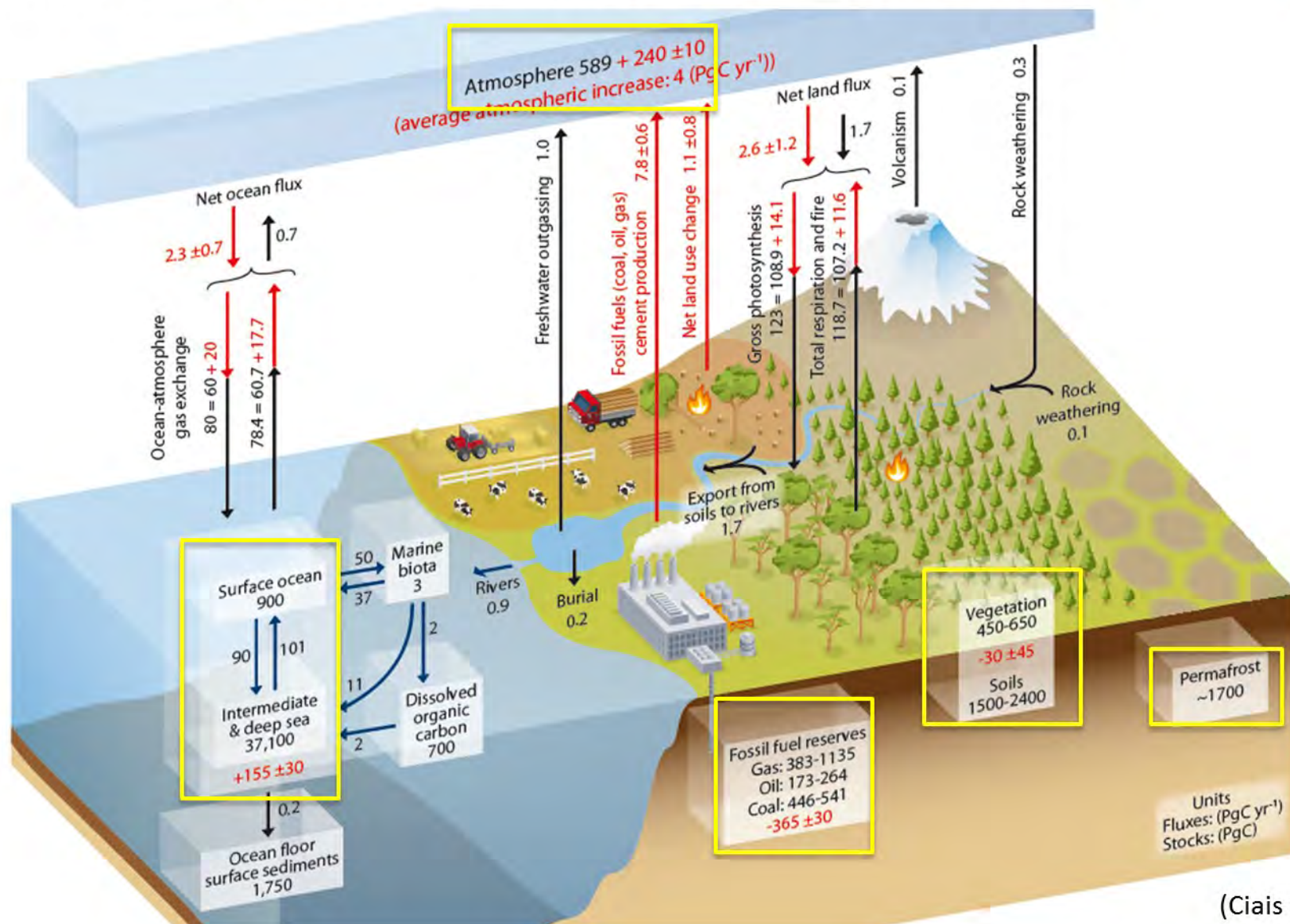
Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Schematische Flüsse an Treibhausgasen



Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Bestände und jährliche Flüsse im globalen Kohlenstoffkreislauf



Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Bestände und jährliche Flüsse im globalen Kohlenstoffkreislauf

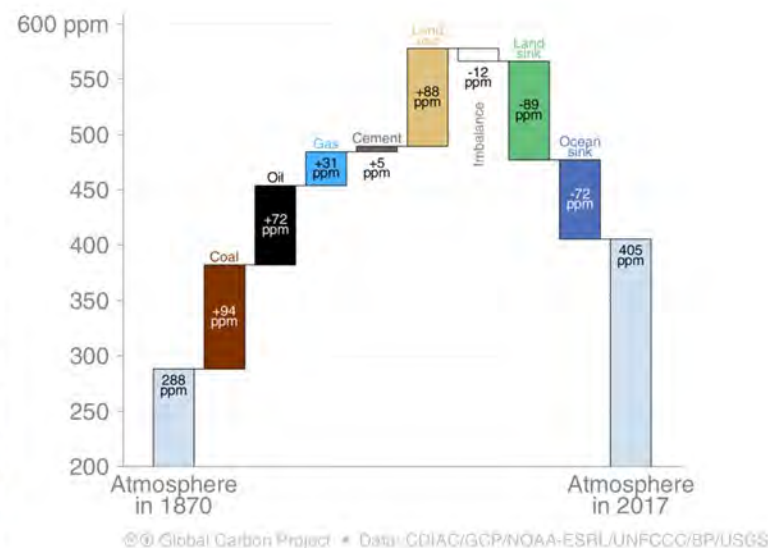
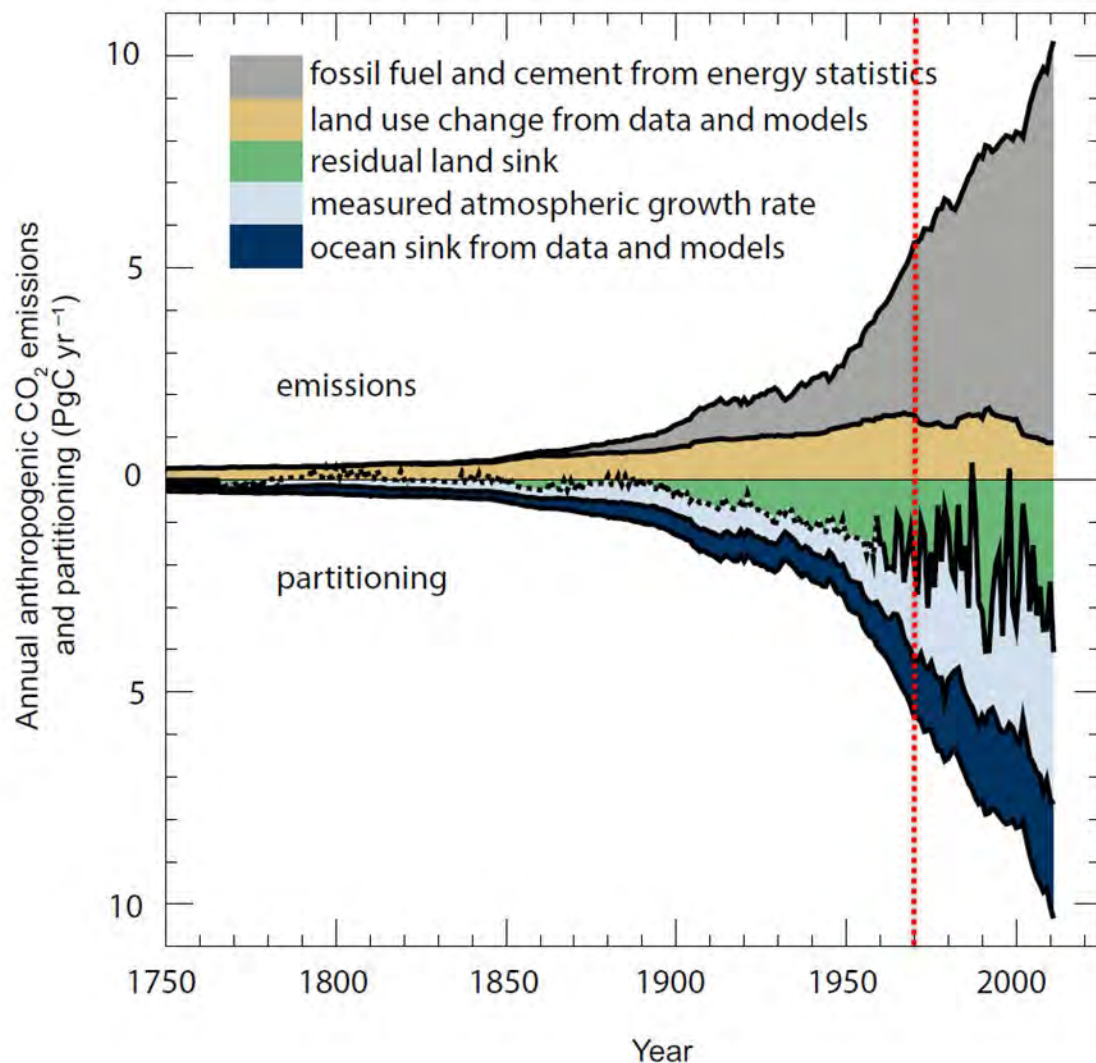
Abbildungstext (Ciais et al., 2013)



Figure 6.1 | Simplified schematic of the global carbon cycle. Numbers represent reservoir mass, also called 'carbon stocks' in PgC ($1 \text{ PgC} = 10^{15} \text{ gC}$) and annual carbon exchange fluxes (in PgC yr^{-1}). Black numbers and arrows indicate reservoir mass and exchange fluxes estimated for the time prior to the Industrial Era, about 1750 (see Section 6.1.1.1 for references). Fossil fuel reserves are from GEA (2006) and are consistent with numbers used by IPCC WGIII for future scenarios. The sediment storage is a sum of 150 PgC of the organic carbon in the mixed layer (Emerson and Hedges, 1988) and 1600 PgC of the deep-sea CaCO_3 sediments available to neutralize fossil fuel CO_2 (Archer et al., 1998). Red arrows and numbers indicate annual 'anthropogenic' fluxes averaged over the 2000–2009 time period. These fluxes are a perturbation of the carbon cycle during Industrial Era post 1750. These fluxes (red arrows) are: Fossil fuel and cement emissions of CO_2 (Section 6.3.1), Net land use change (Section 6.3.2), and the Average atmospheric increase of CO_2 in the atmosphere, also called ' CO_2 growth rate' (Section 6.3). The uptake of anthropogenic CO_2 by the ocean and by terrestrial ecosystems, often called 'carbon sinks' are the red arrows part of Net land flux and Net ocean flux. Red numbers in the reservoirs denote cumulative changes of anthropogenic carbon over the Industrial Period 1750–2011 (column 2 in Table 6.1). By convention, a positive cumulative change means that a reservoir has gained carbon since 1750. The cumulative change of anthropogenic carbon in the terrestrial reservoir is the sum of carbon cumulatively lost through land use change and carbon accumulated since 1750 in other ecosystems (Table 6.1). Note that the mass balance of the two ocean carbon stocks Surface ocean and Intermediate and deep ocean includes a yearly accumulation of anthropogenic carbon (not shown). Uncertainties are reported as 90% confidence intervals. Emission estimates and land and ocean sinks (in red) are from Table 6.1 in Section 6.3. The change of gross terrestrial fluxes (red arrows of Gross photosynthesis and Total respiration and fires) has been estimated from CMIP5 model results (Section 6.4). The change in air–sea exchange fluxes (red arrows of ocean atmosphere gas exchange) have been estimated from the difference in atmospheric partial pressure of CO_2 since 1750 (Sarmiento and Gruber, 2006). Individual gross fluxes and their changes since the beginning of the Industrial Era have typical uncertainties of more than 20%, while their differences (Net land flux and Net ocean flux in the figure) are determined from independent measurements with a much higher accuracy (see Section 6.3). Therefore, to achieve an overall balance, the values of the more uncertain gross fluxes have been adjusted so that their difference matches the Net land flux and Net ocean flux estimates. Fluxes from volcanic eruptions, rock weathering (silicates and carbonates weathering reactions resulting into a small uptake of atmospheric CO_2), export of carbon from soils to rivers, burial of carbon in freshwater lakes and reservoirs and transport of carbon by rivers to the ocean are all assumed to be pre-industrial fluxes, that is, unchanged during 1750–2011. Some recent studies (Section 6.3) indicate that this assumption is likely not verified, but global estimates of the Industrial Era perturbation of all these fluxes was not available from peer-reviewed literature. The atmospheric inventories have been calculated using a conversion factor of 2.12 PgC per ppm (Prather et al., 2012).

Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Anthropogene CO₂ Emissionen nach Quellen und Senken



(Ciais et al., 2013; Global Carbon Project, 2019)

Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Anthropogene CO₂ Emissionen nach Quellen und Senken

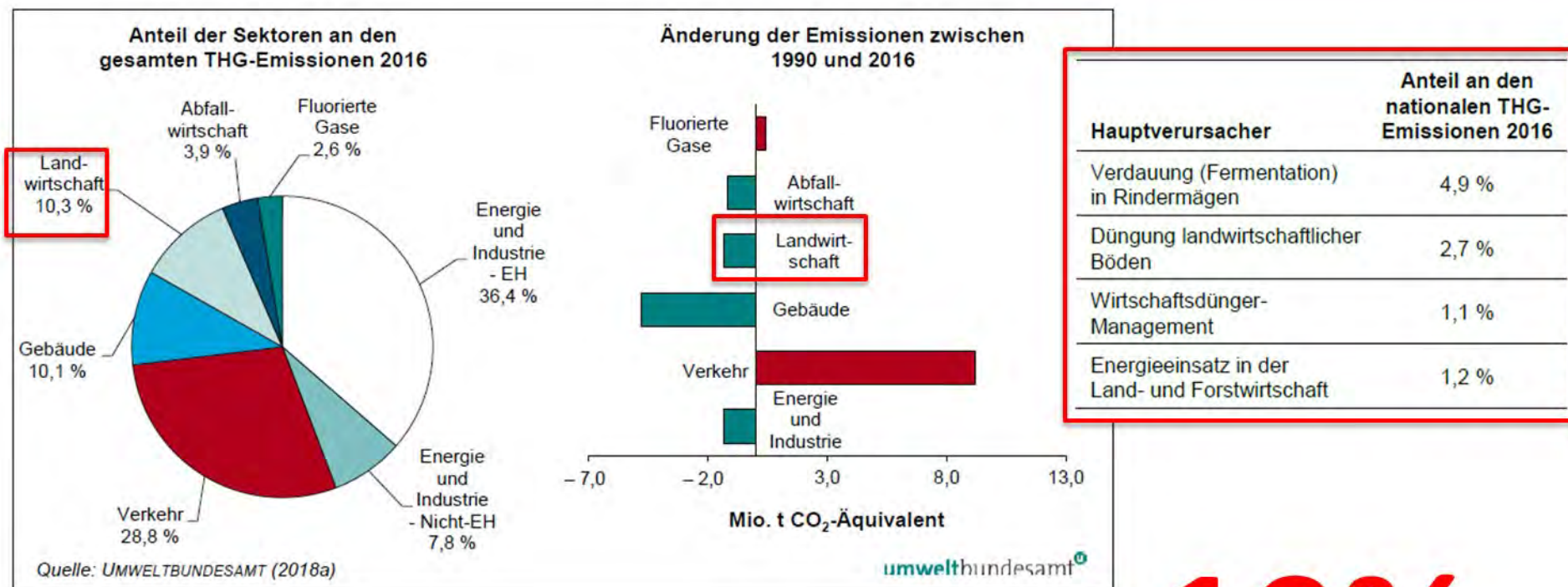
Abbildungstext (Ciais et al., 2013)



Figure 6.8 | Annual anthropogenic CO₂ emissions and their partitioning among the atmosphere, land and ocean (PgC yr⁻¹) from 1750 to 2011. (Top) Fossil fuel and cement CO₂ emissions by category, estimated by the Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC) based on UN energy statistics for fossil fuel combustion and US Geological Survey for cement production (Boden et al., 2011). (Bottom) Fossil fuel and cement CO₂ emissions as above. CO₂ emissions from net land use change, mainly deforestation, are based on land cover change data and estimated for 1750–1850 from the average of four models (Pongratz et al., 2009; Shevliakova et al., 2009; van Minnen et al., 2009; Zaehle et al., 2011) before 1850 and from Houghton et al. (2012) after 1850 (see Table 6.2). The atmospheric CO₂ growth rate (term in light blue 'atmosphere from measurements' in the figure) prior to 1959 is based on a spline fit to ice core observations (Neftel et al., 1982; Friedli et al., 1986; Etheridge et al., 1996) and a synthesis of atmospheric measurements from 1959 (Ballantyne et al., 2012). The fit to ice core observations does not capture the large interannual variability in atmospheric CO₂ and is represented with a dashed line. The ocean CO₂ sink prior to 1959 (term in dark blue 'ocean from indirect observations and models' in the figure) is from Khatiwala et al. (2009) and from a combination of models and observations from 1959 from (Le Quéré et al., 2013). The residual land sink (term in green in the figure) is computed from the residual of the other terms, and represents the sink of anthropogenic CO₂ in natural land ecosystems. The emissions and their partitioning only include the fluxes that have changed since 1750, and not the natural CO₂ fluxes (e.g., atmospheric CO₂ uptake from weathering, outgassing of CO₂ from lakes and rivers, and outgassing of CO₂ by the ocean from carbon delivered by rivers; see Figure 6.1) between the atmosphere, land and ocean reservoirs that existed before that time and still exist today. The uncertainties in the various terms are discussed in the text and reported in Table 6.1 for decadal mean values.

Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Treibhausgas-Emissionen 2016 gesamt und für die Landwirtschaft



10%

Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel



Jährliche Netto-Emissionen der globalen Land- und Forstwirtschaft (AFOLU) und anderer Sektoren (non-AFOLU; Durchschnitt 2007-2016)

(Arneth et al., 2019)

		Direct Anthropogenic							
		Net anthropogenic emissions due to Agriculture, Forestry, and Other Land Use (AFOLU)			Non-AFOLU anthropogenic GHG emissions ⁶	Total net anthropogenic emissions (AFOLU + non-AFOLU) by gas	AFOLU as a % of total net anthropogenic emissions, by gas	Natural response of land to human-induced environmental change ⁷	Net land – atmosphere flux from all lands
Panel 1: Contribution of AFOLU									
		FOLU	Agriculture	Total					
		A	B	C = B + A	D	E = C + D	F = (C/E)*100	G	A + G
CO ₂ ²									
	Gt CO ₂ y ⁻¹	5.2 ± 2.6	-- ¹¹	5.2 ± 2.6	33.9 ± 1.8	39.1 ± 3.2	~13%	-11.2 ± 2.6	-6.0 ± 2.0
CH ₄ ^{3,8}	Mt CH ₄ y ⁻¹	19 ± 6	142 ± 43	162 ± 48.6	201 ± 100	363 ± 111			
	Gt CO ₂ e y ⁻¹	0.5 ± 0.2	4.0 ± 1.2	4.5 ± 1.4	5.6 ± 2.8	10.1 ± 3.1	~44%		
N ₂ O ^{3,8}	Mt N ₂ O y ⁻¹	0.3 ± 0.1	8 ± 2	8.3 ± 2.5	2.0 ± 1.0	10.4 ± 2.7			
	Gt CO ₂ e y ⁻¹	0.09 ± 0.03	2.2 ± 0.7	2.3 ± 0.7	0.5 ± 0.3	2.8 ± 0.7	~82%		
Total (GHG)	Gt CO ₂ e y ⁻¹	5.8 ± 2.6	6.2 ± 1.4	12.0 ± 3.0	40.0 ± 3.4	52.0 ± 4.5	~23%		

23%

Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Optionen des Klimaschutzes in der Land- und Forstwirtschaft

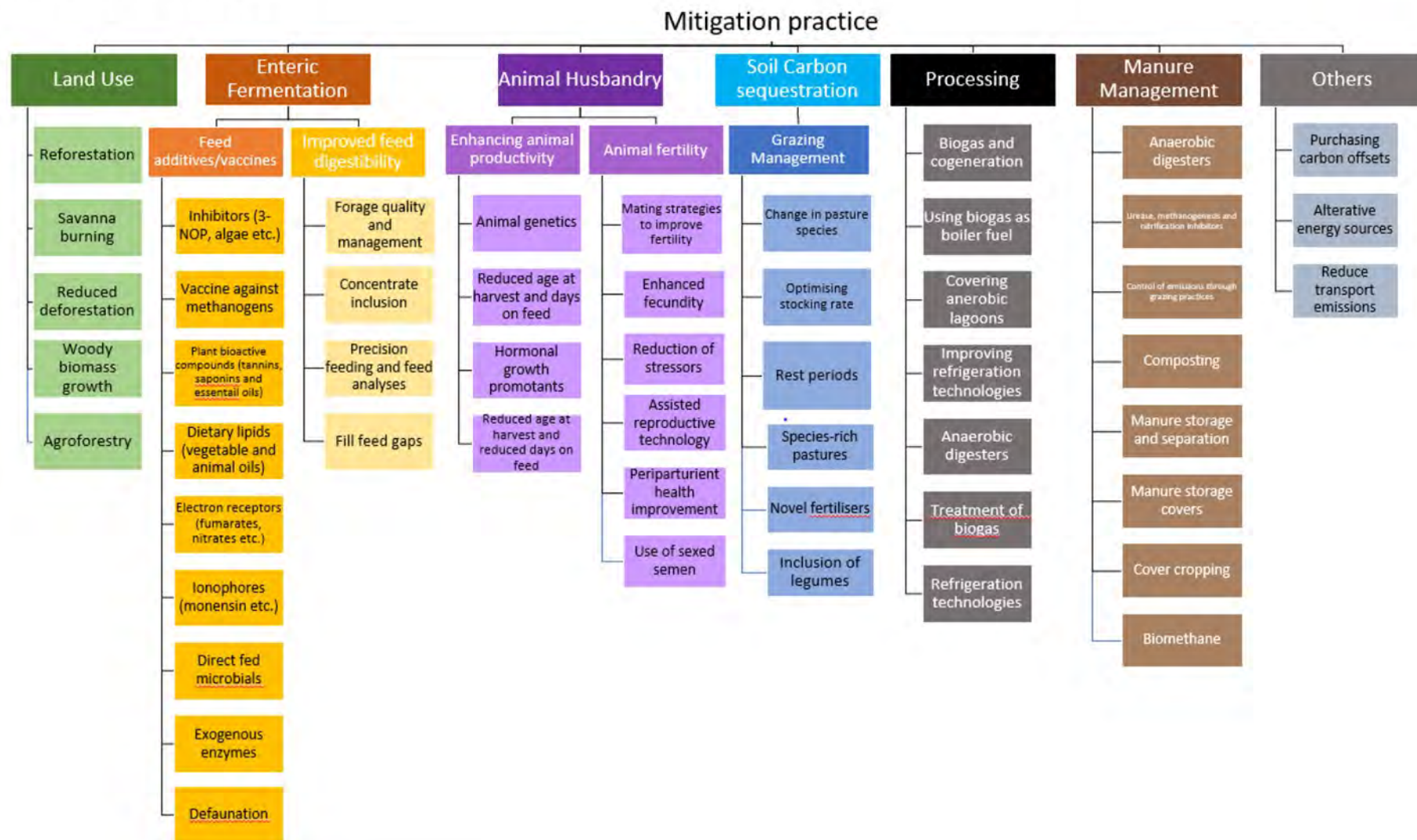


- Reduktion der Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger
 - Herstellung von Pestiziden und Düngemitteln
 - Mechanisierung der Tierhaltung, Bodenbearbeitung und Holzernte
 - Klimatisierung von Stallungen und Gewächshäusern
- Reduktion der Emissionen der Tierhaltung
 - Methanemissionen bei Wiederkäuern
 - Lachgas- und Methanemissionen des Wirtschaftsdüngemanagements
- Reduktion der Emissionen aus Landnutzungsänderungen
 - Veränderungen des Bodenkohlenstoffgehaltes durch Humusauf- und -abbau sowie Bodenerosion
 - Aufbau oder Verlust stehender Biomasse
 - Mineralische Stickstoffdüngung und Bodenmanagement (z.B. Reisanbau)
- Bereitstellung von Agro-Treibstoffen
 - Einsparungen vs. Emissionen aus Bewirtschaftung und indirektem Landnutzungswandel
- Veränderung der Erdoberfläche
 - Veränderungen von Verdunstung, Oberflächenhydrologie und Temperaturflüssen
 - Veränderung der Rückstrahlung (Albedo)

Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Technische Klimaschutzmaßnahmen in der globalen Tierhaltung

(Mbow et al., 2019)



Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel



Grenzvermeidungskosten als Entscheidungskriterium für den Klimaschutz (Eory et al., 2015)

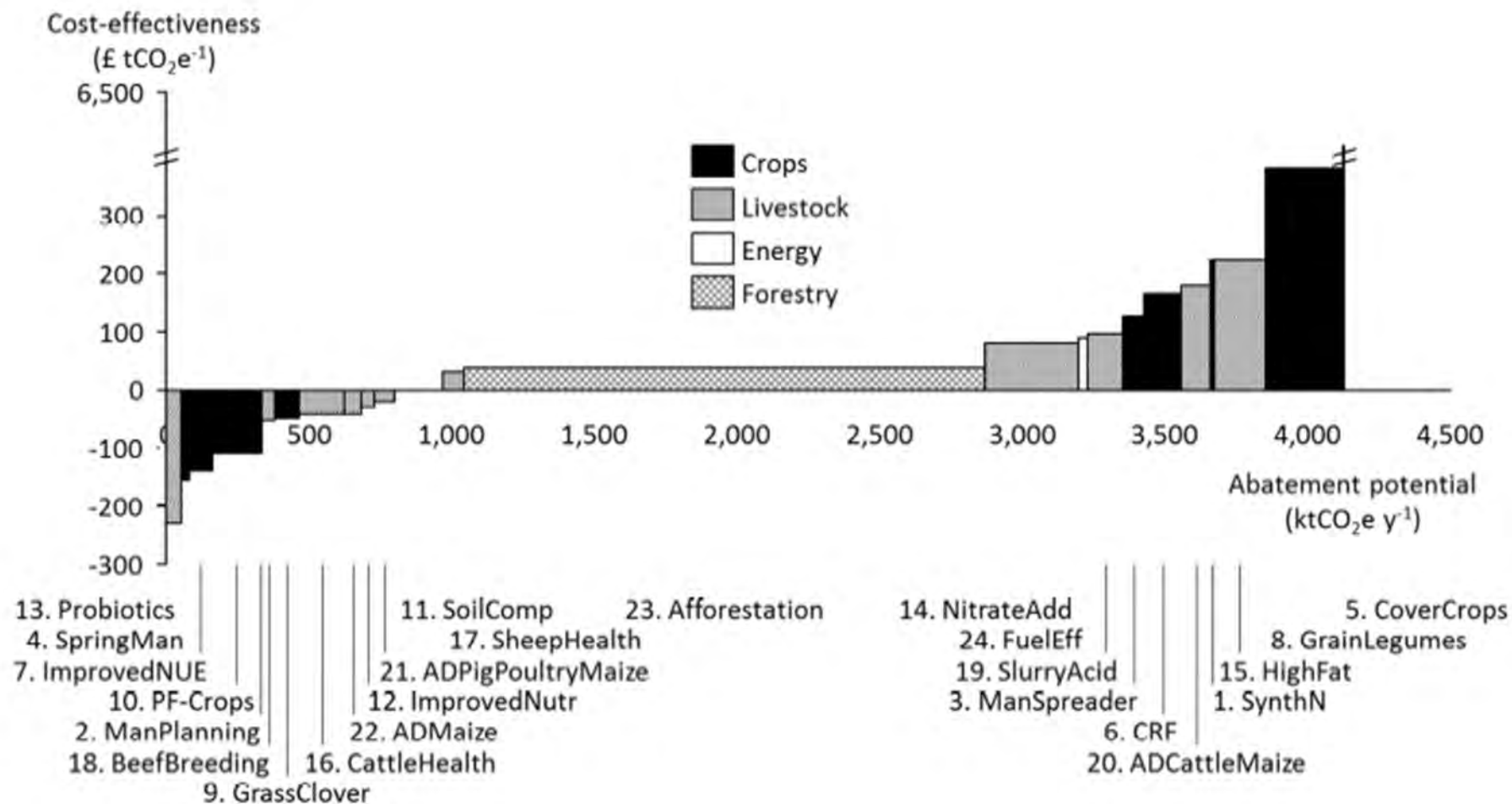


Figure 4 Marginal abatement cost curve (with interactions, 2030, UK, CFP, d.r. 3.5%), note that the C price in 2030 is £78 t CO₂e⁻¹

Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Optionen zur Reduktion von Methanemissionen bei Wiederkäuern

(Brade & Wimmers, 2016)



Strategien zur Methanreduzierung

indirekt

direkt

Futter/Fütterung

Wirt (Rind)

Methanogene

Zusammensetzung der Nahrung (Reduzierung von Zellwandbestandteilen)

Erhöhung der Passage-rate/stärkereiche Ration

Einsatz bestimmter Öle, Fette (Talg), Pfl.-samen

Einsatz ausgew. Pflanzenstoffe (Saponine, Tannine)

Einsatz ausgew. Säuren (Propionsäure-Vorstufen)

Ionophore (in EU nicht erlaubt), weitere Futterzusätze (ausgew. Salze)

Selektion auf reduzierte CH_4 -Emissionen je kg TA bzw. je Produkteinheit

Verbesserung d. Futterverwertung/-effizienz

Leistungssteigerung/Reduzierung d. Tierzahl

Reduzierung der Tierverluste bzw. Krankheitshäufigkeit

frühes Erstkalbealter, EKA

Verlängerung der Nutzungsdauer

Quantitative Beeinflussung der Zusammensetzung auf Gattungs-/ Artenebene [direkt, indirekt (Impfung)]

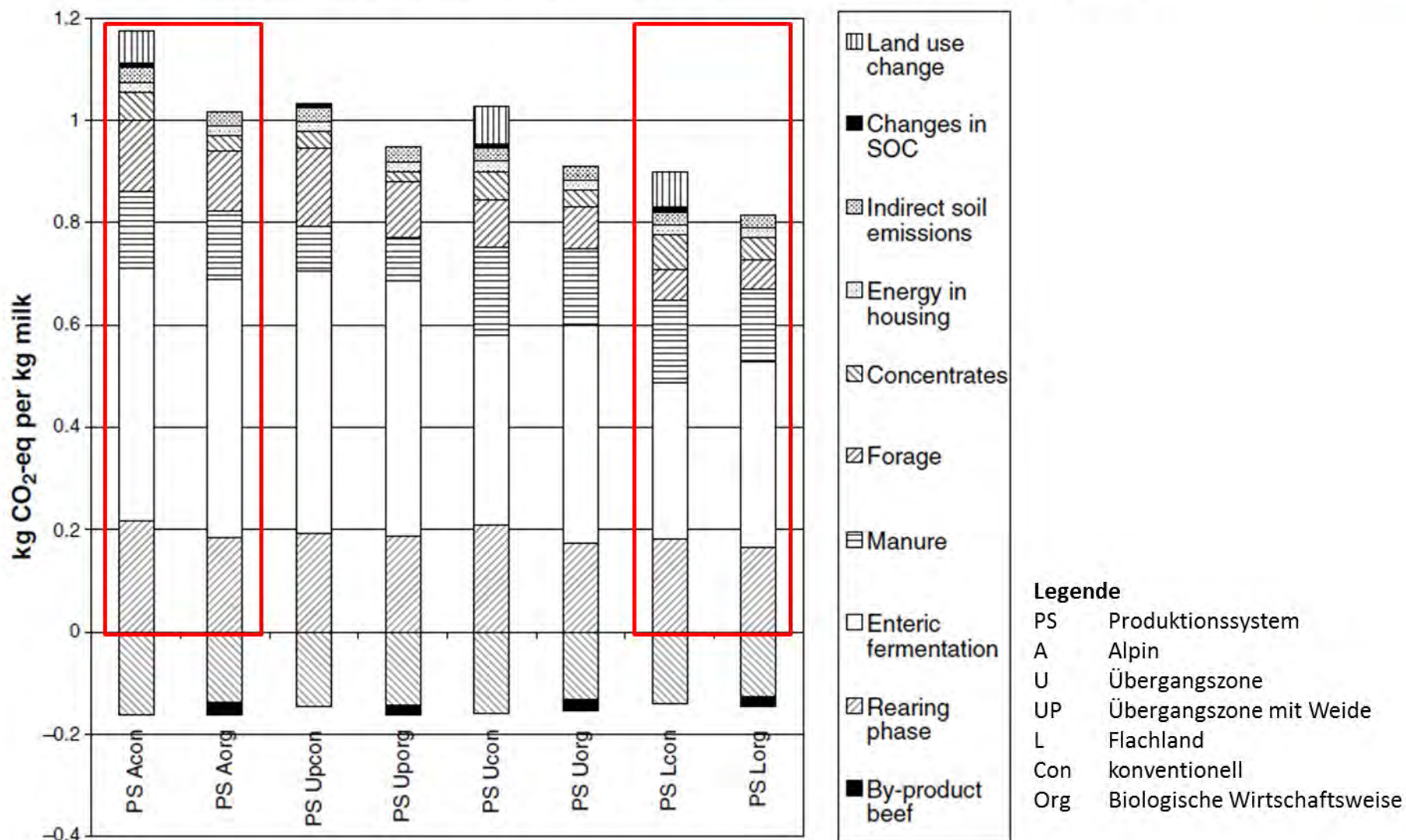
Beeinflussung der Methanogenese auf Transkriptionsebene

Beeinflussung d. H_2 -Verfügbarkeit für archaeelle Methanogene

Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel



Treibhausgas-Emissionen der Milchproduktion nach Lage (A, U, L),
Produktionssystem (p, org, conv) in Österreich (Hörtenhuber et al., 2010)



Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Produktion von Agro-Treibstoffen, Strom und industriellen Rohstoffen



Beweidung von Photovoltaik-Anlagen mit Schafen

Anforderungen an die Bauweise der Anlage und die Haltung der Schafe, die Vertragsgestaltung sowie die Vergütung



LfL-Information



BIOREFINERY GLAS



<https://biorefineryglas.eu/squeezing-value-out-of-grass>

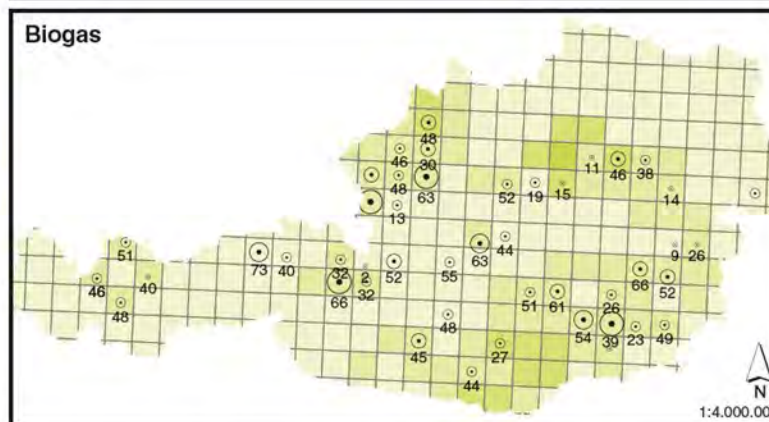
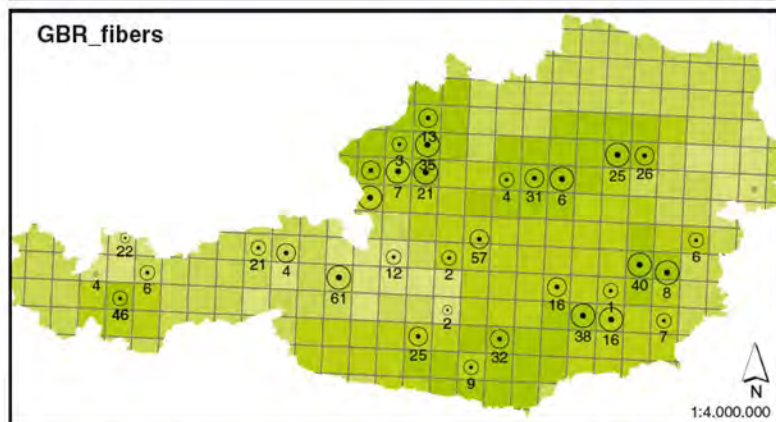
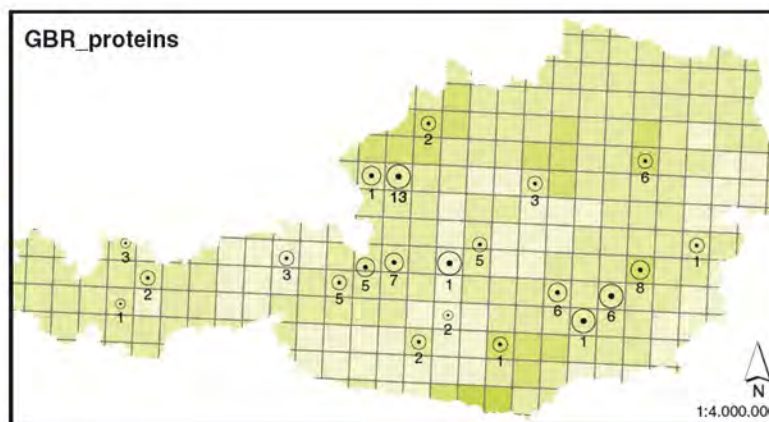
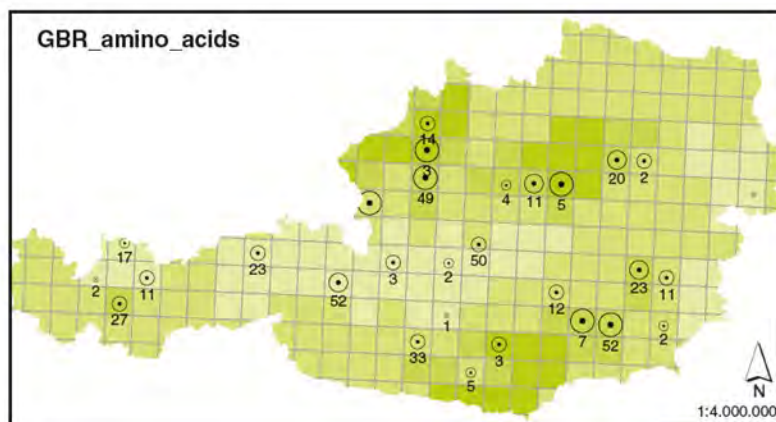
Merkblatt

Kurzumtrieb

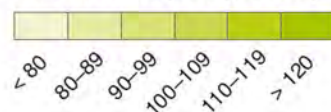


Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

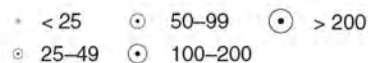
Ausgewählte Standorte von Bio-Raffinerien, deren Größe & Rohstoffpreis
(Höltinger et al., 2014)



Mean feedstock price (€ t⁻¹ dm)



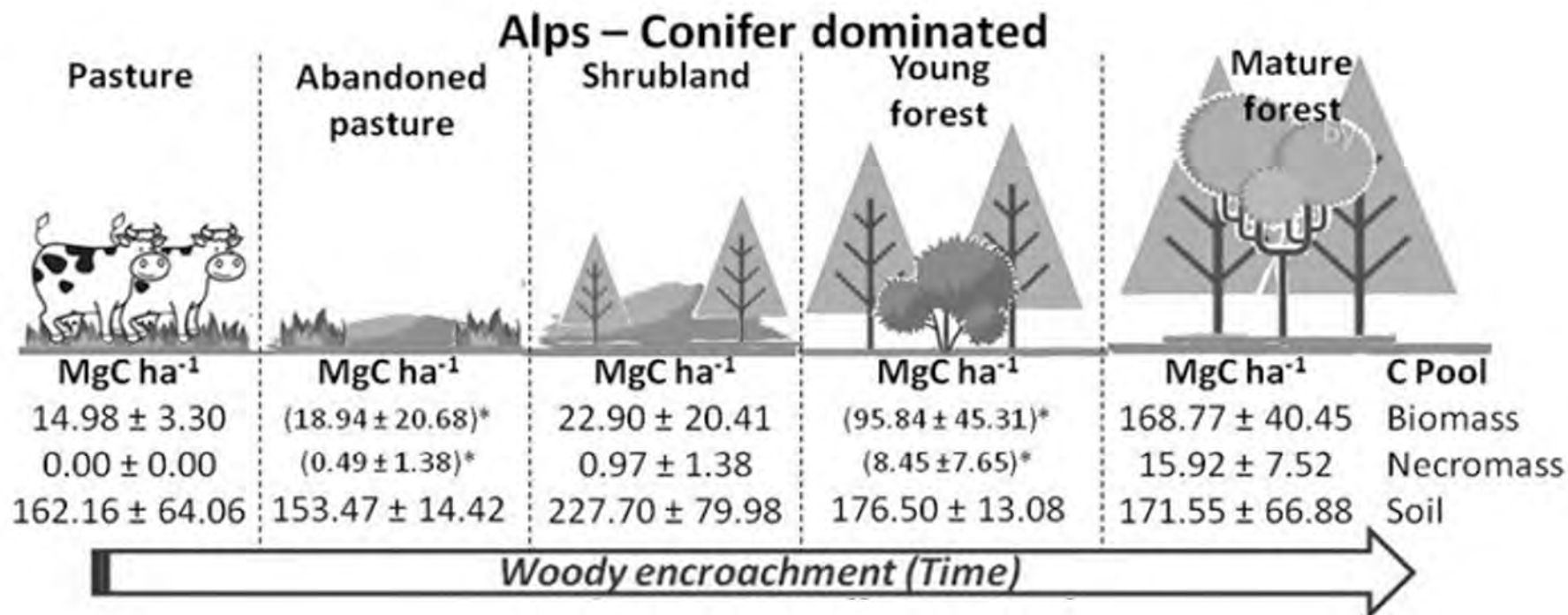
Mean plant capacity (1,000 t dm)



The numbers below the plants indicate how often a certain plant location has been chosen (as percentage of all 500 Monte-Carlo simulation runs). Locations that have been chosen in less than 1 % of all runs are not displayed.

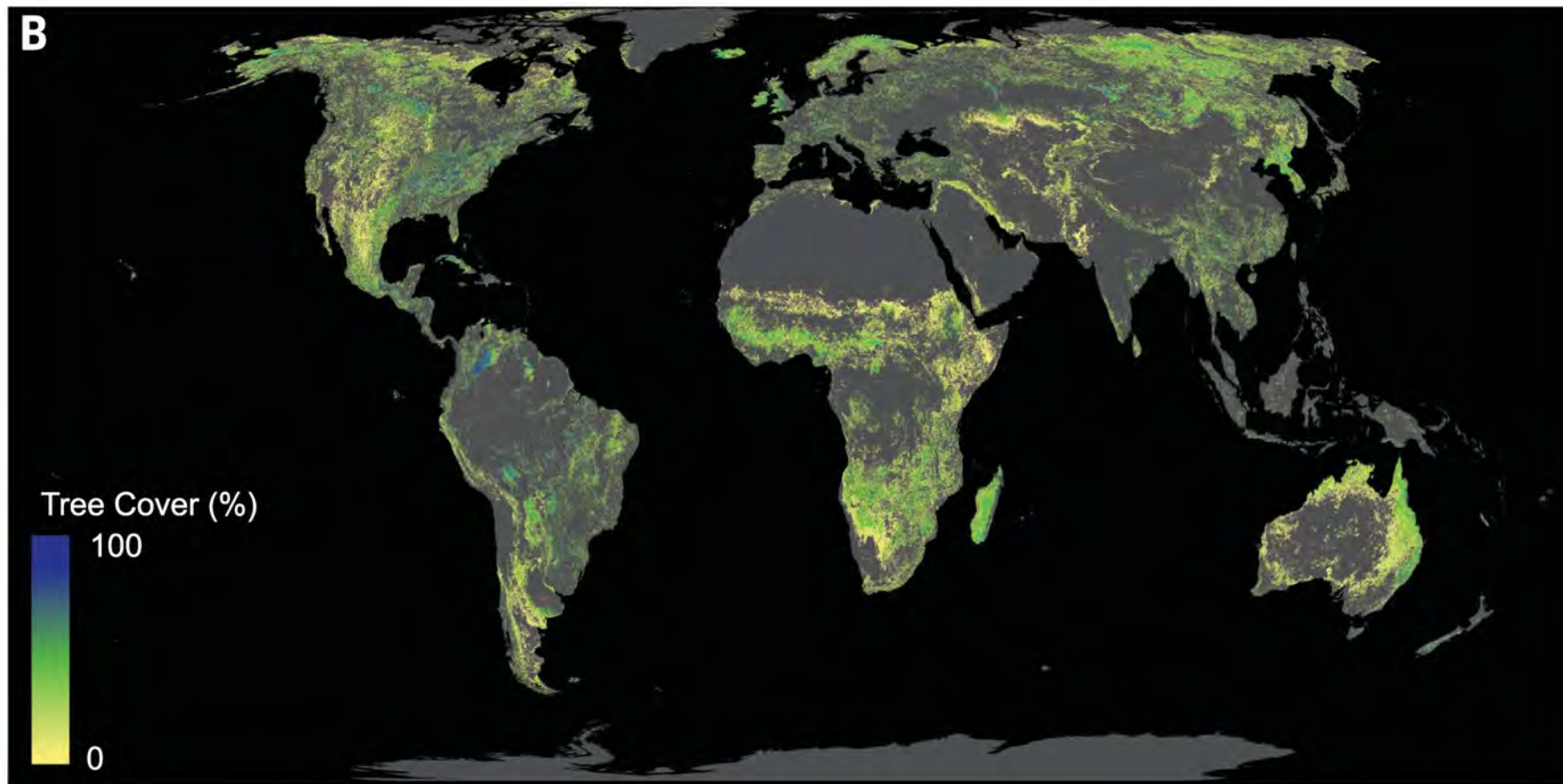
Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Die Kohlenstoffanreicherung durch Aufforstung (Pellis et al., 2019)



Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Mögliche zusätzliche globale Waldbedeckung (Bastin et al., 2019)



Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Beispiele für Schlagzeilen im August 2019



Die Presse
SEIT 1848
DONNERSTAG, 8. AUGUST 2019 · PREIS: 2,20 EURO · NR. 22.000

VON MATTHIAS AUER UND ULRIKE WEISER

Muss Fleisch teurer werden?

Debatte. Deutschland diskutiert über eine Fleischsteuer. Hierzulande sind nicht einmal die Grünen dafür.



Was brächte die Steuer?
Ungewohnt eing sind sich Landwirte und Händler in der Bewertung der diskutierten Fleischsteuer. Die Erhöhung der Mehrwertsteuer auf zwanzig Prozent werde kaum Auswirkungen auf die Essgewohnheiten der Österreicher haben. „Lenkungssteuern in dieser Größenordnung haben keinen Effekt“, berichtet Berkmann von den Erfahrungen des Konzerns in Ungarn. Das Land führte 2011 eine Fett- und Zuckersteuer ein. „Ein paar Monate lang haben die Konsumenten gemurrt – und dann haben sie wieder genauso viel eingekauft wie vorher.“

Wie wahrscheinlich ist eine Fleischsteuer?
In Österreich: nicht sehr. Nur die Liste Jetzt spricht sich für eine solche zweckgebundene Steuererhöhung aus. Die große Mehrheit sei für ein Ende der Massenenthaltung in Tierfabriken, daher müsse man die Kosten gemeinsam tragen, sagt Tierschützer Martin Balluch, der für die Liste kandidiert.
Alle anderen sehen das anders. „Eine Massensteuer auf Grundnahrungsmittel an-

Wie sehr schadet Fleisch dem Klima?
Die industrielle Fleischpro-

Berlin/Wien. Die Idee passt zum Zeitgeist. Der deutsche Tierschutzbund fordert eine „Fleischsteuer“. Sie soll auf einen Schlag zwei Probleme lindern: Tierleid und Klimawandel. Denn das zusätzliche Geld soll den Landwirten für Maßnahmen für eine tiergerechtere und klimaschonendere Haltung zufließen.
In Deutschland stößt der Vorschlag auf positives Echo. CDU, SPD und Grüne können sich für eine „Tierwohlprämie“ bzw. eine Erhöhung der Mehrwertsteuer erwärmen. Wobei es eigentlich um eine Steueranpassung ginge. In Deutschland beträgt die Steuer auf tierische Produkte generell sieben Prozent, auf andere Lebensmittel (z. B. Hafer, statt Kuhmilch) 19 Prozent. In Österreich gilt dagegen für Nahrungsmittel prinzipiell der ermäßigte Umsatzsteuersatz von zehn statt 20 Prozent. Es ginge also um eine „echte“ Steuererhöhung. Was sie bringen würde und wer sie (nicht) will: ein Überblick.

Die Presse
SEIT 1848
FREITAG, 9. AUGUST 2019 · PREIS: 2,50 EURO · NR. 22.001



Es wird eng auf der Erde

Boden. Die globale Agrarindustrie beanspruche zu große Teile der Landmasse für sich, lauge die Böden aus und befeure die Klimakrise, warnen Forscher. Sie fordern weniger Fleisch auf dem Teller und mehr Bäume.

VON MATTHIAS AUER

Wien. Die Welt wird voller, reicher, hungrier – und langsam wird der Platz knapp. Vor gut hundert Jahren lebten 1,5 Milliarden Menschen auf dem Planeten, heute sind es 7,7 Milliarden, in drei Jahrzehnten werden es zehn Milliarden sein. Schon heute braucht die Menschheit 72 Prozent der eisfreien Landflächen, um sich (und ihre Tiere) zu ernähren. Der Rest ist für Industrie und Infrastruktur reserviert. In Österreich sind zwei Milliarden sind übergewichtig oder krankhaft fett. Es fördert auch eine Agrarindustrie, die große Umweltschäden in Kauf nimmt, um (mehr als) genug Nahrungsmittel zu erzeugen. In vielen Schwellenländern werden Regenwälder abgeholzt, um Platz für Acker- und Weideland zu schaffen. Die Emissionen durch Düngemittel haben sich seit den 1960ern vervielfacht. In Industrienationen kommt dazu ein starker Trend zur Fleisch- und Milchproduktion. In Asien und Afrika. Für die reicheren Industrienationen auf der Nordhalbkugel heißt das: Da die Bevölkerung gerade in Asien und Afrika am stärksten wächst, wird der Migrationsdruck auf die vermeintlichen „Gewinnerländer“ der Klimakrise deutlich zunehmen, erwartet der Weltklimarat.

Die Antworten
Was ist das zu machen? Der Klimarat fordert:

Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Synergien und Zielkonflikte im Klimaschutz



Ökosystemleistungen in der Landwirtschaft

Landwirtschaft – Ökosystemleistungen

Kulturlandschaft

Biologische Vielfalt

Wasserqualität und -verfügbarkeit

Bodenfunktion

Klimastabilität (Kohlenstoffspeicher/Treibhausgasemissionen)

Reduktion der Hochwassergefahr

Reduktion der Lawinengefahr

Reduktion der Erosionsgefahr

Nahrungsmittelsicherheit/Rohstoffe

Genetische Vielfalt

Quelle: adaptiert nach COOPER et al. 2009

umweltbundesamt^U

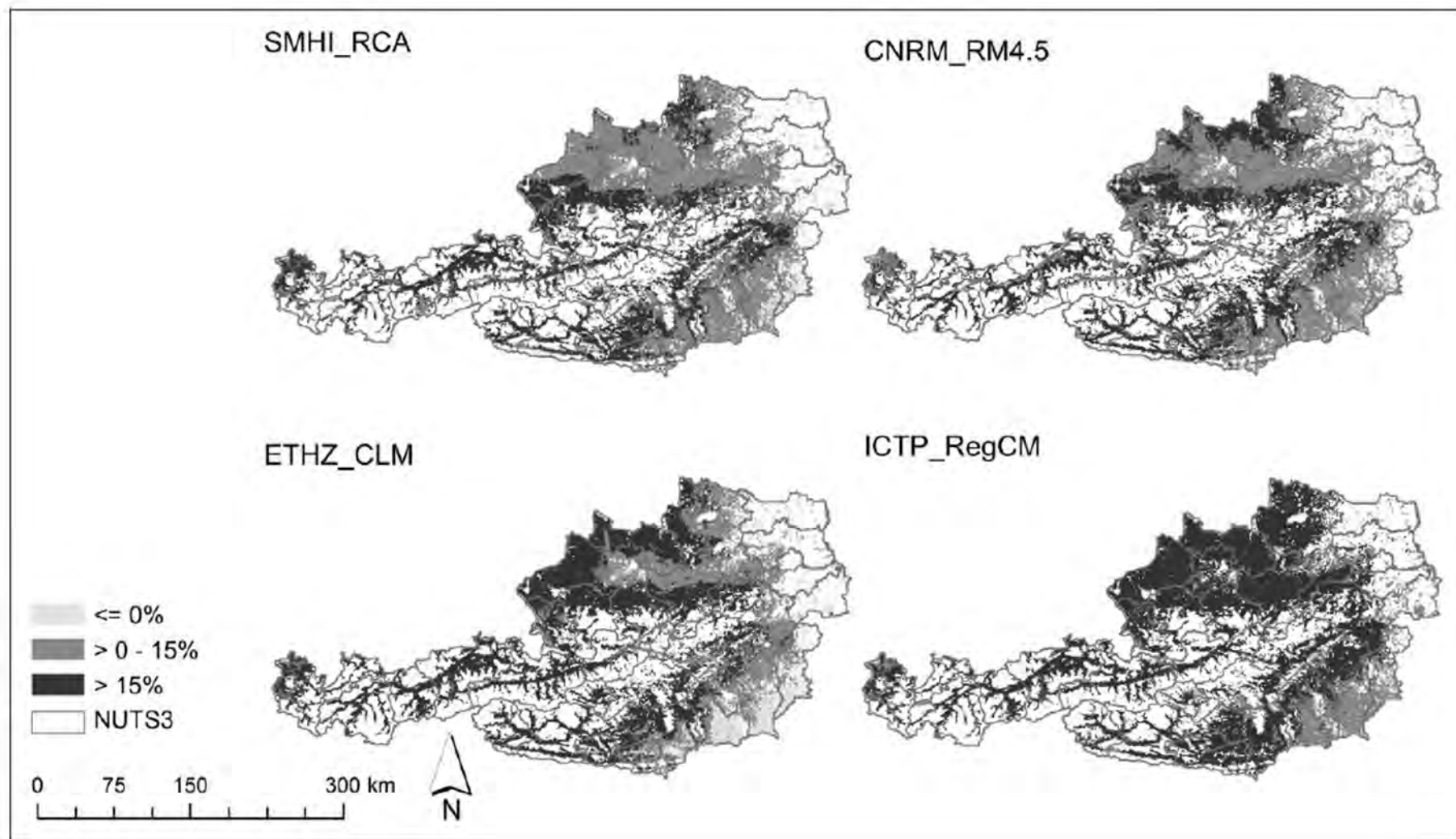
(Götzl et al., 2012)



<https://sustainabledevelopment.un.org>

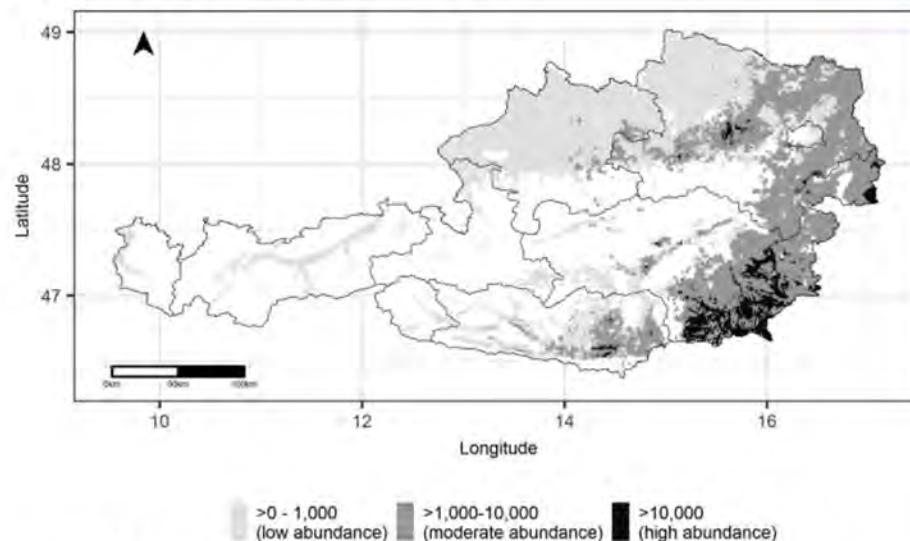
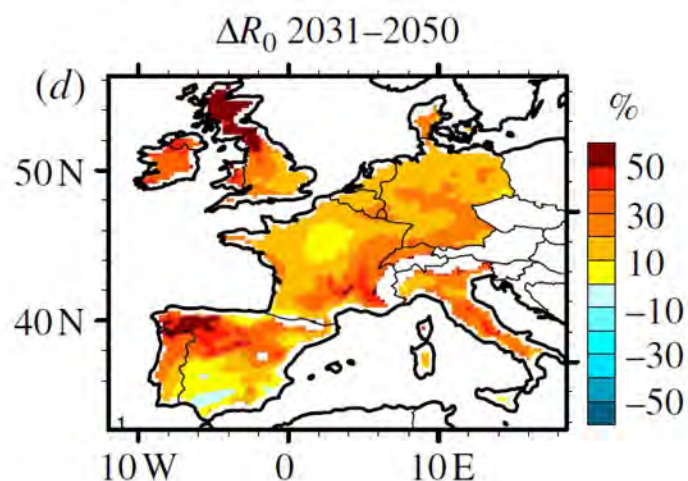
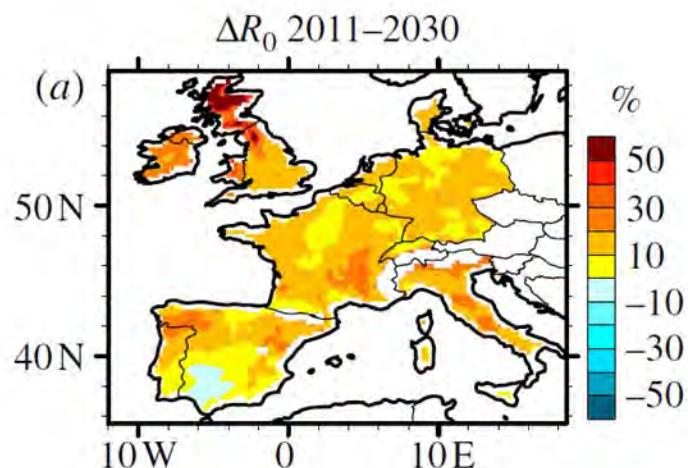
Auswirkungen des Klimawandels

Modellierte Grünlanderträge bei vier Klimamodell-Simulationen (2031-2050 zu 1991-2010) (Schönhart et al., 2014)



Auswirkungen des Klimawandels

Veränderte Ausbreitungswahrscheinlichkeit von Krankheiten und Schädlingen (Blauzungenkrankheit (links); dzt. Vorkommen von Maiswurzelbohrer (rechts))



Hohe Maisanteile und ein mildes Klima (Niederschläge im Sommern, milde Winter und warme Sommer) fördern die Verbreitung
(Falkner et al., 2019)

“Wir müssen uns mit Schädlingen beschäftigen, die es früher nicht gab....z.B. Kartoffelkäfer kamen früher einmal im Jahr. Heute müssen wir dreimal schützen....Ich glaube, das ist auch wegen der höheren Temperaturen...”

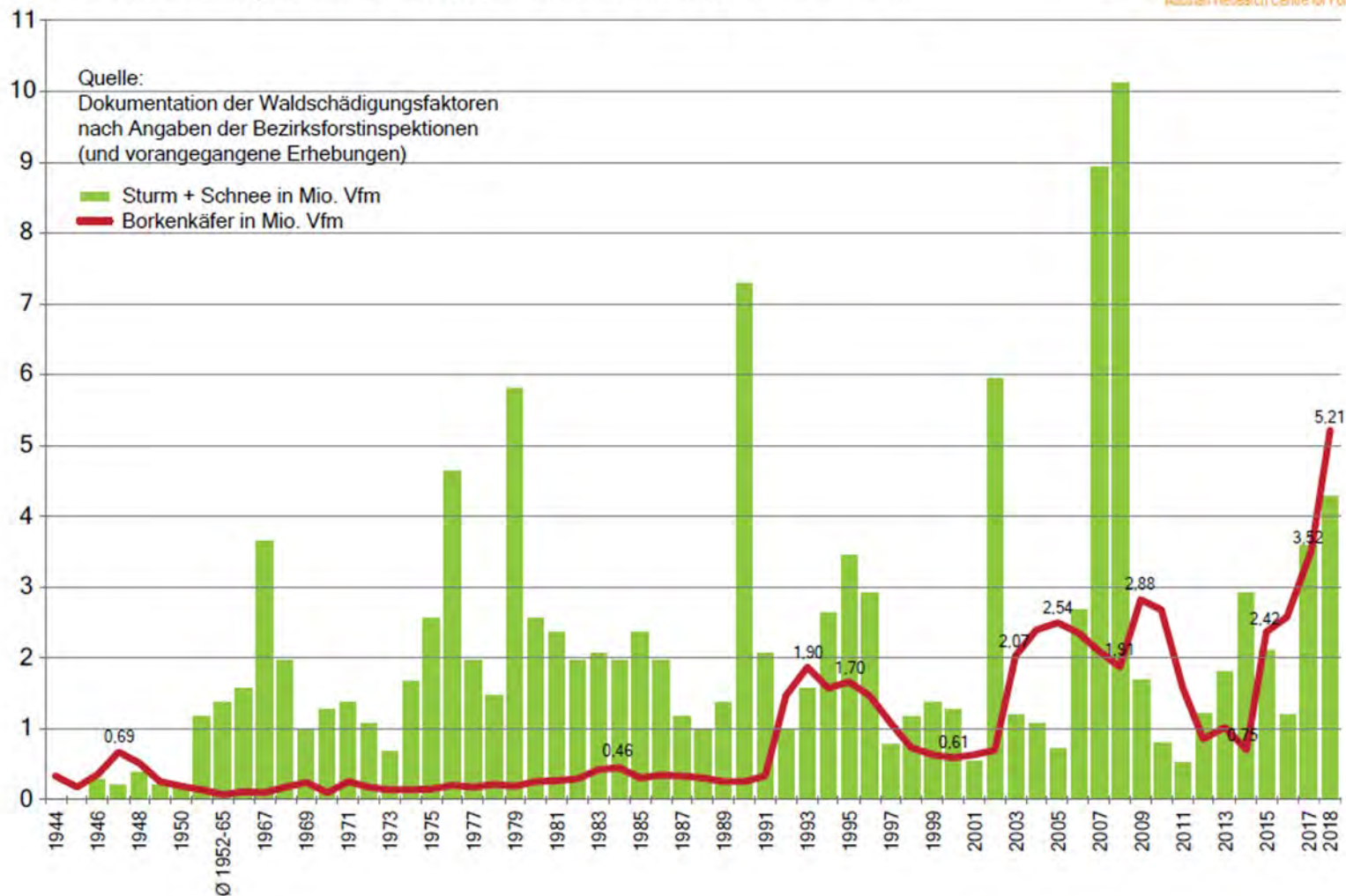
(frei übersetzt aus Mitter et al., 2018)

Auswirkungen des Klimawandels

Schäden durch Sturm, Schnee und Borkenkäfer (Mio. Vfm) in Österreich
(Stangl et al., 2018)

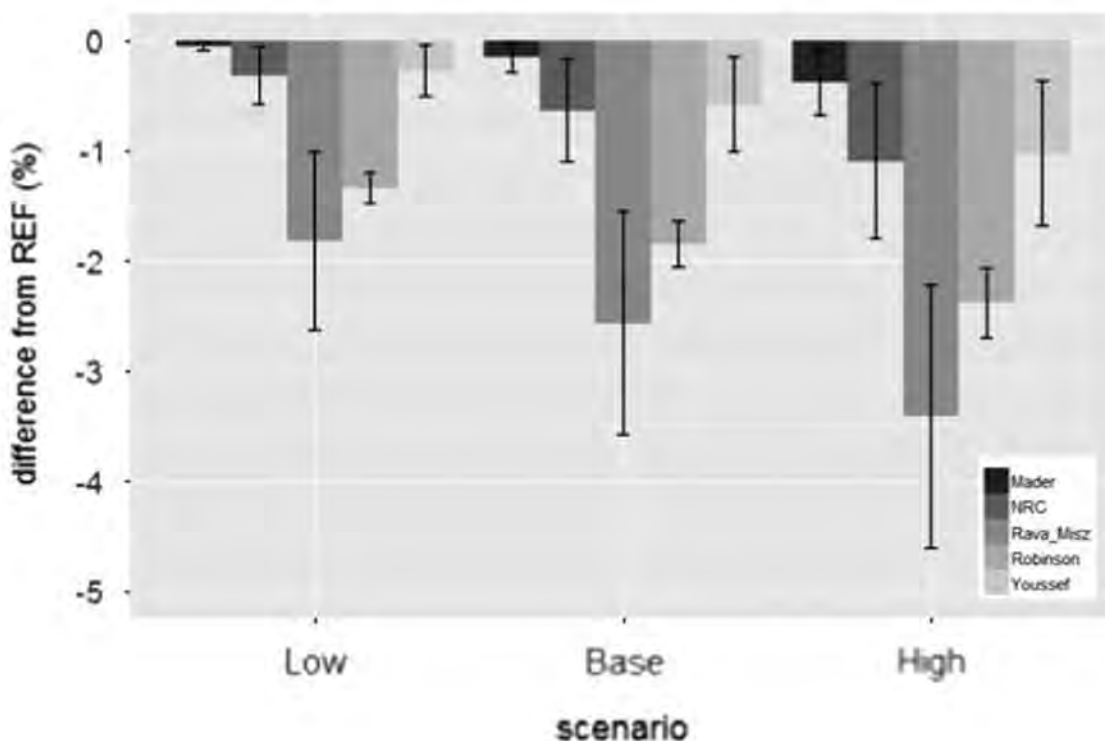
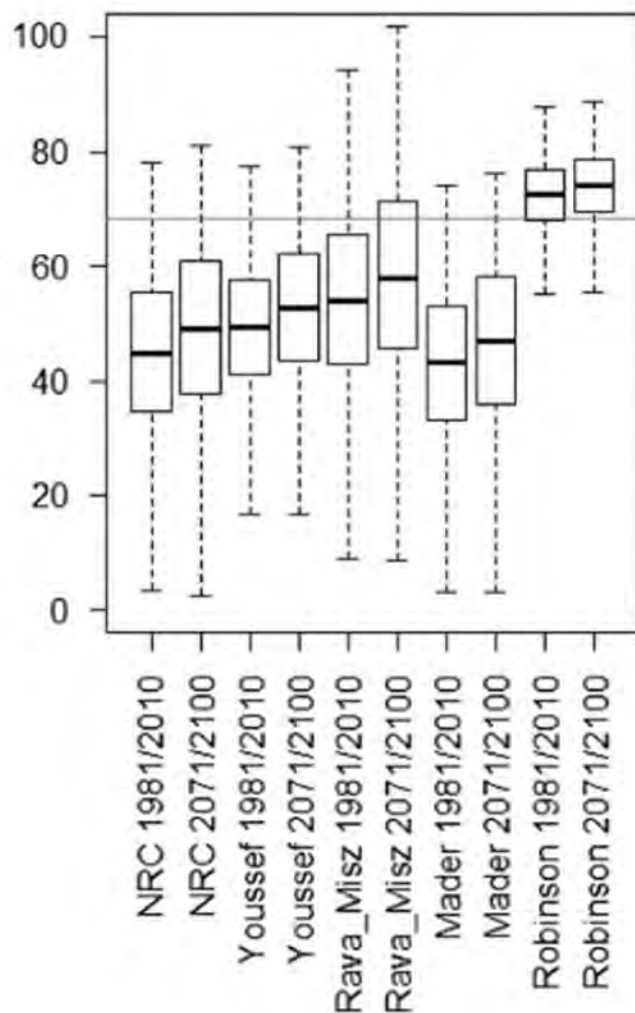


Schadholzmengen durch Sturm, Schnee und Borkenkäferbefall



Auswirkungen des Klimawandels

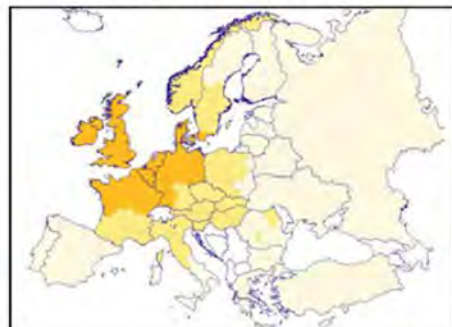
Verteilung des Temperatur-Feuchte-Index (THI aus 5 Modellen, links);
Verluste durch Hitzestress in der österreichischen Rinderhaltung bei drei
Szenarien (Schönhart & Nadeem, 2015)



Auswirkungen des Klimawandels

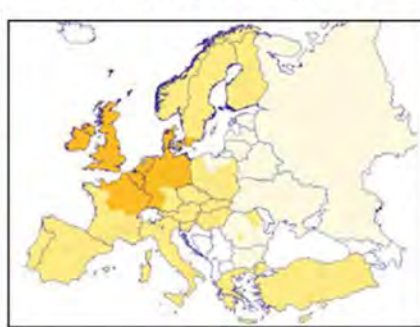
Veränderung der Produktivität durch Klimawandel (inkl. CO₂-Düngungseffekt) und technologischen Wandel (Hermans et al., 2010)

Wheat productivity 2005



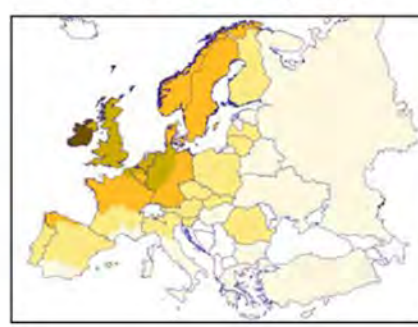
(a)

Potato productivity 2005



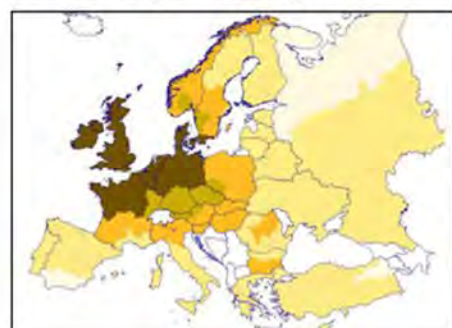
(b)

Grass productivity 2005



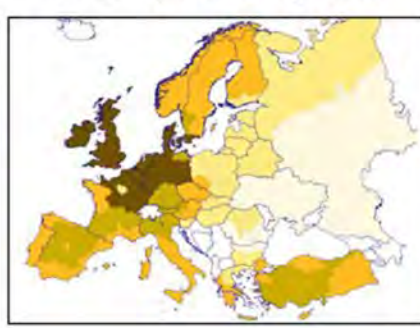
(c)

Wheat productivity 2050



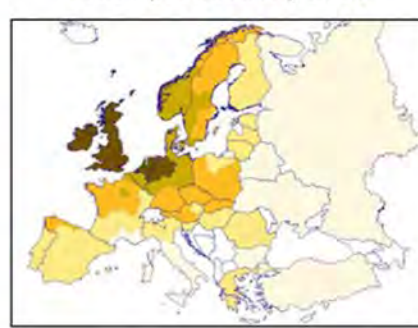
(d)

Potato productivity 2050



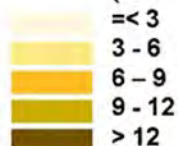
(e)

Grass productivity 2050

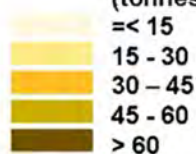


(f)

Wheat
(tonnes/ha)



Potato
(tonnes/ha)



Grass
(tonnes/ha)



Auswirkungen des Klimawandels

Wirkung des Klimawandels auf die globalen Agrarmärkte 2050 in einem Ensemble globaler Marktmodellen (Nelson et al., 2014)

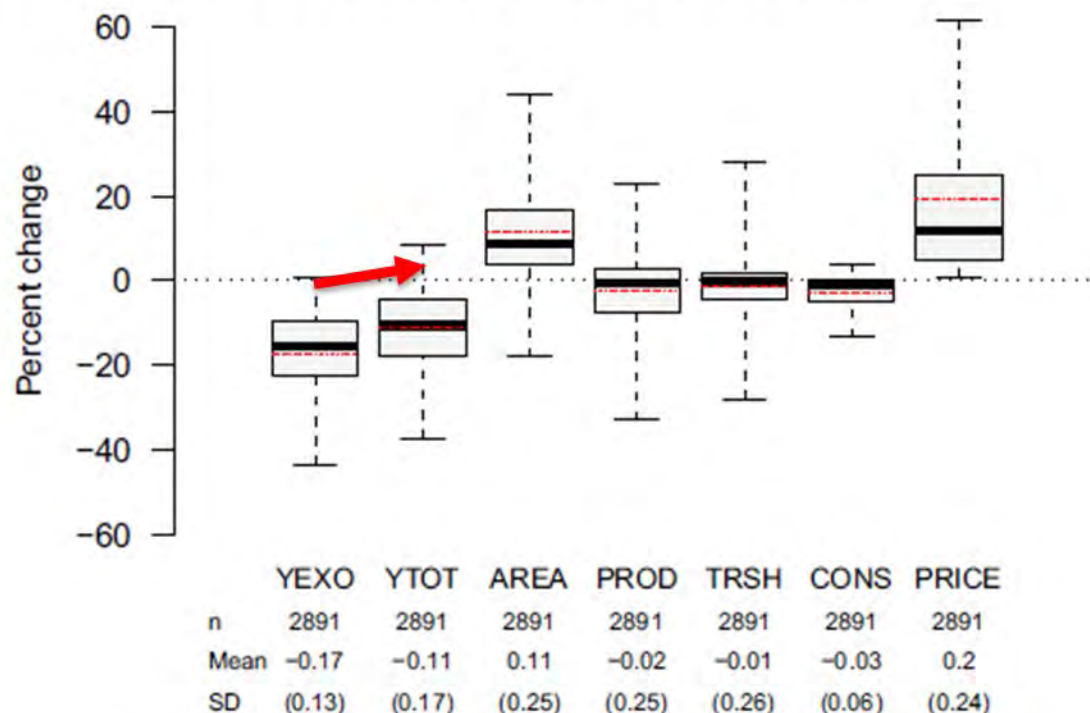
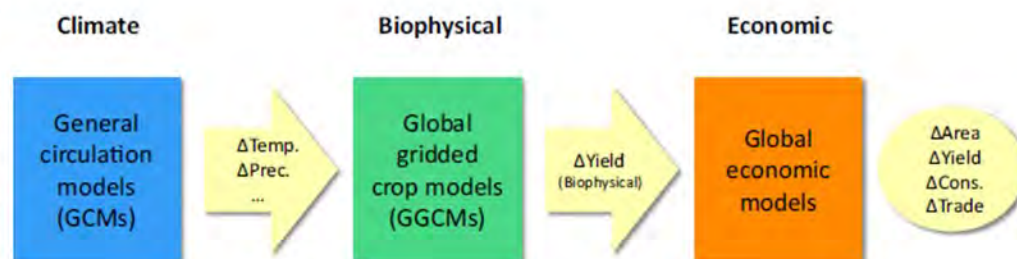
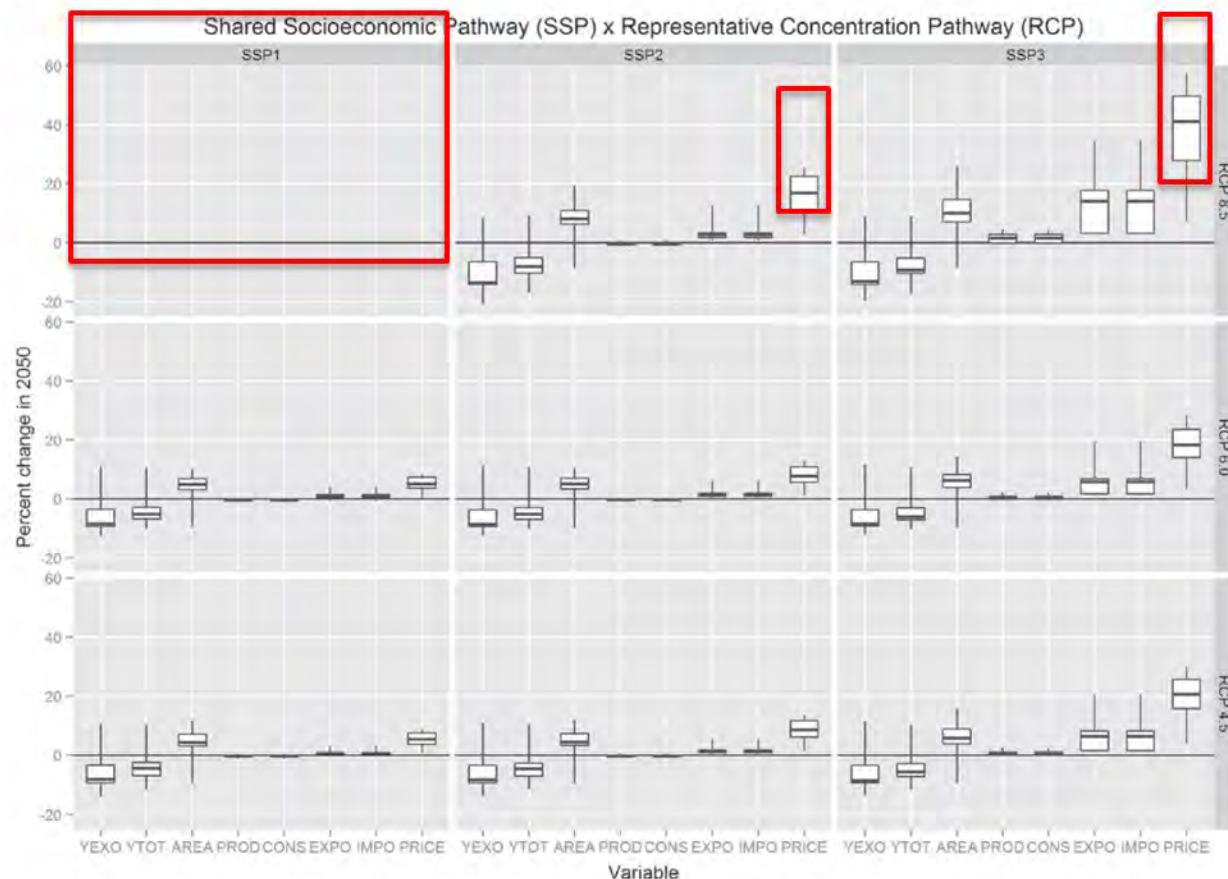


Fig. 2. Variability of key crop and economic model results across crop aggregates ($n = 4$), models ($n = 9$), scenarios ($n = 7$), and regions ($n = 13$). Box-and-whiskers plots for key crop and economic model results. The variables YEXO, YTOT, AREA, PROD, CONS, and PRICE are reported as percent-age change for a climate change scenario relative to the reference scenario (with constant climate) in 2050. TRSH is the change in net imports relative to reference scenario production in 2050. Total n is not equal to the full product of dimensions because region-crop pairs without production and consumption in the baseline of a model are not represented for that model. The boxes represent first and third quartiles, and the whiskers show 5–95% intervals of results. The thick black line represents the median, and the thin red dotted line, the mean value.



Auswirkungen des Klimawandels

Wirkung des Klimawandels unter sozioökonomischen Szenarien auf die globalen Agrarmärkte 2050 in einem Ensemble globaler Marktmodellen



Derzeit in Entwicklung:
Eur-Agri-SSPs

➡ eur-agri-ssps.boku.ac.at

Note: The plots show pooled results for five commodities from three GCMs and the FARM economic model, aggregated across thirteen regions ($n = 15$). All pooled data are combined into the sample for each boxplot, and cannot be distinguished individually.

Variables: YEXO = exogenous yield shocks, YTOT = realized yields after management adaptation, AREA = agricultural area in production, PROD = total production, CONS = total consumption, EXPO = exports, IMPO = imports, PRICE = price.

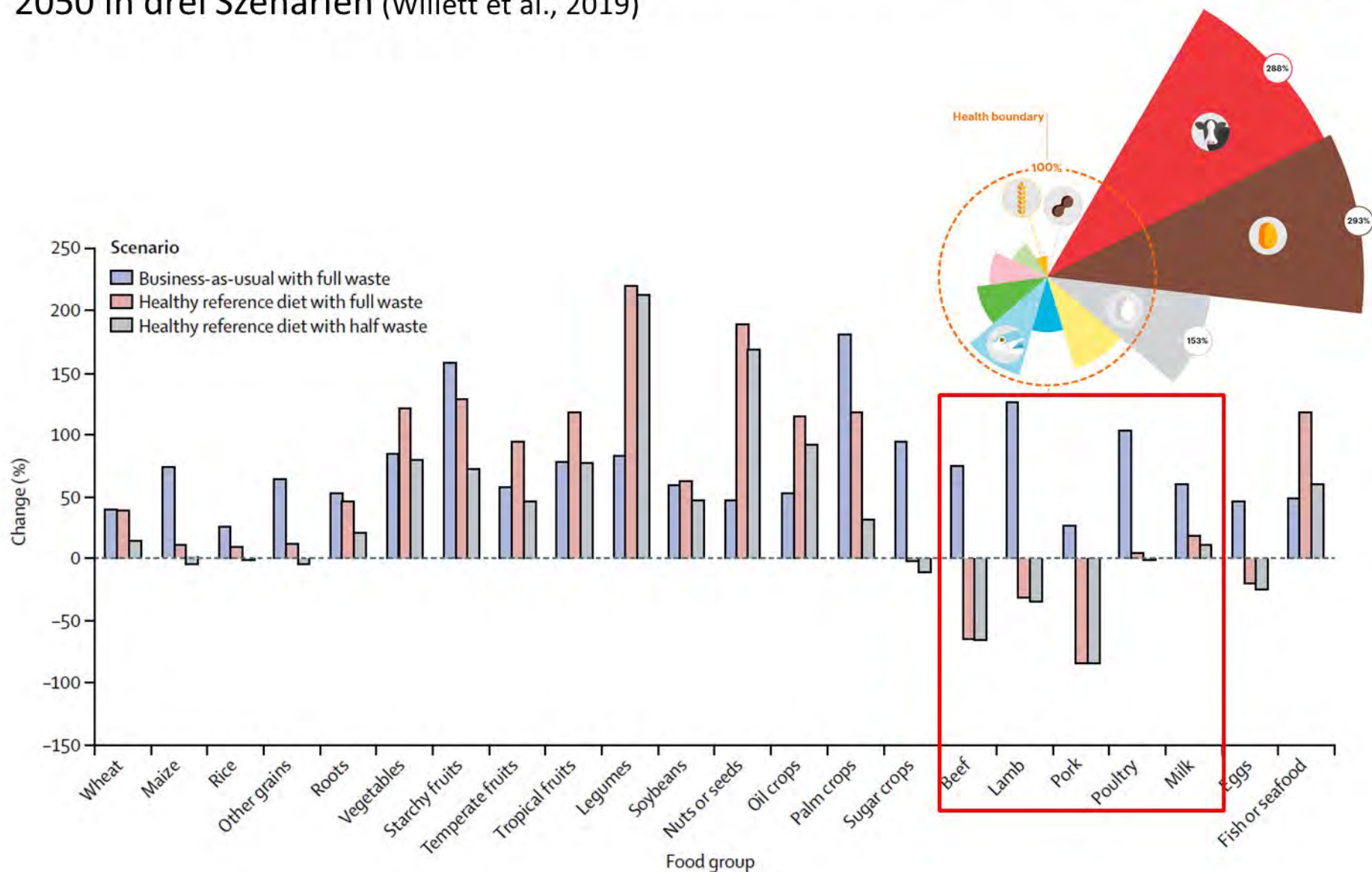
Source: The authors.

Figure 6. Impacts of climate change on global yields, area, production, consumption, exports, imports and prices of coarse grains, rice, wheat, oilseeds and sugar under a range of SSP x RCP/GCM combinations using the FARM model (% deviation from respective SSP baseline values in 2050 without climate change).

(Wiebe et al., 2015)

Auswirkungen des Klimawandels

Erwartete Änderungen in der globalen Produktion zwischen 2010 und 2050 in drei Szenarien (Willett et al., 2019)



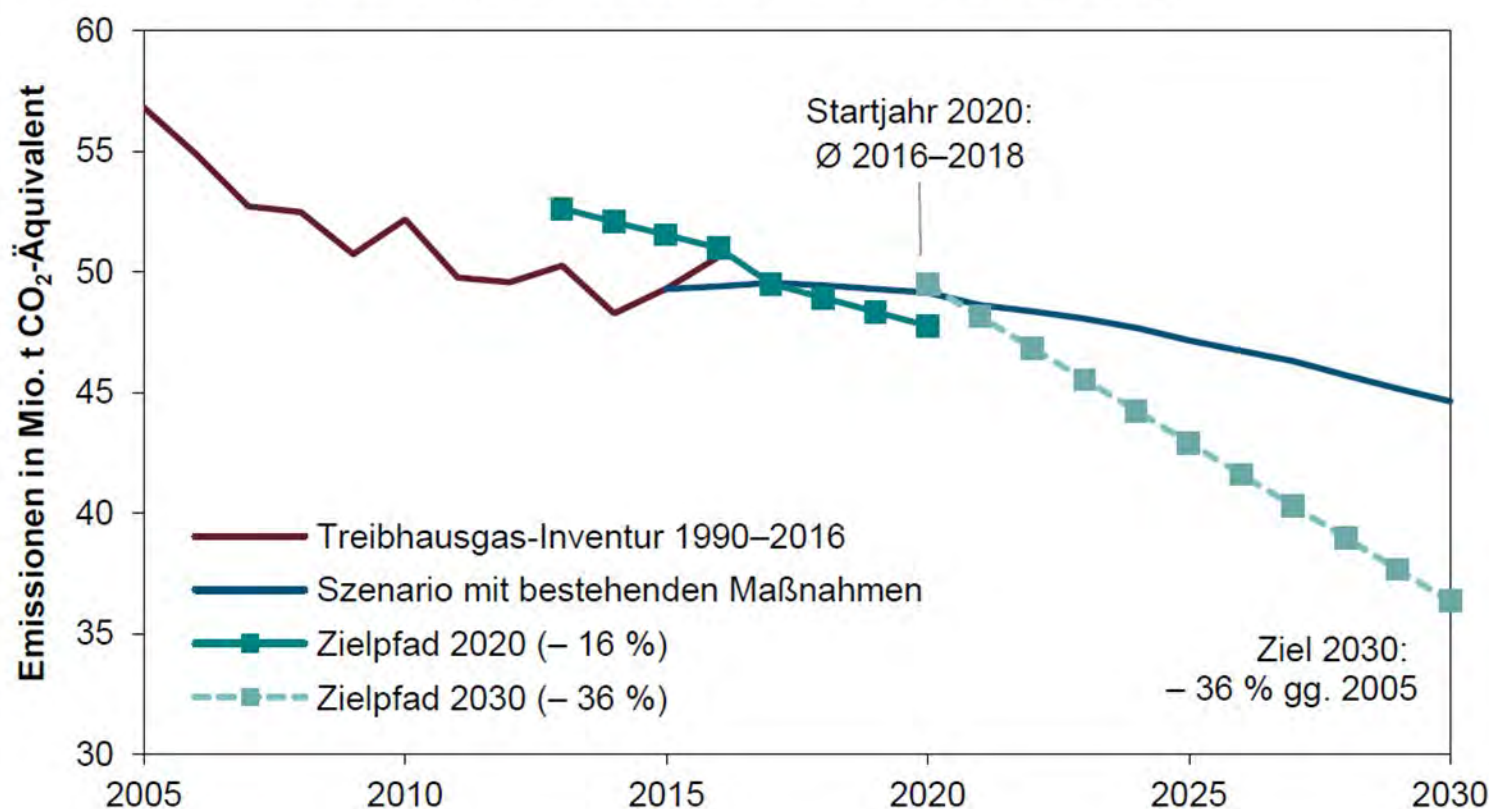
Auswirkungen des Klimawandels

Treibhausgasemissionen und Zielvorgaben für Österreich

(Umweltbundesamt, 2018)



THG-Emissionen (ohne Emissionshandel)



Quelle: UMWELTBUNDESAMT (2017c)

umweltbundesamt^U

Auswirkungen des Klimawandels

Zusammenfassung



- Veränderte Erträge und Ertragsrisiken
 - Längere Vegetationsperiode
 - Höherer CO₂-Gehalt der Luft
 - Wasserstress durch erhöhte Evapo-Transpiration
 - Vermehrtes Auftreten von Schädlingen und Krankheiten bei Pflanzen und Tieren
 - Erhöhte Erosionsgefahr durch Extremwetterereignisse
 - Veränderte Früh-/Spätfrostereignisse
 - Hitzestress bei Pflanzen und Tieren
- Veränderte globale Wettbewerbsbedingungen
- Verändertes Konsumverhalten
- Politische Verpflichtungen zum Klimaschutz



Erfordert Anpassungsstrategien

- Klimawandel wirkt sich direkt oder indirekt auf die gesamte Wertschöpfungskette aus
- Die Effekte des technologischen Wandels dürften mittelfristig bedeutender sein, kurzfristig auch die politischen Änderungen.
- Anpassungsmaßnahmen und ausgleichende Effekte über Agrarmärkte verringern die Vulnerabilität des Ernährungssystems
- Klimawandel nicht getrennt von weiteren Phänomenen des globalen Wandels verstehen
- Klimaschutz muss im Sinne der Nachhaltigkeit (z.B. Sustainable Development Goals) auch andere gesellschaftliche Umweltziele berücksichtigen
- Die Land- und Forstwirtschaft muss diese Ziele mittragen und kommunizieren

The Earth Statement

Geschrieben von 17 global führenden WissenschaftlerInnen

<https://globalchallenges.org/our-work/earth-statement-2015/statement>



“Governments must put into practice their commitment to limit global warming to below 2° C.

We should aim to stay as far below it as possible, since even 2° C warming will cause significant damage and disruption. However, we are currently on a path to around 4° C warming by 2100, which would create unmanageable environmental challenges. If we do not act now, there is even a 1 in 10 risk of going beyond 6° C by 2100. We would surely not accept such a high risk of disaster in other realms of society. **As a comparison, such a 1 in 10 probability is the equivalent of tolerating about 10,000 airplane crashes every day worldwide!”**

Institut für Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung

martin.schoenhart@boku.ac.at

Feistmantelstraße 4
1180 Vienna

- Arneth, A., et al., 2019. IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems. Summary for Policymakers. IPCC.
- Bastin, J.-F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., Zohner, C.M., Crowther, T.W., 2019. The global tree restoration potential. *Science* 365, 76–79. <https://doi.org/10.1126/science.aax0848>
- Brade & Wimmers (2016). Methan-Minderungspotenziale bei Wiederkäuern. *Berichte über Landwirtschaft*, 94(1).
- Chimani et al. 2016. ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimanalyse (Projektendbericht). Wien.
- Ciais et al., 2013. Carbon and Other Biogeochemical Cycles, in: Stocker et al. (Ed.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Eory, V., et al., 2015. Review and update the UK Agriculture Marginal Abatement Cost Curve to assess the greenhouse gas abatement potential for the 5th carbon budget period and to 2050. Scotland's Rural College and Ricardo-AEA.
- Falkner, K., Mitter, H., Moltchanova, E., Schmid, E., 2019. A zero-inflated Poisson mixture model to analyse spread and abundance of the Western Corn Rootworm in Austria. *Agricultural Systems* 174, 105–116. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.04.010>
- Global Carbon Project, 2019. Internet Resources. <https://www.globalcarbonproject.org/> (last access: 18.9.2019)
- Guis, H., Caminade, C., Calvete, C., Morse, A.P., Tran, A., Baylis, M., 2012. Modelling the effects of past and future climate on the risk of bluetongue emergence in Europe. *Journal of The Royal Society Interface* 9, 339–350. <https://doi.org/10.1098/rsif.2011.0255>
- Götzl et al. 2012. Ökosystemleistungen und Landwirtschaft (Report No. REP-0355). Umweltbundesamt, Wien.
- Hermans, C.M.L., Geijzendorffer, I.R., Ewert, F., Metzger, M.J., Vereijken, P.H., Woltjer, G.B., Verhagen, A., 2010. Exploring the future of European crop production in a liberalised market, with specific consideration of climate change and the regional competitiveness. *Ecological Modelling* 221, 2177–2187. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.03.021>
- Höltinger, S., Schmidt, J., Schönhart, M., Schmid, E., 2014. A spatially explicit techno-economic assessment of green biorefinery concepts. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 8, 325–341. <https://doi.org/10.1002/bbb.1461>
- Hörtenhuber, S., Lindenthal, T., Amon, B., Markut, T., Kirner, L., Zollitsch, W., 2010. Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems—model calculations considering the effects of land use change. *Renewable Agriculture and Food Systems* 25, 316–329.
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- IPCC, 2013. Summary for Policymakers, in: Stocker et al. (Ed.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge and New York.

- Mbow, C., et al., 2019. IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems. Chapter 5: Food Security. IPCC.
- Mitter, H., Schönhart, M., Larcher, M., Schmid, E., 2018. The Stimuli-Actions-Effects-Responses (SAER)-framework for exploring perceived relationships between private and public climate change adaptation in agriculture. *Journal of Environmental Management* 209, 286–300.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.063>
- Nelson, G.C., Valin, H., Sands, R.D., Havlík, P., Ahammad, H., Deryng, D., Elliott, J., Fujimori, S., Hasegawa, T., Heyhoe, E., Kyle, P., von Lampe, M., Lotze-Campen, H., Mason d’Croz, D., van Meijl, H., van der Mensbrugghe, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., Robinson, R., Schmid, E., Schmitz, C., Tabeau, A., Willenbockel, D., 2014. Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. *PNAS* 111, 3274–3279.
<https://doi.org/doi/10.1073/pnas.1222465110>
- Pellis, G., Chiti, T., Rey, A., Curiel Yuste, J., Trotta, C., Papale, D., 2019. The ecosystem carbon sink implications of mountain forest expansion into abandoned grazing land: The role of subsoil and climatic factors. *Science of the Total Environment* 672, 106–120.
- Schönhart, M., Mitter, H., Schmid, E., Heinrich, G., Gobiet, A., 2014. Integrated Analysis of Climate Change Impacts and Adaptation Measures in Austrian Agriculture. *German Journal of Agricultural Economics* 63, 156–176.
- Schönhart, M., Nadeem, I., 2015. Direct climate change impacts on cattle indicated by THI models. *Advances in Animal Biosciences* 6, 17–20.
- Smith, M.R., Myers, S.S., 2018. Impact of anthropogenic CO₂ emissions on global human nutrition. *Nature Climate Change* 8, 834–839.
<https://doi.org/10.1038/s41558-018-0253-3>
- Stangl, M., Formayer, H., Hofstätter, M., Orlik, A., Andre, K., Hiebl, J., Steyrer, G., Michl, C., 2019. Klimastatusbericht 2018. CCCA, Wien.
- Umweltbundesamt, 2018. Klimaschutzbericht 2018 (No. REP-0660). Umweltbundesamt, Wien.
- Wiebe, K., Lotze-Campen, H., Sands, R., Tabeau, A., Mensbrugghe, D. van der, Biewald, A., Bodirsky, B., Islam, S., Kavallari, A., Mason-D’Croz, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., Robinson, S., Meijl, H. van, Willenbockel, D., 2015. Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emissions scenarios. *Environ. Res. Lett.* 10, 085010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/8/085010>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., Vries, W.D., Sibanda, L.M., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S.E., Reddy, K.S., Narain, S., Nishtar, S., Murray, C.J.L., 2019. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 393, 447–492.