

Der Klimawandel in der Stratosphäre und sein Einfluss auf die Entwicklung der Ozonschicht

Prof. Dr. Martin Dameris

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen

Email: martin.dameris@dlr.de

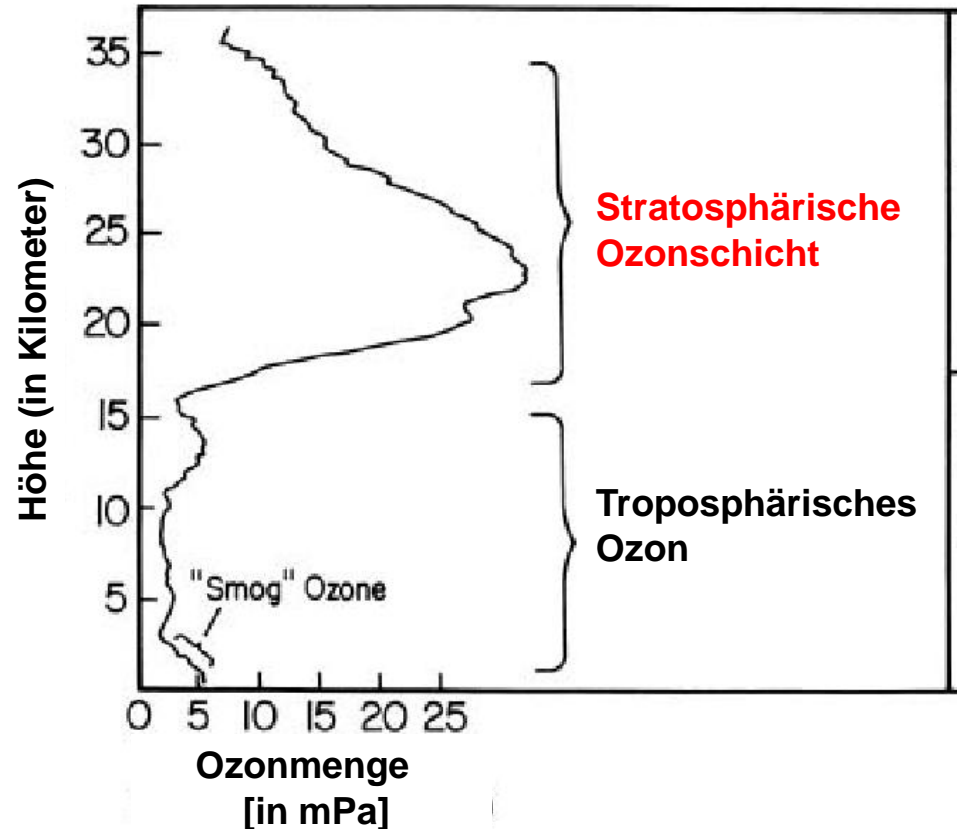


Wissen für Morgen

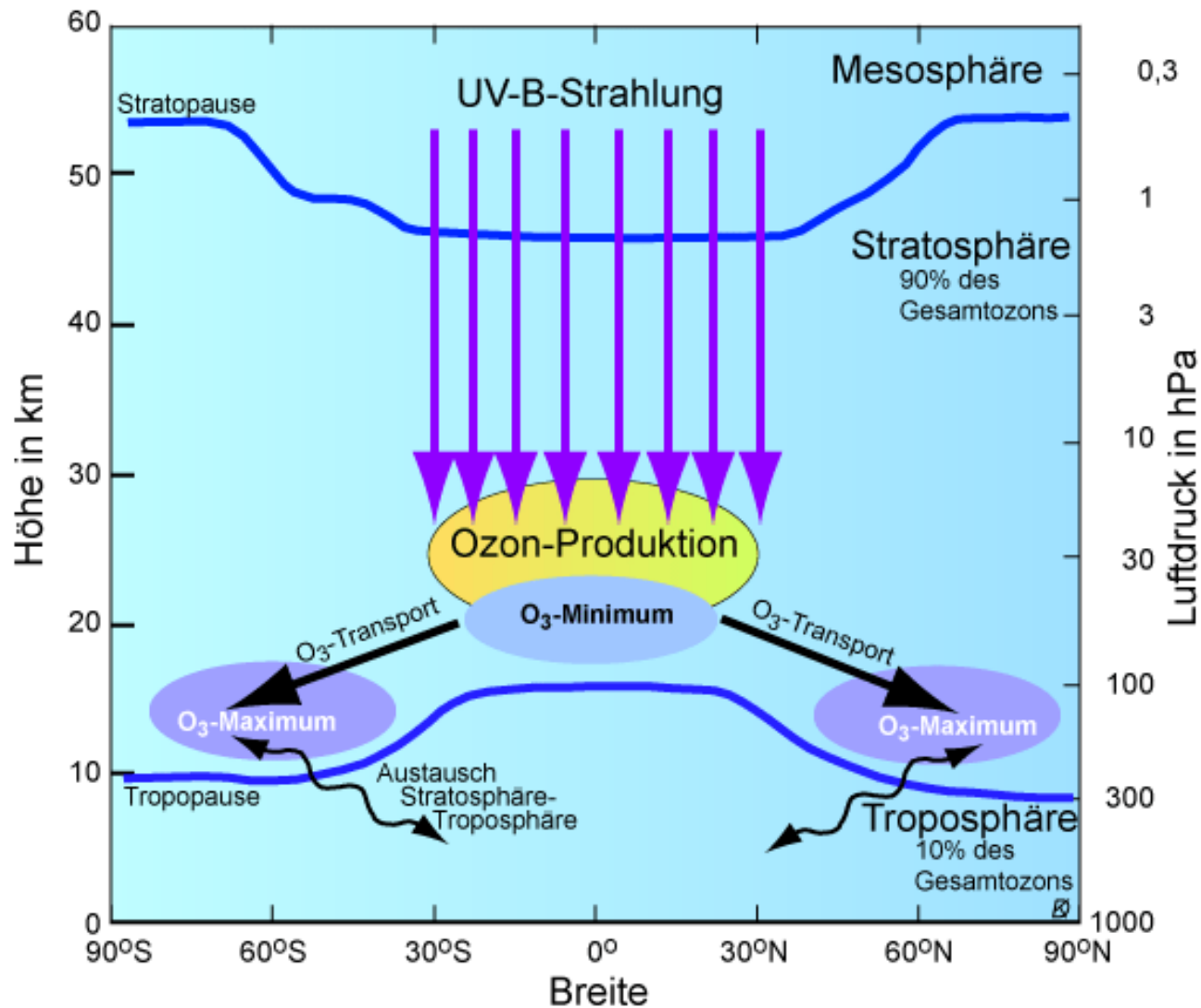


Stratosphärische Ozonschicht

- 90% des atmosphärischen Ozons ist in der Stratosphäre (etwa 75% ist zwischen 15 und 30 km)
- Absorption von solarer UV-Strahlung (100-380 nm)
- Ozon ist ein wichtiges strahlungsaktives Gas (Treibhausgas) ⇒ Absorption und Emission von infraroter (IR) Strahlung

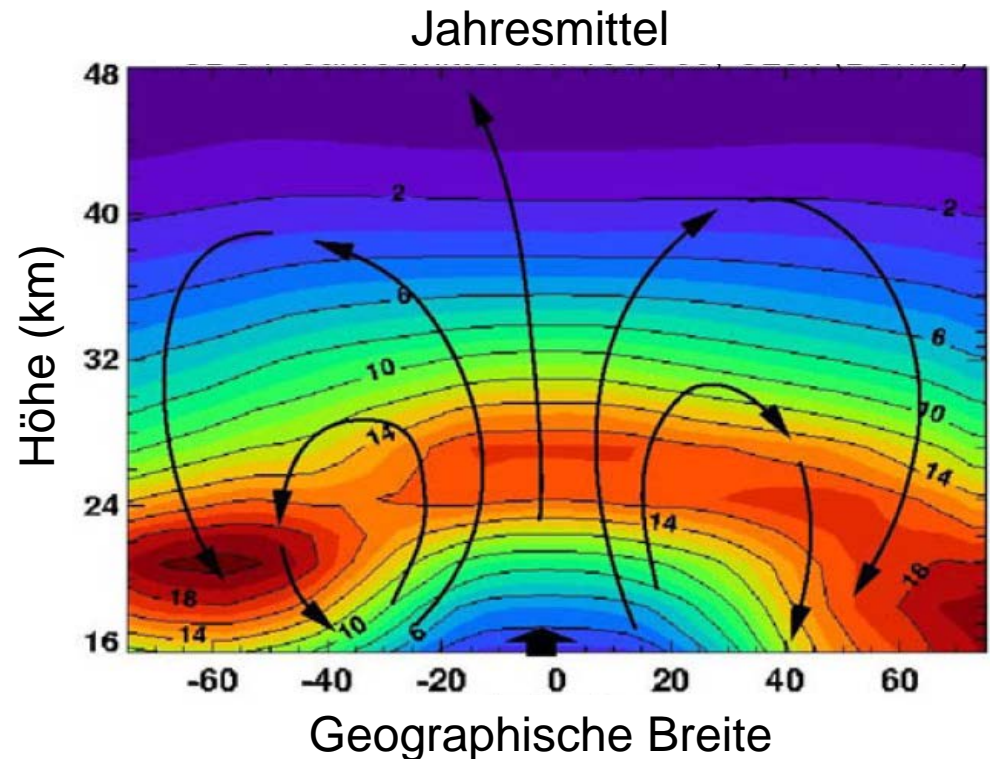


Ozonproduktion und -transport

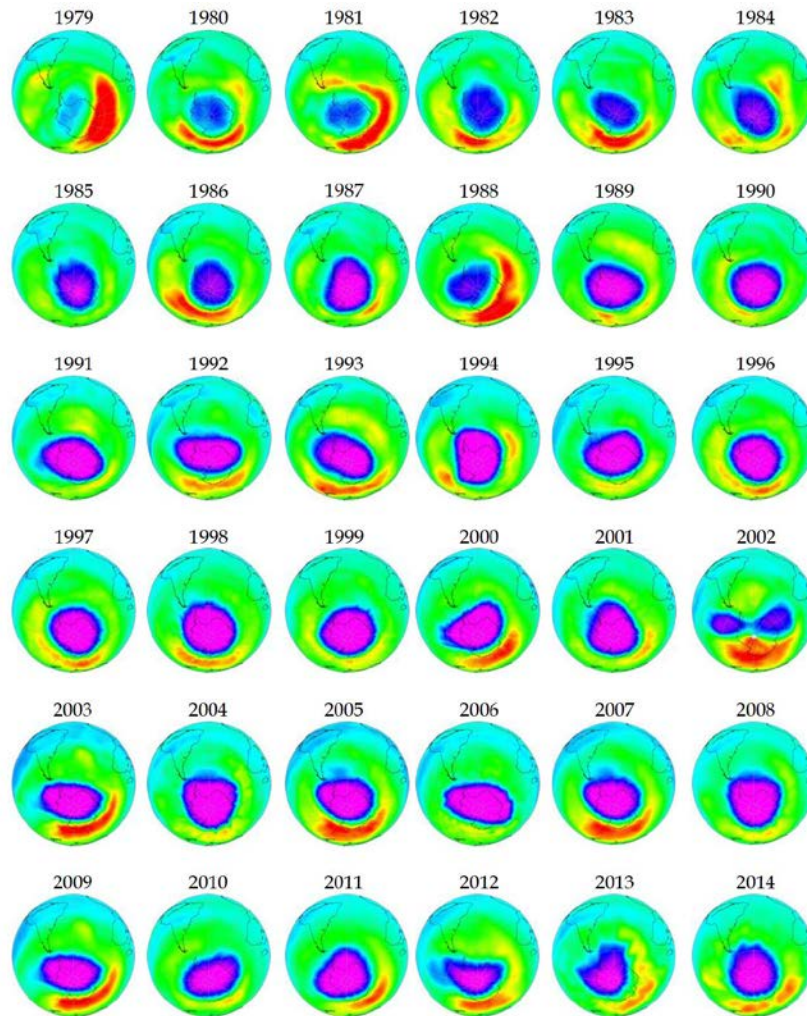


Transport von Ozon: Einfluss der Brewer-Dobson Zirkulation

- Großskalige Zirkulation in der Stratosphäre (Brewer-Dobson Zirkulation);
- Verteilung von Spurengasen ist deutlich beeinflusst;
- Änderung der Verteilung von Spurengasen durch natürliche und menschlich bedingte Einflüsse und Prozesse.



Entwicklung des Antarktischen Ozonlochs

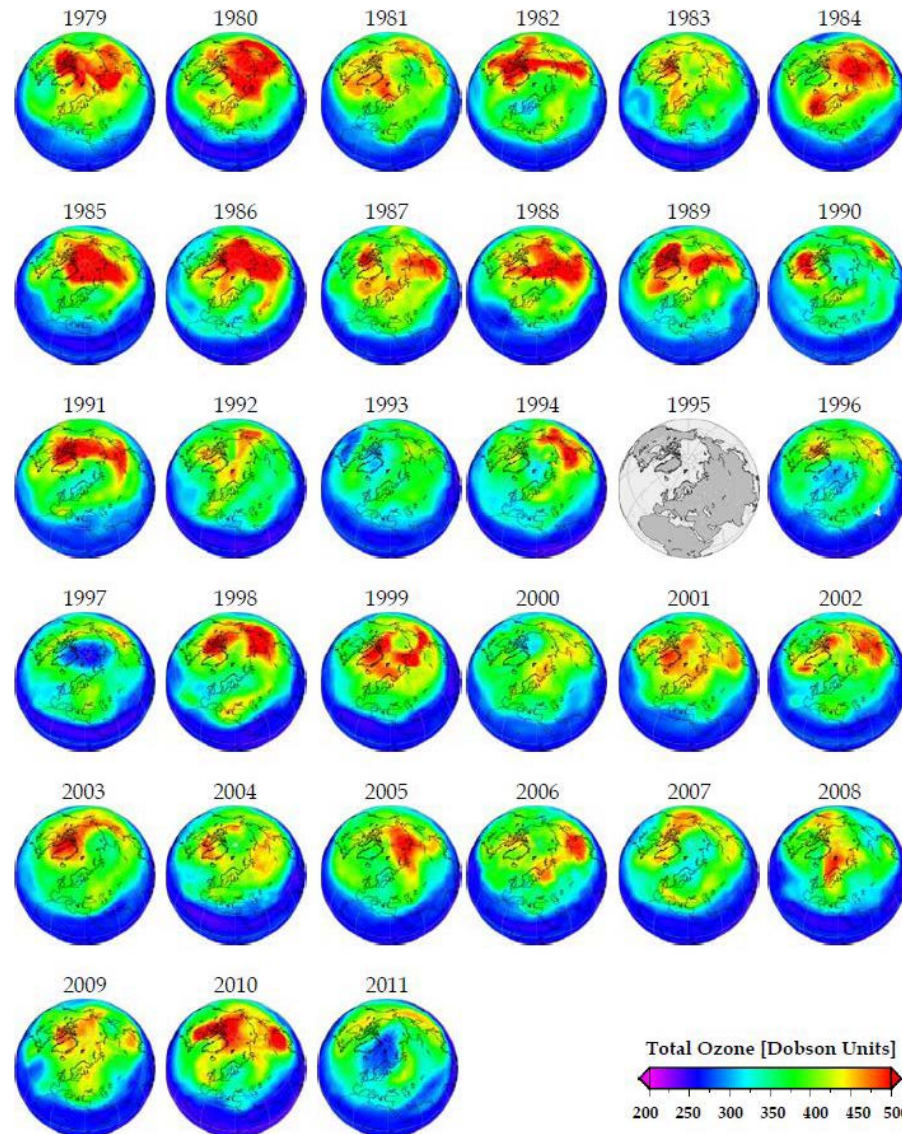


Total Ozone [Dobson Units]
150 200 250 300 350 400 450

Erweiterung von Dameris und Loyola, 2012



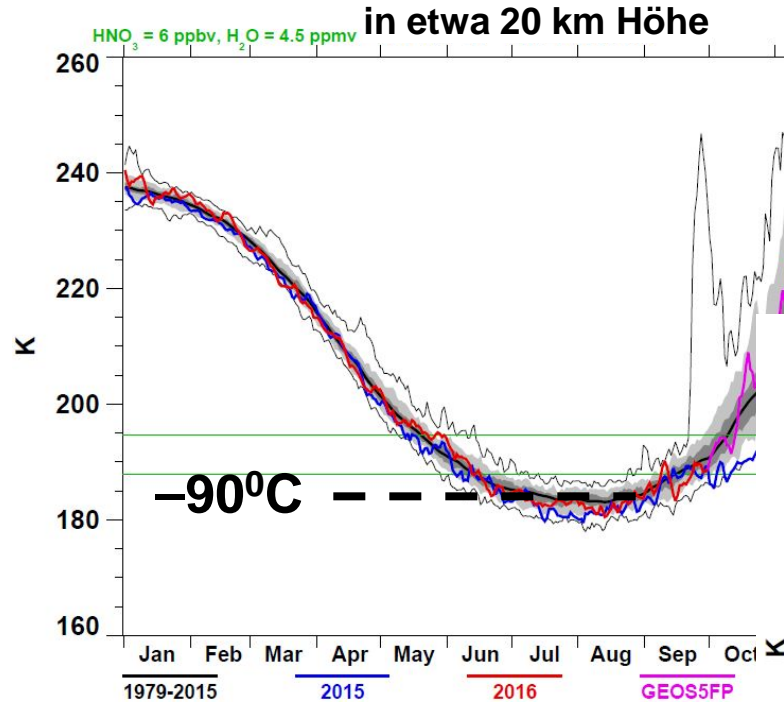
Entwicklung der Ozonschicht über der Arktis



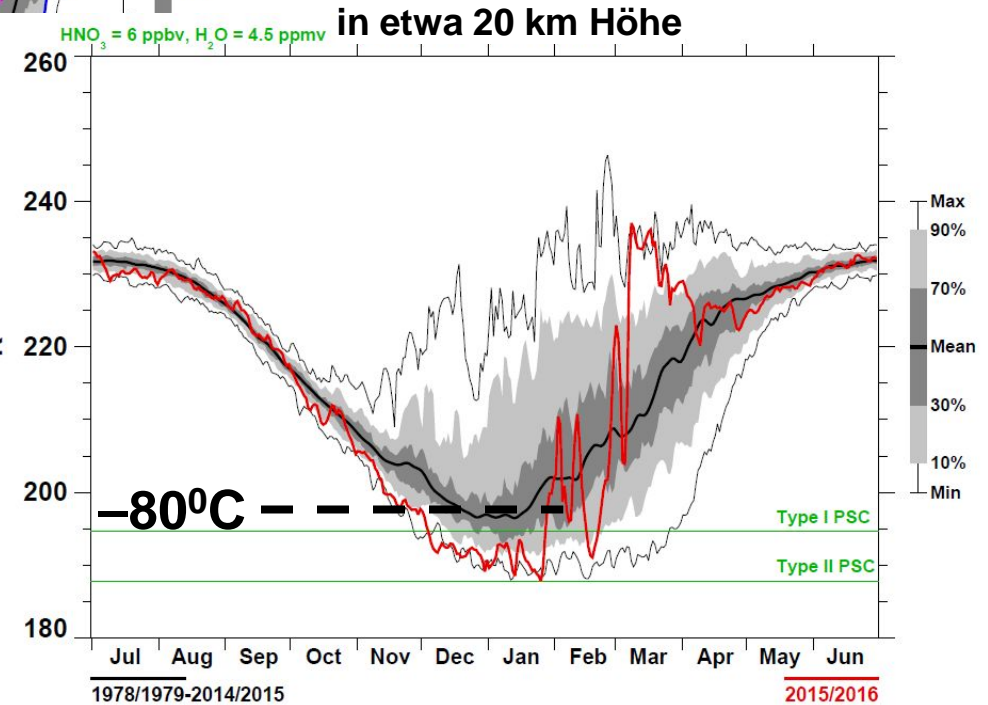
Dameris und Loyola, 2012



Jahresgang der stratosphärischen Temperatur



Polarregion der Südhemisphäre



Polarregion der Nordhemisphäre



Polare Stratosphärenwolken



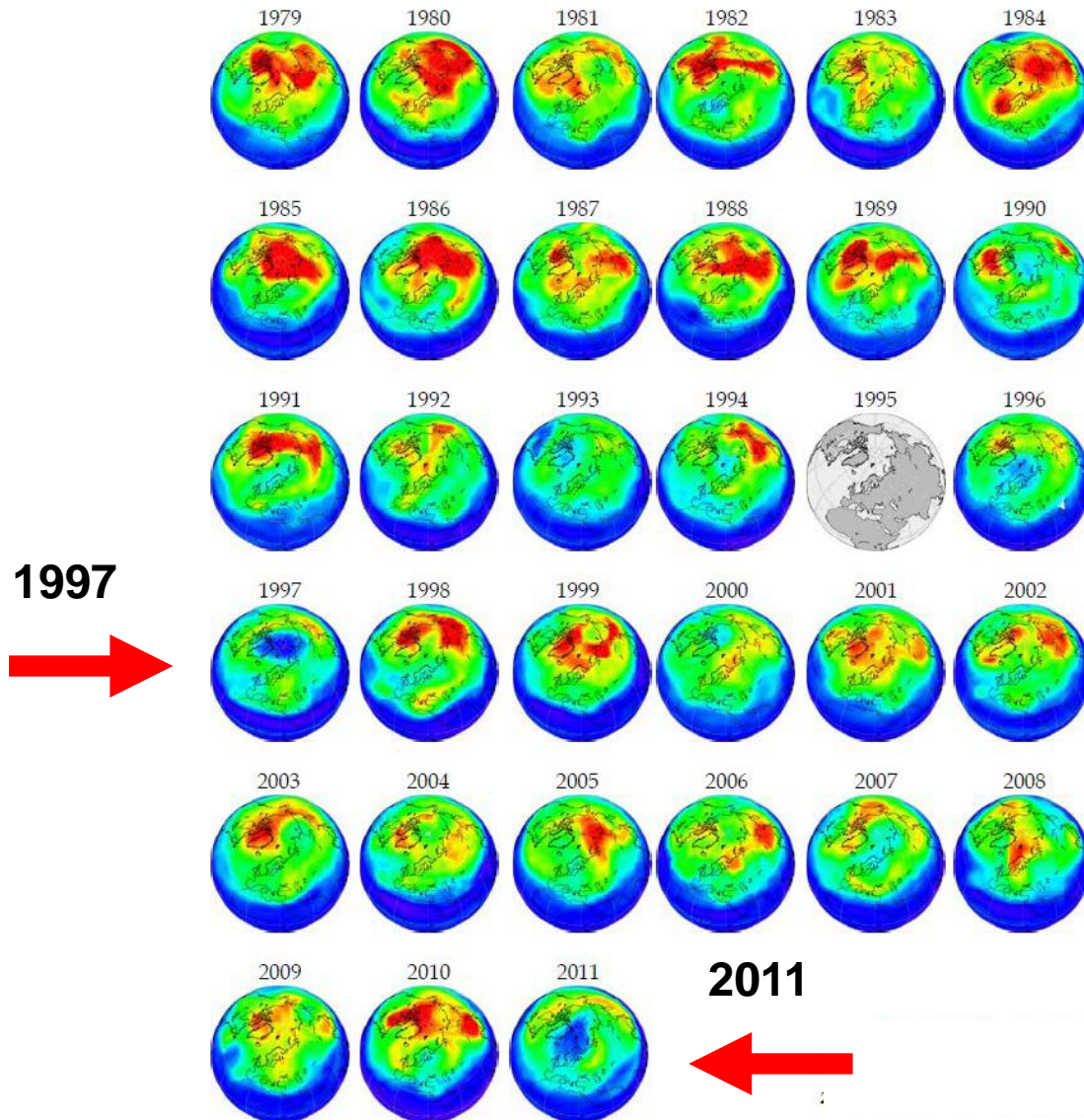
Polare Stratosphärenwolken



Polare Stratosphärenwolken



Entwicklung der Ozonschicht über der Arktis

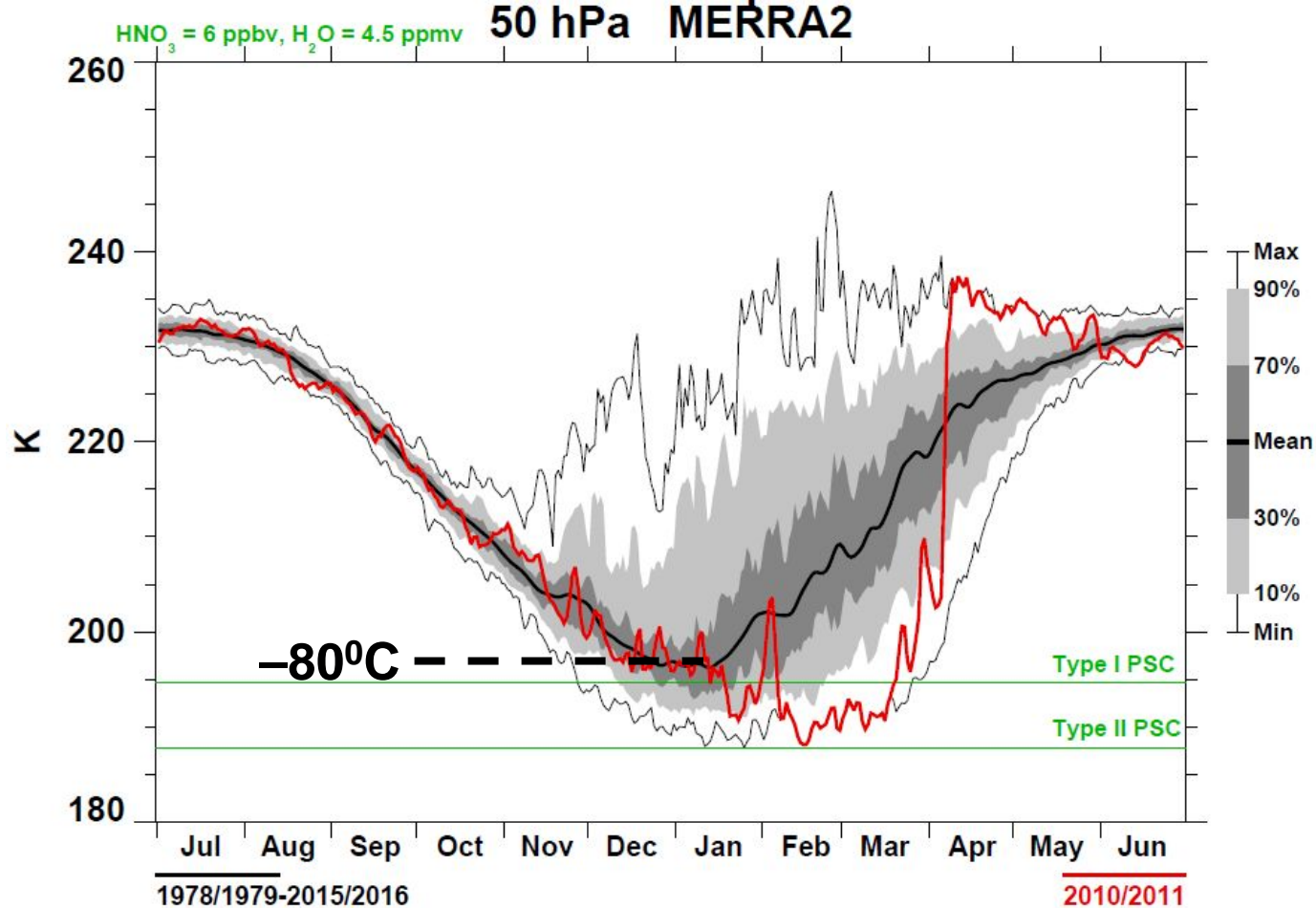


Dameris und Loyola, 2012



Jahresgang der stratosphärischen Temperatur

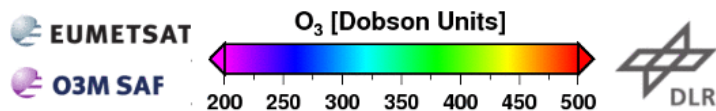
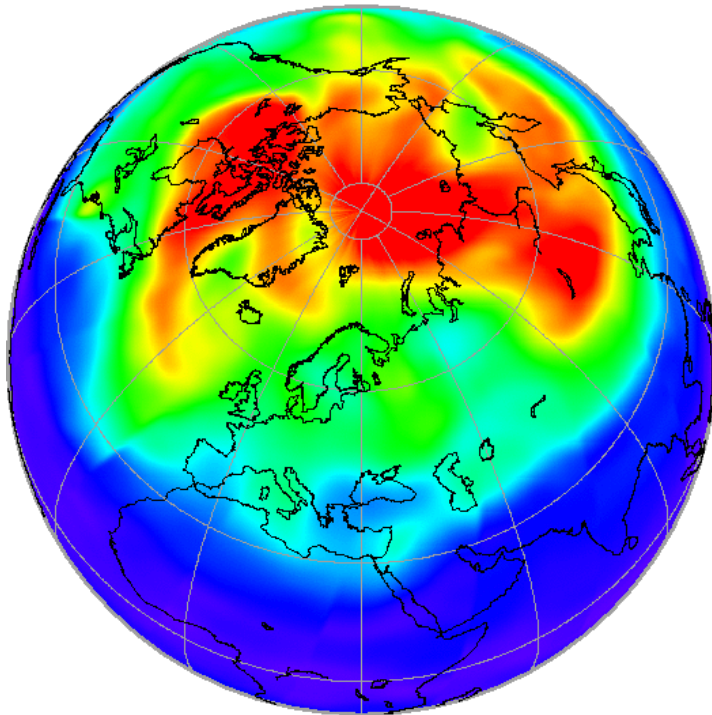
Polarregion der Nordhemisphäre: 2010/2011



Rekord Ozonverlust im arktischen Frühling 2011

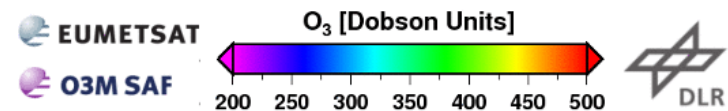
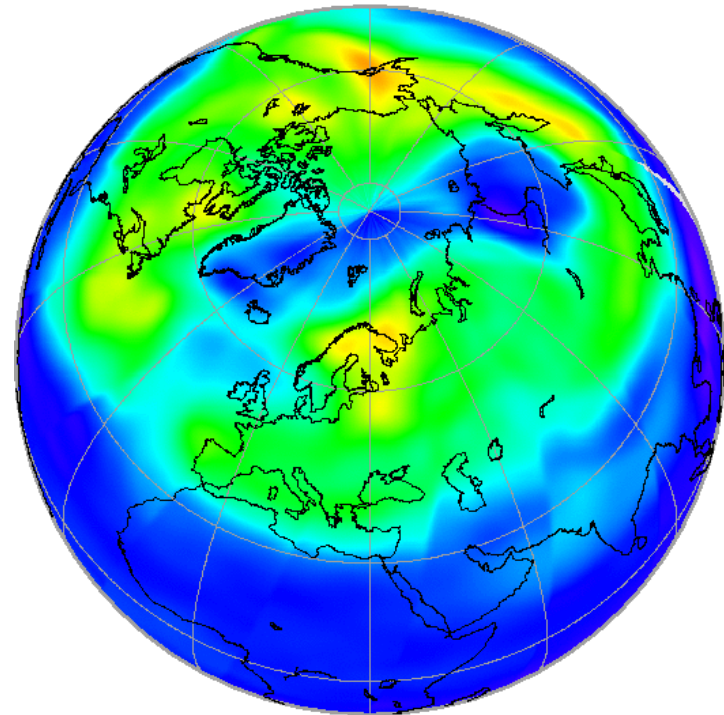
GOME-2/METOP-A Ozone 2010-03-23

<http://atmos.caf.dlr.de/gome2>

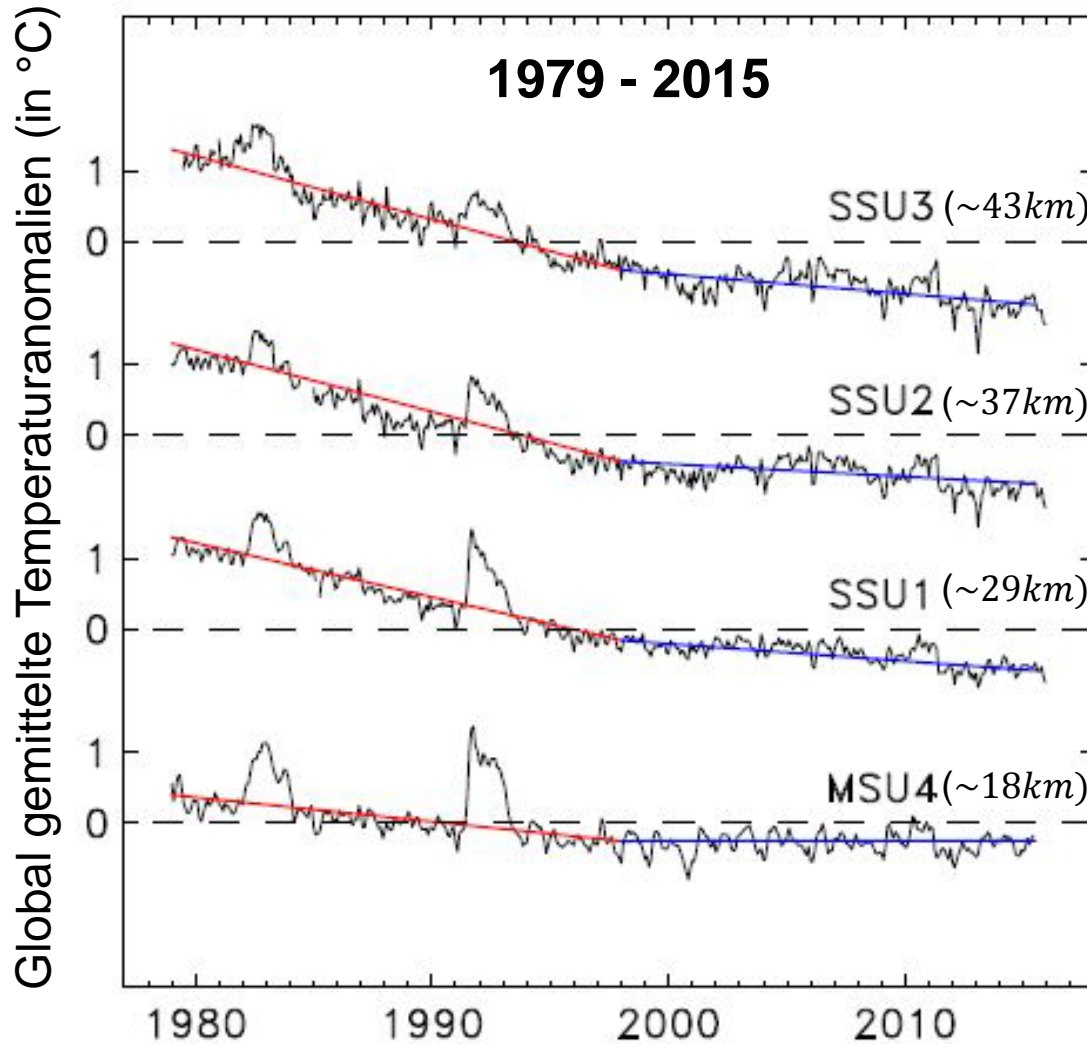


GOME-2/METOP-A Ozone 2011-03-23

<http://atmos.caf.dlr.de/gome2>



Entwicklung der globalen Stratosphärentemperatur



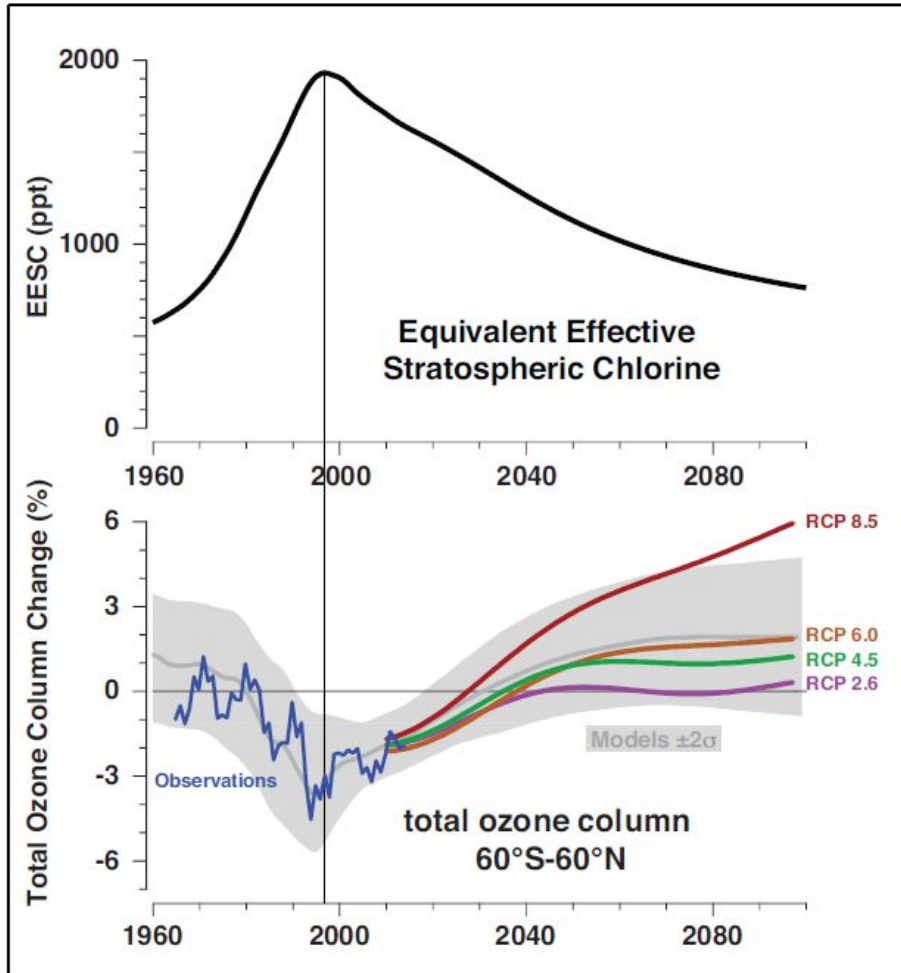
Satellite channel	1979–2015	1979–97	1998–2015
SSU3	-0.58 (0.07)	-0.89 (0.08)	-0.28 (0.07)
SSU2	-0.50 (0.08)	-0.86 (0.06)	-0.19 (0.06)
SSU1	-0.48 (0.06)	-0.76 (0.05)	-0.23 (0.05)
MSU4	-0.17 (0.06)	-0.34 (0.03)	0.01 (0.03)

Abkühlung pro Dekade

Randel et al., 2016



Entwicklung der stratosphärischen Ozonschicht



Obere Abbildung:

Variation des EESC in mittleren Breiten von 1960 bis 2100.

Untere Abbildung:

Entwicklung der Ozonschicht in Abhängigkeit von vier verschiedenen Treibhausgasszenarien (mit unterschiedlichen Konzentrationen von CO_2 , CH_4 und N_2O):

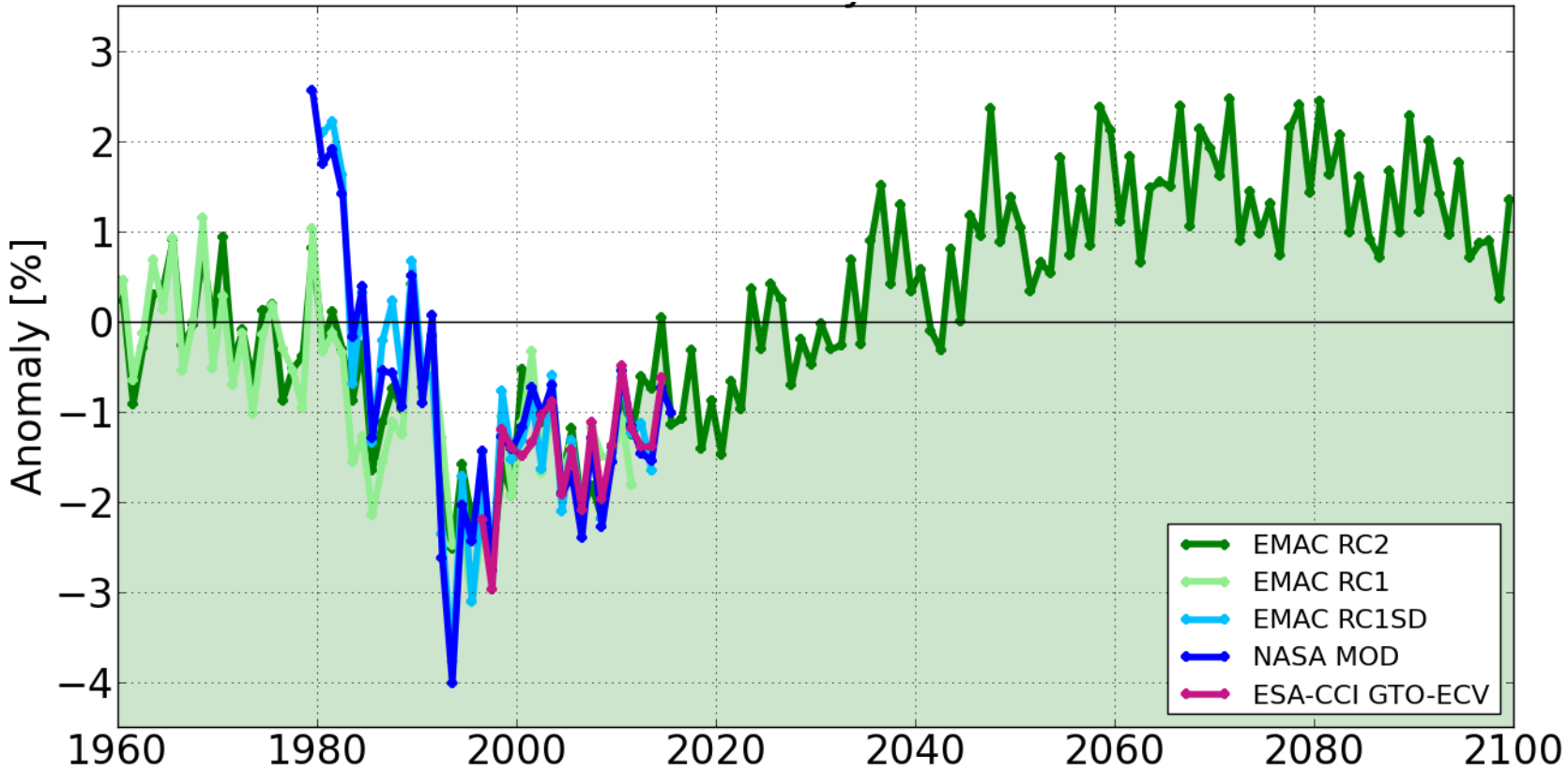
Die vier Szenarien entsprechen einem globalen Strahlungsantrieb von +2.6 (blau), +4.5 (grün), +6.0 (braun) und +8.5 (rot) in W m^{-2} .

(WMO, 2014)



Entwicklung der Ozonschicht (1960-2100): 60°S-60°N

Satelliten und Modelldaten

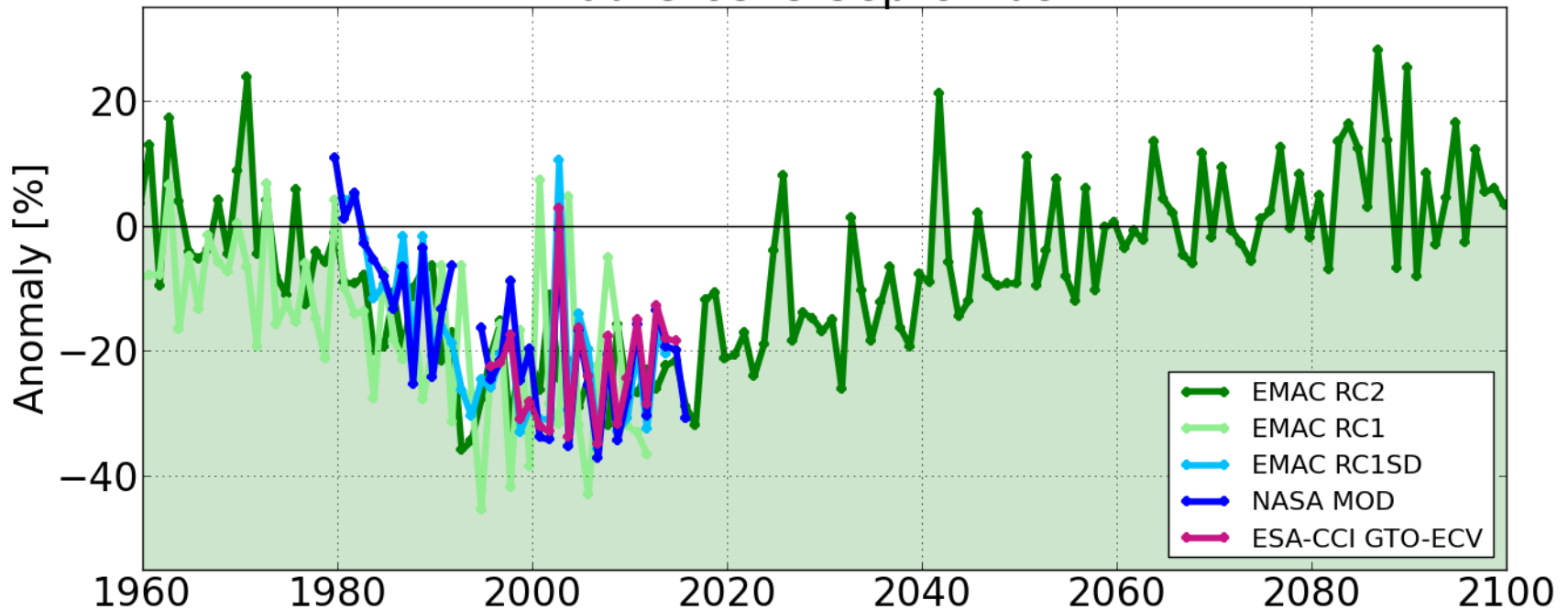


Entwicklung der Ozonschicht (1960-2100)

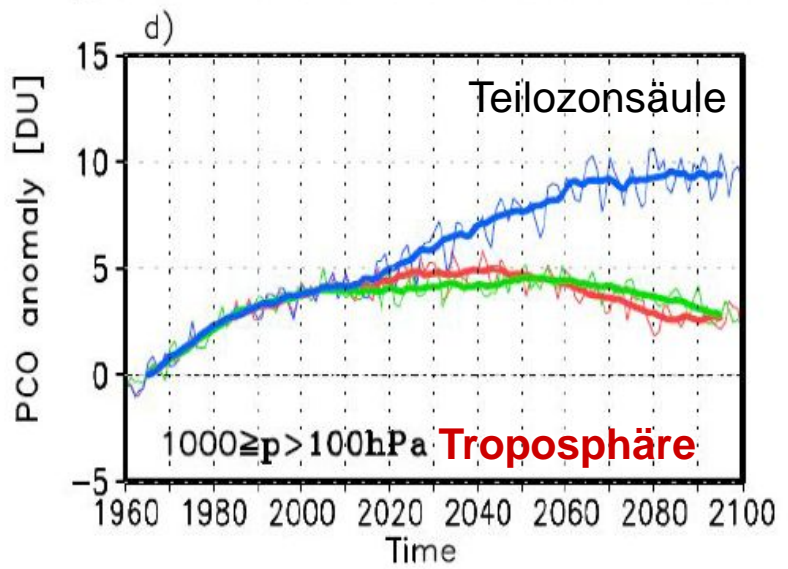
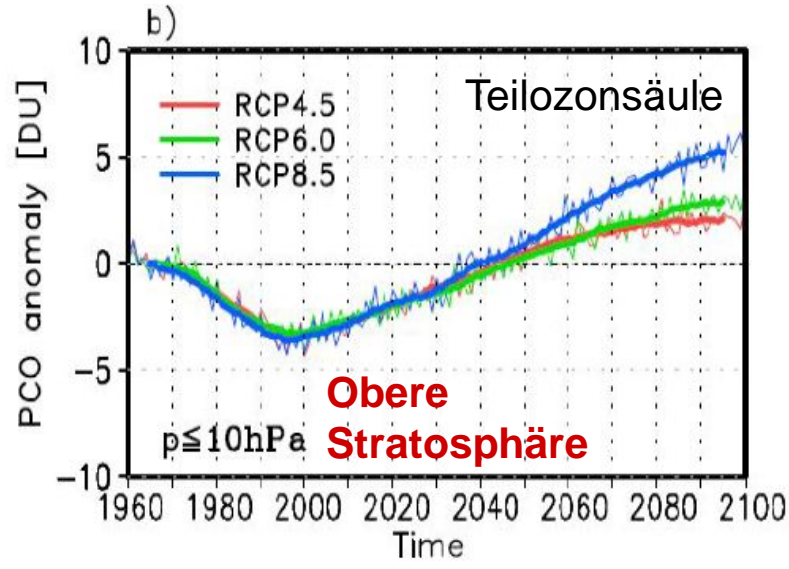
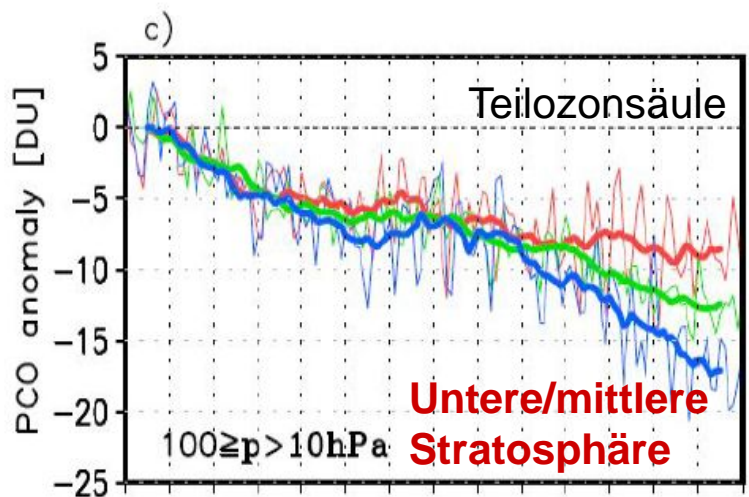
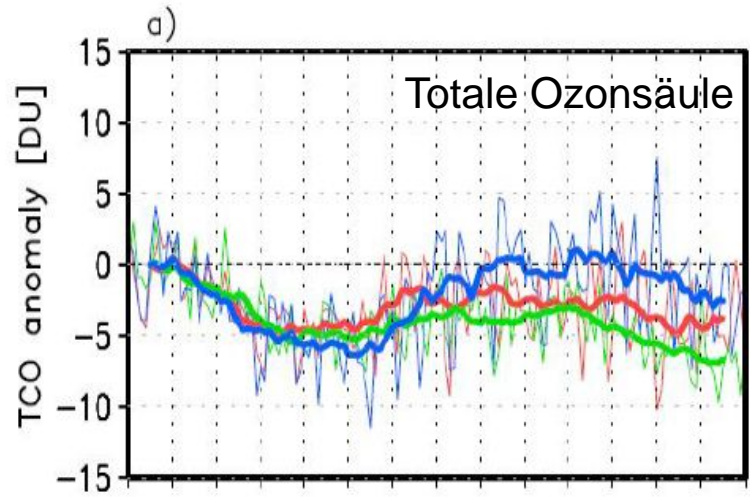
Satelliten und Modelldaten

Antarktisches Ozonloch

60°S-85°S September



Entwicklung der tropischen Ozonschicht (1960-2100)



Stand des Wissens

- ✓ Die Erholung der Ozonschicht wird sich Aufgrund des Montreal Protokoll (Verbot der FCKW) erholen! Aufgrund des Klimawandels erfolgt sie aber regional unterschiedlich.
- ⇒ Die Rückbildung der Ozonschicht verläuft anders als ihr Rückgang in den letzten Jahrzehnten.
- ✓ Eine Erholung wird für Mitte des Jahrhunderts erwartet, in der nördlichen Hemisphäre schneller als in der Südhemisphäre.
- ✓ Es besteht die Möglichkeit einer dickeren Ozonschicht (Vergleich mit Werten von vor 1980).
- ? Die Entwicklung der tropischen Ozonschicht ist unklar. Sie hängt stark vom Klimawandel ab.

