

Bodennahes Ozon in Österreich: Meteorologische Einflüsse und „Climate-Penalties“

Harald E. Rieder^{1,2}

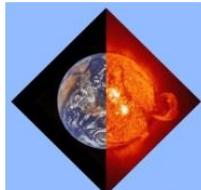
1 Wegener Center for Climate and Global Change and IGAM/Department of
Physics, University of Graz, Austria

2 Austrian Polar Research Institute, Vienna, Austria

Österreichischer Klimatag 2016 - Graz - 08.04.2016



Wegener Center



IGAM/IP



Bodennahes Ozon in Österreich

116 Ozon-Messstellen operativ in AT (Stand 2014) – 8 Überwachungsgebiete

Informationsschwelle: $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1h-Mittel)

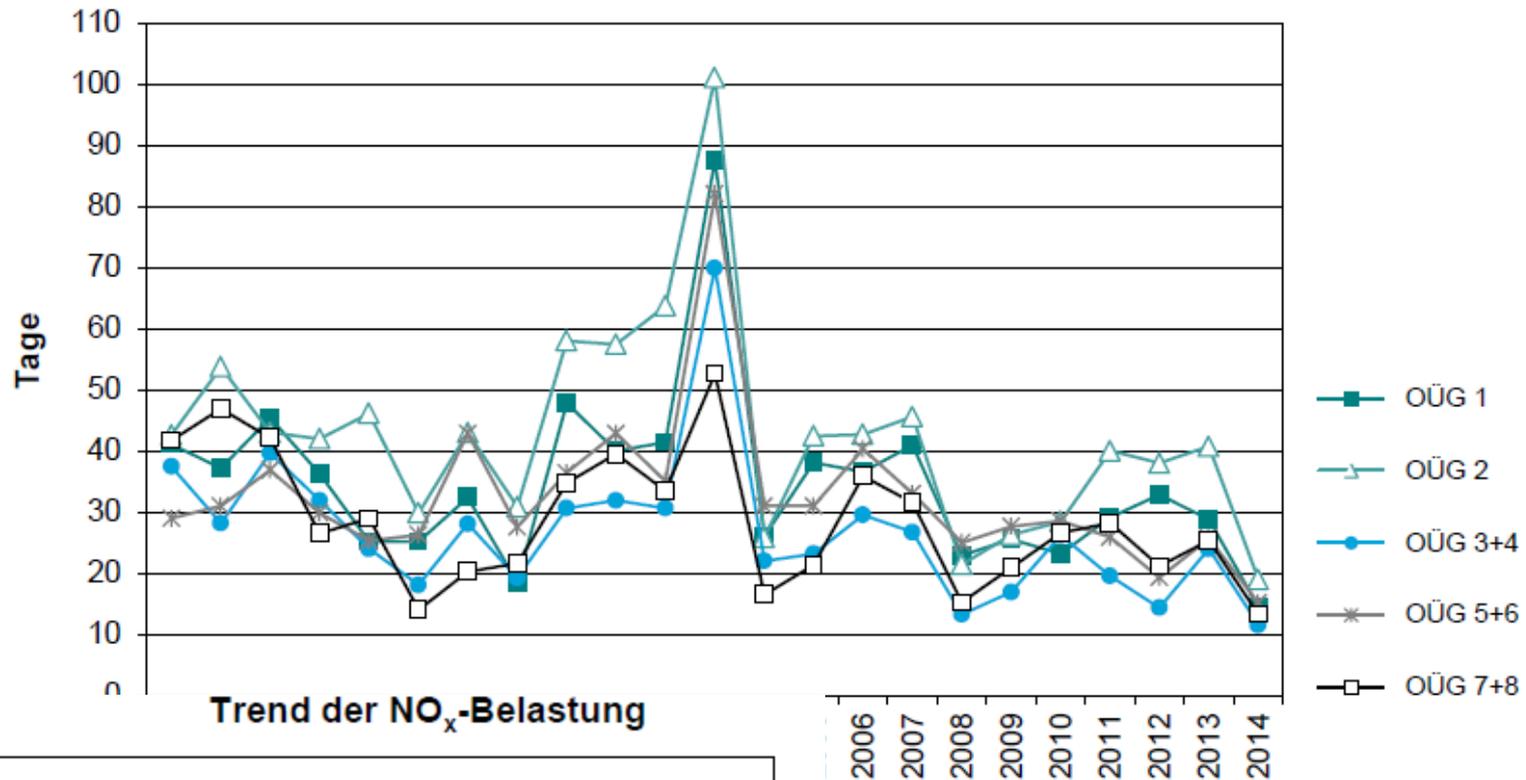
Alarmschwelle: $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1h-Mittel)

Zielwert Gesundheitsschutz: $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (höchstes 8h-Mittel des Tages, max. 25/Jahr)

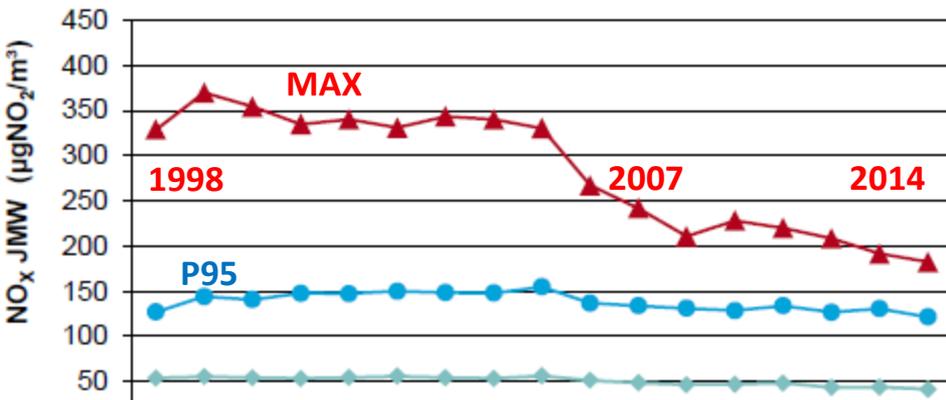


Bodennahes Ozon in Österreich

Anzahl der Tage mit Achtstundenmittelwerten über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr nach Ozonüberwachungsgebieten



Trend der NO_x -Belastung

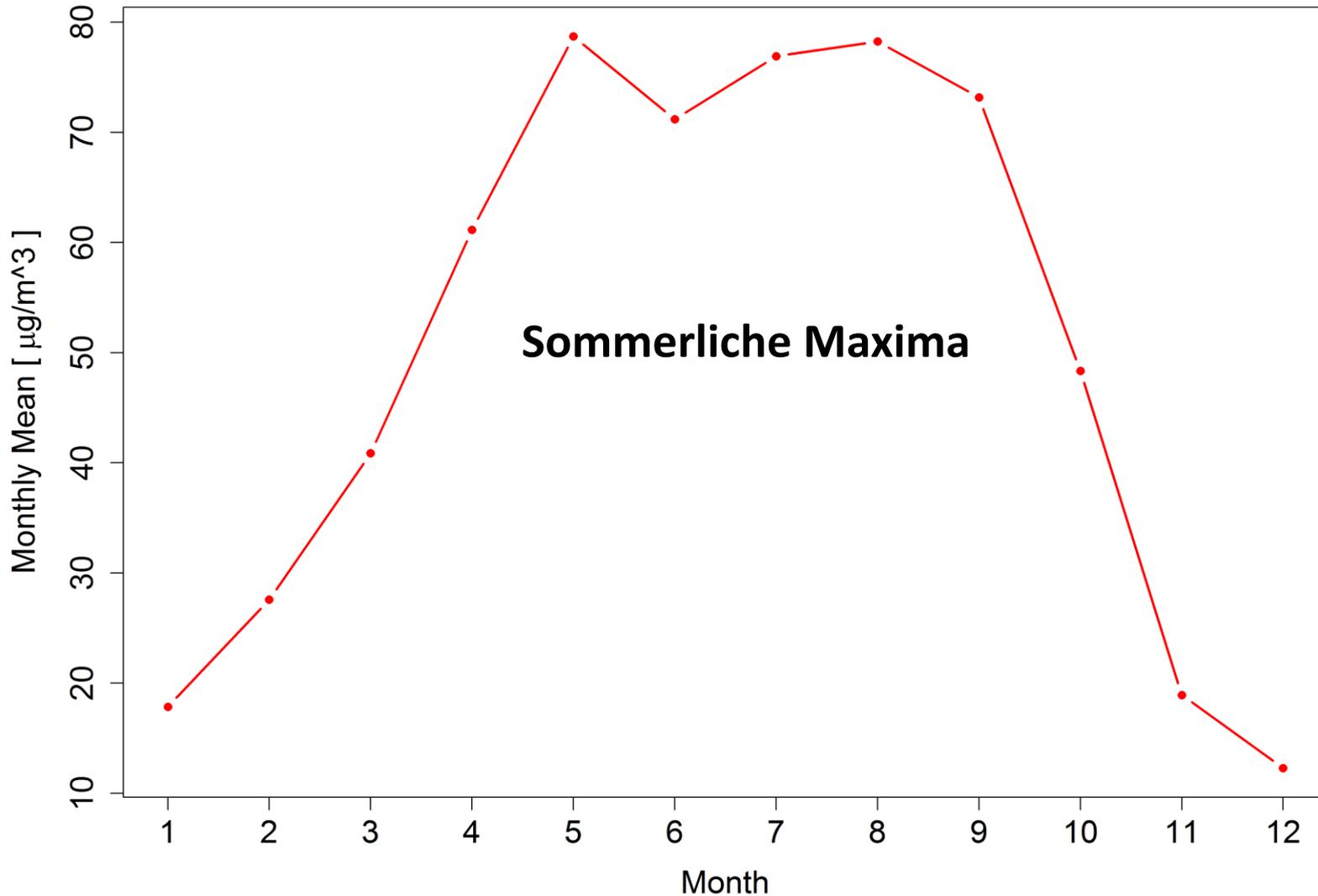


2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014

umweltbundesamt

tes zum Schutz der menschlichen Gesundheit
 chungsgebieten (OÜG) als Mittelwert der Stationen im
 tung von 61 Messstellen.

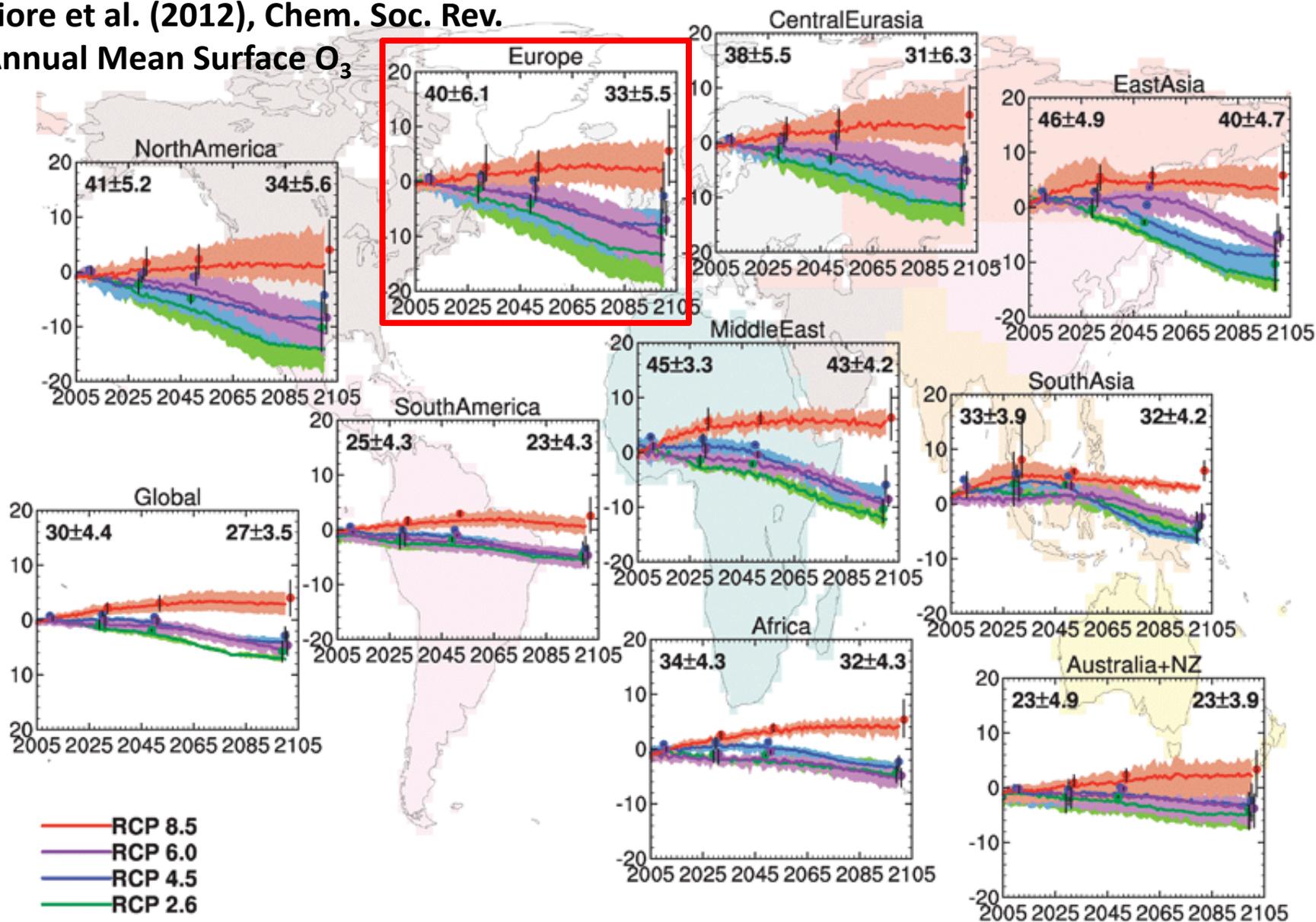
Graz Schlossberg 2015



Global O₃ Air Quality under the RCPs

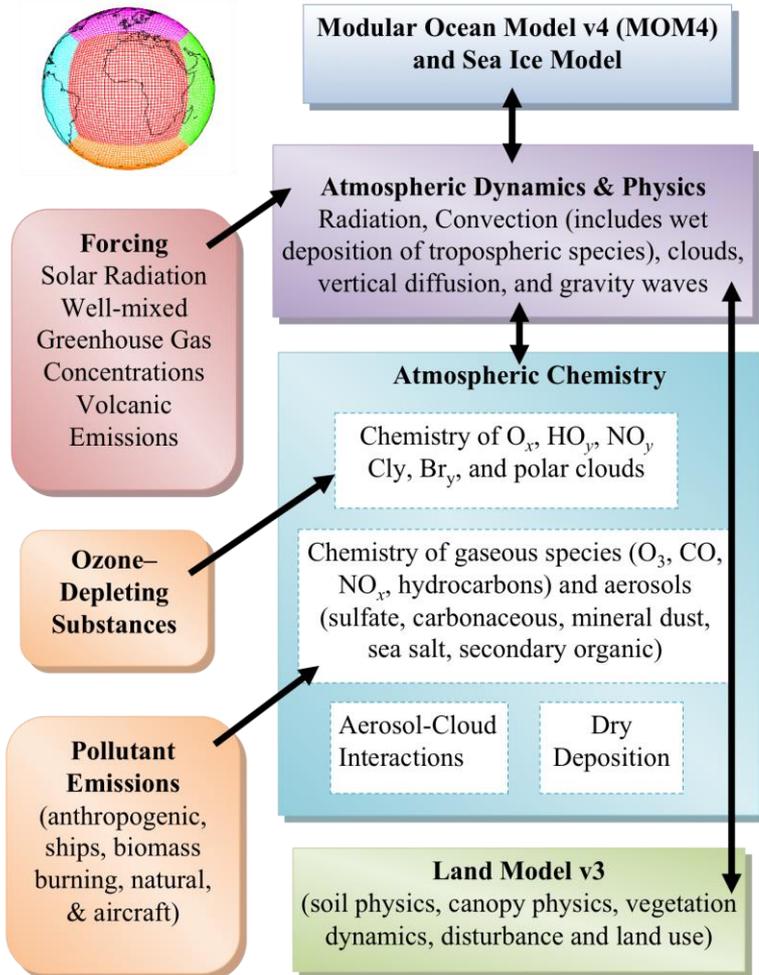
Fiore et al. (2012), Chem. Soc. Rev.

Annual Mean Surface O₃



atmosphere cubed sphere grid
(c48) $\sim 2^\circ \times 2^\circ$; 48 levels (to 86km)

Donner et al., 2011; Levy et al., 2013; Naik et al., 2013



GFDL CM3 Chemistry-Climate Model

- Finite dynamical core on cubed sphere
- Horizontal domain 48 x 48 grid cells
- 48 vertical hybrid sigma pressure levels
- Fully interactive strat/trop chemistry
- Aerosol-Radiation interactions
- Aerosol-Cloud interactions
- Tropospheric gas-phase chemistry includes NO_x - HO_x - O_x - CO - CH_4 & non-methane VOCs based on a modified scheme of MOZART-2

How will extreme ozone pollution events change in the 21st century ?

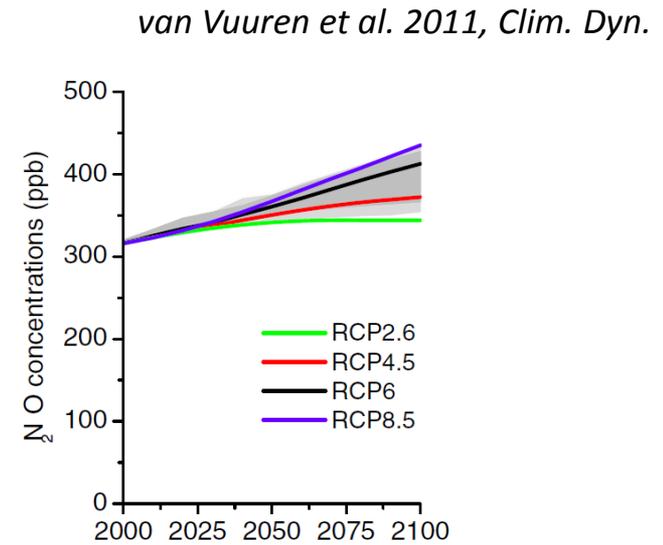
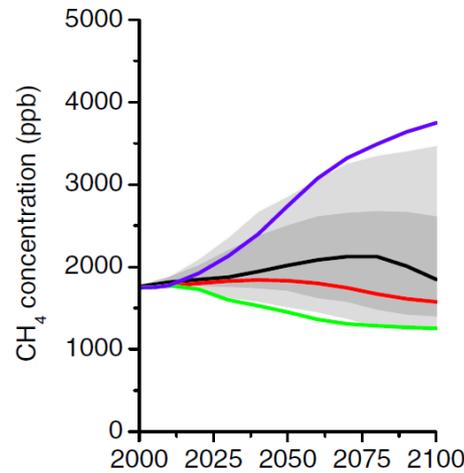
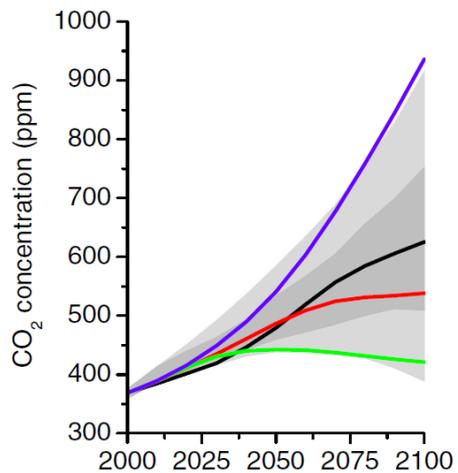
APPROACH

Historical simulations (1860-2005, 5 members)

21st century scenarios

RCP4.5 (2006-2100, 3 members)

RCP8.5 (2006-2100, 3 members)



How will extreme ozone pollution events change in the 21st century ?

APPROACH

Historical simulations (1860-2005, 5 members)

21st century scenarios

RCP4.5 (2006-2100, 3 members)

RCP8.5 (2006-2100, 3 members)

RCP4.5_2005WMGG (2006-2100, 3 members)

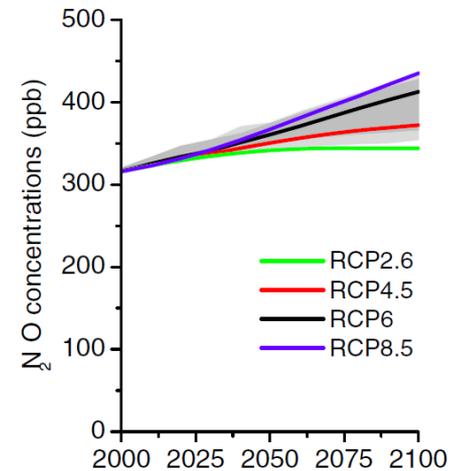
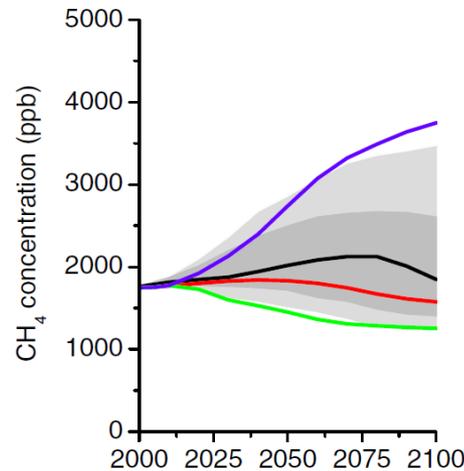
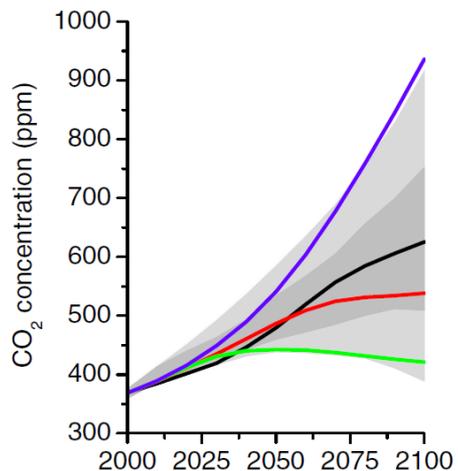
RCP8.5_2005WMGG (2006-2100, 3 members)

(allows to isolate the role of a changing climate)

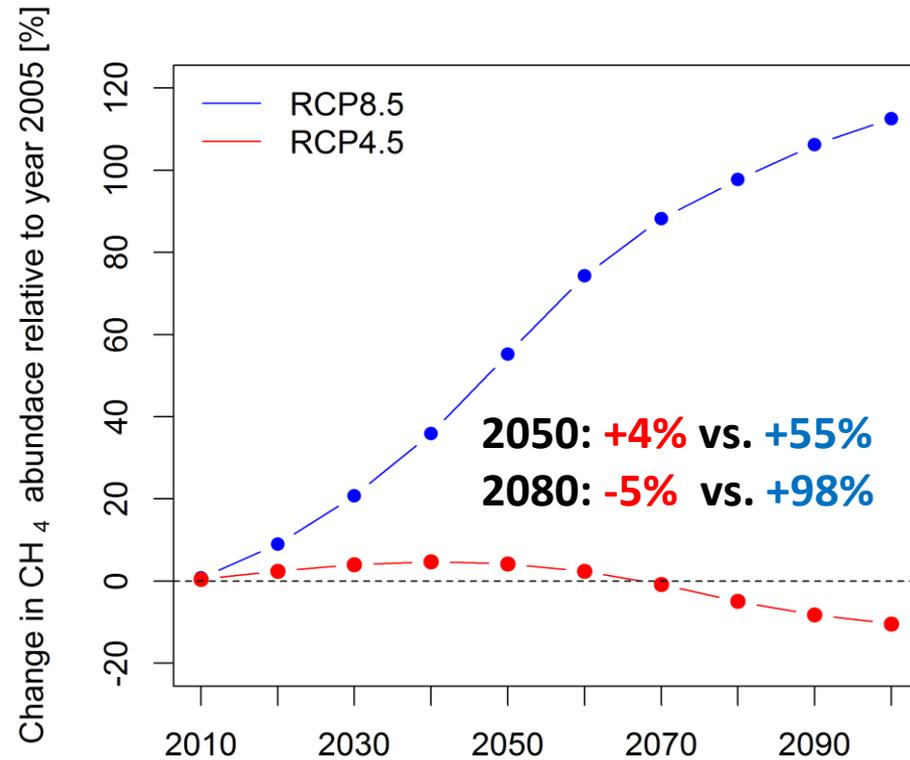
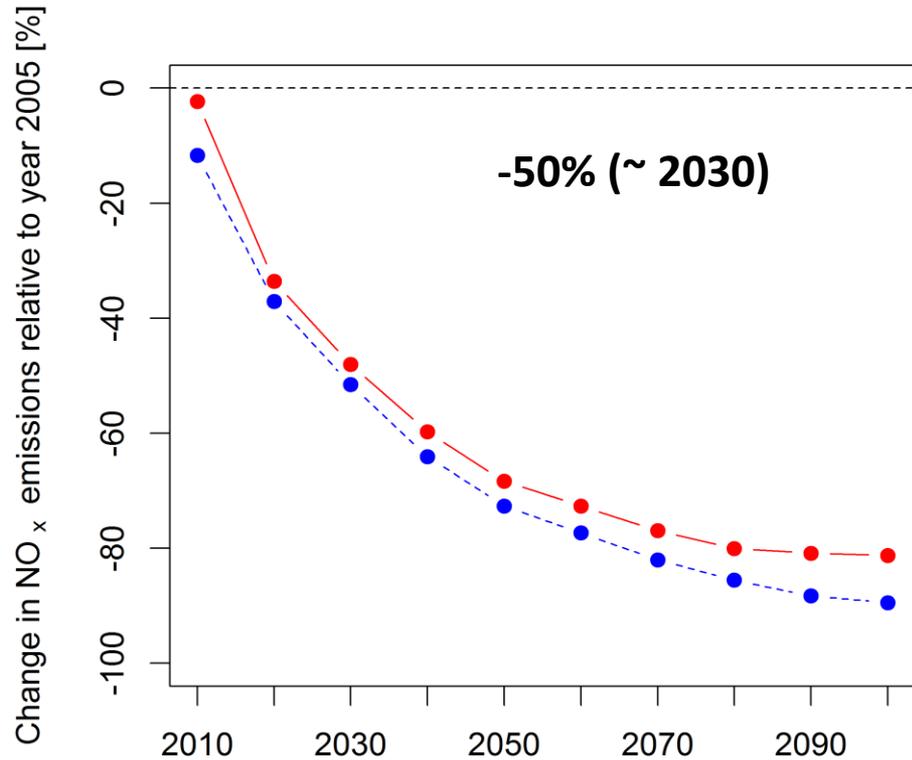
RCP8.5_2005CH4 (2006-2100, 1 member)

(allows to isolate the role of changing methane backgrounds)

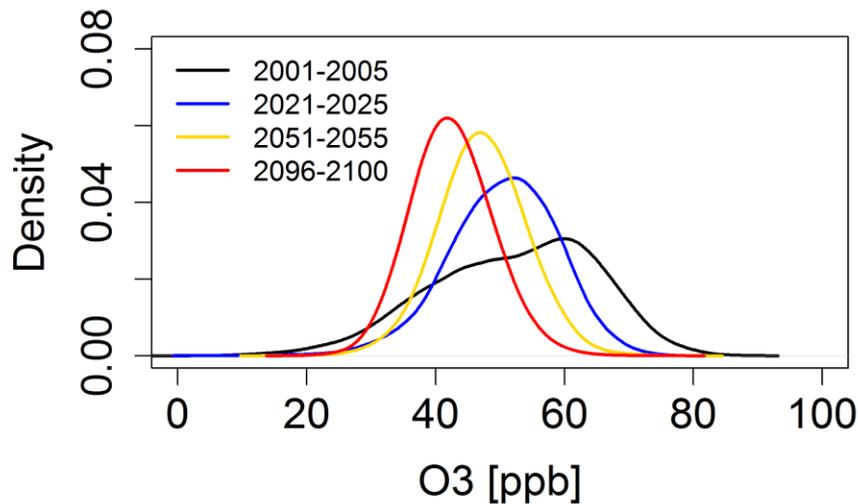
van Vuuren et al. 2011, Clim. Dyn.



RCPs Schreiben ambitionierte NO_x Emissionsreduktionen vor (v.a. near-term)
Unterscheiden sich deutlich in Ihren Annahmen zur CH₄ Entwicklung



RCP4.5



2001-2005:

MDA8-O₃ regelmässig > 60 ppb

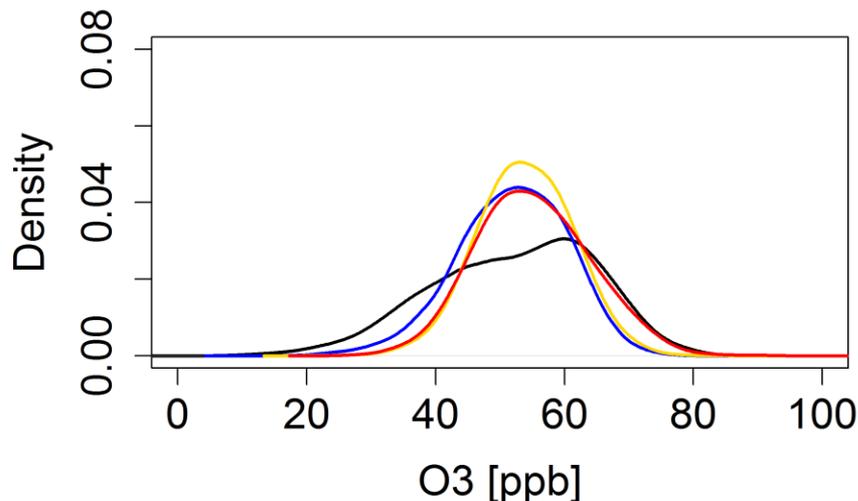
2051-2055:

Starke Abnahme in MDA8-O₃ durch NO_x Reduktion (übertrifft “Climate Penalty”)

2096-2100:

MDA8-O₃ < 60 ppb

RCP8.5



Bis Mitte 21. Jahrhundert:

Abnahme MDA8-O₃

**2. Hälfte des 21. Jahrhunderts
Rebound → “Climate Penalty” ???**

Veränderung im Zeitverlauf auf Quantilbasis

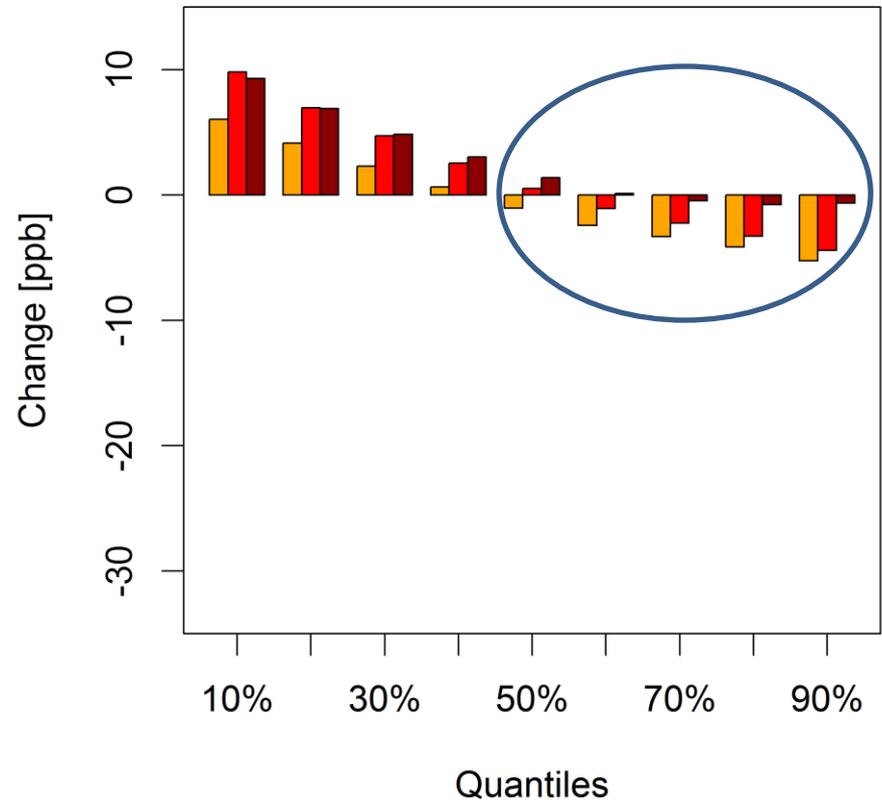
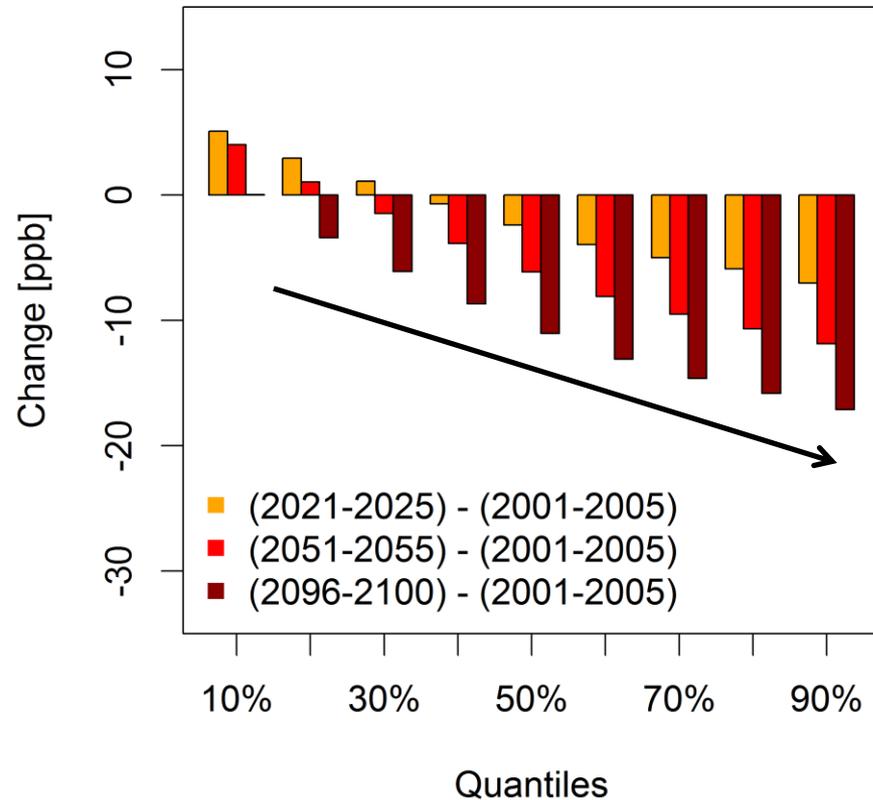
RCP4.5: Stärkere Abnahme im rechten Tail (und Zeitverlauf)

NO_x Reduktion > Climate Penalty [bis zu -15 ppb bei 2100]

**RCP8.5: Abnahme deutlich schwächer und Rebound im Zeitverlauf:
Climate Penalty? → temperaturbedingtes Signal scheint zweifelhaft**

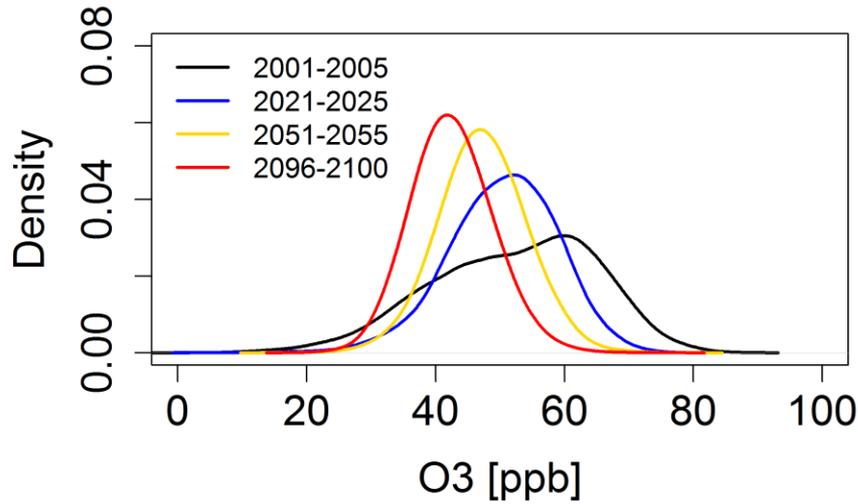
RCP4.5

RCP8.5

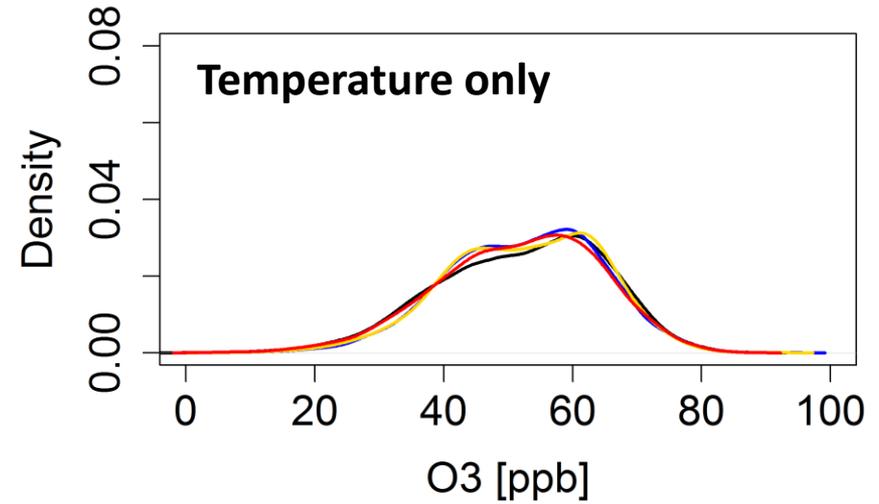


NOx Reduktion vs. Klimaerwärmung

RCP4.5

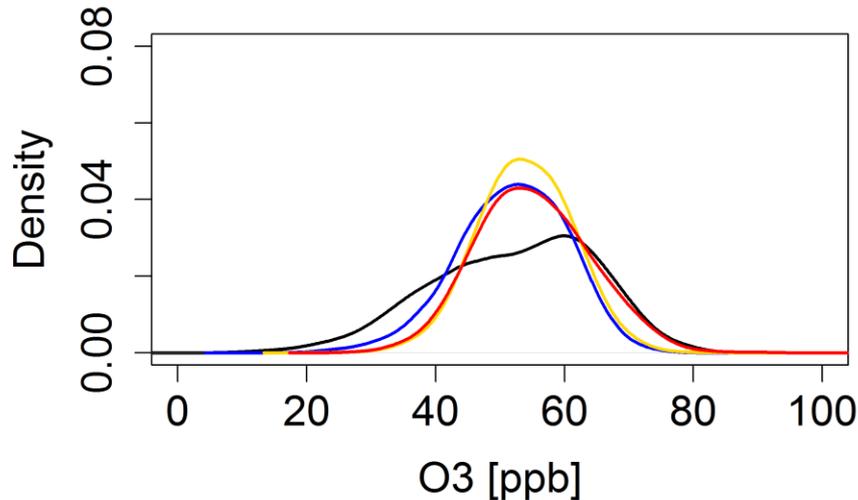


RCP4.5_WMGG

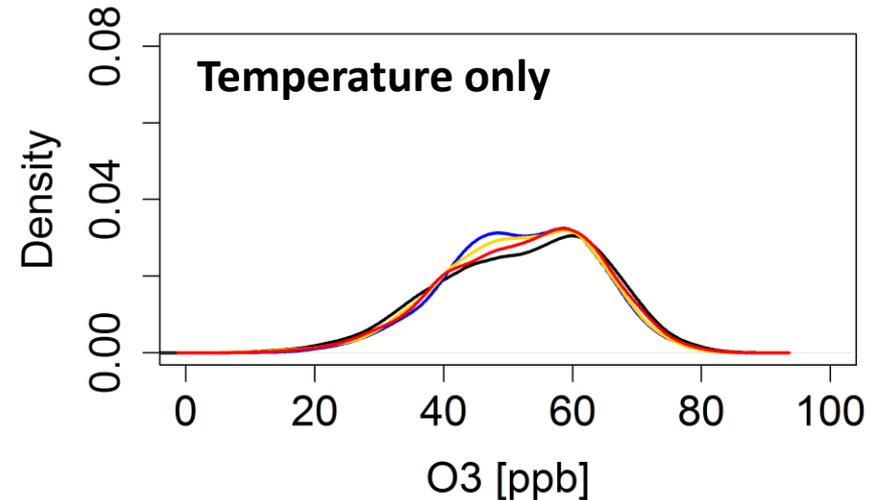


Minor "Climate Penalty" through GHG induced warming (1-3 ppb)

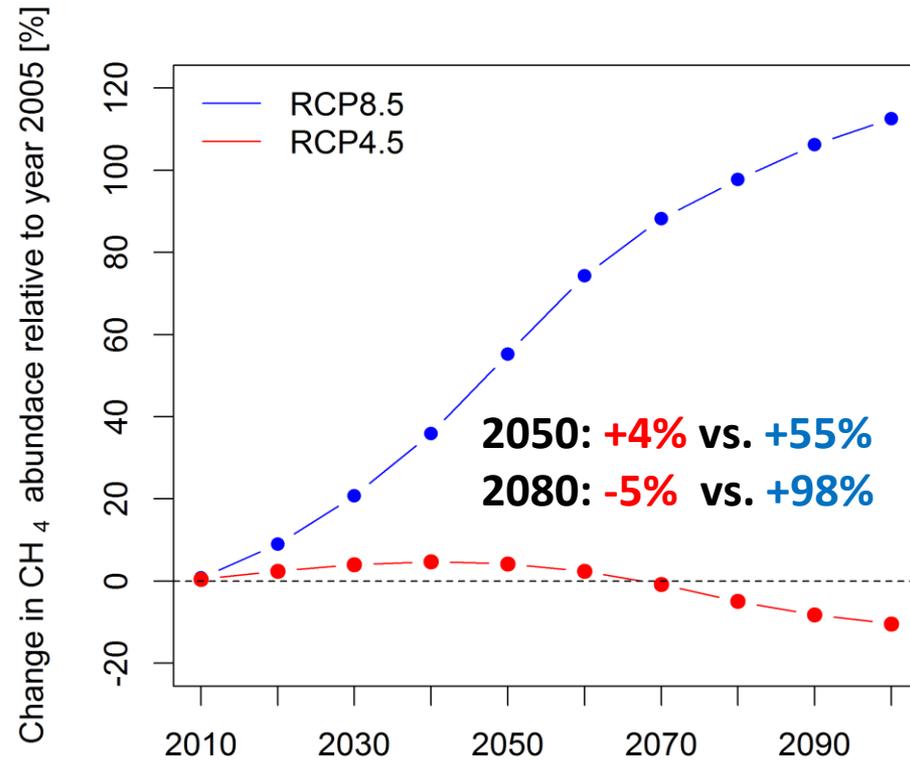
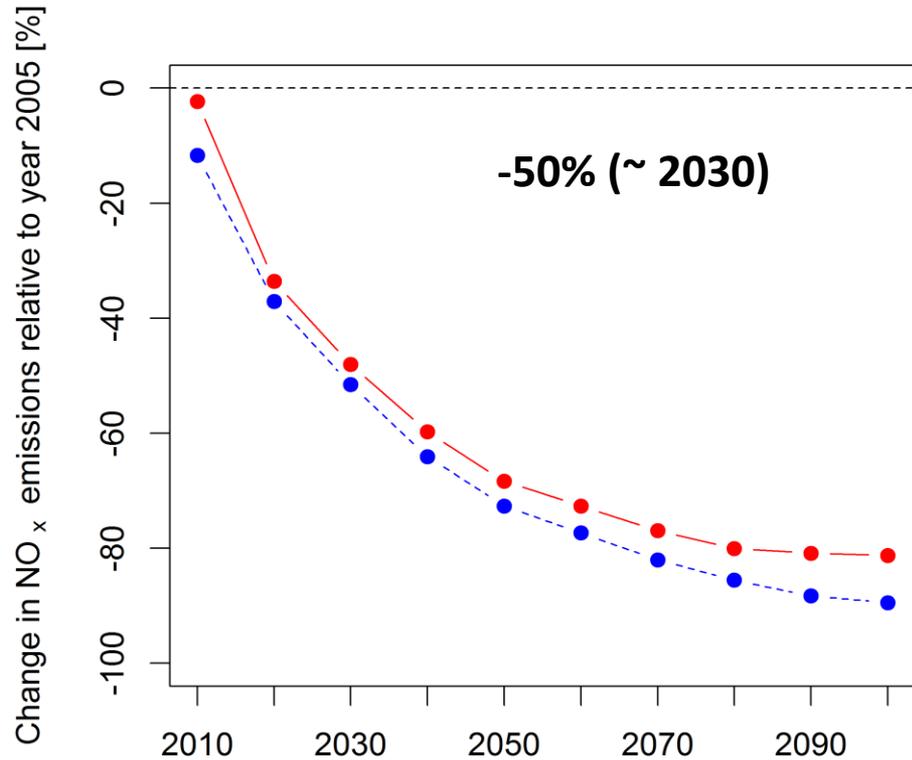
RCP8.5



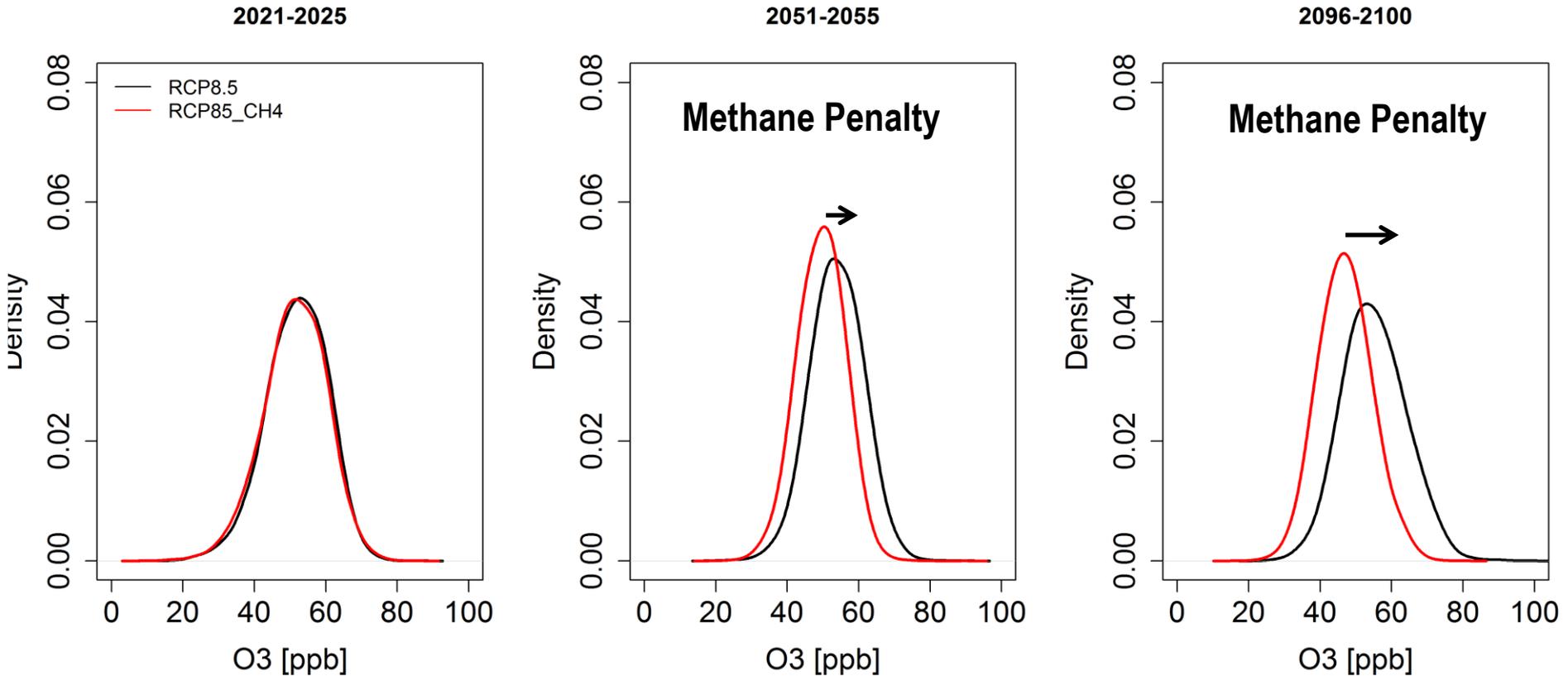
RCP8.5_WMGG



RCPs Schreiben ambitionierte NO_x Emissionsreduktionen vor (v.a. near-term)
 Unterscheiden sich deutlich in Ihren Annahmen zur CH₄ Entwicklung

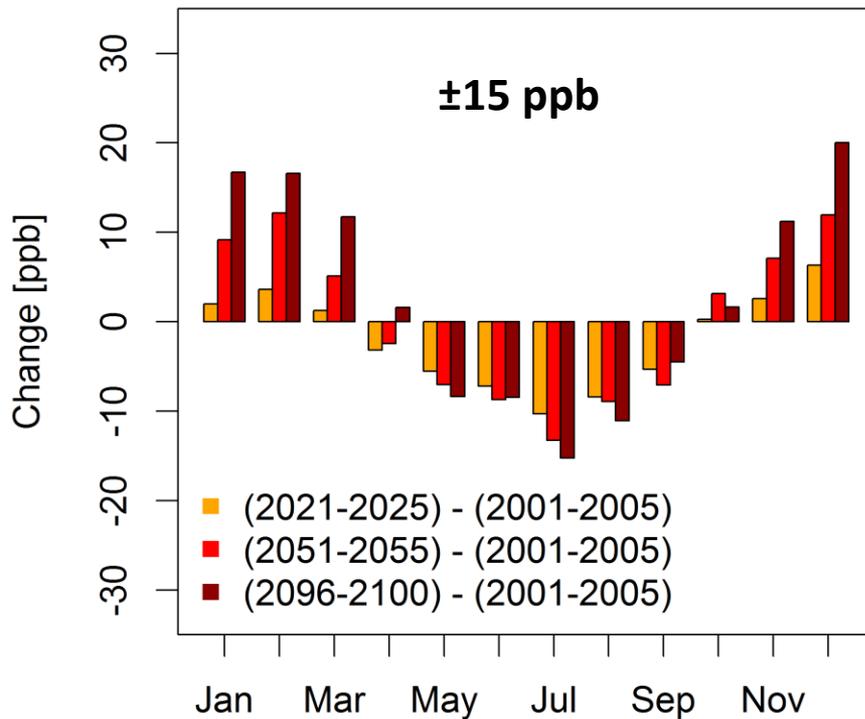


CH₄ Effekt → RCP8.5 aber mit CH₄ auf Jahr 2005 Niveau fixiert

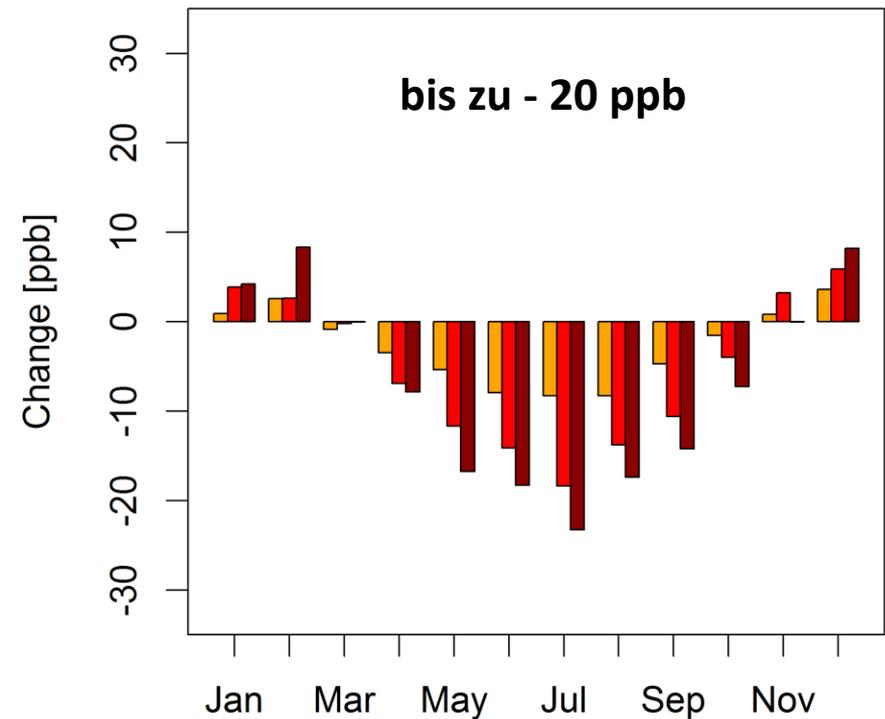


Starke O₃ Zunahme von November-März in RCP8.5 (schwächer unter CH₄fix)
Starke O₃ Abnahme von Mai-September in RCP8.5 (stärker unter CH₄fix)

RCP8.5 - Q90

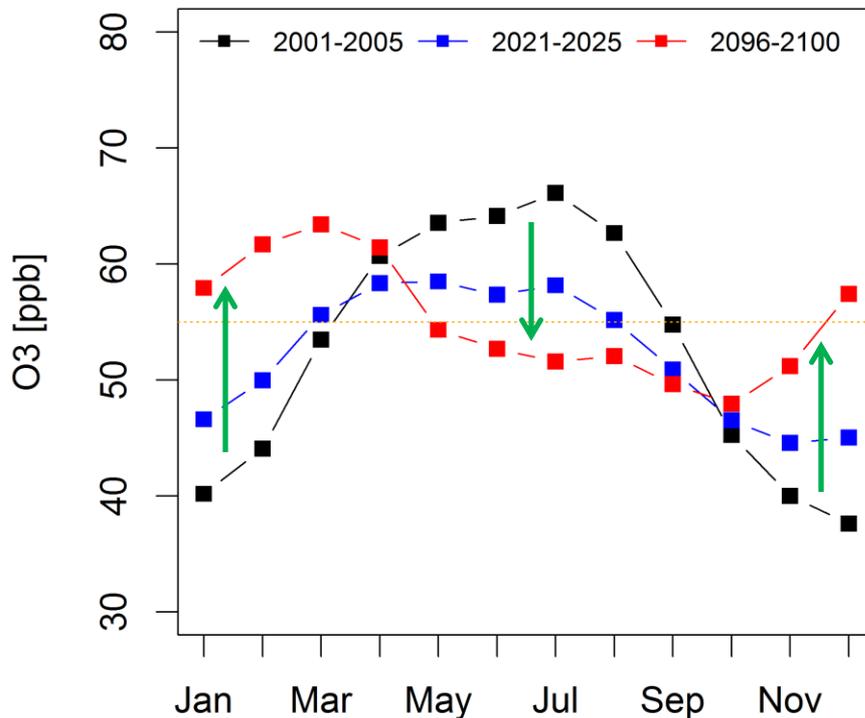


RCP8.5_CH4 - Q90



O₃ Zunahme in DJFM und O₃ Abnahme in MJJA → Verschiebung in O₃ Saison
Ausdehnung der O₃ Saison in den 2020er Jahren
Ende des Jahrhunderts: Shift von Mai-September zu Dezember-April

RCP8.5 - Median

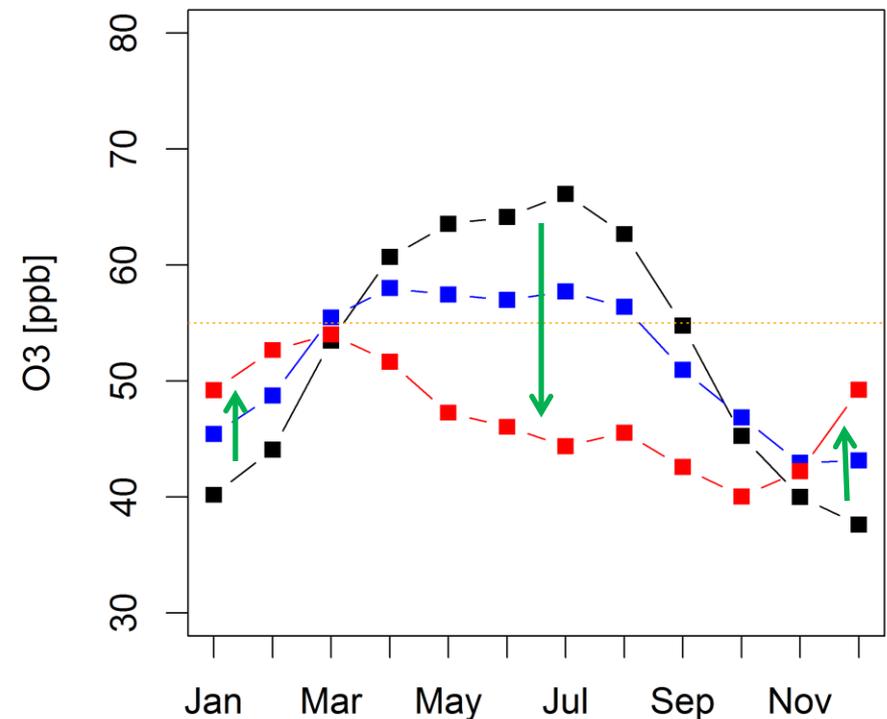
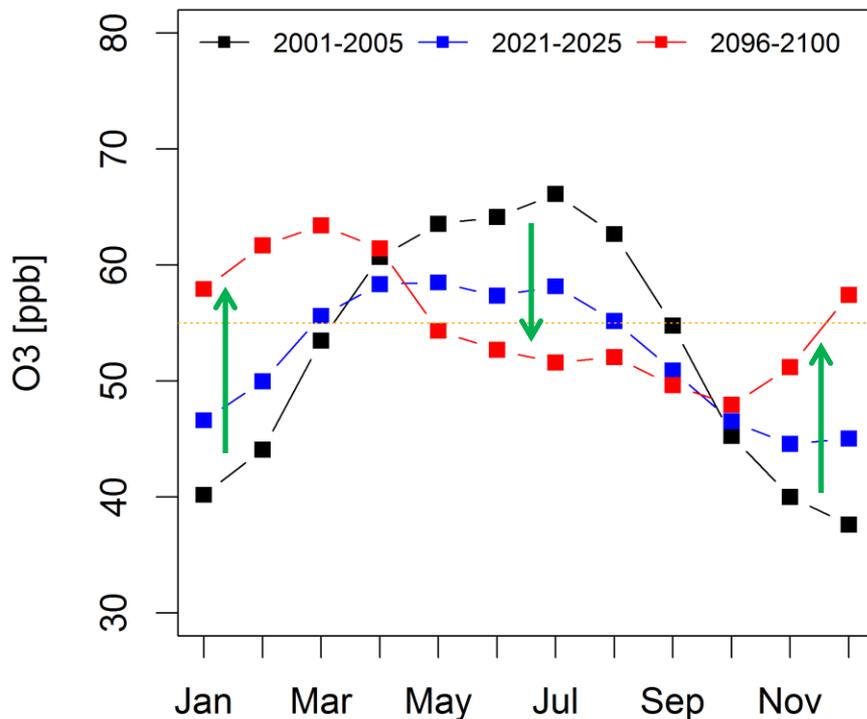


O₃ Zunahme in DJFM und O₃ Abnahme in MJJA → Verschiebung in O₃ Saison
Ausdehnung der O₃ Saison in den 2020er Jahren
Ende des Jahrhunderts: Shift von Mai-September zu Dezember-April

METHANE PENALTY

RCP8.5 - Median

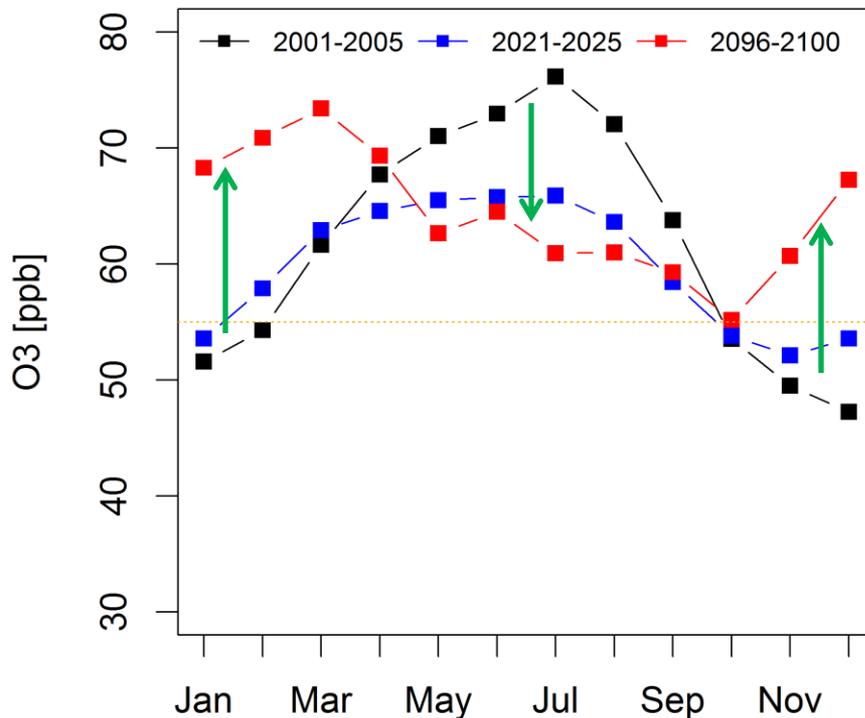
RCP8.5_CH4 - Median



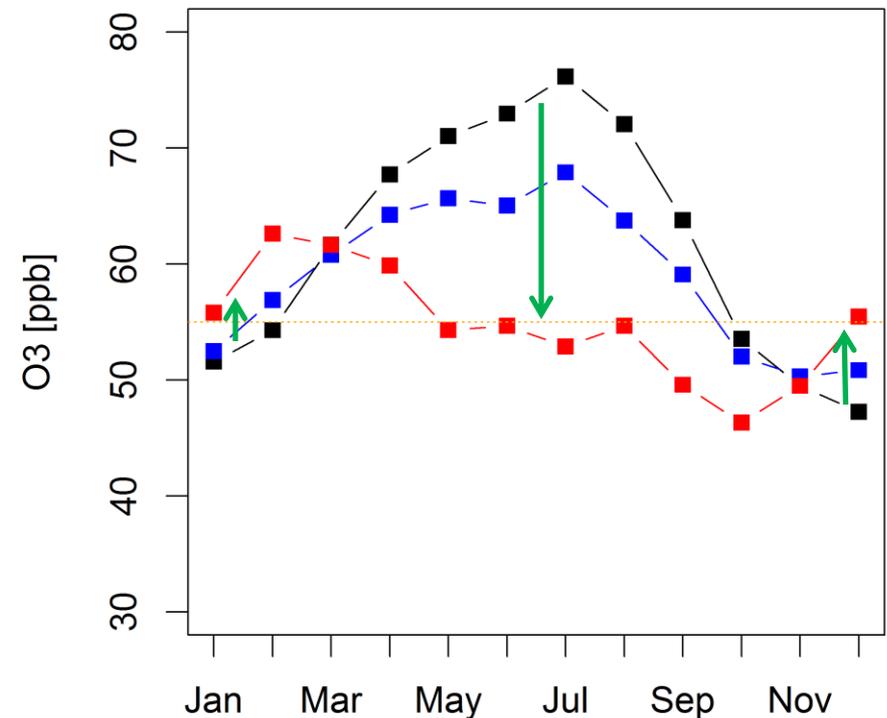
O₃ Zunahme in DJFM und O₃ Abnahme in MJJA → Verschiebung in O₃ Saison
Ausdehnung der O₃ Saison in den 2020er Jahren
Ende des Jahrhunderts: Shift von Mai-September zu Dezember-April

METHANE PENALTY

RCP8.5 - Q90



RCP8.5_CH4 - Q90

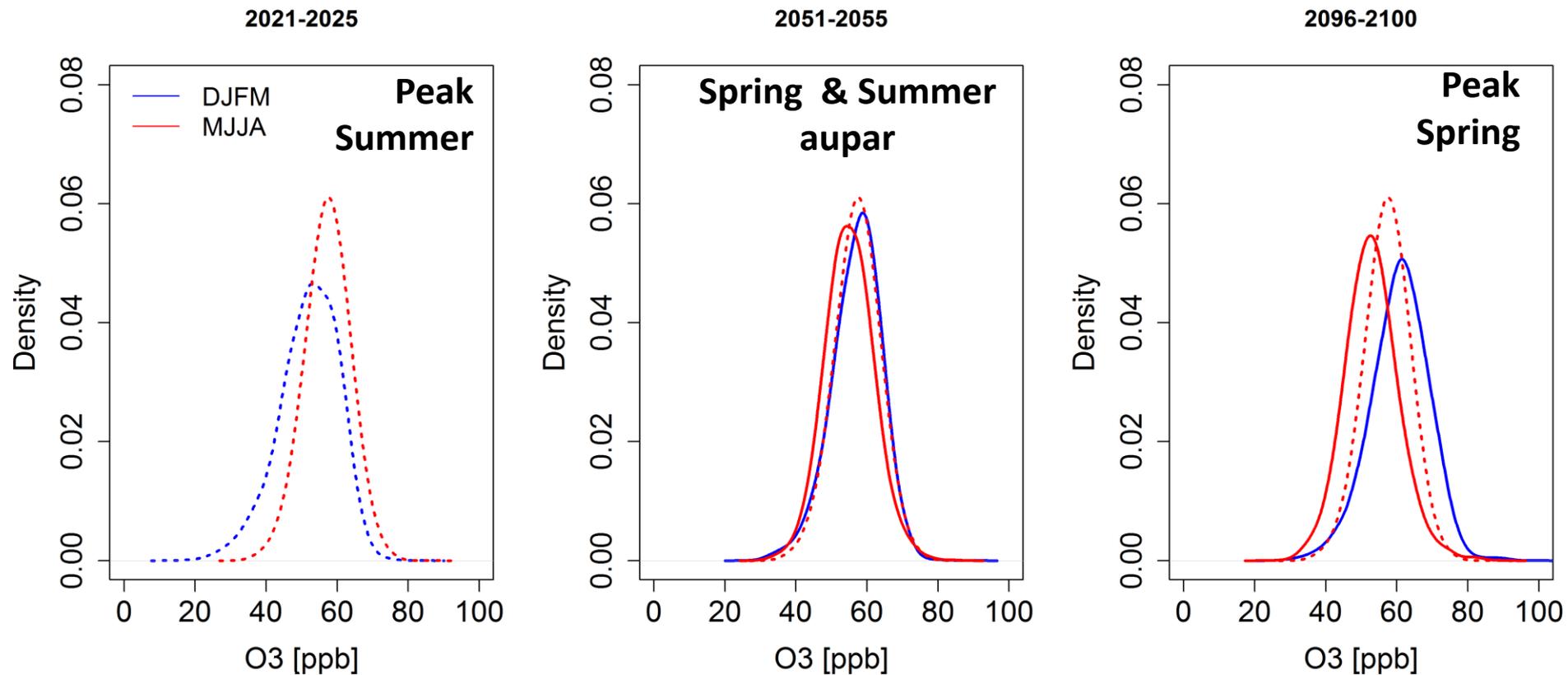


Verschiebung in O₃ Saison unter RCP8.5

Mitte des 21. Jahrhunderts: DJFM aupar mit MJJA

Ende des 21. Jahrhunderts: DJFM – O₃ Saison (höher als MJJA der 2020er)

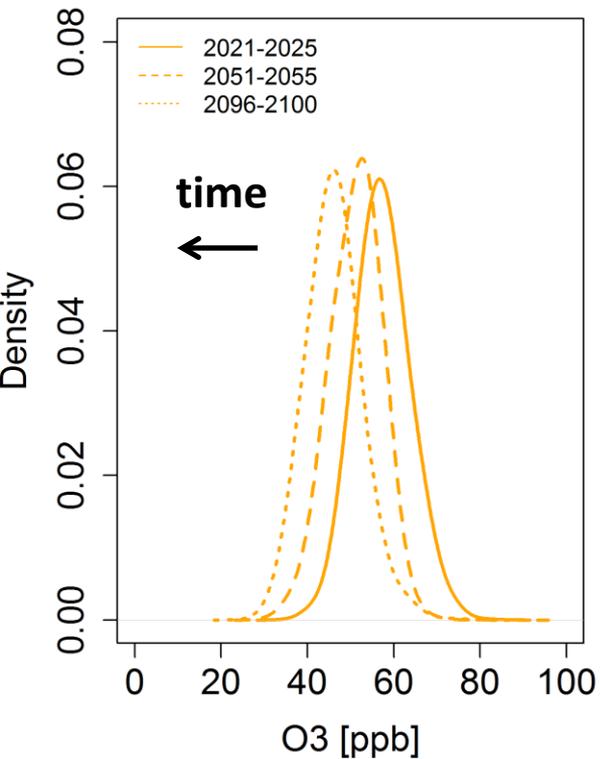
MJJA O₃ durch NO_x Reduktion reduziert



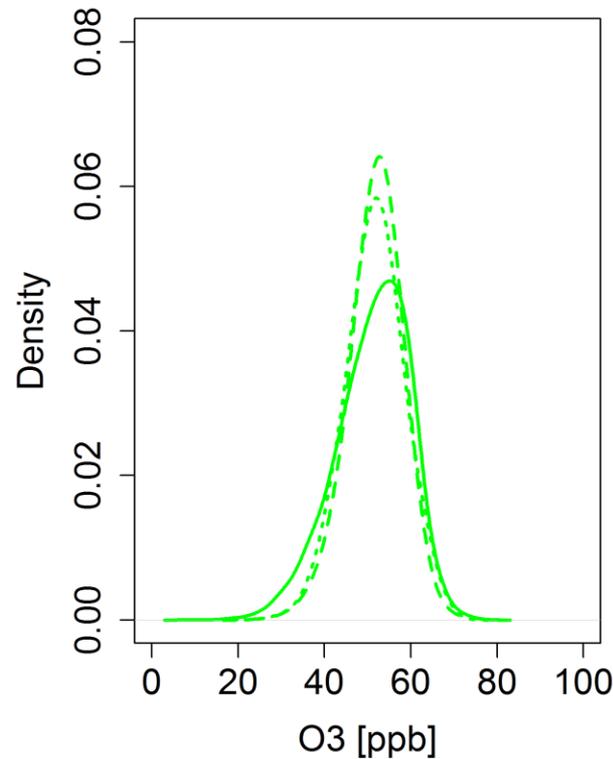
NO_x Reduktion dominiert Sommer MJJA (O₃ Abnahme)

CH₄ Penalty dominiert im Winter & Frühling DJFM (O₃ Zunahme)

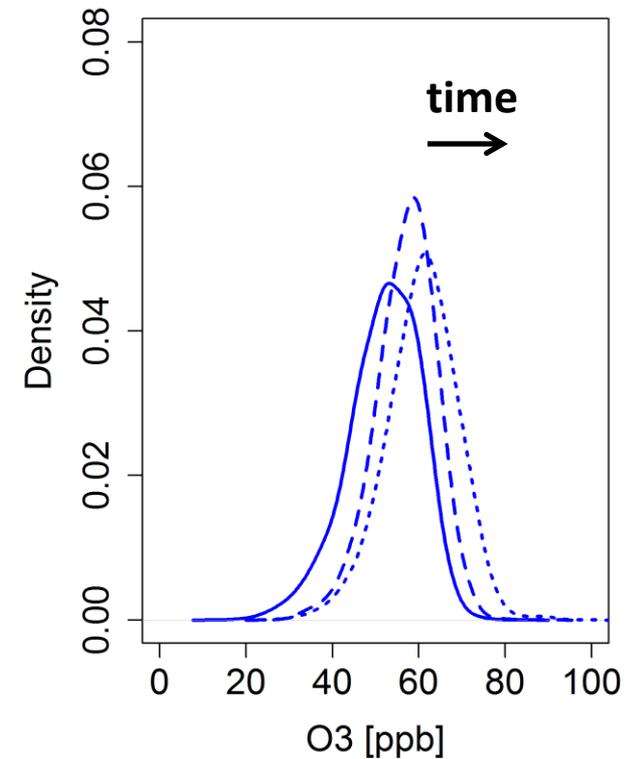
RCP8.5_2005CH4 - MJJA



RCP8.5_2005CH4 - DJFM

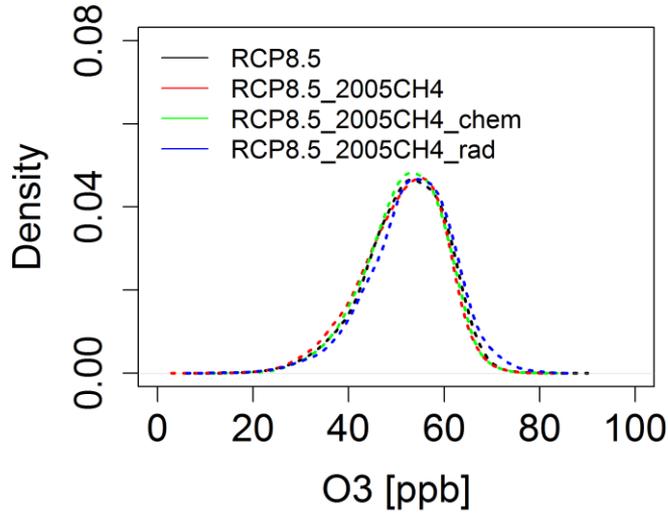


RCP8.5 - DJFM

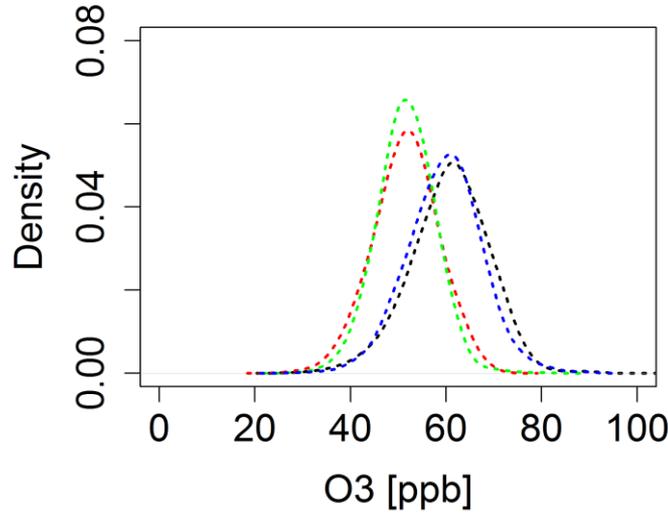


„Climate Penalties”

DJFM 2021-2025



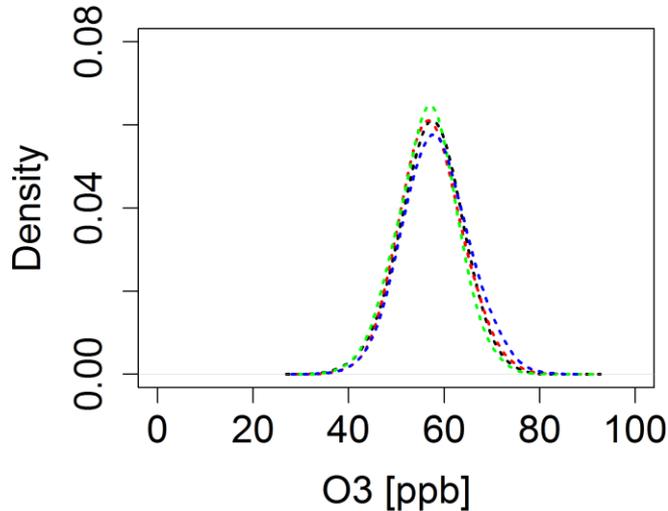
DJFM 2096-2100



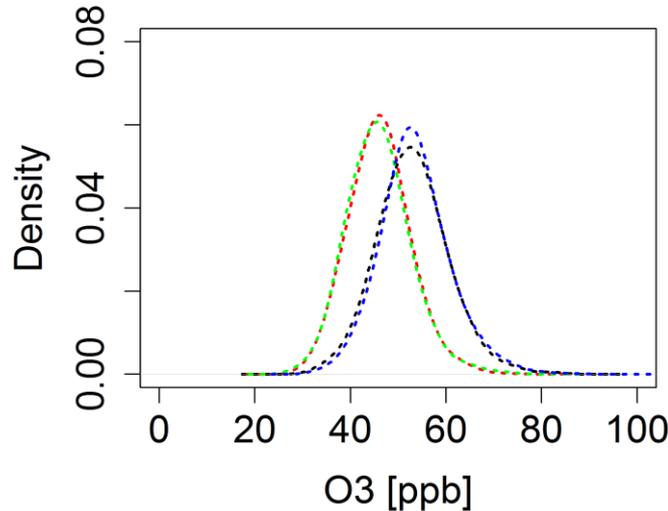
Color (fixed 2005)
CH4chem ~ CH4total
CH4rad ~ RCP8.5

Major Methane Penalty (through Chemistry not Radiation!)

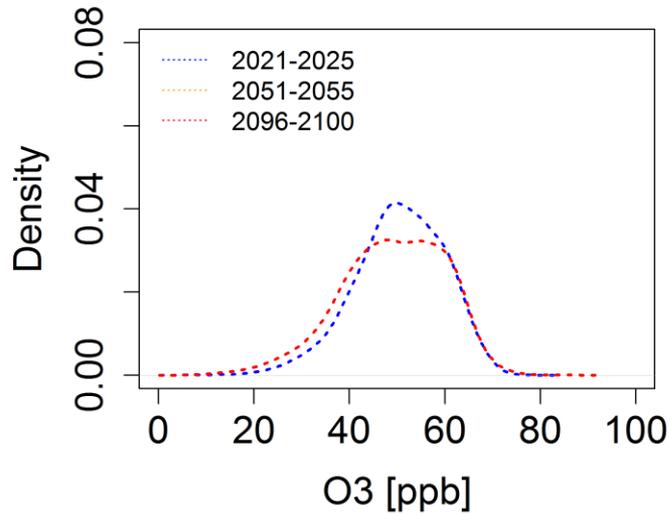
MJJA 2021-2025



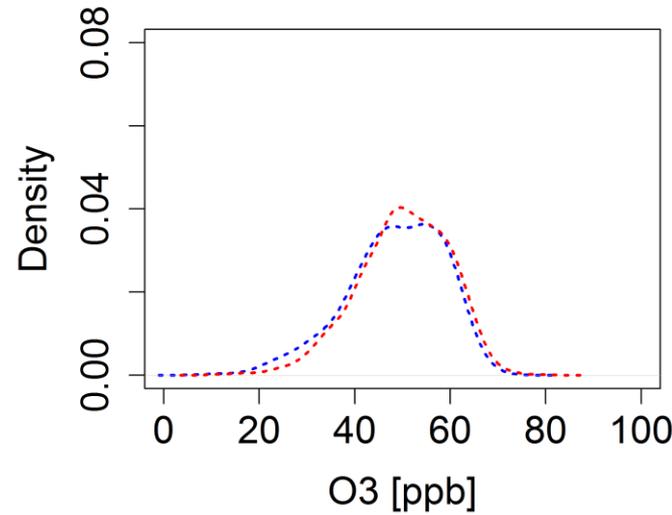
MJJA 2096-2100



RCP4.5_WMGG DJFM

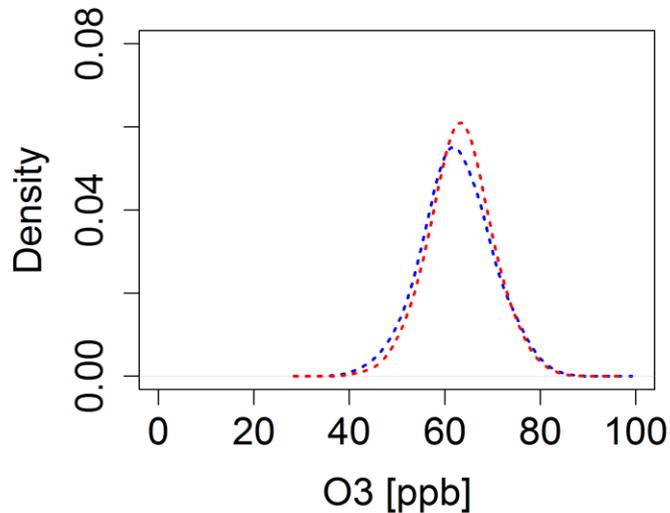


RCP8.5_WMGG DJFM

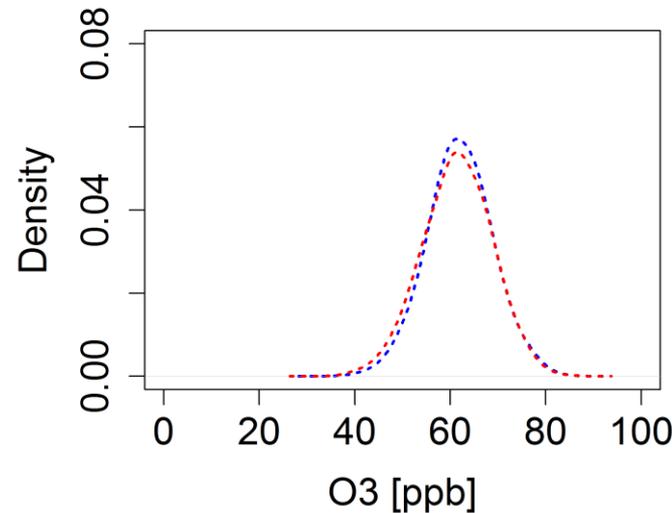


Minor “Climate Penalty” through GHG induced warming

RCP4.5_WMGG MJJA



RCP8.5_WMGG MJJA



Entwicklung des bodennahen Ozons stark RCP abhängig

NO_x Reduktion unter RCP4.5 und RCP8.5 dominiert O₃ Haushalt und wiegt mögliche “temperaturbedingte Climate Penalties” mehr als auf

Moderate “temperaturbedingte Climate Penalties” unter RCP4.5 und RCP8.5 bei Emissionen auf Niveau des Jahres 2005

JEDOCH unter RCP8.5 tritt eine ausgeprägte “Methane Climate Penalty” auf

- dominiert durch chemische Effekte nicht Strahlungsantrieb
- verlängerte O₃ Saison bis Mitte des 21. Jahrhunderts
- Verschiebung der O₃ Saison von MJJA nach DJFM in der 2. Hälfte 21. Jahrhunderts

Lokalprojektionen mit CCMs „schwierig“ → eventuell Quantile Projection, Downscaling oder auch timeslice inputs for CTMs

Jedoch regional forcings als wichtige Information für Emissionspfade und Cost/Benefit Analysen