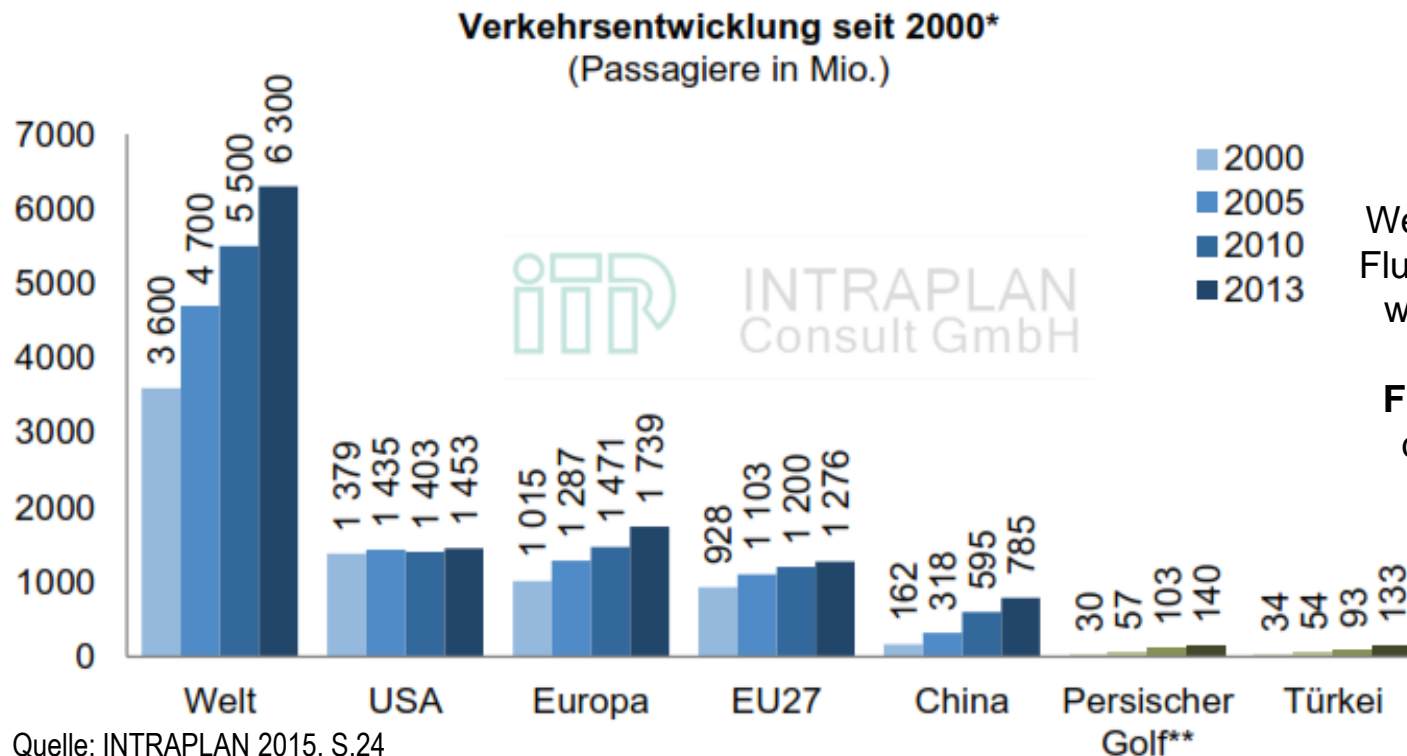

Mobilitätsverhalten, Flugverkehr und Klima

Dr. Peter de Haan EBP, Partner; Leiter Gruppe Ressourcen, Energie + Klima
ETH Zürich, Dozent «Energy and Transport Futures» und
MAS/CAS «Mobilität der Zukunft: Neue Geschäftsmodelle»

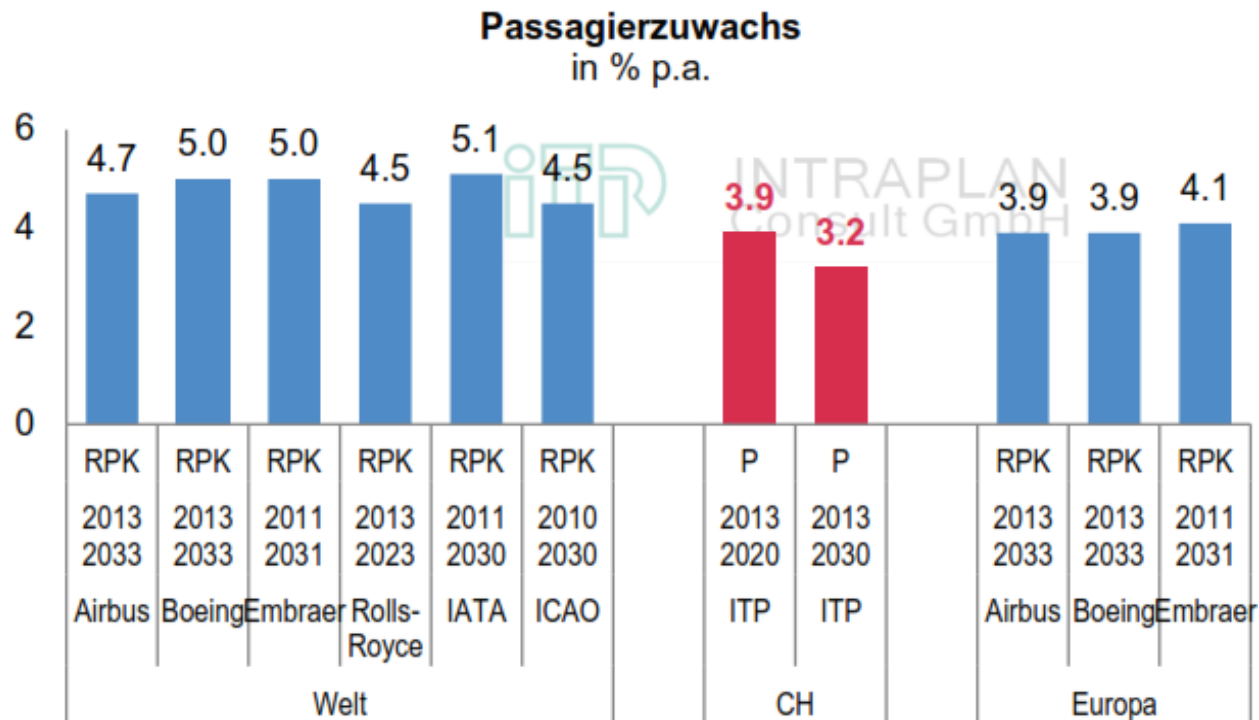
1. Globaler Flugverkehr: Verdopplung 2000 > 2015



Dies ist die Entwicklung in **Passagieren**.

Weil immer grössere Flugzeuge eingesetzt werden, nimmt die Anzahl der **Flugbewegungen** deutlich weniger schnell zu.

1. Globaler Flugverkehr: Verdopplung 2015 > 2030, ...



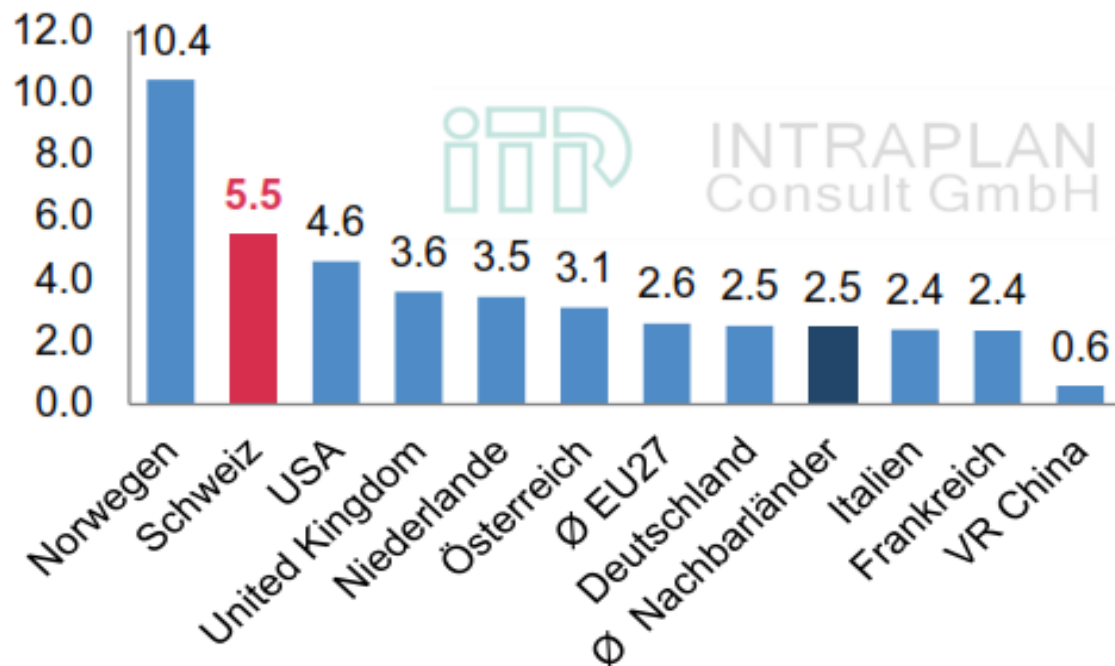
Globales Wachstum
bis 2030:
+4.5 bis +5%
pro Jahr
(jährlich +4.7%
= Verdopplung in 15 J.)

Ab Schweizer
Flughäfen: +3.2%
(konservative
Schätzung)

Quelle: INTRAPLAN 2015, S.37

RPK = revenue passenger
kilometers
P = passengers

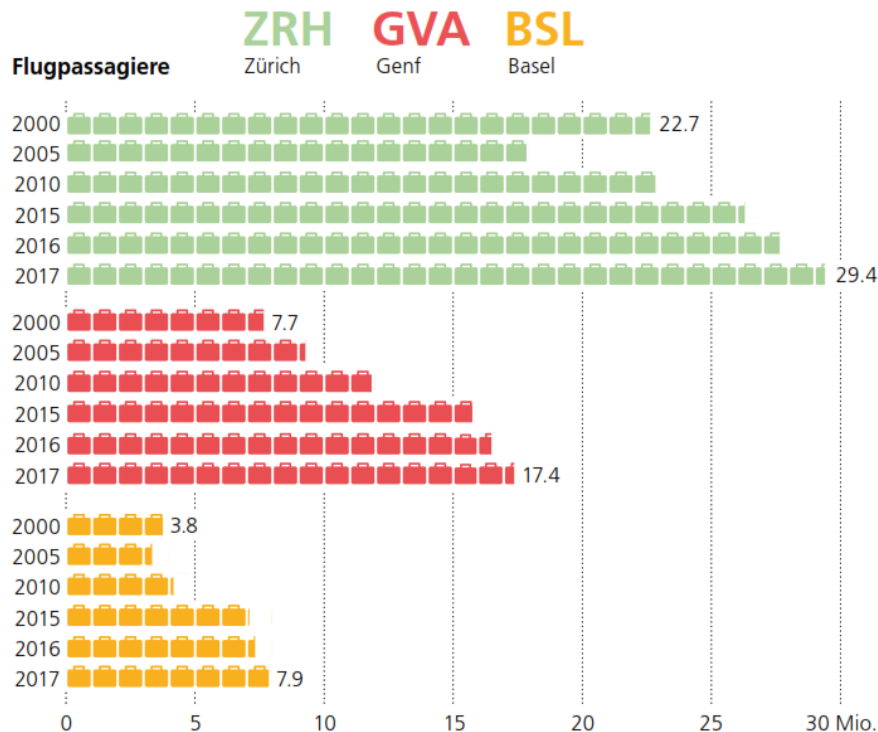
1. Schweizer fliegen 2x so oft wie Nachbarn



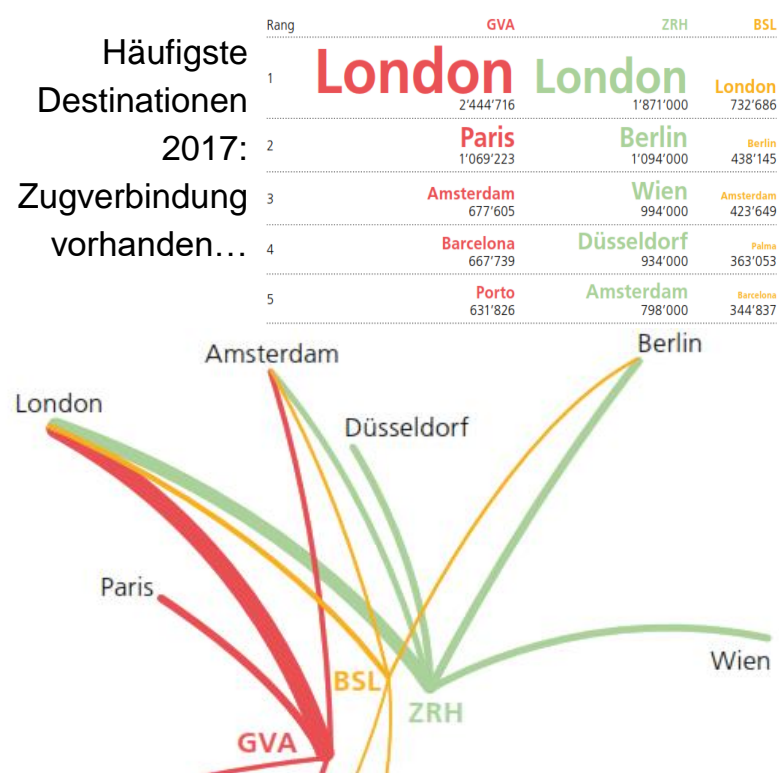
- Flüge/Einwohner:
CH = 5.5,
Nachbarländer = 2.5
- Nach Korrektur für
Transfer-Passagiere usw.:
CH = 2.8,
Deutschland = 0.7,
Österreich = 0.7

Quelle: INTRAPLAN 2015, S.11+15

1. Flugverkehr ab ZRH, GVA, BAS

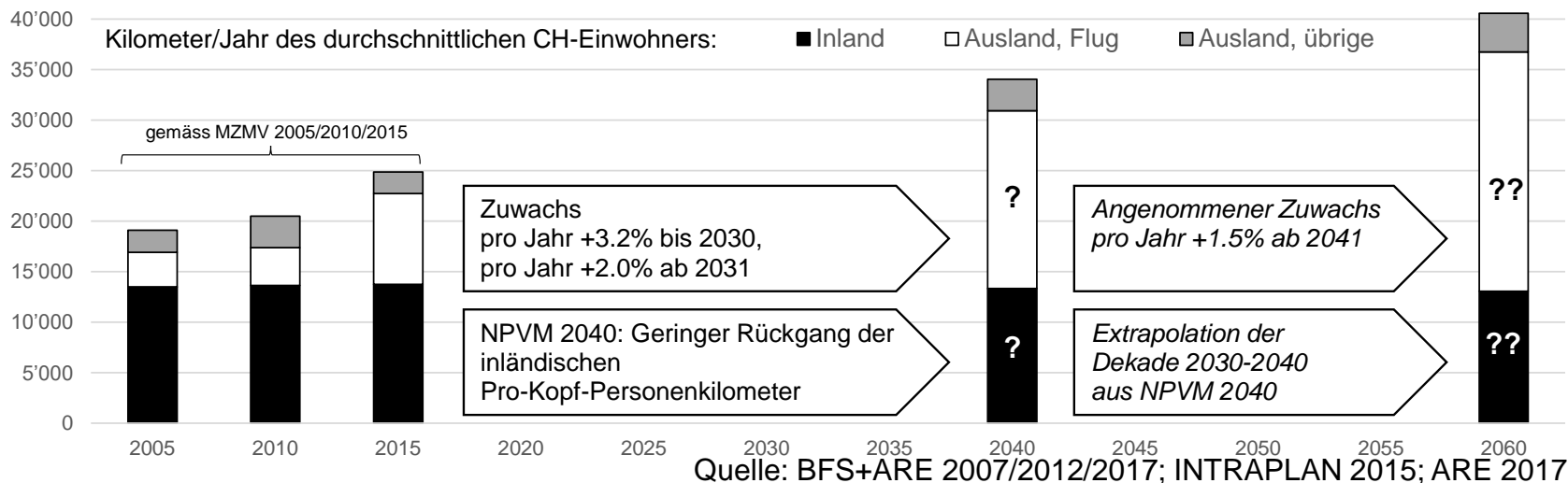


Quelle: Litra (2019) Verkehrszahlen 2018

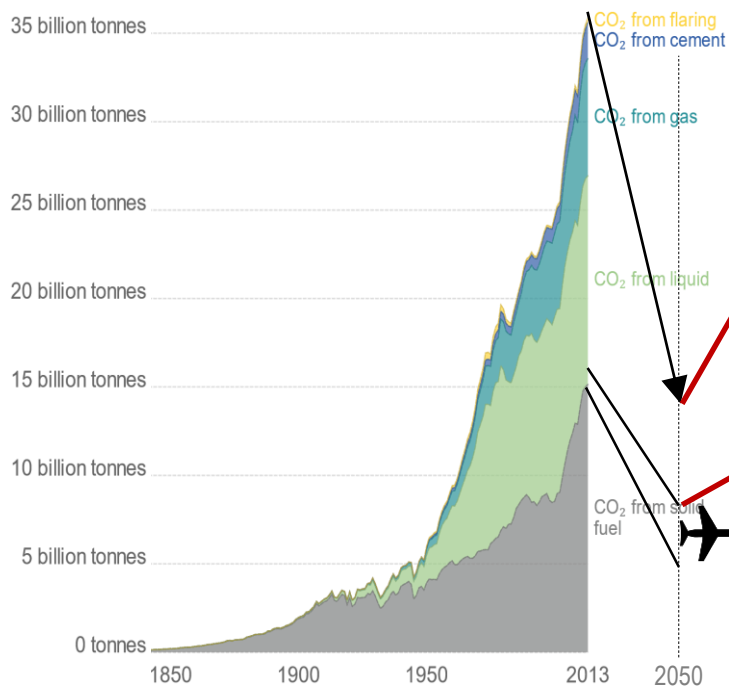


1. Ab 2019!!: Flugzeug = Haupt-Verkehrsmittel der Schweiz

- 2015: Bereits 45% der Personen-Kilometer im Ausland
- Personenkilometer Inland (v.a. Strasse+Schiene) stagnieren (Nationales Personen-Verkehrsmodell)
- Passagiere ab Schweizer Flughäfen: +3.2% pro Jahr
- Flugkilometer im Ausland durch Einwohner der Schweiz: +6% pro Jahr? (Schätzung)



2. Globale CO₂-Emissionen: %-Anteil Flugverkehr steigt rasant



CO₂-Emissionen global (CDIAC / ourworldindata.org)

Pariser Abkommen, 2050: 14'000–15'000 Mio. t [RCP2.6]

Flugverkehr 2017: 859 Mio. t CO₂ = 2.6%

Flugverkehr 2050: +300 bis 700% (ICAO)
= 2'500 bis 3'000 Mio. t CO₂
= 20% vom Pariser Ziel

- Passagiere +4.7% pro Jahr
 - Erhöhte Effizienz: ca. -1.1% pro Jahr
- CO₂ **+3.6% pro Jahr**

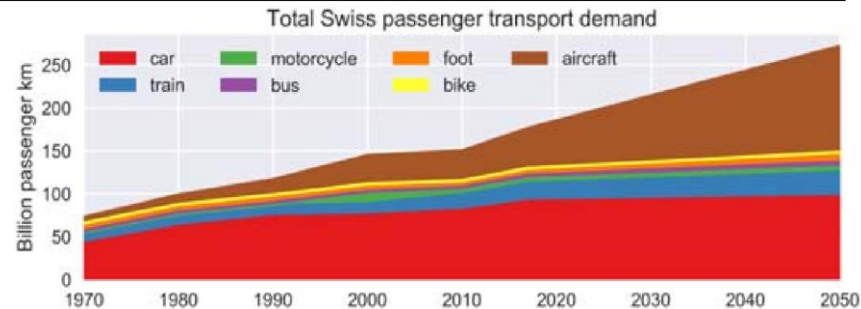
2. CH: Zunahme Flüge überkompensiert Rückgang im Inland

Mobilität der CH-Einwohner:

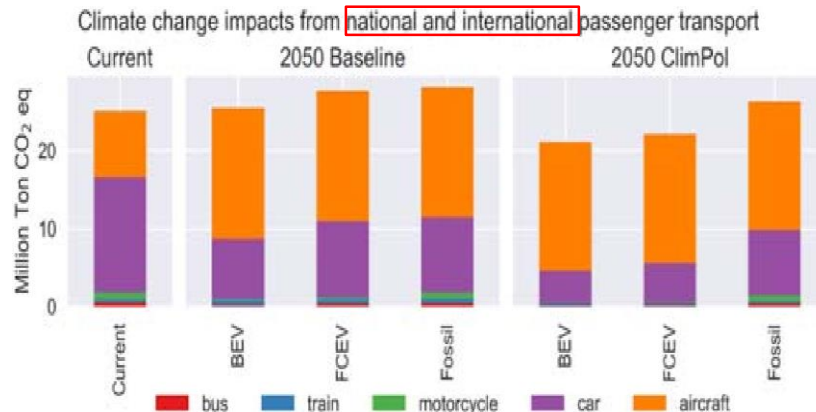
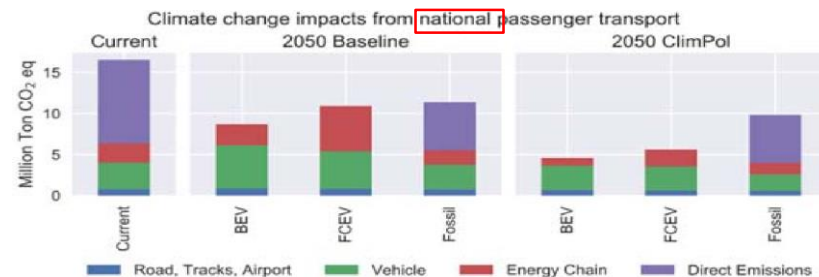
- Rückgang CO₂ im Inland (CO₂-Emissionsvorschriften; Verlagerung auf ÖV; Elektromobilität; usw.)
- Starke Zunahme CO₂ Flugverkehr

Unter Einbezug der Flugreisen wird

CO₂ aus Verkehr im Basisszenario zunehmen



Quelle: PSI (2018)



3. Treibhauseffekt: Neben CO₂ auch H₂O, NO_x, Russ, ...

Emissionen eines Jets für 150 Passagiere mit 2 Triebwerken, pro Stunde:

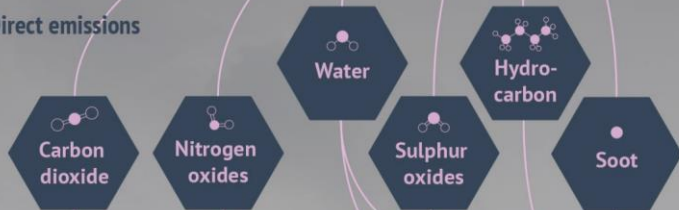


Quelle: ESEA und EEA 2016, S.22

Fokus hier auf klimarelevante Emissionen. Andere Umweltwirkungen (Lärm, Flächenbedarf, Boden- und Gewässerbelastung, Zubringerverkehr) werden hier nicht betrachtet, für eine Übersicht siehe INFRAS (2015).

How do aircraft emissions lead to climate change?

1 Direct emissions

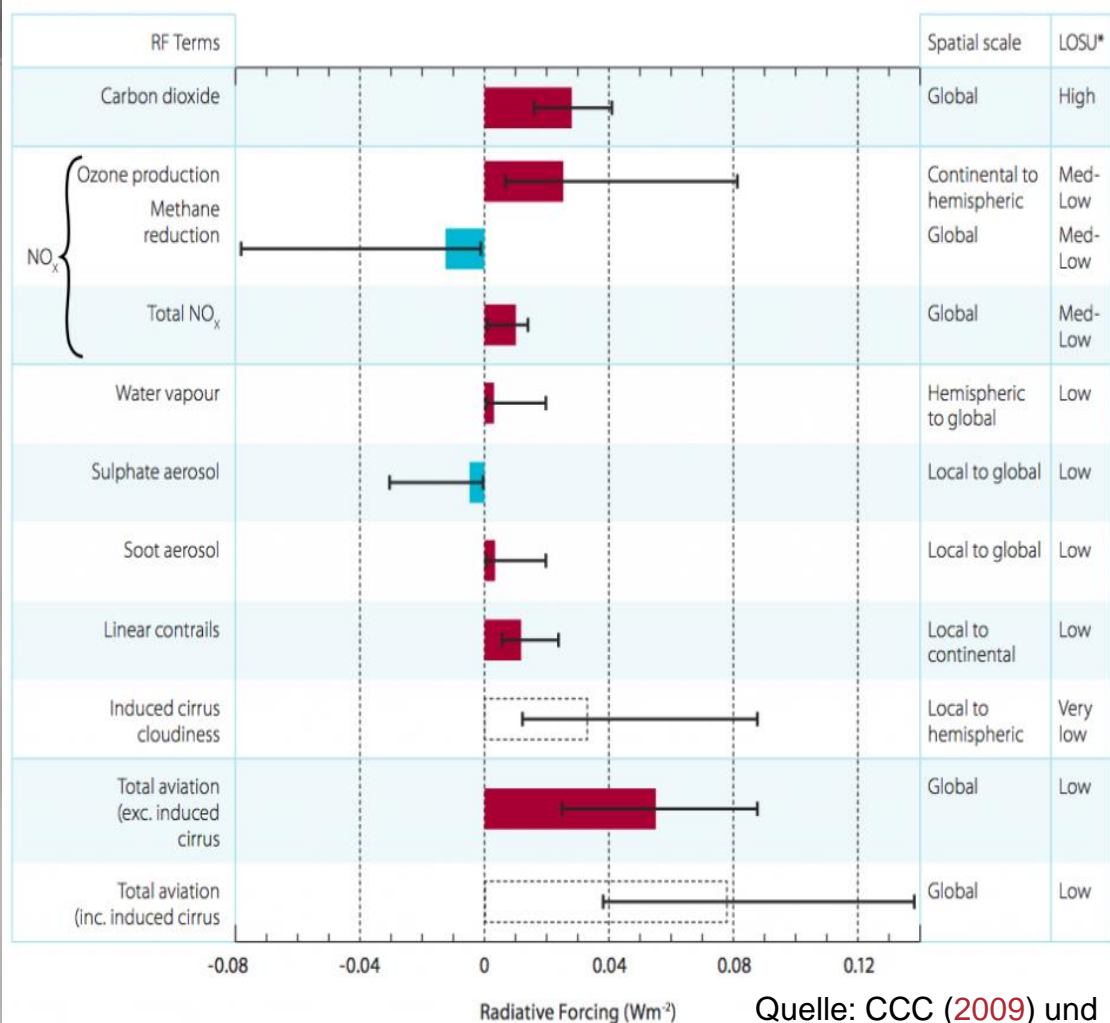


2 Atmospheric processes



3 Changes in radiative forcing components

Chemicals that alter the balance of incoming and outgoing energy in the atmosphere: Methane reduction and aerosols have a global cooling effect; all other components have a warming effect.



■ Best Estimate ▭ Estimate — 90% confidence

Quelle: CCC (2009) und Lee et al. (2009)

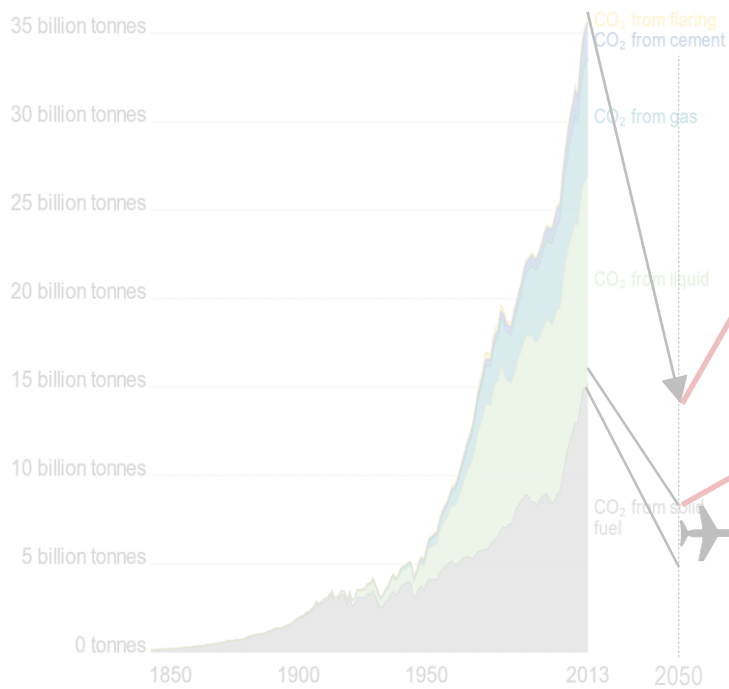
3. Treibhauseffekt: CO₂-Emissionen × RFI

- Gesamt-Treibhauseffekt aller Emissionen:
Radiative Forcing («Strahlungsantrieb»)
- Radiative Forcing Index (RFI)
= Multiplikator der CO₂-Emissionen
für den Gesamt-Treibhauseffekt
- IPCC (1999, 2007): RFI = 2 bis 4
(noch ohne den Effekt von Zirkus-Wolken)
- **UBA (2012): RFI = 3 bis 5**
(mit Zirkus-Wolken)
- Umweltanalysen: Aktuelle konservative
Annahme RFI = 2 (Esu-Services 2013; Defra
2012) bis RFI = 3 (UBA 2012)

Quelle: UBA (2012)

	Jahr: 2005 <i>(nach Lee u.a. 2009)</i>
Treibstoffverbrauch [10 ⁶ t/Jahr]	232,4
CO ₂ - Emissionen [10 ⁶ t/Jahr]	733
<i>Strahlungsantrieb [mW/m²]</i>	
CO ₂	28,0
Ozonbildung	26,3
Abnahme von Methan	-12,5
Wasserdampf	2,8
Sulfatpartikel	-4,8
Rußpartikel	3,5
Kondensstreifen	11,8
Gesamt	55,0
Zirkuswolken (untere Grenze, mittlerer Wert, obere Grenze)	11, 33, 87
Gesamt mit Zirkuswolken (mittlerer Wert)	88,0

1. Globale CO₂-Emissionen: %-Anteil Flugverkehr steigt rasant



CO₂-Emissionen global (CDIAC / ourworldindata.org)

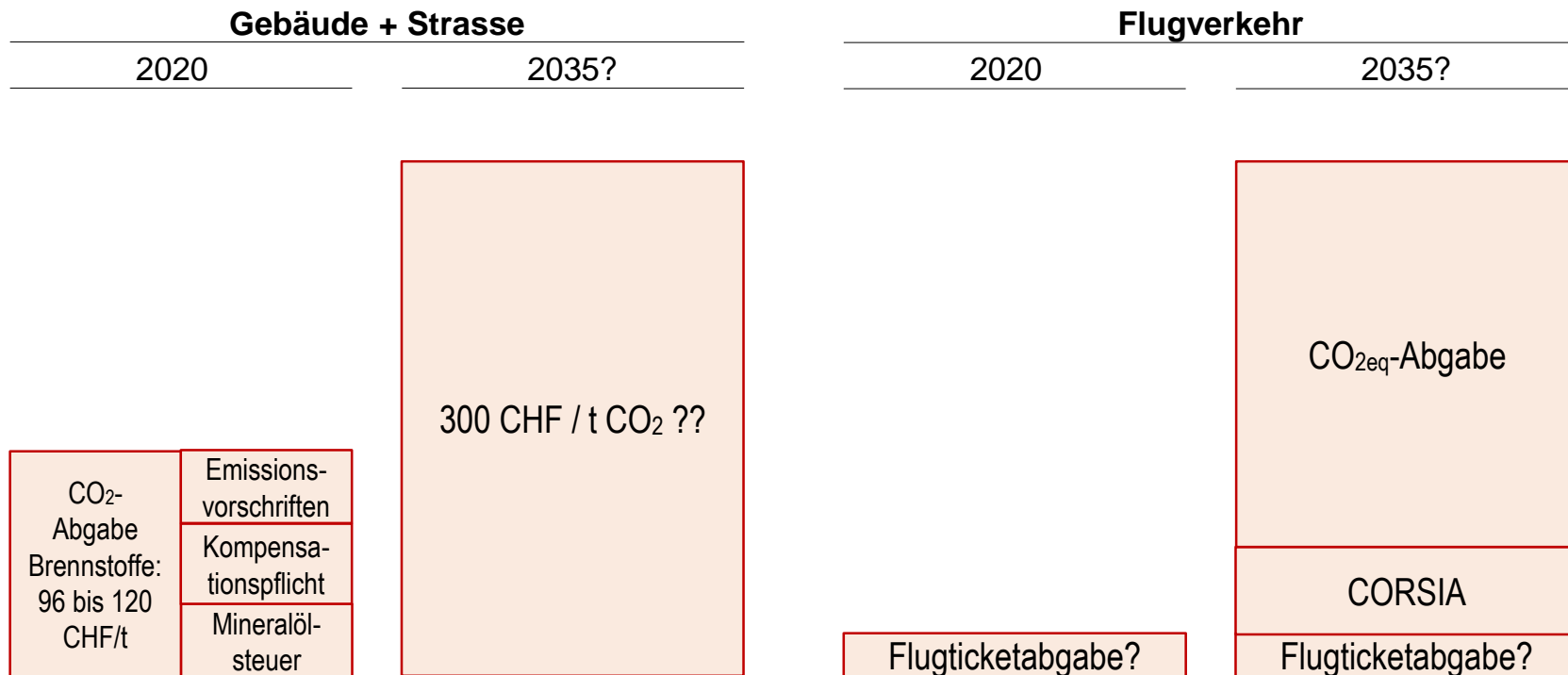
Pariser Abkommen, 2050: 14'000–15'000 Mio. t [RCP2.6]

Flugverkehr 2017: 859 Mio. t CO₂ = 2.6%

Flugverkehr 2050: +300 bis 700% (ICAO)
 = 2'500 bis 3'000 Mio. t CO₂
 = 20% vom Pariser Ziel
x RFI (3 bis 5)

- Passagiere +4.7% pro Jahr
- Erhöhte Effizienz: ca. -1.1% pro Jahr
- CO₂ +3.6% pro Jahr

4. Strasse und Flug: Vergleichbare CO_{2eq}-Abgaben?



Literaturquellen

- ATAG Air Transport Action 2014: Aviation – Benefits beyond borders. April 2014, 72 pages
- Defra 2012 ([Link](#))
- EBP und Ecoplan 2011 im Auftrag BFE. Fehlanreize in der Mobilität aus Sicht des Energieverbrauchs ([Link](#))
- EASA, EEA, EUROCONTROL 2016: European Environmental Report 2016. 84 pages
- INFRAS 2015 im Auftrag BAZL. Luftverkehr und Nachhaltigkeit 83 Seiten
- INTRAPLAN 2015 im Auftrag BAZL: Entwicklung des Luftverkehrs in der Schweiz 2030 – Nachfrageprognose. Bericht Juni 2015, 94 Seiten
- INTRAPLAN 2015: Monitoring der Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Luftfahrt. März 2015, on behalf of BAZL, 198 pages
- IPCC 1999 special report
- Lee et al. ([2009](#))
- OECD/IEA 2018: Global Energy & CO2 status report 2017. March 2018, 15 pages
- PSI 2018: Cox B, Jemiolo W, Mutel C, Life cycle assessment of air transportation and the Swiss commercial air transport fleet. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2018. 58:p1-13
- Jungbluth 2013. Aviation and climate change: Best practice for calculation of the global warming potential. 10 Seiten
- UBA 2012. Klimawirksamkeit des Luftverkehrs ([Link](#))
- UK CCC 2009. Meeting the UK aviation target – options for reducing emissions to 2050. 8 Dec 2009, 165 Seiten ([Link](#))