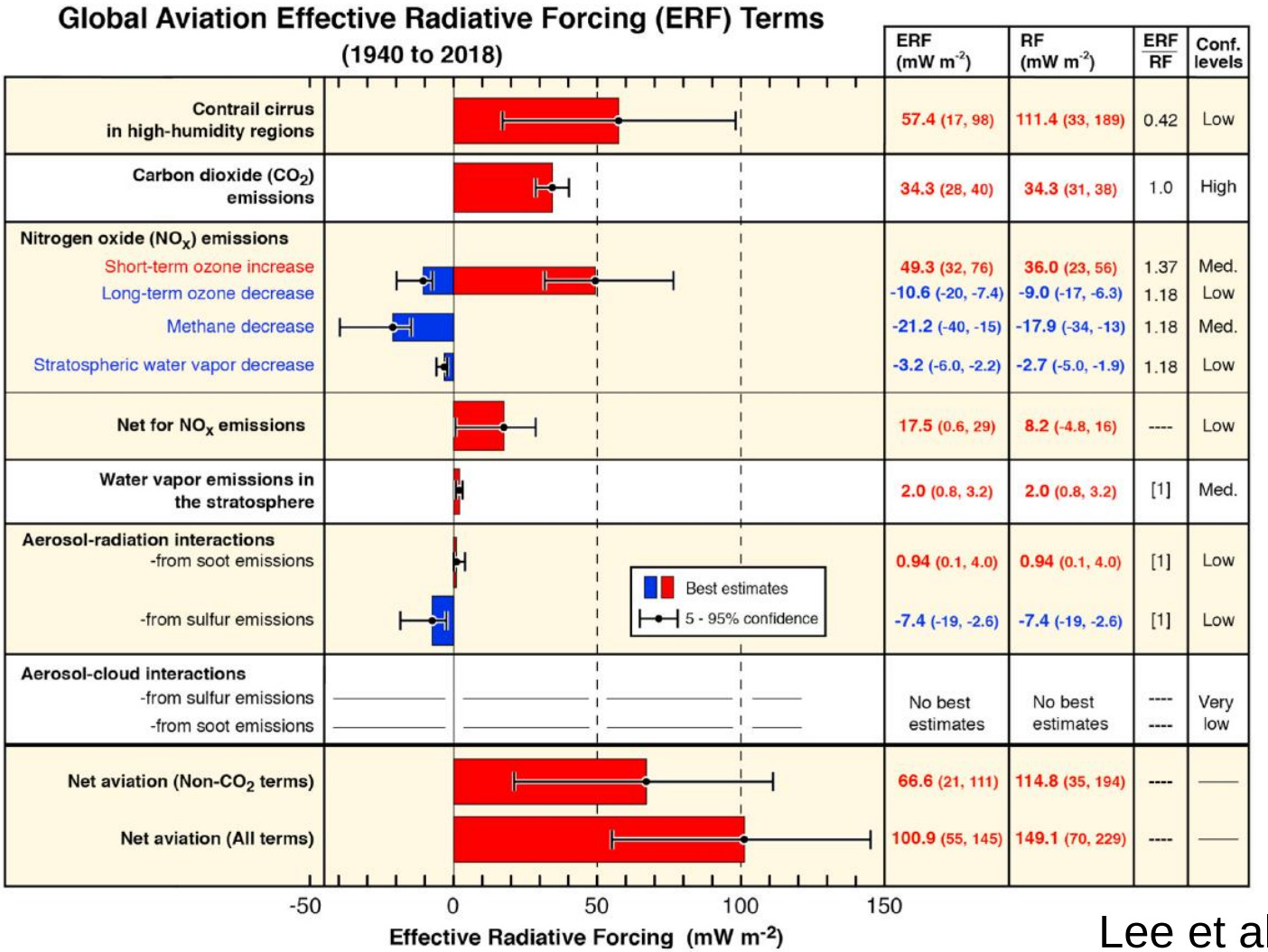
DACH Tagung 2022

Klimawirkung von Kondensstreifen-Zirren

Marius Bickel, Michael Ponater, Ulrike Burkhardt, Mattia Righi, Johannes Hendricks, Lisa Bock

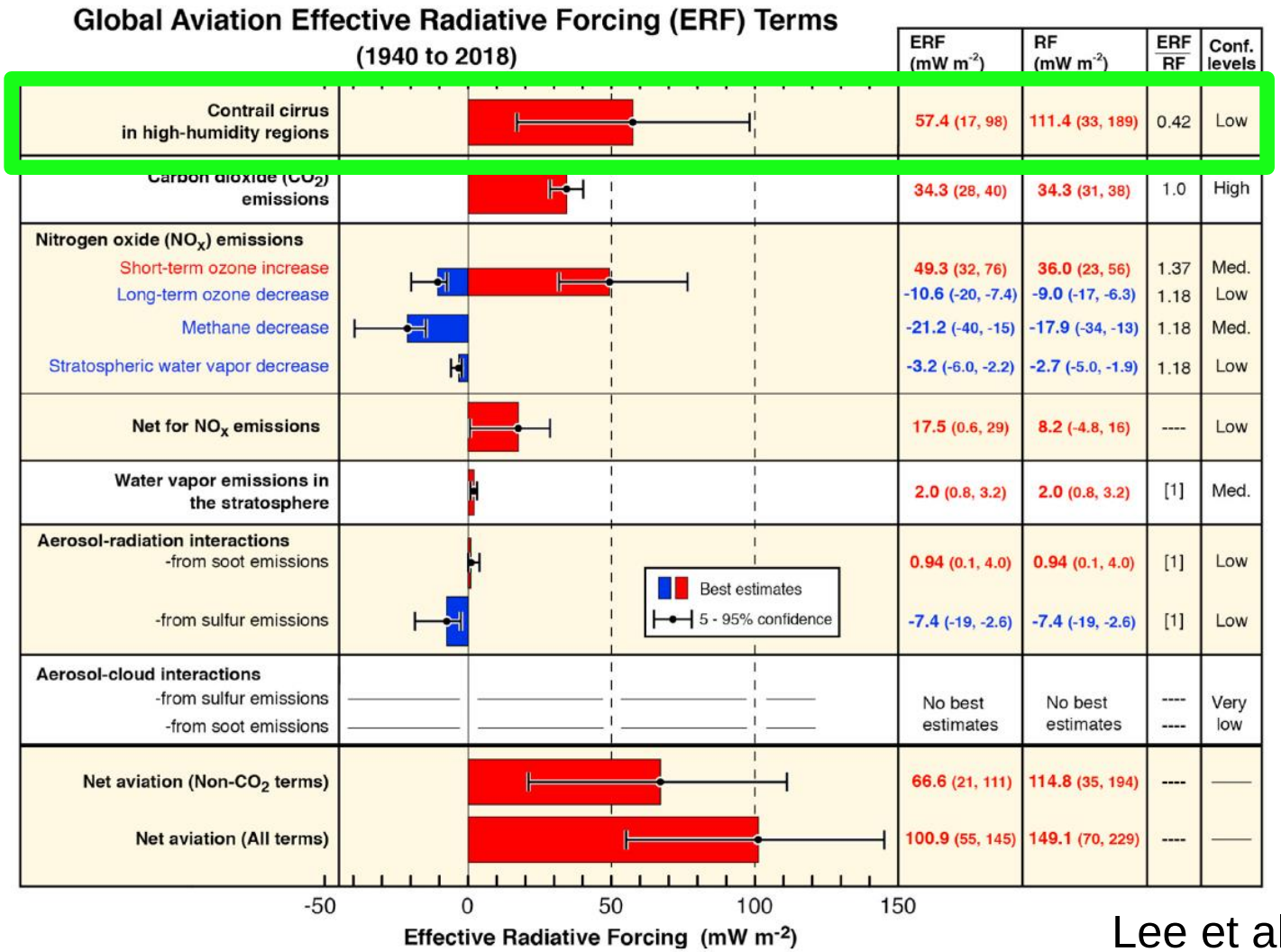
DLR

Klimawirkung des Luftverkehrs



Lee et al., 2021

Klimawirkung des Luftverkehrs



Lee et al., 2021

Metriken zur Bewertung der Klimawirksamkeit

→ **Bisher:** Klimawirksamkeit wird überwiegend anhand von Strahlungsantrieben bewertet

→ **Voraussetzung:** Klimasensitivitäten (λ) der unterschiedlichen Störungen müssen ungefähr gleich groß sein

$$\Delta T_{Boden} = \lambda \cdot RF$$

→ **Aber:** Abweichungen bereits für linienhafte Kondensstreifen (Ponater et al., 2005) und diverse andere Störungen nachgewiesen (Richardson et al., 2019)

→ Stärke der Abweichung wird durch Klimawirkungseffizienz (r) angegeben:

$$\Delta T_{Boden} = \lambda_{CO_2} \cdot r \cdot RF$$

Modell Setup

- EMAC / MESSy Klimamodell, Auflösung 2.8° bzw. 600m (vertikal)
- Kondensstreifen-Parametrisierung von Bock und Burkhardt (2016)

  ↳ „Zwei-Momenten-Wolkenschema“ (Eiswassergehalt und Eisteilchenanzahl)
- AEDT 2050 Flugverkehrsdatensatz 12x skaliert (Luftverkehrsdichte und Wasserdampfemissionen)

FSST Simulationen:

- Meeresoberflächentemperatur durch Klimatologie fixiert
- Strahlungsantriebe (RF_{inst}, RF_{adj}, ERF)
- Schnelle Rückkopplungen

MLO Simulationen:

- Gekoppelter Deckschichtozean
- Bodentemperaturänderung
- Langsame Rückkopplungen

$$\lambda = \frac{\Delta T}{RF}$$

Modell Setup

- EMAC / MESSy Klimamodell, Auflösung 2.8° bzw. 600m (vertikal)
- Kondensstreifen-Parametrisierung von Bock und Burkhardt (2016)

  ↳ „Zwei-Momenten-Wolkenschema“ (Eiswassergehalt und Eisteilchenanzahl)
- AEDT 2050 Flugverkehrsdatensatz 12x skaliert (Luftverkehrsdichte und Wasserdampfemissionen)

FSST Simulationen:

- Me[illegible]flächentemperatur durch[illegible]e fixiert
- Strahlungsa[illegible], RF_{adj}, ERF)
- Schnelle Rückkopplung[illegible]

DACH 2019

MLO Simulationen:

- Gekoppelter Deckschichtozean
- Bodentemperaturänderung
- Langsame Rückkopplungen

$$\lambda = \frac{\Delta T}{RF}$$

Modell Setup

- EMAC / MESSy Klimamodell, Auflösung 2.8° bzw. 600m (vertikal)
- Kondensstreifen-Parametrisierung von Bock und Burkhardt (2016)

  ↳ „Zwei-Momenten-Wolkenschema“ (Eiswassergehalt und Eisteilchenanzahl)
- AEDT 2050 Flugverkehrsdatensatz 12x skaliert (Luftverkehrsdichte und Wasserdampfemissionen)

FSST Simulationen:

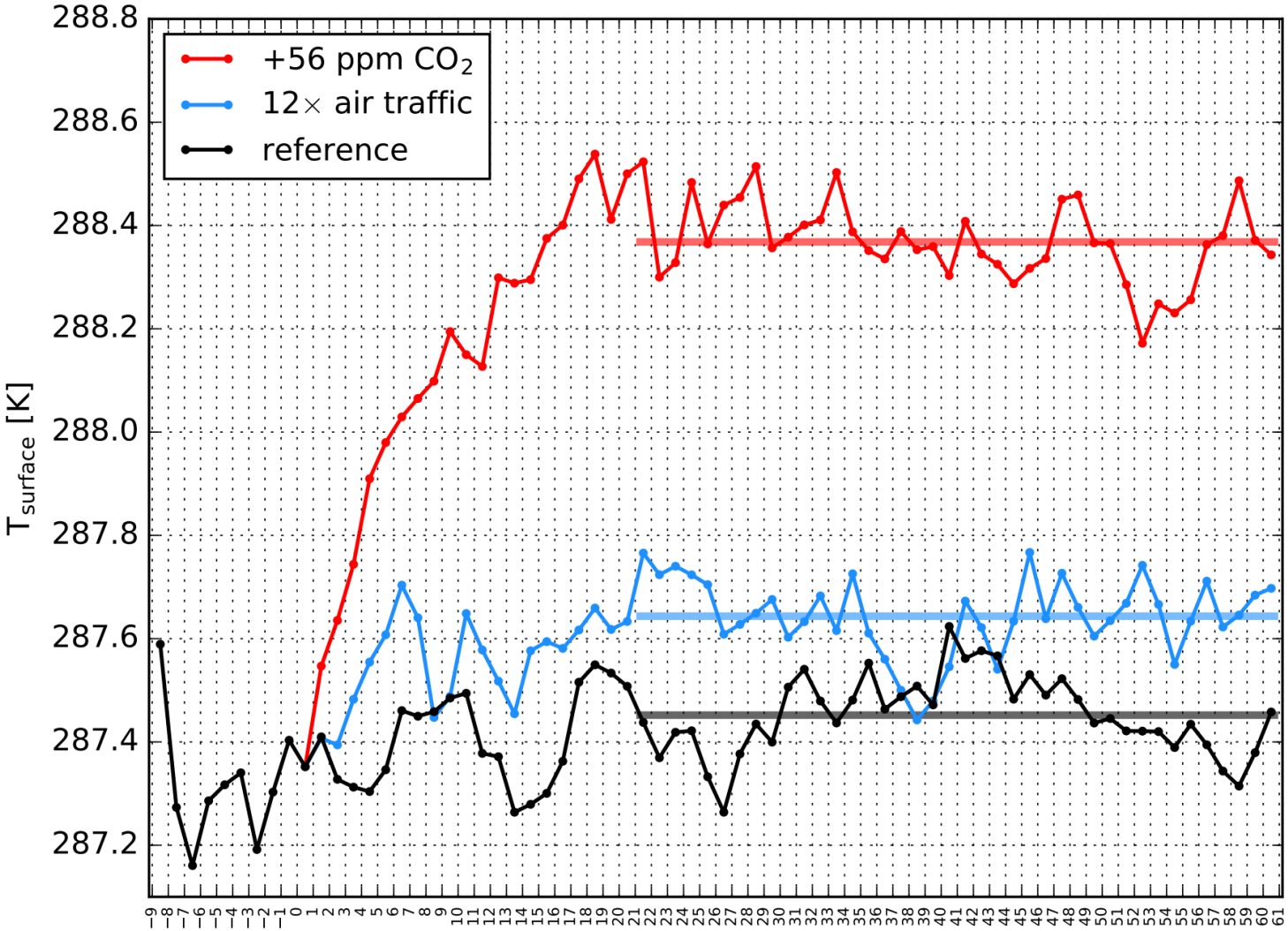
- Meeresoberflächentemperatur durch Klimatologie fixiert
- Strahlungsantriebe (RF_{inst}, RF_{adj}, ERF)
- Schnelle Rückkopplungen

MLO Simulationen:

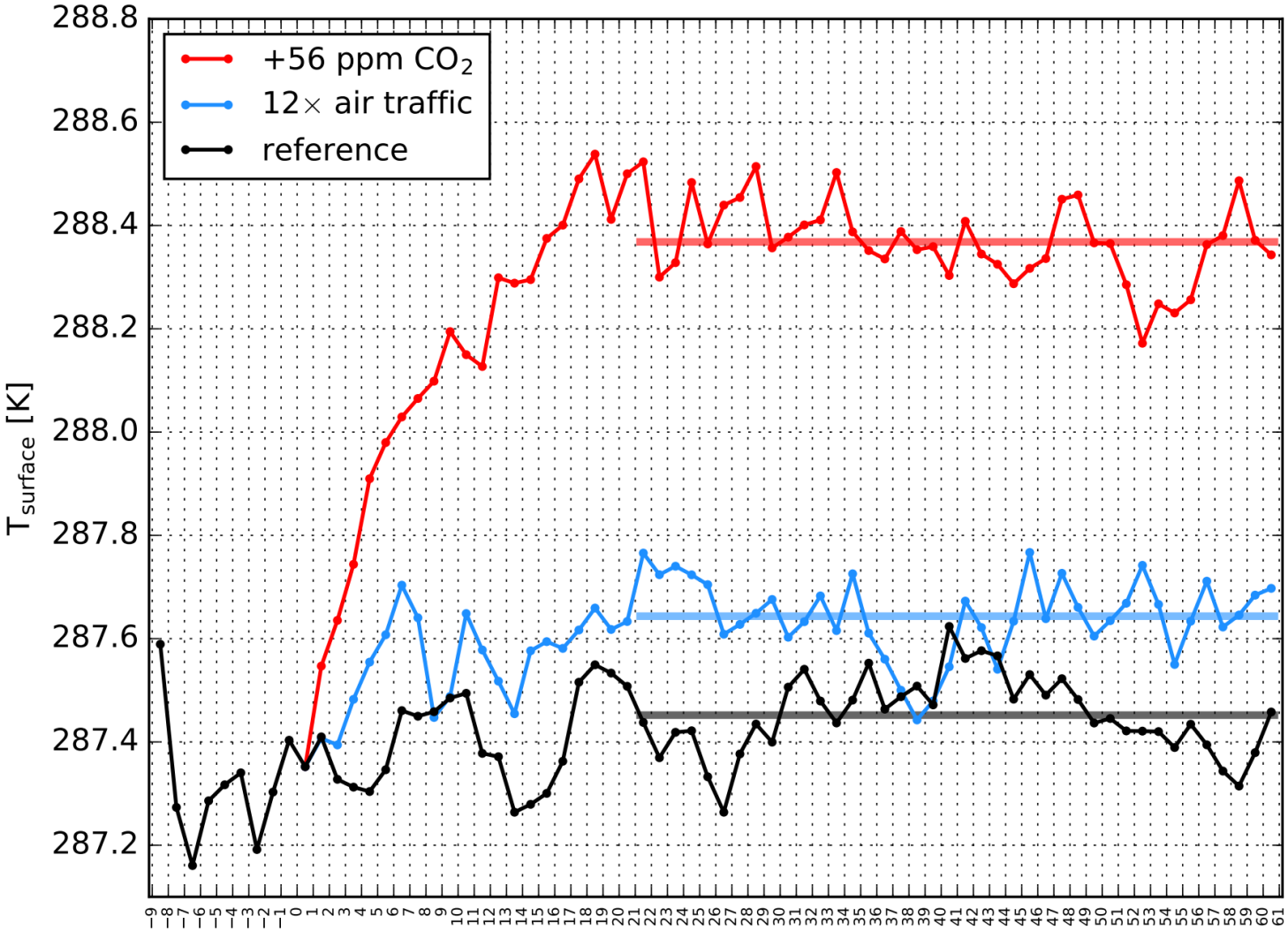
- Gekoppelter Deckschichtozean
- Bodentemperaturänderung
- Langsame Rückkopplungen

$$\lambda = \frac{\Delta T}{RF}$$

Bodentemperaturänderung



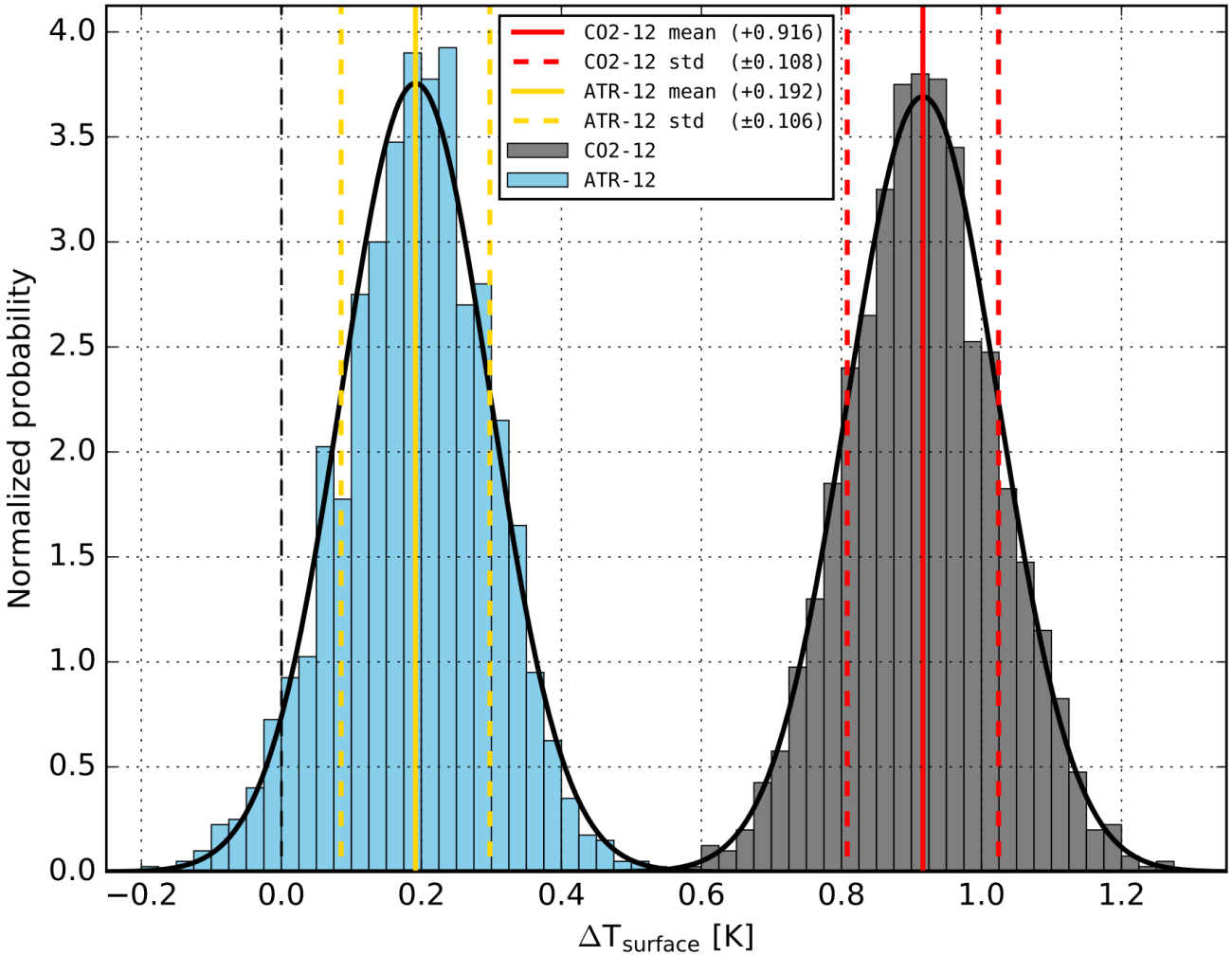
Bodentemperaturänderung



+56 ppm CO_2: **+0.9 K**

Kondensstreifen-Zirren: **+0.2 K**

Bodentemperaturänderung



Kondensstreifen-Zirren: +0.2 K

+56 ppm CO2 +0.9 K

Klimasensitivität und Klimawirkungseffizienz

Kondensstreifen-Zirren

ERF: 568 mWm^{-2}

ΔT: +0.2 K

+56 ppm CO_2

ERF: 1034 mWm^{-2}

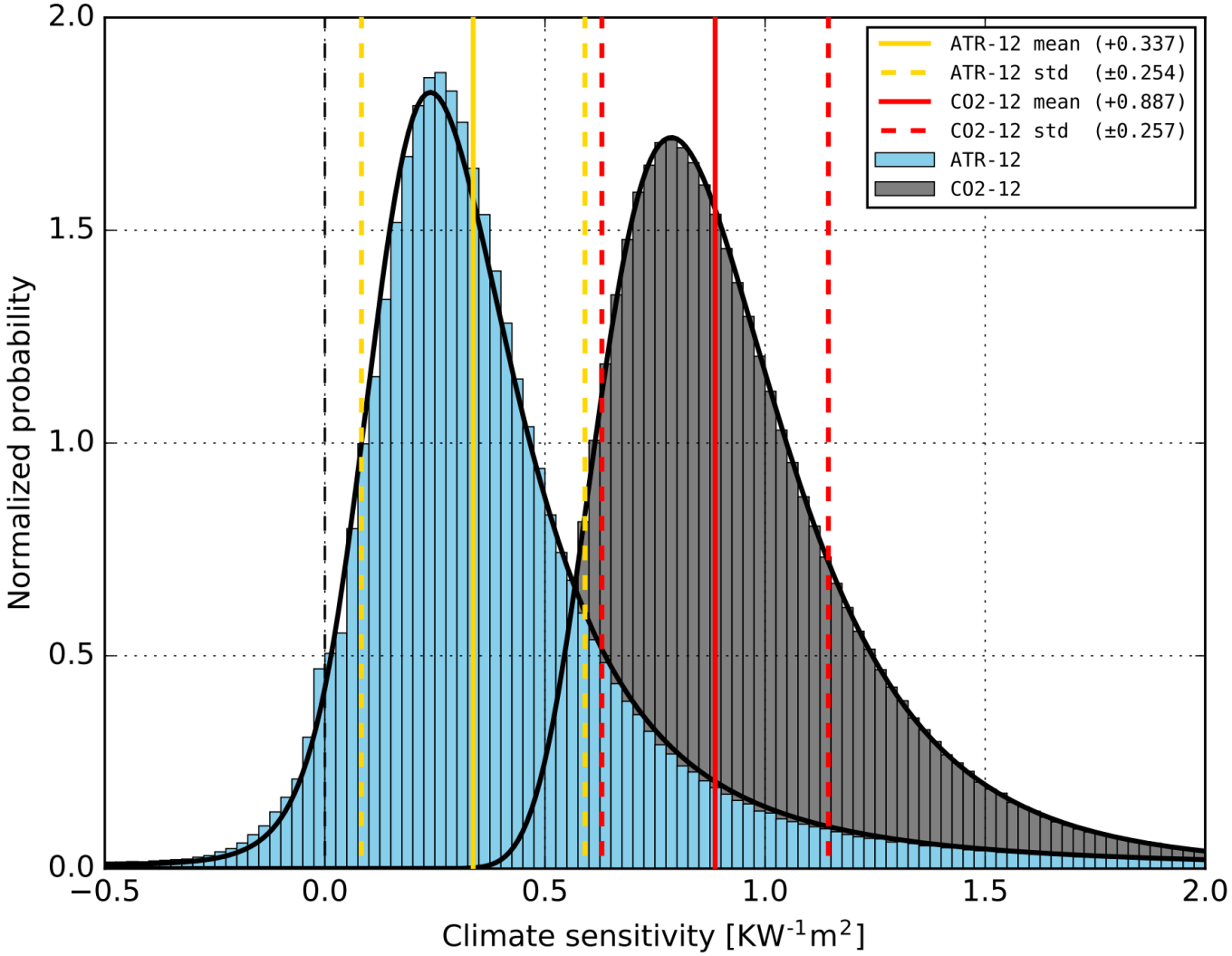
ΔT: +0.9 K

Klimasensitivität: $$\lambda = \frac{\Delta T}{ERF}$$

λ: 0.33 $KW^{-1}m^2$

λ: 0.89 $KW^{-1}m^2$

Klimasensitivität



Kondensstreifen-Zirren: 0.33 KW^{-1}m^{2}

+56 ppm CO2: 0.89 KW^{-1}m^{2}

Klimasensitivität und Klimawirkungseffizienz

Kondensstreifen-Zirren

ERF: 568 mWm^{-2}

ΔT: +0.2 K

+56 ppm CO_2

ERF: 1034 mWm^{-2}

ΔT: +0.9 K

Klimasensitivität: $$\lambda = \frac{\Delta T}{ERF}$$

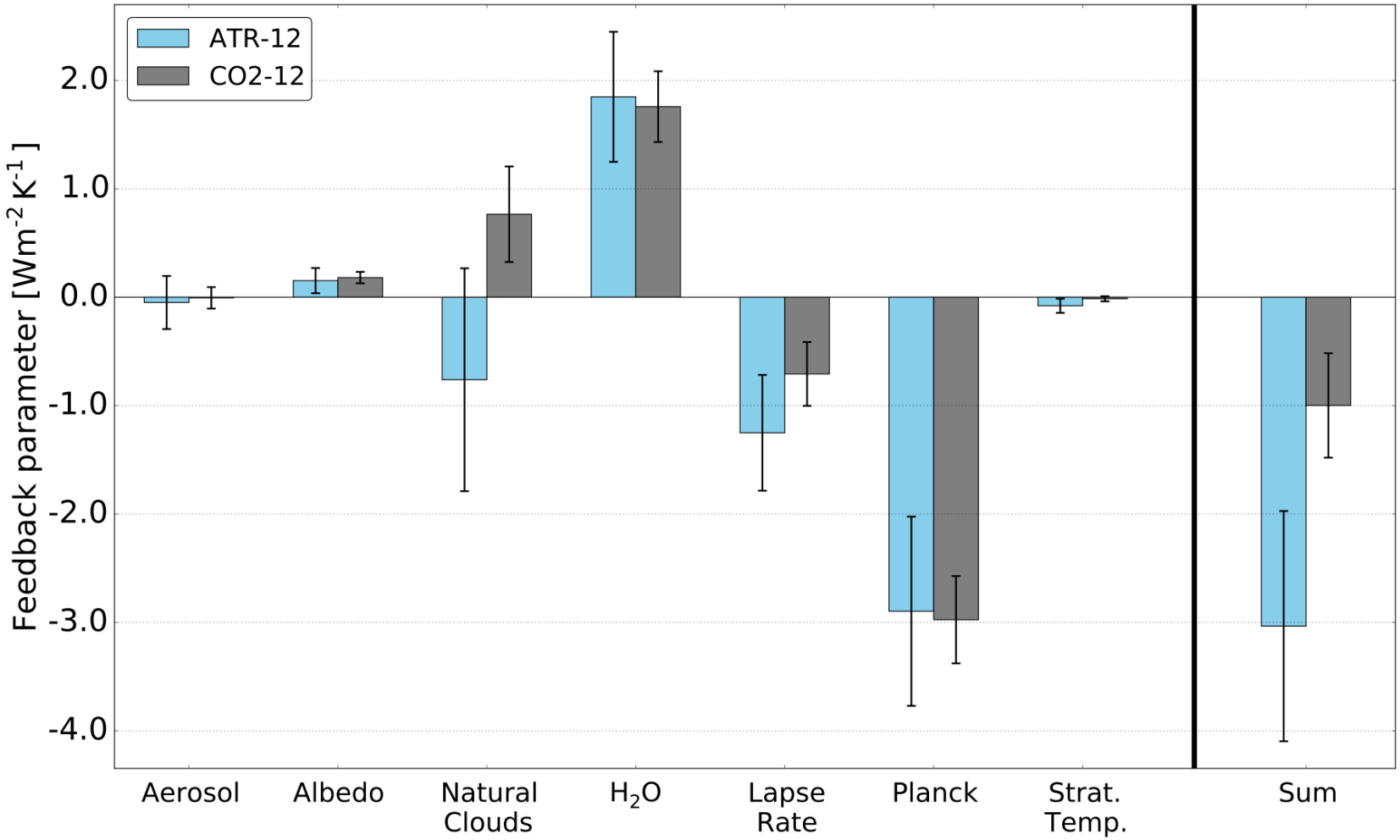
λ: 0.33 $KW^{-1}m^2$

λ: 0.89 $KW^{-1}m^2$

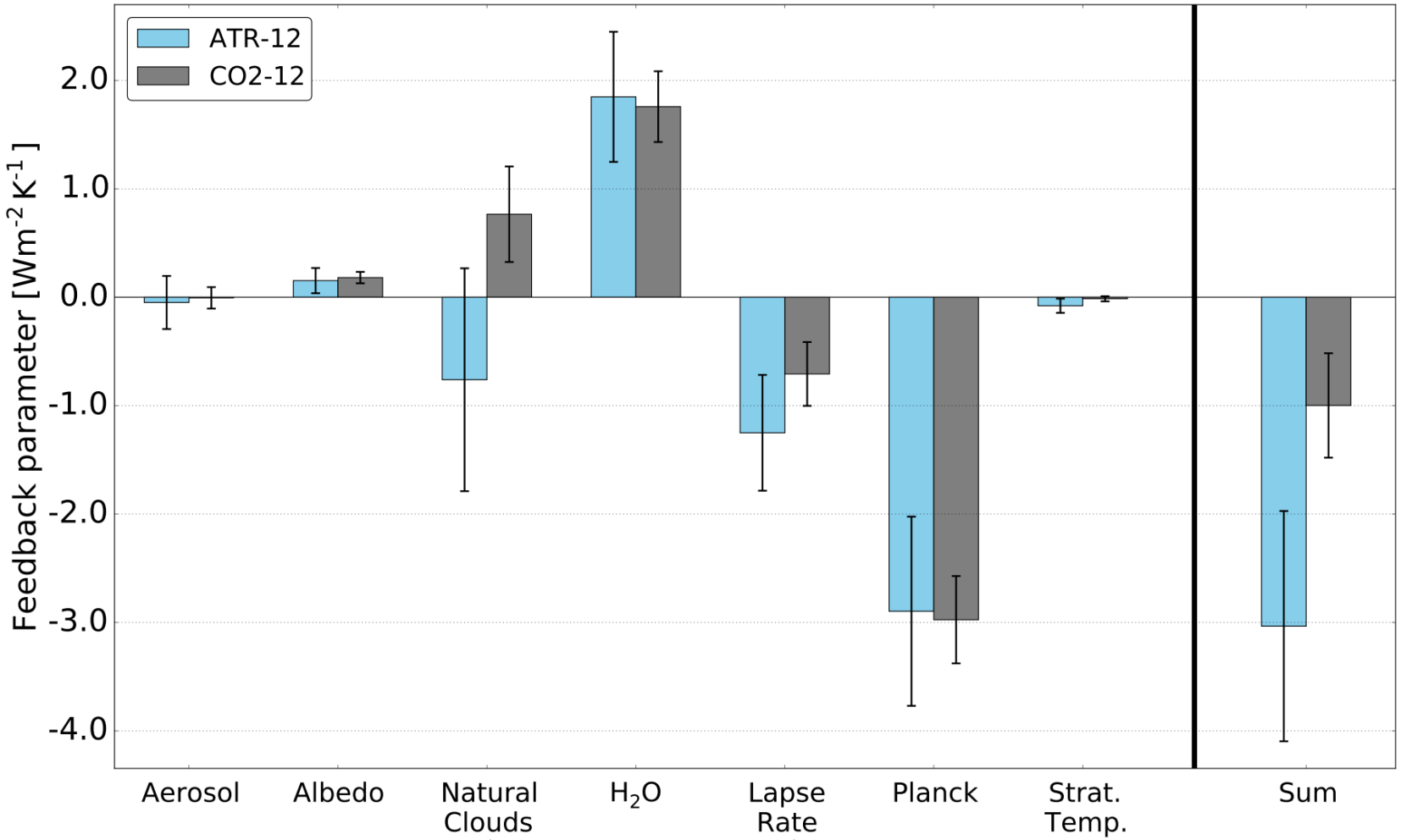
Klimawirkungseffizienz: $$r = \frac{\lambda_{Kondensstreifen-Zirren}}{\lambda_{CO_2}}$$

$r_{Kondensstreifen-Zirren}$: 0.38

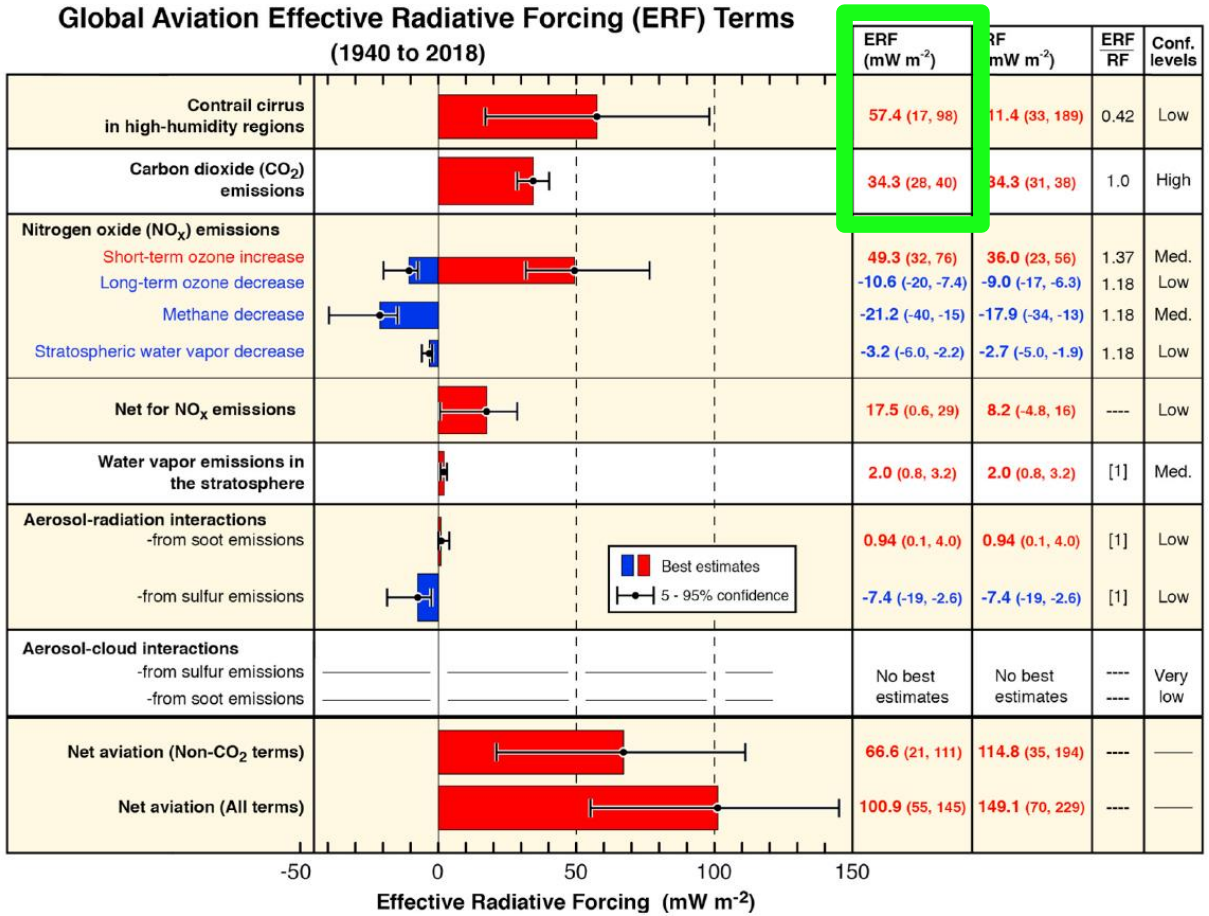
Rückkopplungsanalyse zur Ermittlung physikalischer Ursachen einer reduzierten Klimawirkungseffizienz



Rückkopplungsanalyse zur Ermittlung physikalischer Ursachen der reduzierten Klimawirkungseffizienz

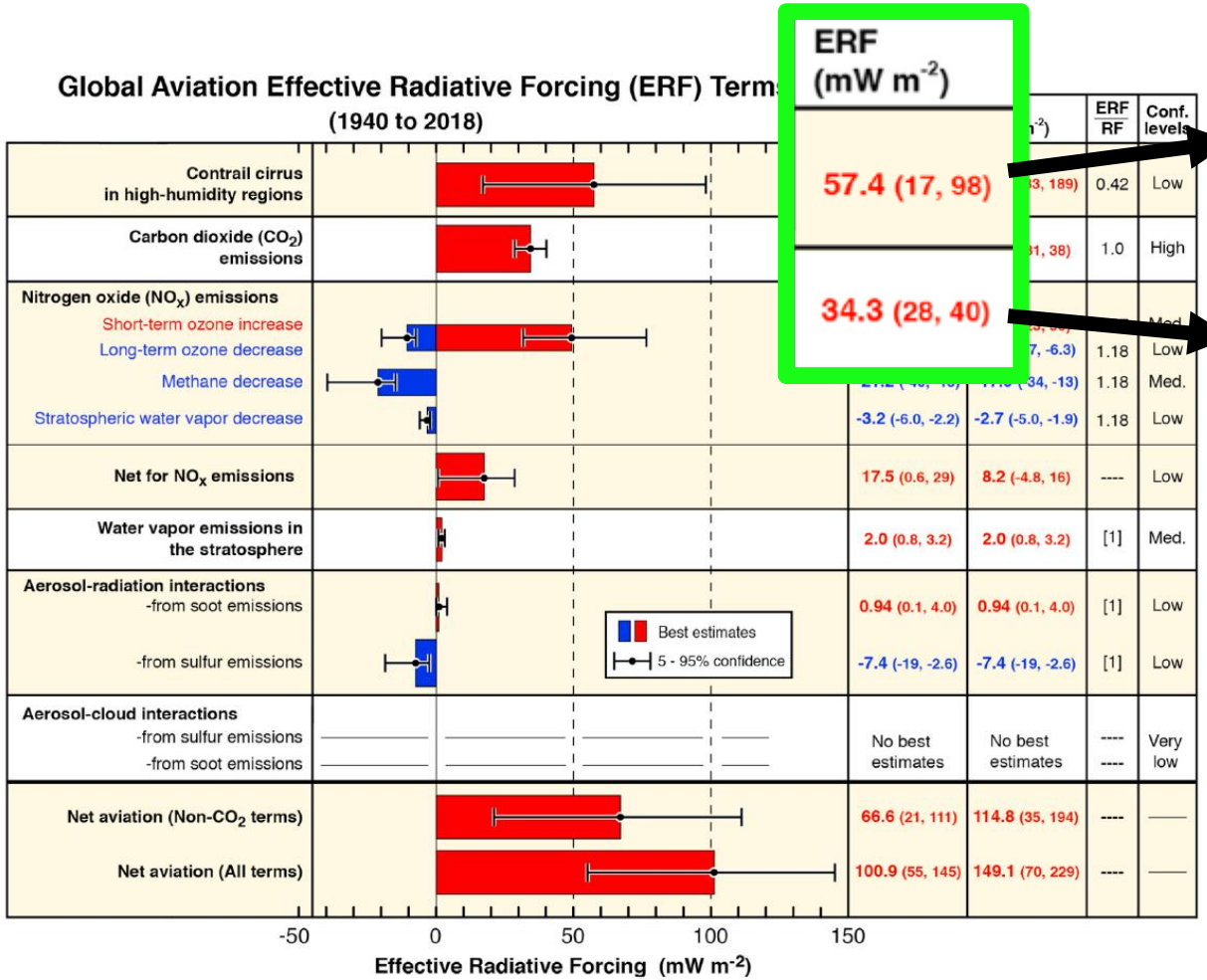


Klimawirkung des Luftverkehrs



Lee et al., 2021

Klimawirkung des Luftverkehrs



Kondensstreifen-Zirren:

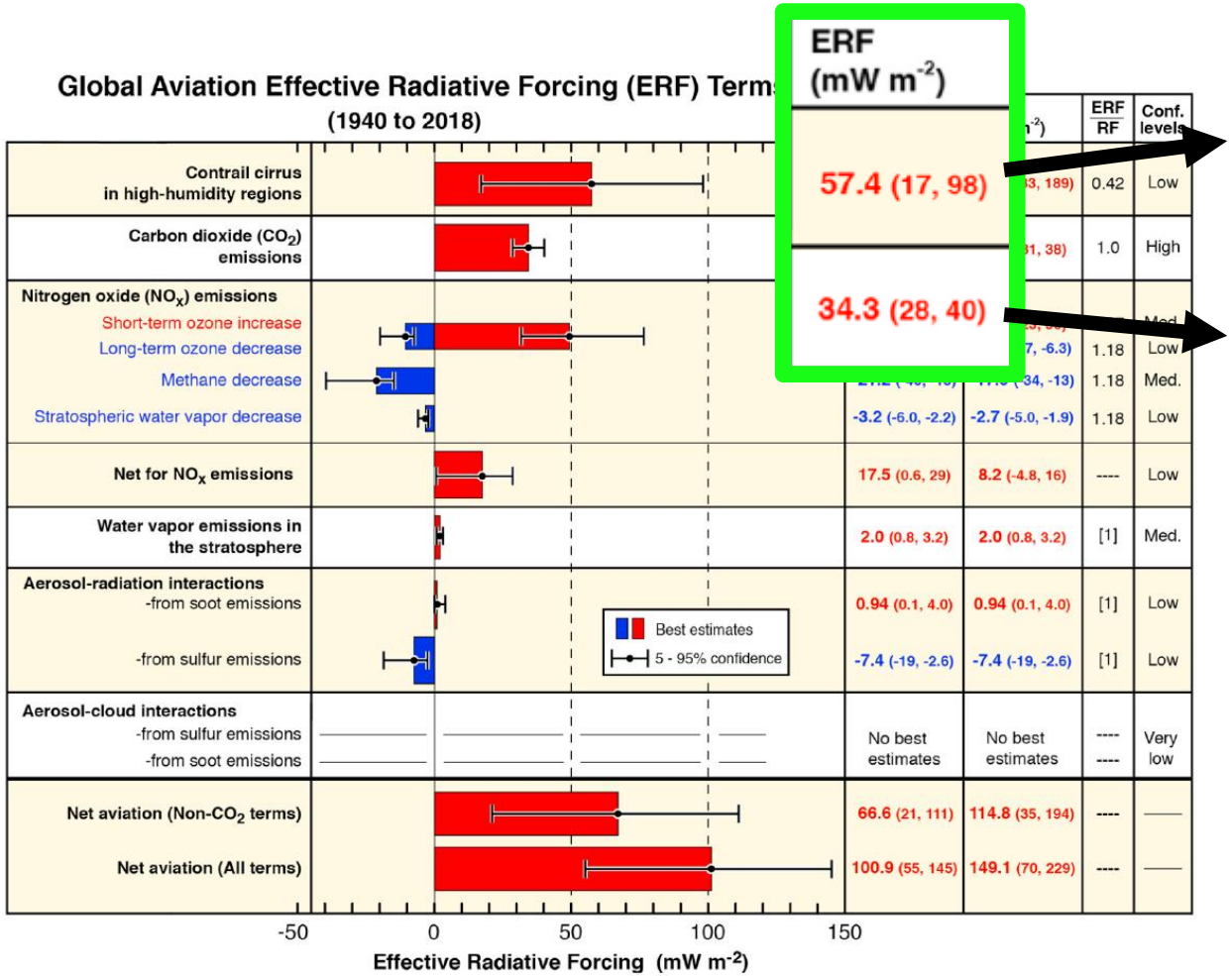
- 0.33 $KW^{-1}m^2$ = **+0.019 K**

CO_2:

- 0.89 $KW^{-1}m^2$ = **+0.031 K**

Lee et al., 2021

Klimawirkung des Luftverkehrs



Lee et al., 2021

Kondensstreifen-Zirren:

- 0.33 $KW^{-1}m^2$ = **+0.019 K**

CO_2:

- 0.89 $KW^{-1}m^2$ = **+0.031 K**

ERF ist im Falle von Kondensstreifen-Zirren möglicherweise eine ungeeignete Metrik für den Vergleich von Auswirkungen auf die Bodentemperaturänderung

Zusammenfassung

- Klimasensitivtät von Kondensstreifen-Zirren ist deutlich kleiner als von einer CO_2 Störung mit vergleichbarem klassischen Strahlungsantrieb
- Klimawirkungseffizienz von Kondensstreifen-Zirren stark reduziert (0.38)
- Ermittlung der physikalischen Ursachen mittels Rückkopplungsanalyse zeigt unterschiedliche Reaktionen in der langsamen Wolken und Lapse-Rate Rückkopplung von Kondensstreifen-Zirren und CO_2
- Effektiver Strahlungsantrieb (ERF) von Kondensstreifen-Zirren vermutlich ungeeignete Metrik zum Vergleich von Auswirkungen auf die Bodentemperatur

Quellen

Bickel, M., Ponater, M., Bock, L., Burkhardt, U., & Reineke, S. (**2020**). Estimating the Effective Radiative Forcing of Contrail Cirrus, Journal of Climate, 33(5), 1991-2005. Retrieved Mar 10, 2022, from https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/33/5/jcli-d-19-0467.1.xml

D.S. Lee, D.W. Fahey, A. Skowron, M.R. Allen, U. Burkhardt, Q. Chen, S.J. Doherty, S. Freeman, P.M. Forster, J. Fuglestvedt, A. Gettelman, R.R. De León, L.L. Lim, M.T. Lund, R.J. Millar, B. Owen, J.E. Penner, G. Pitari, M.J. Prather, R. Sausen, L.J. Wilcox, The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018, Atmospheric Environment, Volume 244, **2021**, 117834, ISSN 1352-2310, https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117834.

Ponater, M., Marquart, S., Sausen, R., and Schumann, U. (2005), On contrail climate sensitivity, Geophys. Res. Lett., 32, L10706, doi:10.1029/2005GL022580.

Richardson, T. B., Forster, P. M., Smith, C. J., Maycock, A. C., Wood, T., Andrews, T., et al. (2019). Efficacy of climate forcings in PDRMIP models. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 124, 12824– 12844. https://doi.org/10.1029/2019JD030581

Fragen?