

Parlamentarische Gruppe Luft- und Raumfahrt
Parlamentarische Gruppe Klimaänderung
Parlamentarische Gruppe Luftverkehr und Klima



Klimaschutz im Luftverkehr

Dienstag, 27. November 2018, 12.30 bis 14.45 Uhr, Hotel Bellevue-Palace

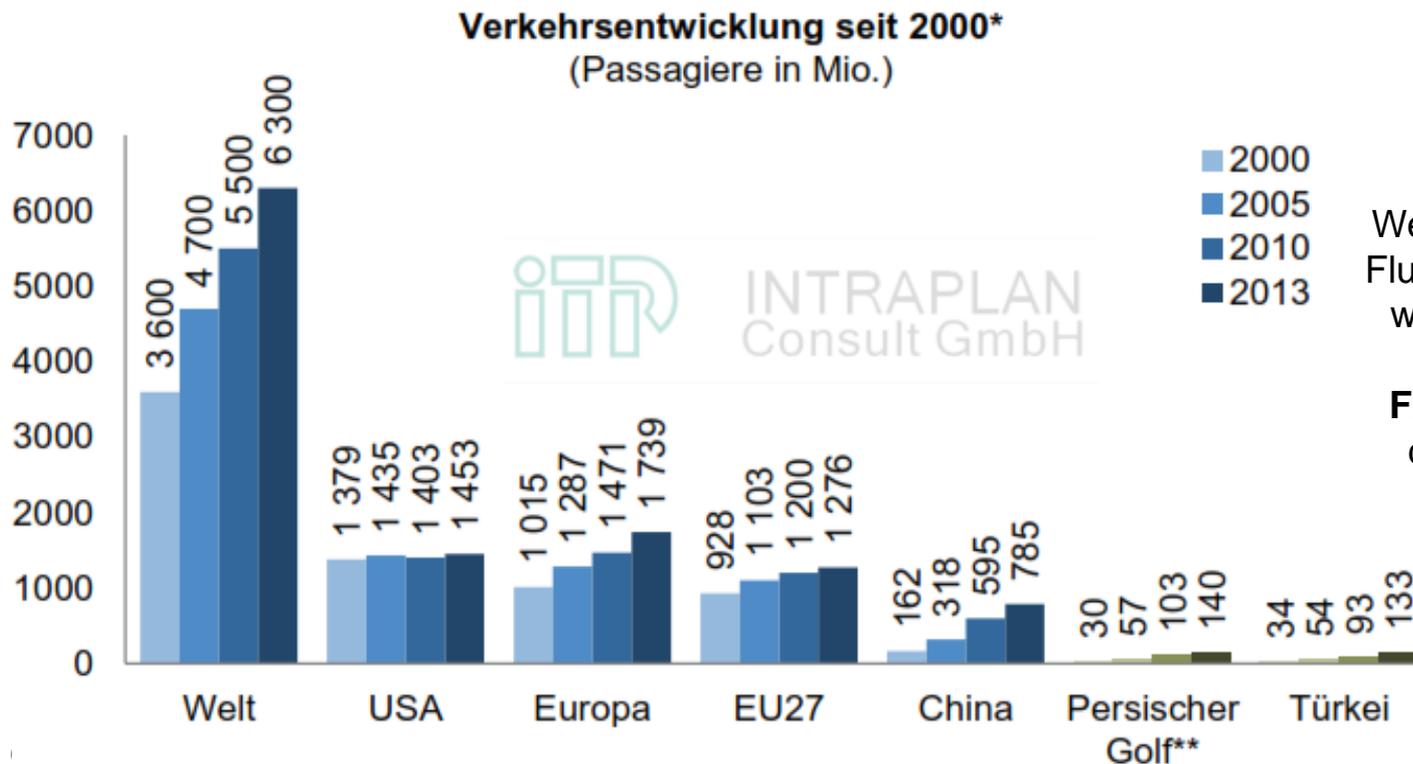
Mobilitätsverhalten, Flugverkehr und Klima

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»

Themen

1. Wachstum des Flugverkehrs
2. Treibhauseffekt der Emissionen von Flugzeugen
3. Schweizer Mobilitätsverhalten und internationaler Flugverkehr
4. Technische Potenziale und mögliche Instrumente

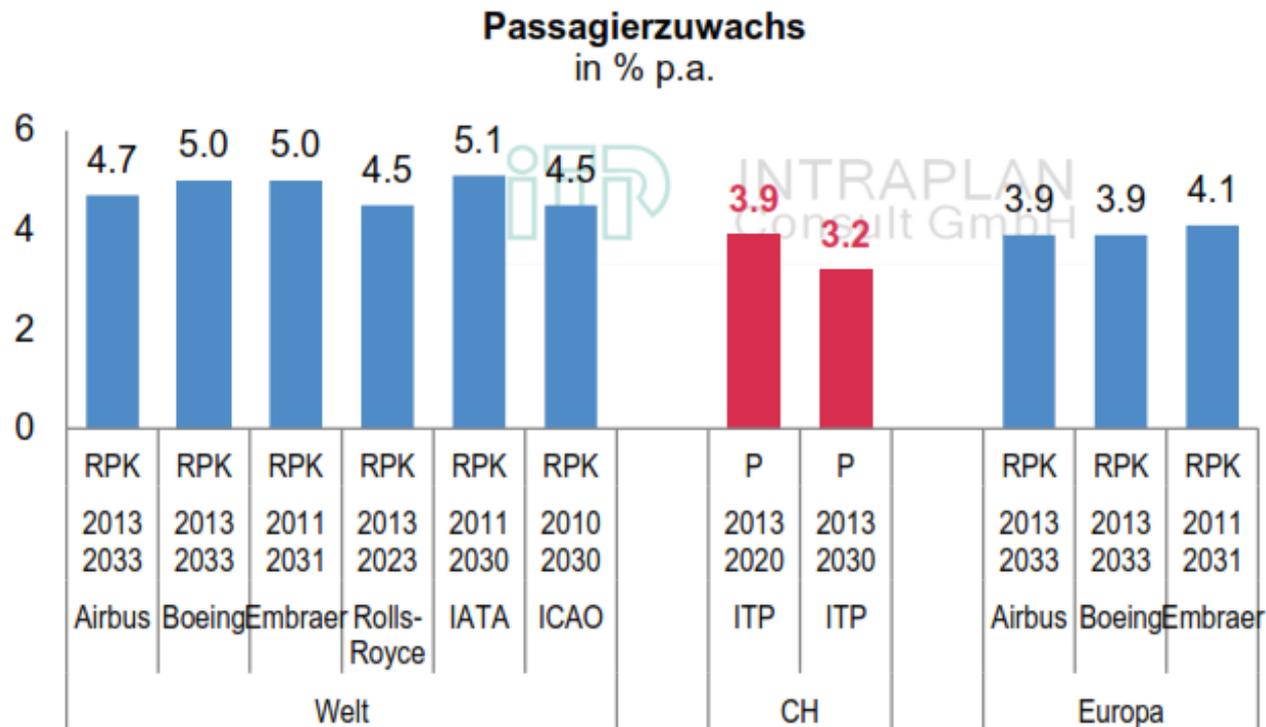
1. Wachstum des Flugverkehrs – Verdopplung 2000 > 2015



Dies ist die Entwicklung in **Passagieren**.

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

1. Wachstum des Flugverkehrs – Verdopplung 2000 > 2015



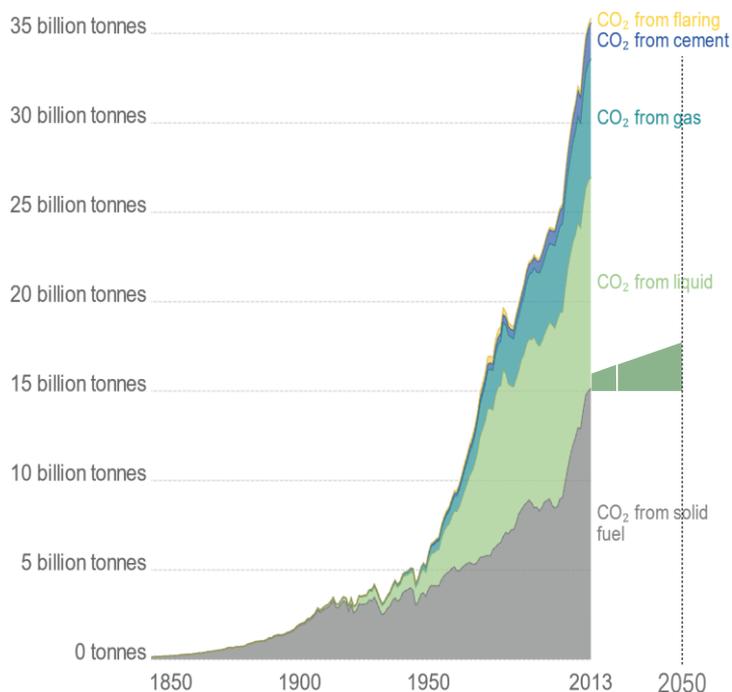
Globales Wachstum
bis 2030/2035:
+4.5 bis +5%
pro Jahr

CH: +3.2
(konservative
Schätzung)

RPK = revenue
passenger kilometers
P = passengers

Quelle: INTRAPLAN 2015, S.37

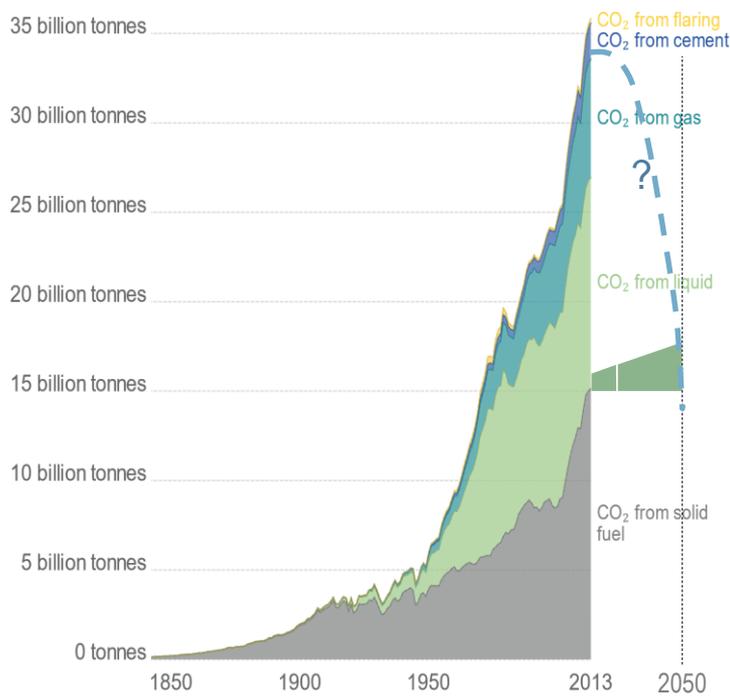
1. Wachstum des Flugverkehrs – stark steigende CO₂-Emissionen



CO₂-Emissionen global (CDIAC / ourworldindata.org)

- Flugverkehr 2017: 859 Mio. Tonnen CO₂
= 2.6% der globalen CO₂-Emissionen
 - Zunahme **Passagiere: +4 bis +5% pro Jahr**
 - Energie-Effizienz: ca. 2% Verbesserung pro Jahr
 - Zunahme **CO₂-Emissionen:**
 - 2005 bis 2020: +70% (**+3.6% pro Jahr**)
 - bis 2050: +300 bis 700%
- (International Civil Aviation Organization, ICAO)
= 2'000 bis 3'000 Mio. Tonnen CO₂

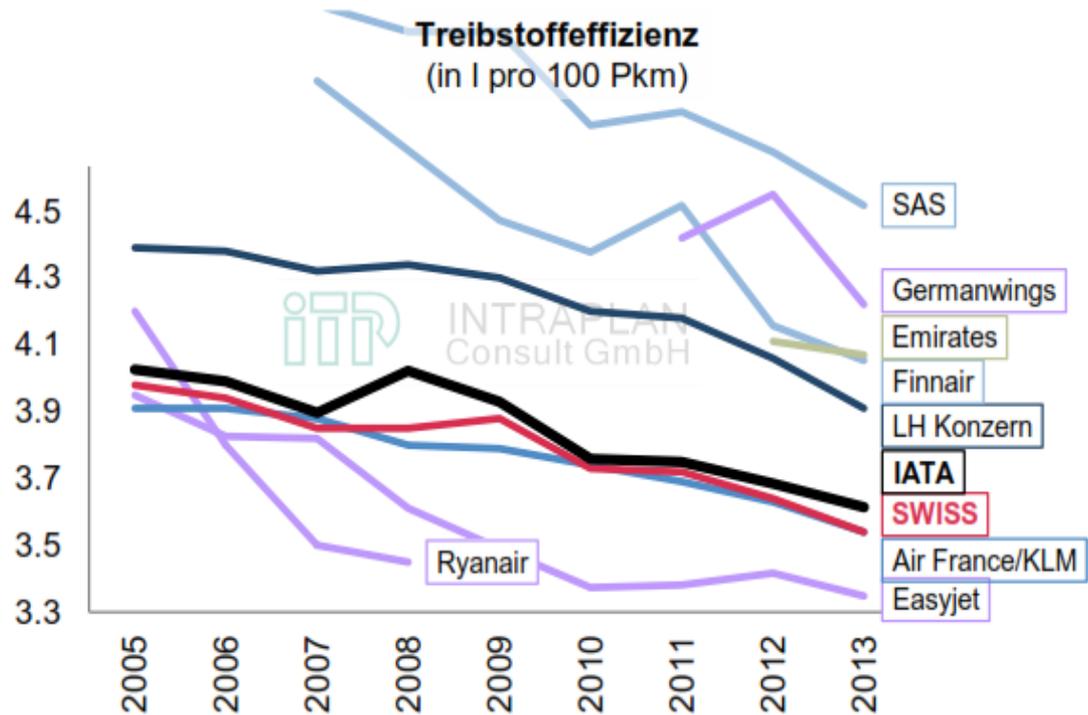
1. Wachstum des Flugverkehrs – stark steigende CO₂-Emissionen



CO₂-Emissionen global (CDIAC / ourworldindata.org)

- Flugverkehr 2017: 859 Mio. Tonnen CO₂
= 2.6% der globalen CO₂-Emissionen
- Zunahme **Passagiere: +4 bis +5% pro Jahr**
- Energie-Effizienz: ca. 2% Verbesserung pro Jahr
- Zunahme **CO₂-Emissionen:**
 - 2005 bis 2020: +70% (**+3.6% pro Jahr**) 
 - bis 2050: +300 bis 700% 
(International Civil Aviation Organization, ICAO)
= 2'000 bis 3'000 Mio. Tonnen CO₂
(Pariser Abkommen, 2050: 14'000–15'000 Mio. t [RCP2.6])
- Luftverkehr = CO₂-Sektor der am schnellsten wächst

1. Wie energie-effizient sind Flugreisen?



Pro Sitzkilometer:

- Airbus A380, 2.9 L/100 km:
 - 100% Belegungsgrad
 - 555 Sitze
 - Langdistanzflug
 - Keine Fracht
- Vergleich mit dem effizientesten Benzinauto (Prius III): 0.8 L/100 km

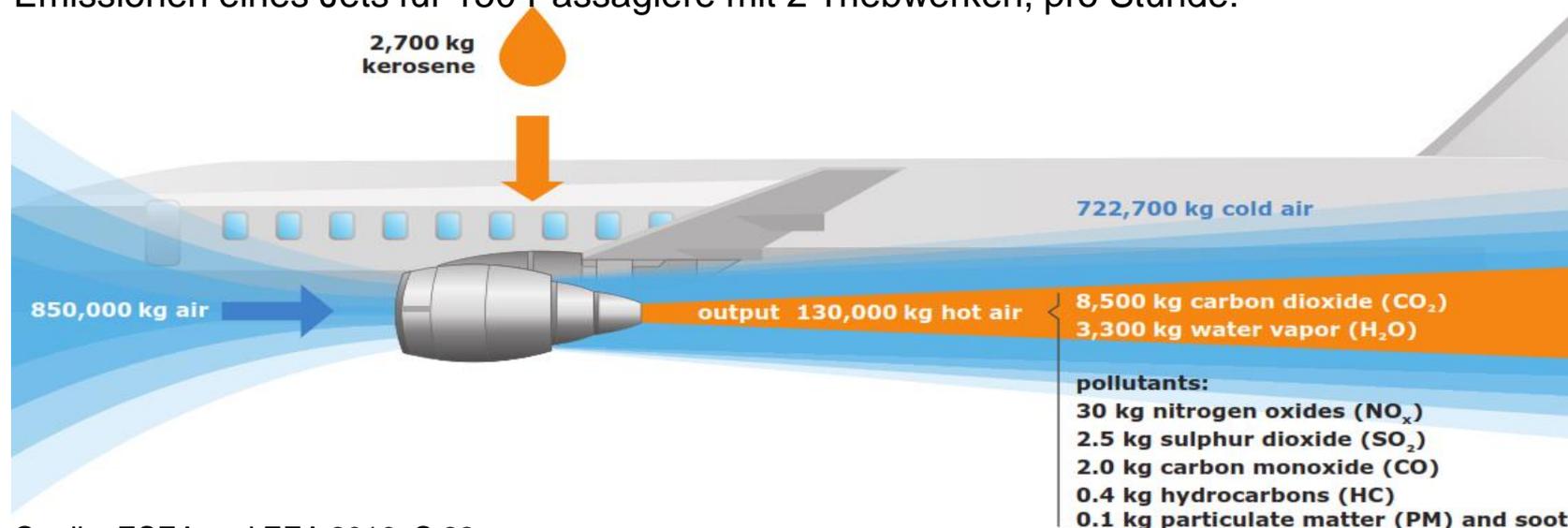
Pro Reise(stunde):

- Flugreisen 20x bis 100x mehr Energie als Auto

Quelle: INTRAPLAN 2015, S.179

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

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

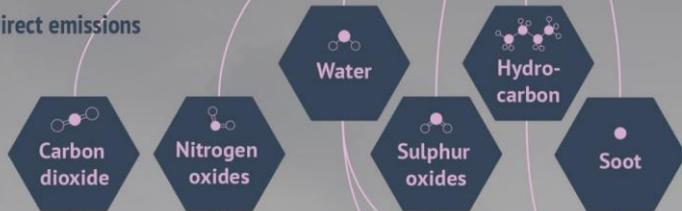


Quelle: ESEA und EEA 2016, S.22

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

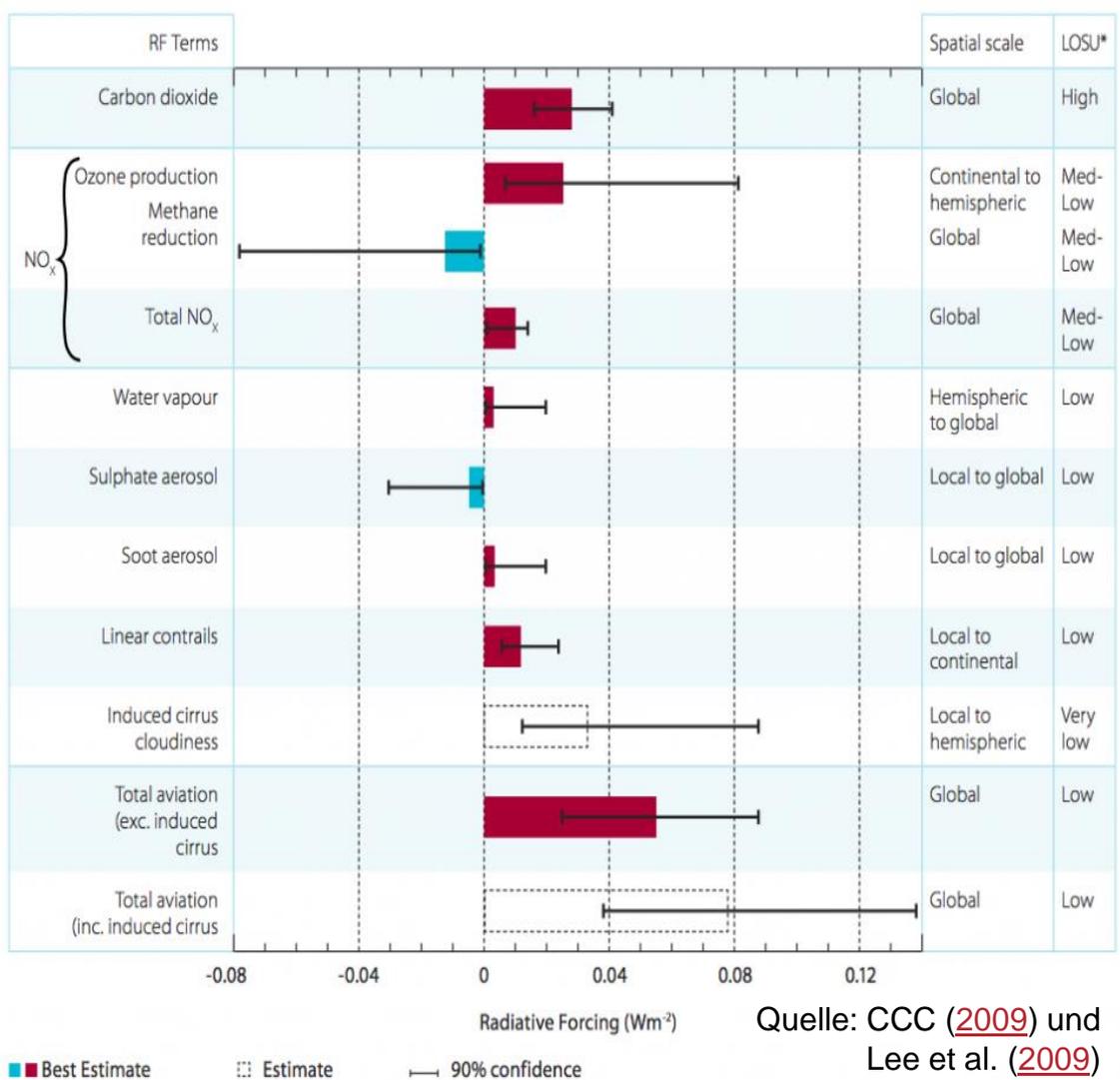


2 Atmospheric processes



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.



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

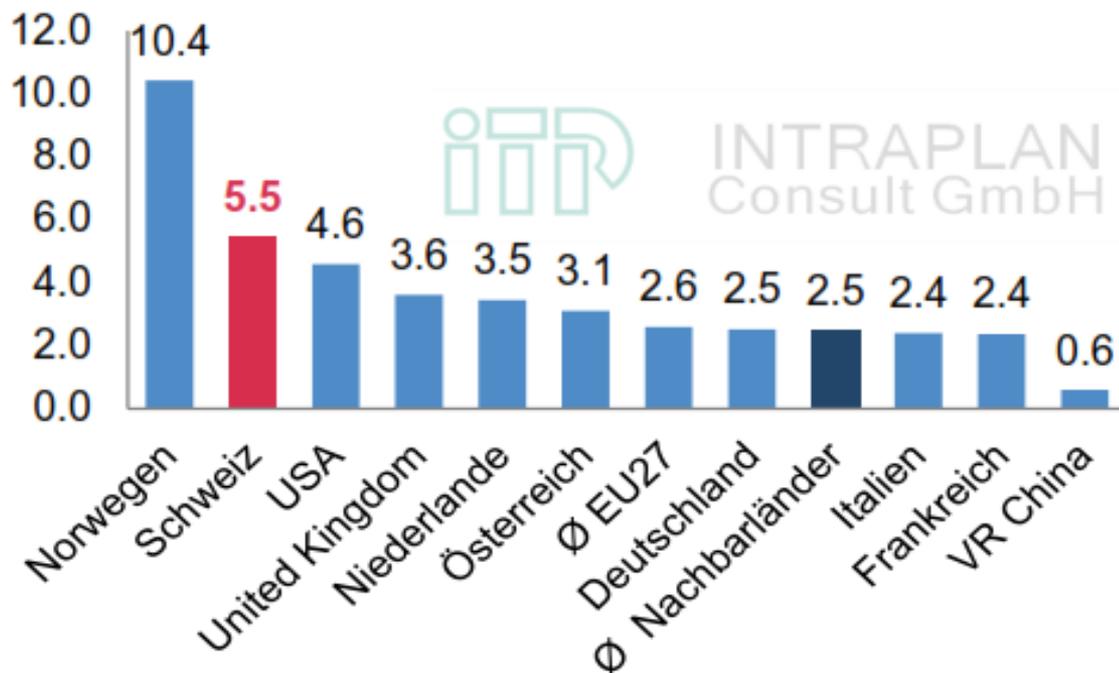
2. Treibhauseffekt: CO₂-Emissionen × RFI

- 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

3. Schweizer fliegen 2x so oft wie Nachbarn

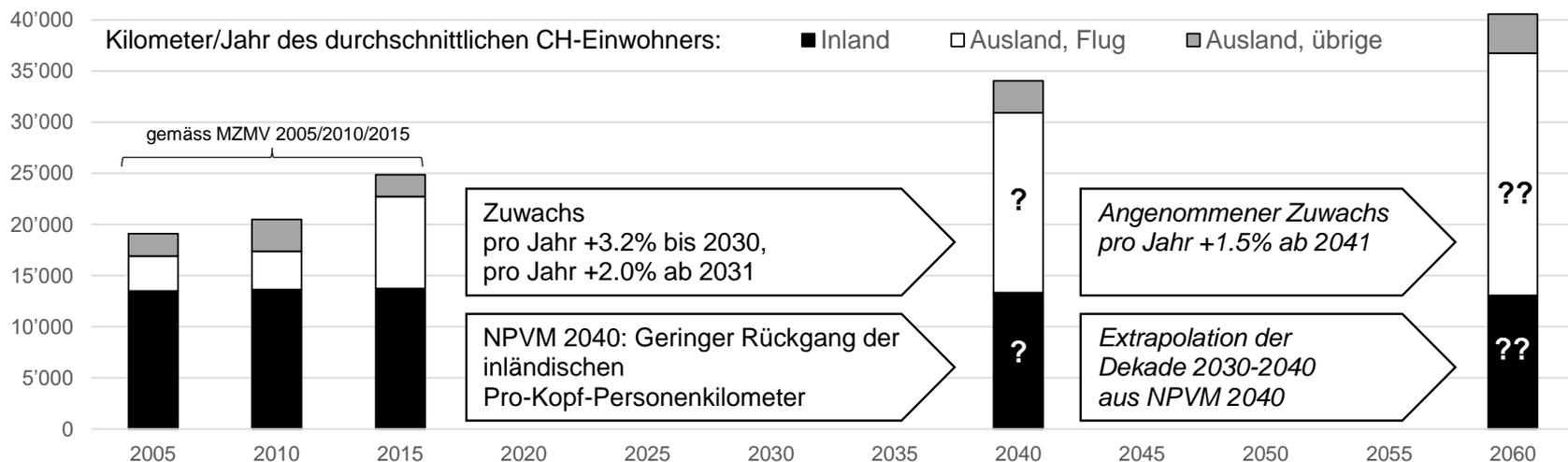


- Flüge/Einwohner:
CH = 5.5,
Nachbarländer = 2.5
- Nach Korrektur für
Transfer-Passagiere usw.:
CH = 2.8,
Deutschland = 0.7,
Österreich = 0.7

Quelle: INTRAPLAN 2015, S.11+15

3. Ab ca. 2025: Flugzeug = Haupt-Verkehrsmittel der Schweiz

- 2015: Bereits 45% der Personen-Kilometer im Ausland
- Im Inland pro Person zurückgelegten Kilometer stagnieren (Nationales Personen-Verkehrsmodell)
- Flüge ins+im Ausland, durch Einwohner der Schweiz: Wachstum 3.2% pro Jahr



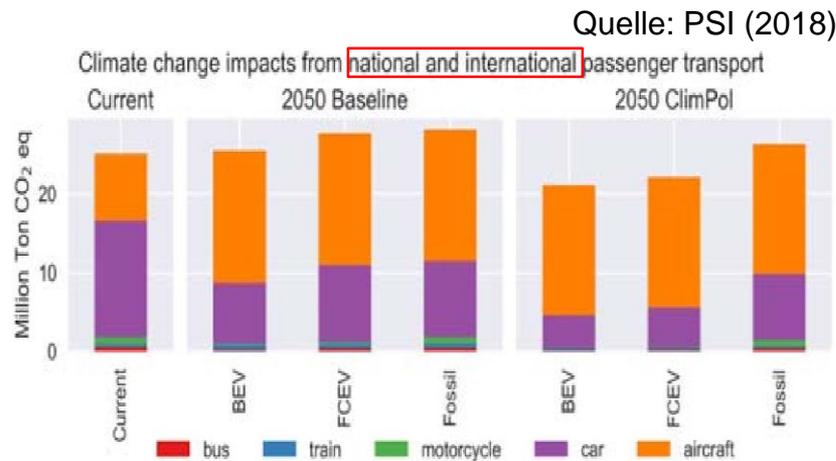
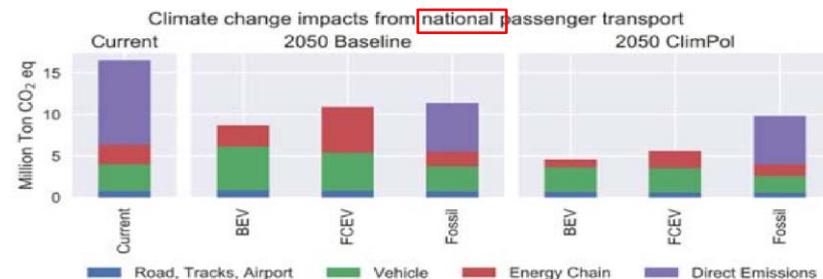
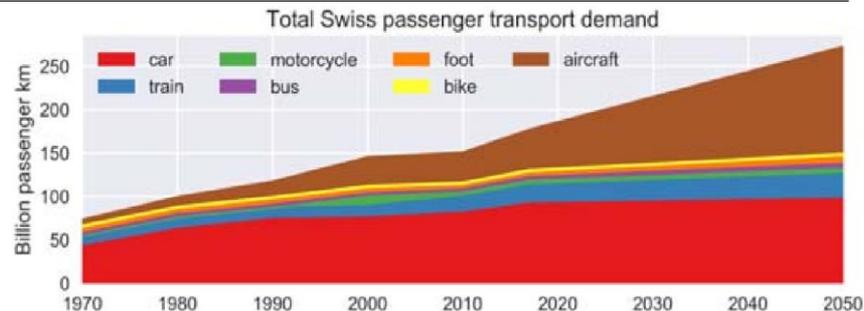
Quelle: BFS+ARE 2007/2012/2017; INTRAPLAN 2015; ARE 2017

3. Zunahme Flugverkehr überkompensiert Rückgang im Inland

Mobilität der CH-Einwohner:

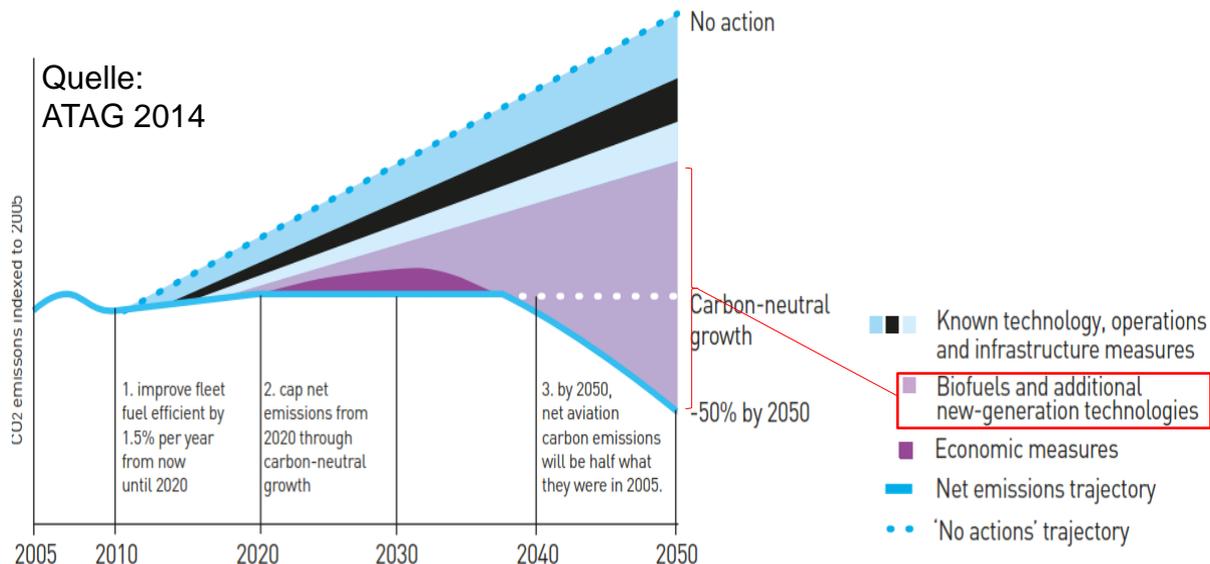
- Rückgang CO₂ im Inland (CO₂-Emissionsvorschriften; Verlagerung auf ÖV; Elektromobilität; usw.)
- Starke Zunahme CO₂ Flugverkehr

Unter Einbezug der Flugreisen wird CO₂ aus Verkehr im Basisszenario **zunehmen**



4. Technische Potenziale

1. Flugzeug: Kontinuierliche Verbesserungen
2. Flugbetrieb inkl. Anflüge und Luftraummanagement
3. Bodenoperationen (z.B. Elektrofahrzeuge)



Wachstum **und** CO₂-
Reduktion nur mit
enormem Einsatz von
Biotreibstoffen
(oder Wasserstoff...,
oder Elektroflugzeuge...)
möglich...,

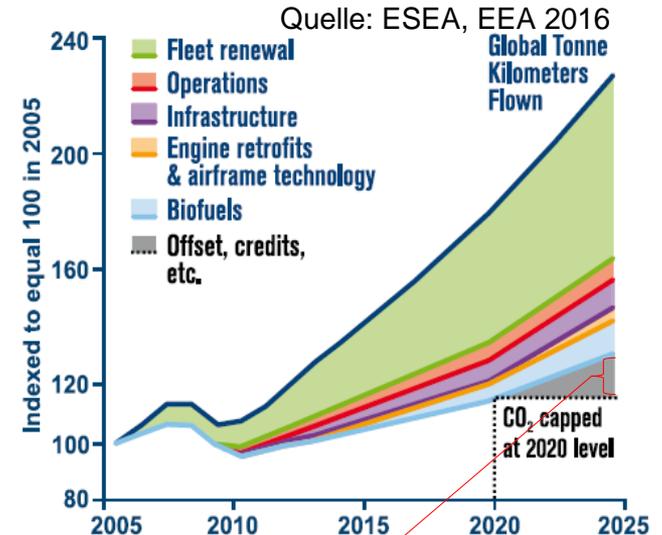
oder mit
Emissionszertifikaten

4. Mögliche Instrumente

- Internationale Flüge: Aktuell keine Mineralölsteuer, CO₂-Abgabe, Kompensationspflicht oder MWSt.
- Montreal-Abkommen: Verlangt Gleichbehandlung aller Airlines (CO₂- oder Energiesteuern zulässig)
- Zahlreiche bilaterale Luftverkehrsverträge

CO₂-Steuern, CO₂-Emissionshandel:

- EU seit 2012: Integration EWR-Flüge in EU-ETS (Flugtickets +€2 bis max. +€9)
- ICAO ab 2019: Monitoring, Reporting + Verifikation aller Flüge; ab 2020 «Corsia»-Zertifikate (Flugtickets +€20 für Langstreckenflüge?)



ICAO's Global Market-Based Measure (GMBM): Corsia-Zertifikate für Zunahme CO₂

Fazit

1. Starkes Wachstum globaler Flugverkehr
2. Ziviler Luftverkehr: 2017 = 2.6% der globalen CO₂-Emissionen;
falls OECD-Staaten ihre Klimaziele erreichen, würde der relative Anteil bis 2050 auf ca. 20% steigen (vor dem Einsatz von Reduktionszertifikaten)
3. Für Gesamt-Treibhauseffekt: CO₂-Emissionen × RFI-Multiplikator (RFI = mind. 2.6)
4. Einwohner der Schweiz fliegen überdurchschnittlich viel;
ab ca. 2025 wird mind. die Hälfte aller Personen-Kilometer auf Flugreisen entfallen
5. Bessere Erhebung Flugreisen im Ausland notwendig (Verursacherprinzip), um Wirkung von inländischen Mobilitätsmassnahmen abzuschätzen

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](#))