



Datum: Januar 2020

CO₂-Emissionen des Luftverkehrs

Grundsätzliches und Zahlen

1. Grundsätzliches zur Entstehung und Charakteristik von CO₂

a) Treibstoffverbrauch und CO₂

Alle kohlenstoffhaltigen Stoffe, welche zur Energiegewinnung mit Hilfe von Sauerstoff verbrannt werden, führen zu CO₂-Emissionen. Die Menge der CO₂-Emissionen ist nur von der Menge des verbrannten Stoffes und von seinem Kohlenstoffgehalt abhängig.

Bei einer Verbrennung bleibt die Masse aller Stoffe, die miteinander reagieren, erhalten:

Um 1 kg eines typischen Treibstoffs (Kerosin, Benzin, Diesel, Heizöl) zu verbrennen, werden etwas mehr als 3 kg Sauerstoff benötigt. Bei der Verbrennung geht nichts verloren. Aus 1 kg eines solchen Treibstoffes entstehen Verbrennungsprodukte mit einer Masse von gut 4 kg, welche sich primär aus rund 3 kg CO₂ und 1 kg Wasser zusammen setzen¹.

Standardwert für Kerosin: Aus 1 kg Kerosin (1.25 Liter) entstehen 3.15 kg CO₂

Aus der Menge des verbrannten Kerosins in kg multipliziert mit 3.15, kann direkt die Menge der CO₂-Emissionen in kg angegeben werden.

b) CO₂ in der Atmosphäre

CO₂ ist ungiftig und in dem Sinne kein Schadstoff. Es gehört aber zu den wichtigsten Treibhausgasen in der Atmosphäre und ist sehr wichtig für den Kohlenstoffkreislauf der Erde, welcher zwischen Luft, Land und Meeren stattfindet.

In die Atmosphäre emittiertes CO₂ hat eine sehr lange Lebensdauer, bis es gebunden wird (z.B in einer Pflanze). Im Mittel rechnet man mit etwa 100 Jahren mittlerer Lebensdauer². Was heute an CO₂ zusätzlich emittiert wird, entfaltet seine Wirkung in der Atmosphäre auf sehr lange Zeit. Bis in sehr grosse Höhen (höher als Flugzeuge fliegen) ist die Atmosphäre mit CO₂ sehr gut durchmischt, d.h. es macht für die Klimawirkung keinen Unterschied, ob CO₂ von einer Bodenquelle oder in grösserer Höhe von einem Flugzeug emittiert wurde.

¹ Das Wasser stammt aus dem in den Treibstoff vorhandenen Wasserstoffatomen, welche bei der Verbindung mit Sauerstoff das Wasser bilden. Die weissen Schwaden aus Schornsteinen oder Auspuffen bei kaltem Wetter stammen vom Wasser, das bei der Verbrennung entsteht.

² 20-40 % des CO₂ aus fossilen Quellen kann in der Atmosphäre mehrere Tausend Jahre verweilen: Dr. David W. Fahey, NOAA Earth System Research Laboratory, CO₂ – the forever gas, https://www.esrl.noaa.gov/csd/staff/david.w.fahey/da-vid.w.fahey.presentations/FaheyNISTClimateTalk_11Jun2014.pdf

c) CO₂-Neutralität

Auch nicht fossile Energieträger, wie zum Beispiel Holz oder Nahrung des Menschen, welche ebenfalls auf Kohlenstoff basiert, führen zu CO₂-Emissionen in die Atmosphäre. Ein Mensch atmet aus seiner Nahrungsverbrennung pro Tag ungefähr 1 kg CO₂ aus. Der grosse Unterschied zu fossilen Energieträgern ist, dass der Kohlenstoff im Holz oder in der Nahrung beim Pflanzenwachstum der Atmosphäre entzogen wurde. Das CO₂, welches bei der Verbrennung bzw. bei der menschlichen Atmung in die Atmosphäre freigesetzt wird, wurde vorgängig aus der Atmosphäre entzogen. In diesem Sinne wird dann die Verbrennung solcher Stoffe als CO₂-neutral bezeichnet, obwohl natürlich bei deren Verbrennung auch CO₂ entsteht. Wenn von CO₂-Reduktion die Rede ist, dann ist damit meist die Reduktion von CO₂, welches aus der Verbrennung fossiler Quellen stammt, gemeint.

Die fossilen Energiequellen sind riesige Lager an Kohlenstoff, welcher über Millionen von Jahren der Atmosphäre entzogen wurden. In sehr kurzer Zeit wird nun durch menschliche Aktivität dieses Kohlenstofflager in die Atmosphäre gebracht, was zum Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre führt: Im Mittel hat es in der Umgebungsluft und bis in grosse Höhen heute etwa 400 CO₂-Teilchen pro 1 Million Luftteilchen (400 ppm). Diese an und für sich geringe Konzentration reicht, um den Wärmehaushalt der Atmosphäre entscheidend zu beeinflussen. Kleine Änderungen dieser kleinen Konzentration haben Wirkung. Vor der Industrialisierung lag die Konzentration bei etwa 280 ppm.³

Da Kerosin heute praktisch vollständig aus fossilen Quellen gewonnen wird, können die CO₂-Emissionen aus Luftfahrtaktivitäten direkt ins Verhältnis zu den CO₂-Emissionen aus anderen fossil betriebenen Vorgängen gesetzt werden. Da Kerosin auf Grund seiner Eigenschaften für die Flugsicherheit und wegen des sehr hohen Energieinhalts pro kg wohl auf lange Sicht die massgebende Energiequelle für den Flugbetrieb bleiben wird, werden grosse Anstrengungen unternommen, den Kohlenstoff bei der Herstellung des Treibstoffs entweder direkt oder indirekt aus der Atmosphäre zu entziehen und die Herstellungsenergie aus erneuerbaren Energiequellen zu decken⁴ (CO₂-Neutralität) oder an anderer Stelle fossiles CO₂ einzusparen (CO₂-Kompensation).

2. Globale Einordnung des Luftverkehrs

Das Total der CO₂-Emissionen aus dem weltweiten Luftverkehr⁵ hat einen Anteil von 2 % - 2.5 % an den globalen durch Menschen verursachten fossilen CO₂-Emissionen⁶.

3. Einordnung des Schweizer Luftverkehrs

Die jährlichen CO₂-Emissionen des Luftverkehrs innerhalb der Schweiz und für den internationalen Luftverkehr ab der Schweiz bis zu den Destinationen im Ausland gerechnet, belaufen sich auf 5.4 Mio. Tonnen CO₂.⁷ Der Inlandanteil beträgt rund 0.1 Mio. Tonnen CO₂ (ohne Militäraviatik). Für die folgenden Vergleiche werden 5.4 Mio. Tonnen CO₂ für den Schweizer Luftverkehr verwendet.

a) Vergleich mit den globalen fossilen CO₂-Emissionen (= 100 %)

Sämtliche internationalen Flüge aus der Schweiz haben global einen Anteil von einem Zehntausendstel (0.1 Promille) an den durch Menschen verursachten fossilen CO₂-Emissionen⁸.

b) Vergleich mit dem Schweizer Treibhausgasinventar (Territorium Schweiz) (= 100 %)

³ Jochem Marotzke, Martin Stratmann (Hrsg.): *Die Zukunft des Klimas. Neue Erkenntnisse, neue Herausforderungen. Ein Report der Max-Planck-Gesellschaft*. Beck, München 2015, [ISBN 978-3-406-66968-2](https://www.mpg.de/10111111/die-zukunft-des-klimas)

⁴ Beispiel: <https://nordicbluecrude.no/>

⁵ Dies umfasst alle Inlandflüge und alle Flüge zwischen Ländern dieser Welt. Quellen: International Civil Aviation Organisation (ICAO), International Energy Agency (IEA 2018), total 2015 ca. 800 Mio. t CO₂.

⁶ International Energy Agency (IEA 2018), ca. 33'000 Mio. t CO₂

⁷ Treibhausgasinventar der Schweiz (BAFU), Gesamtenergiestatistik Schweiz (BFE), Treibhausgasinventar (Absatz) (BAZL)

⁸ Internationale Energieagentur (Total), Treibhausgasinventar der Schweiz (BAFU), Gesamtenergiestatistik Schweiz (BFE), Treibhausgasinventar (Absatz) (BAZL)

Sämtliche internationalen Flüge aus der Schweiz entsprechen rund 10 % der CO₂-Emissionen, welche das Treibhausgasinventar im Territorium Schweiz ausweist⁷.

c) Vergleich mit der verkauften Menge an fossilen Treib- und Brennstoffen in der Schweiz (= 100 %)

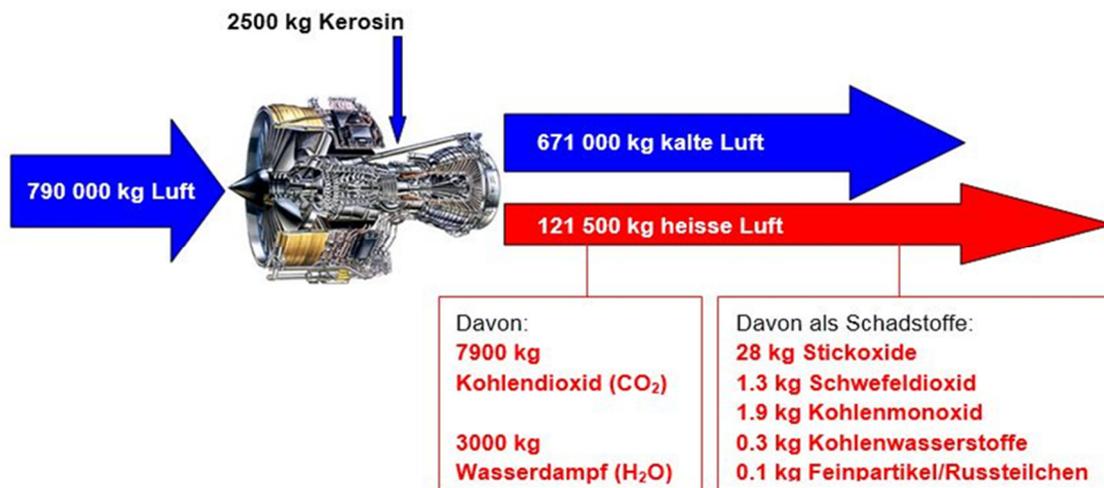
Sämtliche internationalen Flüge aus der Schweiz entsprechen rund 18 % der CO₂-Emissionen, welche durch die in der Schweiz getankten Treibstoffe und Brennstoffe emittiert werden⁷. (Stand 2017)

d) Vergleich mit der verkauften Menge an Treibstoffen in der Schweiz (= 100 %)

Sämtliche internationalen Flüge aus der Schweiz entsprechen rund 26 % der CO₂-Emissionen, welche durch die in der Schweiz getankten Treibstoffe emittiert werden⁷. (Stand 2017)

4. Was stösst ein Flugzeug während einer Flugstunde aus?

Das folgende Beispiel zeigt den ungefähren Ausstoss an Gasen und Partikeln in Kilogramm für ein typisches Reiseflugzeug, beladen mit 150 Personen und Luftfracht, mit zwei Triebwerken während einer Flugstunde. Die Zahlenwerte beziehen sich auf das ganze Flugzeug, umfassen also beide Triebwerke.



5. CO₂-Emissionen pro Passagierkilometer

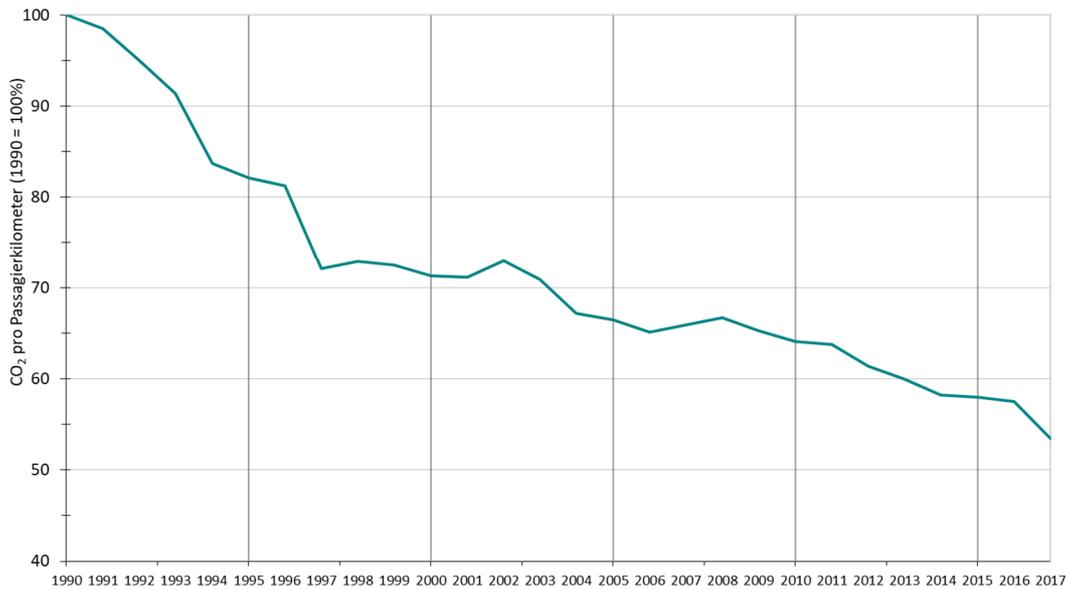
Die CO₂-Emissionen pro Passagierkilometer über ganze Flotten und Kurz- bis Langstrecken gemittelt liegen heute typischerweise deutlich unter 100 g CO₂ pro Passagierkilometer.⁹ Diese Zahl berücksichtigt die Auslastung der Flugzeuge. Dabei eingeschlossen ist zusätzlich zum Gepäck auch die Luftfracht, welche ebenfalls den Passagieren angelastet wird.

Im Beispiel des Abschnitts 4 oben betragen die CO₂-Emissionen pro Passagier inklusive Fracht während einer Flugstunde 7900 kg CO₂ / 150 Passagiere = 52.7 kg CO₂ pro Passagier. In einer Flugstunde werden typischerweise rund 800 km zurückgelegt, d.h. pro Passagierkilometer werden 52.7 kg CO₂ / 800 km = 0.066 kg bzw. 66 Gramm CO₂ emittiert.

Insbesondere die Flottenerneuerungen in der Schweiz haben über die Zeit zu einer starken Abnahme der CO₂-Emissionen pro Passagierkilometer geführt, wie die folgende Grafik zeigt:

⁹ Die Lufthansagruppe liegt gemäss deren Angaben bei rund 93 g CO₂ / Pkm. Eine unabhängige Rechnung des BAZL (Statistikdaten sämtlicher Flüge während eines Jahres, Passagierdaten und Treibstoffverbräuche aus Flugschreibern) ergibt für die nationale Airline Swiss einen Wert von weniger als 90 g CO₂ / Pkm (Stand 2017).

Relative Entwicklung der CO₂-Emissionen pro Passagierkilometer für den Linien- und Charterverkehr ab Schweizer Flugplätzen seit 1990 (Quellen: BFS, BAZL)



6. Entwicklung der CO₂-Emissionen für Flugtransporte ab der Schweiz

Der Druck auf das Schweizer Luftfahrtssystem hat aufgrund wachsender Mobilität in den letzten Jahren zugenommen. Das hohe Wohlstandsniveau, die internationale Vernetzung der exportorientierten Wirtschaft und die stetig wachsende Bevölkerung können erklären, weshalb die Nachfrage nach internationaler Mobilität in der Schweiz kontinuierlich zunimmt. Die bisherigen technischen und operationellen Optimierungen mit jährlicher Steigerung der Treibstoff-Effizienz konnten den Einfluss der gestiegenen Nachfrage nicht kompensieren, so dass die CO₂-Emissionen für Flugtransporte ab der Schweiz insgesamt zunehmen.

Relative Entwicklung von Verkehrsleistung und Treibstoffabsatz in der Schweizer Zivilluftfahrt, ab 2004

