

Für die Perspektivarbeiten des BFE gilt grundsätzlich die Kyoto-Regelung. Das heisst für den Flugverkehr, dass nur der nationale Anteil bei der Energienachfrage und den Emissionsberechnungen berücksichtigt wird. Im vorliegenden Exkurs soll aber neben dem nationalen auch der internationale Flugverkehr bezüglich Entwicklung, Energieverbrauch und Emissionen dargestellt werden.

Inhalt

1	Die Besonderheiten des Flugverkehrs.....	1
2	Nationaler versus internationaler Flugverkehr.....	2
3	Die Entwicklung des Luftverkehrs in der Schweiz.....	2
3.1	Entwicklung des internationalen Flugverkehrs in der Vergangenheit.....	2
3.2	Entwicklung des internationalen Flugverkehrs in der Zukunft.....	3
3.3	Entwicklung des nationalen Flugverkehrs in der Vergangenheit.....	3
3.4	Entwicklung des nationalen Flugverkehrs in der Zukunft.....	4
4	Energiebedarf des Luftverkehrs und CO ₂ -Emissionen.....	4
4.1	Prinzipien zur Berechnung des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen.....	4
4.2	Klimaveränderungen durch den Flugverkehr [2].....	6
4.3	Entwicklung des Energieverbrauchs des internationalen Flugverkehrs in der Vergangenheit.....	7
4.4	Entwicklung des Energieverbrauchs des internationalen Flugverkehrs in der Zukunft.....	8
4.5	Entwicklung des Energieverbrauchs des nationalen Flugverkehrs in der Vergangenheit.....	8
4.6	Entwicklung des Energieverbrauchs des nationalen Flugverkehrs in der Zukunft.....	9
5	Literatur.....	9

1 Die Besonderheiten des Flugverkehrs

Der internationale Flugverkehr nimmt innerhalb des Gesamtverkehrs in mehrfacher Hinsicht eine besondere Rolle ein:

- Kein anderer Verkehrsträger erlaubt es, sämtliche grösseren Zentren auf der Welt innert kurzer Frist auf direktem Weg zu erreichen. Für grössere Distanzen gibt es deshalb keine Substitutionsmöglichkeiten.
- Der Infrastrukturbedarf ist vergleichsweise gering und basiert mehrheitlich auf privaten Anbietern.
- Die Betreiber internationaler Airlines sind mehrheitlich in privater Hand. Die Kosten für die Nutzung der Infrastrukturen werden weitgehend von den Verursachern getragen. Dies gilt zum Teil auch für Kosten zur Vermeidung oder Verringerung negativer Umweltauswirkungen (z.B. Lärm), welche über Gebühren (charges) abgegolten werden.
- Da der Luftverkehr mehrheitlich international abgewickelt wird, sind internationale Verträge und Verpflichtungen bindend.
- Wenn der Energieverbrauch über den Absatz der Flugtreibstoffe ermittelt wird, fällt nur ein Bruchteil davon im Inland an. Dies gilt auch für die Emissionen.
- Politikinstrumente, welche CO₂- und Schadstoffemissionen reduzieren, können vorerst nur auf nationaler Ebene ergriffen werden. Die Schweiz besteuert beispielsweise den Flugtreibstoff auf Inlandflügen, und auf den Schweizer Landesflughäfen werden entsprechend der Schadstoffemissionen von Flugzeugtriebwerken Emissionsgebühren erhoben.
- Zur Reduktion der CO₂-Emissionen des internationalen Luftverkehrs sind entsprechend internationale Instrumente notwendig.
- Instrumente, welche die CO₂-Reduktion betreffen, stehen oft im Widerspruch zur Reduktion anderer negativer Umweltauswirkungen wie z.B. Lärm, Stickoxide oder führen zu einer Erhöhung der Kondensstreifenbildung. Letztere trägt nach heutigem Kenntnisstand netto zur Klimaerwärmung bei.

Diese Liste kann als Erklärung dienen, warum der internationale Flugverkehr (wie der internationale Schiffsverkehr) nicht für die Zuordnung von Emissionen im Kyoto-Protokoll enthalten ist und internati-

onale Flüge von der Mineralölsteuer befreit sind. Aus denselben Gründen hat die Schweiz den Luftverkehr auch von der CO₂-Gesetzgebung ausgeschlossen.

Die Schweiz beteiligt sich im Rahmen ihrer Mitgliedschaft bei der ICAO (International Civil Aviation Organisation) und der ECAC (European Civil Aviation Conference) an der Entwicklung geeigneter marktwirtschaftlicher Instrumente. Die Frage der Einführung von Emissions Trading für den Luftverkehr respektive die Integration des Luftverkehrs in das bestehende EU-Emissionshandelssystem werden zurzeit auf Ebene der ICAO sehr kontrovers diskutiert. Mögliche Lösungsvorschläge im Sinne einer ICAO-Wegleitung hierzu können frühestens für den Herbst 2007 erwartet werden.

2 Nationaler versus internationaler Flugverkehr

Im Rahmen des Kyoto-Protokolls berechnet die Schweiz den Energieverbrauch bzw. die CO₂-Emissionen der Verkehrsträger nach dem Absatzprinzip. Im Bereich der zivilen Luftfahrt umfasst das Absatzprinzip die gesamte in der Schweiz getankte Treibstoffmenge. Dabei wird zwischen Inlandverkehr (alle Flüge von A nach B in der Schweiz) und Auslandverkehr (alle Flüge von der Schweiz zu einer ausländischen Destination) unterschieden. Die Treibstoffmenge aus dem Inlandverkehr wird der Schweiz im Rahmen des Kyoto-Protokolls zugerechnet, die Treibstoffmenge aus dem Auslandverkehr gehört zu den so genannten „Bunkerfuels“. Die „Bunkerfuels“ der verschiedenen Länder kommen in einen gemeinsamen Topf (wie die „Bunkerfuels“ der internationalen Schifffahrt).

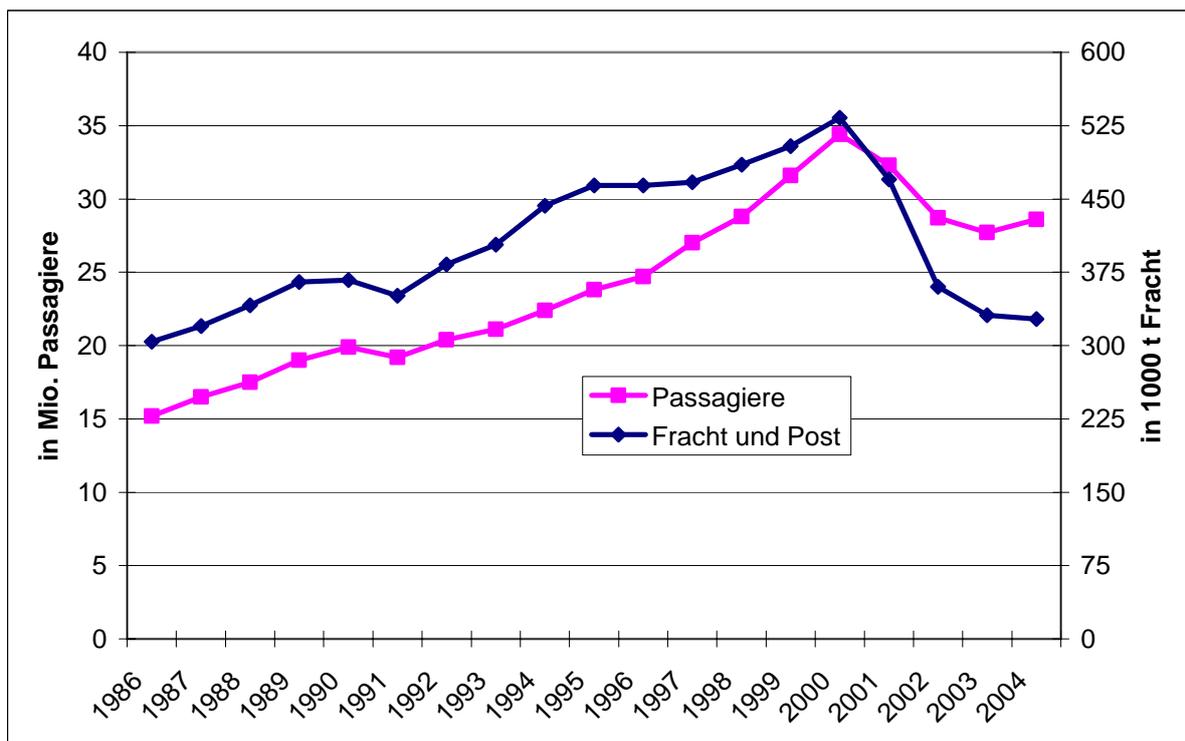
Die Unterscheidung national/international ist für das Kyoto-Protokoll und damit die Energieperspektiven und für die Besteuerung des Treibstoffs entscheidend und soll deshalb im Folgenden, soweit als möglich, durchgezogen werden. Eine Übersicht über verschiedene Erfassungsprinzipien und deren Auswirkungen erfolgt weiter hinten.

3 Die Entwicklung des Luftverkehrs in der Schweiz

3.1 Entwicklung des internationalen Flugverkehrs in der Vergangenheit

Die folgende Grafik zeigt die Entwicklung der Passagier- und Frachtzahlen über die letzten knapp zwanzig Jahre auf. Zusammengezählt werden die Passagiere und die Fracht der Landesflughäfen Zürich, Genf und Basel-Mulhouse sowie der Regionalflugplätze Bern, Lugano, St.Gallen-Altenrhein und Sion.

Figur 1: Entwicklung der Passagier- und Frachtzahlen des internationalen Flugverkehrs in der Schweiz.



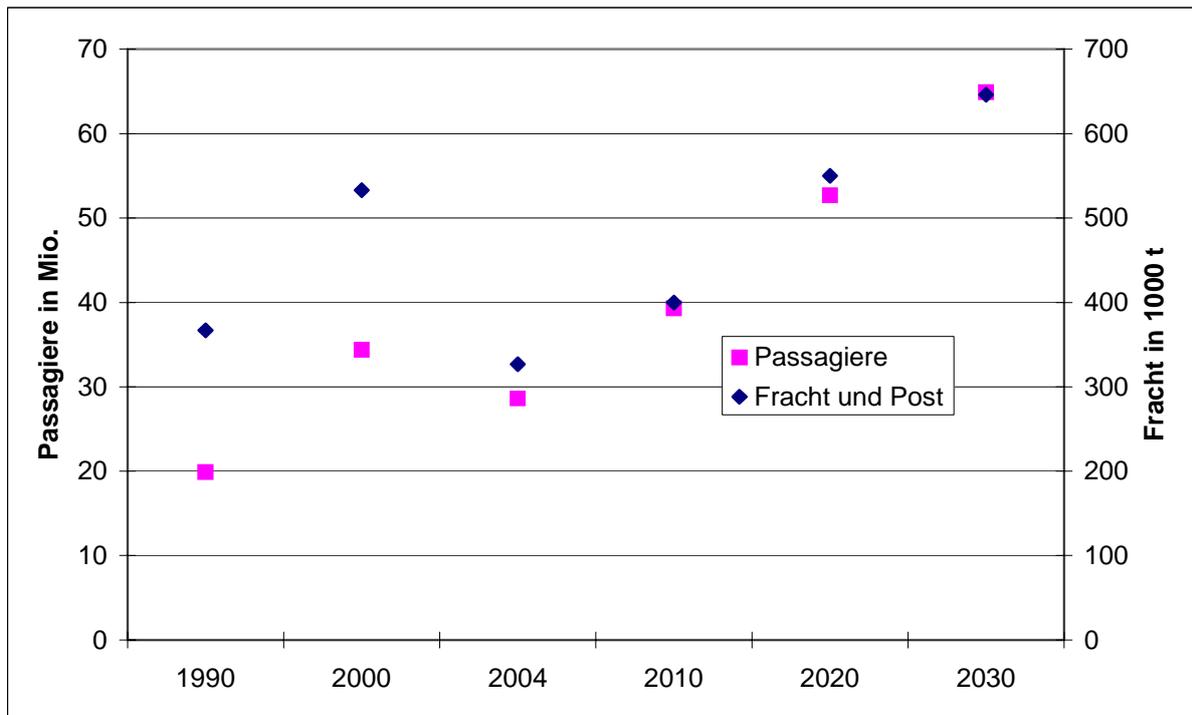
Quelle: [3]

Es gilt anzumerken, dass durch den Einbezug der Regionalflugplätze auch ein vergleichsweise kleiner Anteil aus dem nationalen Flugverkehr in den Passagier- und Frachtzahlen enthalten sein wird. Bis 2001 zeigen sowohl Passagieraufkommen als auch Fracht mit Ausnahme des Jahres 1991 (Golfkrieg) steigende Tendenz. Im Jahre 2001 haben die Terroranschläge vom 11. September, der Zusammenbruch der Swissair, die SARS-Krise sowie der Beginn des Irakkrieges einen Abwärtstrend ausgelöst, der bei den Passagierzahlen bis 2003 anhielt.

3.2 Entwicklung des internationalen Flugverkehrs in der Zukunft

Zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des Flugverkehrs hat das Büro Intraplan im Auftrag des Bundesamts für Zivilluftfahrt (BAZL) ein Modell entwickelt, mit dem sowohl die flughafenübergreifende Verkehrsentwicklung als auch die flughafenspezifischen Entwicklungen, wie z.B. für den Flughafen Zürich, erfasst werden können. Es handelt sich um ein Gesamtverkehrsmodell. Das heisst, der Luftverkehr wird als Teil des Gesamtverkehrssystems behandelt und auf diese Weise wird sowohl die Ergänzungsfunktion des Landverkehrs (z.B. im Zulauf zum Luftverkehr) als auch die Konkurrenzfunktion des Landverkehrs (z.B. Hochgeschwindigkeitsverkehr der Bahn als Ersatz von Kurzstreckenflügen) berücksichtigt. Die Perspektiven erfolgen zunächst für das Jahr 2020 und durch weitere Modellanwendungen für die Zwischenjahre 2010 und 2015. Danach wurde ein Ausblick bis 2030 gemacht. Die folgende Grafik zeigt die erwarteten Passagier- und Frachtzahlen:

Figur 2: Perspektiven des BAZL bis 2030.



Quelle: [3]

Der Trend, der sich bei den Passagierzahlen nach dem Einbruch im Jahre 2001 bereits 2004 wieder gedreht hat, setzt sich gemäss Prognosen in den nächsten 25 Jahren unvermindert fort. Sowohl bei den Passagieren als auch bei Fracht und Post kann im Zeitraum zwischen 2004 und 2020 von einem praktisch linearen Wachstum von geschätzten 3.9% pro Jahr bei den Passagieren und 3.3% pro Jahr bei der Fracht ausgegangen werden.

3.3 Entwicklung des nationalen Flugverkehrs in der Vergangenheit

Der nationale Flugverkehr hat in den letzten Jahren einen massiven Einbruch erlitten. Hauptgründe sind der Zusammenbruch der Swissair, das Wegfallen der Crossair durch den Zusammenschluss zur neuen Swiss International Airlines und das Wegfallen von Zwischenstopps an einem der Landesflughäfen bei den internationalen Flügen (z.B. Flug Zürich – New York mit Zwischenstopp in Genf-Cointrain). Die Crossair führte zahlreiche Inlandflüge in ihrem Programm, die dank Turboprop-

Maschinen zu günstigen Tarifen angeboten werden konnten. Heute gibt es praktisch keine Inland-Linienflüge mehr. Die Kleinaviatik verzeichnete in den letzten Jahren sinkende Pilotenzahlen. Die höheren Treibstoffpreise wie auch die zunehmende Regulierungsdichte haben dazu beigetragen, dass diese Sparte rückläufige Tendenz aufzeigt.

3.4 Entwicklung des nationalen Flugverkehrs in der Zukunft

Zur zukünftigen Entwicklung des nationalen Luftverkehrs gibt es keine Perspektiven. Am sinnvollsten gilt die Annahme, dass er sich auf dem jetzigen Niveau einpendeln wird. Leicht ansteigende Tendenz wäre zu erwarten, falls die Fluggesellschaften günstige Angebote für Inlanddestinationen machen könnten. Das würde jedoch bedingen, dass die Strecken mit sehr effizienten Turboprop-Maschinen bedient werden müssten. Diese stossen heute auf Akzeptanzschwierigkeiten bei den Fluggästen (z.B. Propellerflugzeug wird als „alte Technologie“ interpretiert, Passagierkomfort „zu hohe Innenbeschallung“). Ungewiss scheint noch, wie sich die Substitution herkömmlicher Kleinflugzeuge durch so genannte Ecolight-Flugzeuge zukünftig entwickeln wird. Es handelt sich hierbei um besonders leichte und effiziente Motorflugzeuge.

4 Energiebedarf des Luftverkehrs und CO₂-Emissionen

4.1 Prinzipien zur Berechnung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen

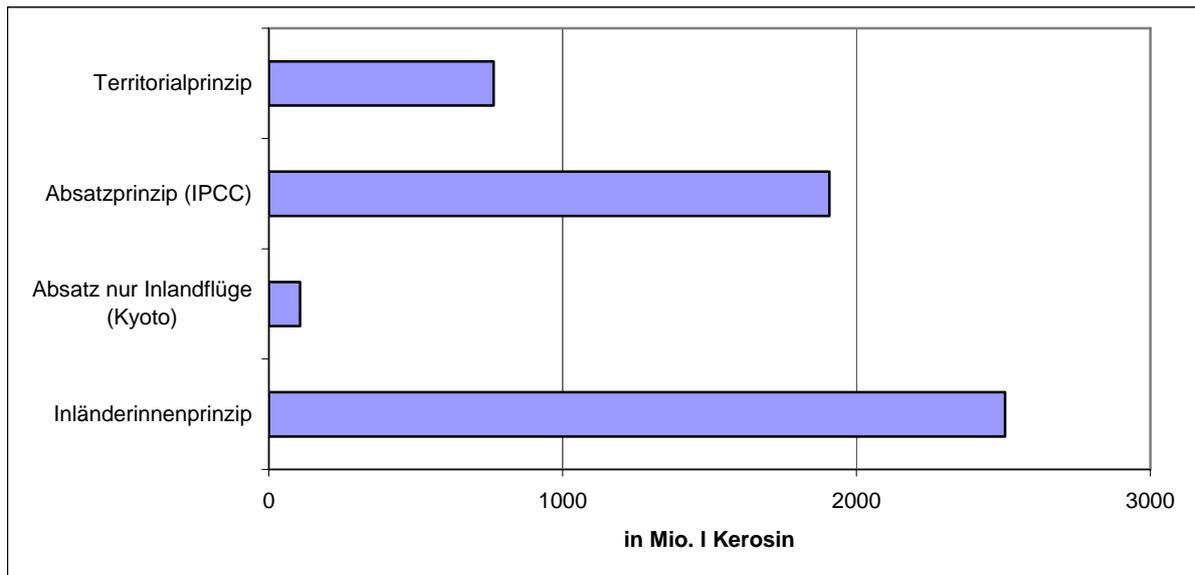
Allen Transportmitteln ist gemeinsam, dass sie teilweise im grenzüberschreitenden Verkehr eingesetzt werden. Für Luftverkehrsmittel trifft dies im Besonderen zu. Daraus ergeben sich bezüglich Zuordnung und Erfassung von Verbrauch und den daraus abgeleiteten CO₂-Emissionen zu einer nationalen Bilanz einige Probleme. Je nach Erfassungsprinzip werden bestimmte Belastungen einem Land angerechnet, obwohl sie anderswo anfallen oder sie treten in keiner Bilanz auf. Am Beispiel des Flugverkehrs soll die Auswirkung der Wahl des Erfassungsprinzips gezeigt werden. Mögliche Erfassungsprinzipien sind [5]:

- Territorialprinzip (Flüge innerhalb des Luftraums der Schweiz)
- Absatzprinzip (die im Inland total getankte Menge an Treibstoffen, entspricht der IPCC-Richtlinie)
- Absatzprinzip nur Inlandflüge (der Schweiz gemäss Kyoto-Protokoll zugerechnet)
- Inländer/Inländerinnenprinzip (sämtliche Flüge der Schweizerinnen und Schweizer, entspricht der Idee des Verursacherprinzips).

Neben diesen vier Prinzipien gibt es noch das Hin-/Rückflugprinzip (Start in der Schweiz bis zur nächsten Landung und vom letzten Auslandflughafen wieder zurück in die Schweiz). Die dazu erhobenen Daten sind jedoch nach Aussage des BAZL mit grossen Unsicherheiten und Ungenauigkeiten verbunden, so dass auf dieses Prinzip hier nicht näher eingegangen wird.

Die Ergebnisse können je nach Prinzip sehr stark variieren, wie die folgende Zusammenstellung für das Jahr 1999 zeigt:

Figur 3: **Kerosinverbrauch des schweizerischen (national und international) Flugverkehrs 1999, berechnet nach unterschiedlichen Prinzipien.**

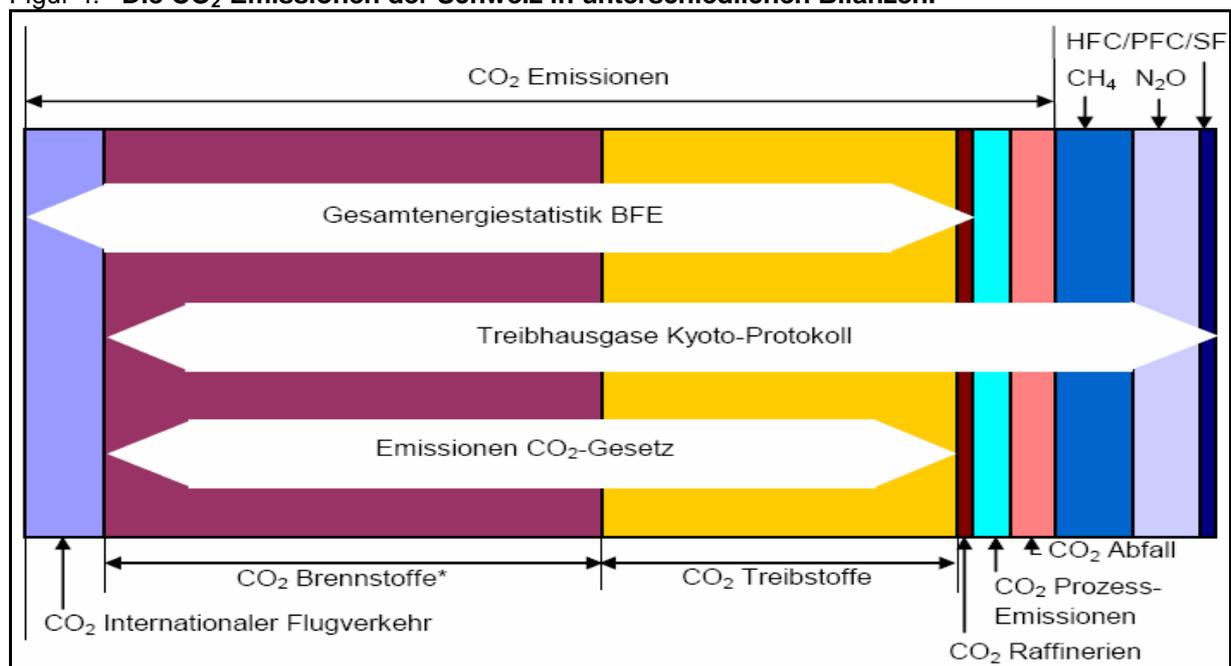


Quelle: [5]

Es ist zu beachten, dass die Berechnungsgrundlagen für die verschiedenen Prinzipien einander nicht unbedingt entsprechen. Jedoch können folgende grundsätzliche Aussagen gemacht werden: Das Absatzprinzip, welches bei der Gesamtenergiestatistik des BFE verwendet wird, ist zwar einfach zu handhaben, der Flugverkehr kommt jedoch durch die vergleichsweise hohen Tankmengen in der Schweiz und den nur geringen Flugdistanzen über dem Territorium der Schweiz im Vergleich zum Territorialprinzip schlecht weg. Allerdings geht gemäss Kyoto-Protokoll nur der Inlandanteil des Treibstoffverbrauchs nach Absatzprinzip in die CO₂-Bilanz der Schweiz ein. Zusammengefasst kann gesagt werden, dass sich das Absatzprinzip eignet, um globale Effekte abzubilden. Das Territorialprinzip hat hingegen für die Luftreinhaltungspolitik der Schweiz eine wichtige Bedeutung.

Entsprechend den unterschiedlichen Allokationsprinzipien zur Ermittlung des Verbrauchs von Flugtreibstoffen finden die unterschiedlichen Prinzipien auch in den CO₂-Bilanzen ihren Niederschlag. Die folgende Grafik zeigt den Zusammenhang zwischen Gesamtenergiestatistik und den massgebenden Emissionen nach CO₂-Gesetz bzw. nach Kyoto-Protokoll:

Figur 4: **Die CO₂-Emissionen der Schweiz in unterschiedlichen Bilanzen.**



Quelle: [1]

Nach CO₂-Gesetz sind nur die CO₂-Emissionen aus fossilen Brenn- und Treibstoffen relevant, ausgenommen die CO₂-Emissionen der Raffinerien und, wie beim Kyoto-Protokoll, die CO₂-Emissionen des internationalen Flugverkehrs. Nach Kyoto-Protokoll müssen weitere Emissionen mit einbezogen werden, nämlich die CO₂-Emissionen aus den industriellen Prozessen (nicht-energetische CO₂-Emissionen) und der Abfallverbrennung sowie die Emissionen von Methan, Lachgas und der synthetischen Gase. Die Nicht-CO₂-Emissionen werden dabei in CO₂-Äquivalente umgerechnet.

Bei den folgenden Darstellungen wird der Verbrauch aufgrund des Absatzprinzips ermittelt, weil damit ein Vergleich der aus verschiedenen Quellen stammenden Daten ermöglicht wird. Für die Energieperspektiven des BFE ist die Systemabgrenzung gemäss Kyoto-Protokoll und gemäss IPCC-Richtlinien massgebend, wozu der nationale und internationale Flugverkehr wiederum gesondert betrachtet werden.

Die CO₂-Emissionen lassen sich unter der Annahme einer vollständigen Verbrennung durch Multiplikation der Absatzmenge mit dem Emissionsfaktor (=3.15 kg CO₂ pro kg Treibstoff Jet Fuel) direkt aus dem Absatz ableiten. Sie werden deshalb in den folgenden Kapiteln nicht separat dargestellt.

4.2 Klimaveränderungen durch den Flugverkehr [2]

Flugzeugtriebwerke produzieren neben heisser Luft wie andere mit fossiler Energie betriebene Verbrennungsmotoren CO₂ (Kohlendioxid), H₂O (Wasserdampf), NO_x (Stickoxide) und SO_x (Schwefeloxide), sowie Spuren von Partikeln und weiterer Gase aus unvollständiger Verbrennung. Ein grosser Teil der Flugverkehrsemissionen gelangt direkt in die obere Troposphäre und untere Stratosphäre, dies im Unterschied zu Quellen am Erdboden, deren Emissionen teilweise nur in Bodennähe wirksam werden. Zudem können aus Flugzeugemissionen Kondensstreifen und daraus induzierte Zirkuswolken entstehen. Es stellt sich deshalb die Frage, in welchem Verhältnis die Klimaauswirkungen durch Emissionen von Bodenquellen und Flugzeugen stehen.

Bei langlebigen Emissionen wie z.B. dem CO₂-Molekül, welches in der Atmosphäre nach heutigem Wissen eine mittlere Verweildauer von rund 100 Jahren aufweist und darin gut durchmischt ist, spielt es für die Auswirkungen auf den Strahlungshaushalt der Erde keine Rolle, ob die Emission am Boden oder direkt in der oberen Troposphäre stattgefunden hat. Ein Vergleich zwischen Bodenquellen und Flugzeugen auf die Atmosphäre kann direkt z.B. über den Absatz von fossilen Energieträgern gemacht werden. Im IPCC Bericht "Aviation and the Global Atmosphere" von 1999 [6] wurde deshalb bezüglich CO₂ ein globaler Anteil von nur 2% für den Flugverkehr genannt.

Bei der Modellierung der Auswirkungen von kurzlebigeren Emissionen und deren Effekten (z.B. NO_x, Kondensstreifen) wird die Situation wesentlich komplexer. Am Beispiel der NO_x-Emissionen soll dies veranschaulicht werden:

Durch chemische Umwandlungsprozesse, welche in relativ kurzer Zeit stattfinden, führen NO_x-Emissionen in der oberen Troposphäre (egal ob aus Flugzeugtriebwerken oder vom Boden in die Höhe transportiert) zur Bildung des Treibhausgases Ozon und zum Abbau des (aus Bodenquellen stammenden) Treibhausgases Methan. Fliegt ein Flugzeug in der unteren Stratosphäre, findet dagegen durch NO_x ein Ozonabbau statt. Die Konzentrationsänderungen von Treibhausgasen führen demnach zu positiven und negativen Änderungen in der Strahlungsbilanz der Erde. Dies wurde im Spezialbericht der IPCC (1999) über die globalen Auswirkungen des Flugverkehrs mit "Radiative Forcing (RF)" bezeichnet. Radiative Forcing (gemessen in Milliwatt pro Quadratmeter) gibt an, wie sich die Energiebalance der Erdatmosphäre auf Grund von Konzentrationsveränderungen der Treibhausgase kurzfristig ändert. Es ist wichtig zu verstehen, dass die angegebenen RF-Werte (z.B. für die Auswirkung von NO_x) so genannte instantane Werte sind. Es spielt eine Rolle, wo und zu welcher Tageszeit kurzlebige Emissionen freigesetzt werden und welche Lebensdauer sie aufweisen. Die berechneten Auswirkungen auf die mittlere globale Oberflächentemperatur der Erde sind deswegen sehr stark vom gewählten Berechnungszeitraum abhängig. So kann das instantane RF für durch NO_x gebildetes Ozon ein Vielfaches des CO₂-RF betragen. Aber je nach gewähltem Berechnungszeitraum (10, 20, 50, 100 Jahre) entsteht ein anderes Bild. Werden die CO₂- und NO_x-Emissionen (bzw. Ozon) der globalen Flugzeugflotte während eines Jahres modelliert und die dadurch bedingten Auswirkungen auf die Änderung der mittleren globalen Oberflächentemperatur der Erde berechnet, so dominiert beispielsweise nach 50 Jahren der Effekt durch das CO₂ über den Effekt durch Ozonbildung.

Auch wenn ein Berechnungszeitraum definiert wird, führt die grosse Komplexität und die Abhängigkeit von vielen Parametern zu grossen Unsicherheiten in der Quantifizierung (ausser bei CO₂). Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass Veränderungen der Flugzeugtechnologie (z.B. CO₂-Reduktion)

die kurzlebigen Effekte in jeder Richtung beeinflussen können (z.B. vermehrtes Auftreten von Kondensstreifen bei sparsameren Triebwerken).

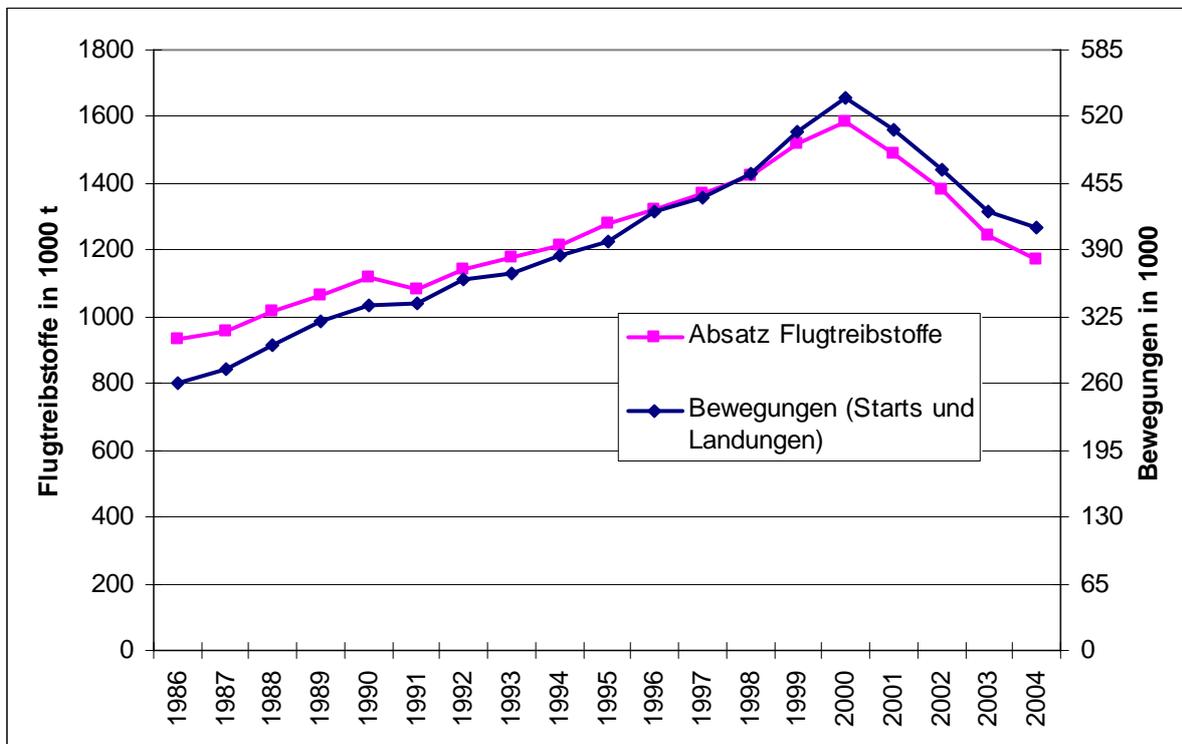
Zusammengefasst kann nach heutigem Wissensstand Folgendes festgehalten werden:

- Bei CO₂ spielt es bezüglich der Klimaveränderungen keine Rolle, ob es am Boden oder auf Reise-flughöhe emittiert wird. Auswirkungen von CO₂-Emissionen auf Reiseflughöhe können somit mit CO₂-Emissionen am Boden direkt verglichen werden. Bei allen anderen Emissionen und deren Effekten ist dies nicht der Fall.
- Die totalen durch den Flugverkehr induzierten Klimaveränderungen können (wie bei einem Teil von Bodenquellen) je nach gewähltem Berechnungszeitraum stärker sein, als durch die CO₂-Emissionen alleine.
- Der Fokus liegt beim Flugverkehr bezüglich Klima heute bei der gleichzeitigen Reduktion von CO₂ und NO_x.

4.3 Entwicklung des Energieverbrauchs des internationalen Flugverkehrs in der Vergangenheit

Gemäss Gesamtenergiestatistik des Bundesamts für Energie hat sich der Absatz von Flugtreibstoffen in den letzten 19 Jahren wie folgt entwickelt:

Figur 5: **Flugtreibstoffabsatz in der Schweiz.**



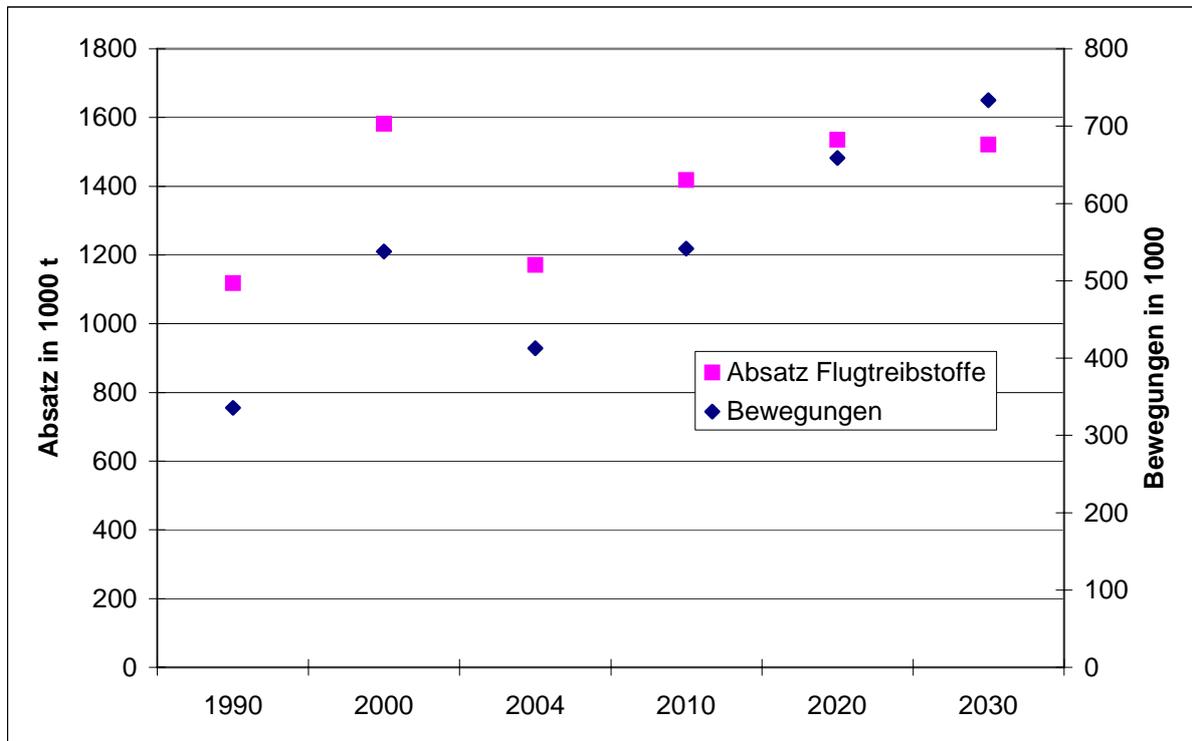
Quelle: [4], [3]

Bei der Absatzkurve gilt zu beachten, dass ein kleiner Anteil des abgesetzten Flugtreibstoffs auf den nationalen Flugverkehr entfällt. Die Entwicklung des Flugtreibstoffabsatzes widerspiegelt den Verlauf der Passagier- und Frachtzahlen. Interessant erscheint dabei, dass die Kurve der Flugbewegungen (Charter- und Linienflüge) sich an die Absatzkurve annähert, diese im Jahre 2000 übersteigt und sich weiter von ihr entfernt. Dies lässt auf gewisse Effizienzgewinne schliessen. Betrachtet man das Verhältnis Absatz zu Bewegungen, kann im Schnitt über die Periode von 1986 bis 2004 eine Abnahme von rund 1.25% pro Jahr festgestellt werden. Es könnte auch damit zusammenhängen, dass der Anteil der innereuropäischen Flüge zugenommen hat. Das ist gleichbedeutend mit einer Zunahme von Flugbewegungen und einer Abnahme des Treibstoffabsatzes.

4.4 Entwicklung des Energieverbrauchs des internationalen Flugverkehrs in der Zukunft

Über die vom BAZL prognostizierten Flugbewegungen und das Fortschreiben eines Effizienzgewinns von 1% pro Jahr wurde der inländische Absatz von Flugtreibstoffen in Zukunft abgeschätzt:

Figur 6: Zu erwartender Flugtreibstoffabsatz bis 2030.



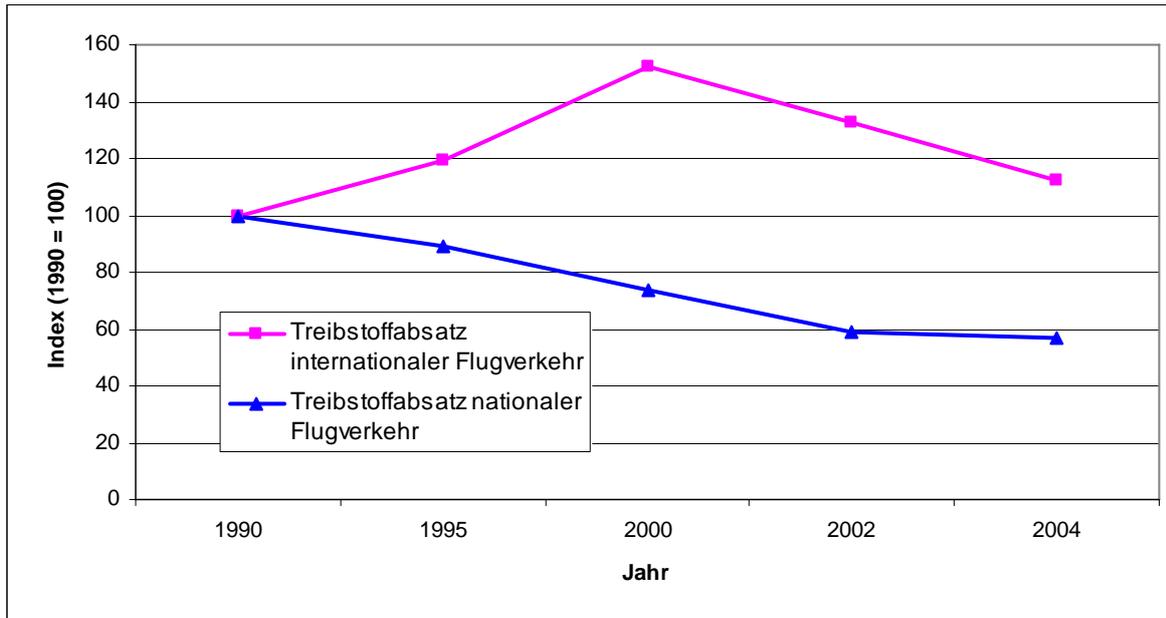
Quelle: [3] und eigene Berechnungen

Die Anzahl der Flugbewegungen entwickelt sich gemäss den Zunahmen bei den Passagier- und Frachtzahlen. Es fällt jedoch auf, dass die Zunahme bei den Bewegungen wesentlich geringer ausfällt als bei den Passagierzahlen. Unter Annahme ungebremsten Wachstums nimmt im Zeitraum von 2004 bis 2020 die Zahl der Fluggäste um 3.9% pro Jahr zu, während die Flugbewegungen nur um 3% pro Jahr zunehmen. Das lässt darauf schliessen, dass grössere Flugzeuge zum Einsatz kommen und im operationellen Bereich weitere Fortschritte erzielt werden (z.B. besseres Sitzplatzmanagement und dadurch höhere Besetzungsgrade). Von zunehmender Effizienz zeugt die Absatzkurve, die zwischen 2020 und 2030 sogar sinkende Tendenz anzeigt, dies bei steigender Zahl der Flugbewegungen.

4.5 Entwicklung des Energieverbrauchs des nationalen Flugverkehrs in der Vergangenheit

Das BAZL hat mittels Bottom-up-Ansatz den Treibstoffverbrauch und die Emissionen der schweizerischen Zivilluftfahrt, unterteilt nach Inland- (Domestic) und Auslandsflügen (International), zwischen 1990 und 2004 nach dem Absatzprinzip berechnet. Die Berechnungen beziehen sich auf den gesamten zivilen Luftverkehr, inklusive Kleinaviatik.

Figur 7: Treibstoffabsatz des nationalen und internationalen Flugverkehrs.



Quelle: [3]

Aus der Grafik wird sichtbar, dass der Treibstoffabsatz im nationalen Flugverkehr zwischen 1990 und 2004 um gut 40% abgenommen hat. Dieser Trend wurde nicht erst durch das Jahr 2001 eingeleitet, sondern lässt sich mit den oben erwähnten Gründen für den Rückgang des nationalen Flugverkehrs begründen.

4.6 Entwicklung des Energieverbrauchs des nationalen Flugverkehrs in der Zukunft

Über die zukünftige Entwicklung des nationalen Luftverkehrs gibt es nur Annahmen, die sich aus den Erwartungen bezüglich Flugbewegungen und aus dem sich abzeichnenden technologischen Wandel bei den Flugzeugen und ihren Motoren ableiten lassen. Aus der Prognose, dass der nationale Flugverkehr wohl auf dem jetzigen Niveau verharren wird, kann geschlossen werden, dass auch Energieverbrauch und Emissionen sich nicht stark verändern werden. Bei der Kleinaviatik zeichnet sich durch die zunehmende Substitution von Kleinflugzeugen durch Ecolight-Flugzeuge eine Reduktion des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen ab. Diese Entwicklung hat jedoch keinen signifikanten Einfluss auf den Energieverbrauch der Schweiz, da die abgesetzten Treibstoffmengen in der Kleinaviatik im gesamtschweizerischen Massstab äusserst gering sind (im Moment weniger als 1 Promille des Treibstoffabsatzes). Können in Zukunft inländische Städteflüge aufgrund effizienter Technologie und Zeitgewinnen wieder konkurrenzfähig werden, werden entsprechend der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen im nationalen Flugverkehr markant ansteigen.

5 Literatur

- [1] BAFU (2006): Emissionen nach CO₂-Gesetz und Kyoto-Protokoll. Bundesamt für Umwelt, Bern: 11 S. Verfügbar unter http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/oekonomie/klima/daten/co2-statab8_04/emissionsuebersicht_060531_d.pdf.
- [2] BAZL (2006): *Summary of consensus scientific view about impact on global climate from aircraft cruise emissions*. Bundesamt für Zivilluftfahrt, Bern, Dok. Ref. 33-05.
- [3] BAZL (2005): *Entwicklung des Luftverkehrs in der Schweiz bis 2030 – Nachfrageprognose*. Bundesamt für Zivilluftfahrt, Bern: 102 S. Verfügbar unter http://www.aviation.admin.ch/dokumentation/dokumente_bazl/index.html?lang=de.
- [4] BFE (2005): *Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2004*. Bundesamt für Energie, Bern: 56 S. Verfügbar unter http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/index.html?lang=de&dosier_id=00763.

- [5] BUWAL/BAZL/ARE (2001): Luftverkehr – eine wachsende Herausforderung für die Umwelt. Materialienband M25, NFP 41, Bern: 53. S. Verfügbar unter http://www.econcept.ch/pdf/419_sb.pdf.
- [6] IPCC (1999): Aviation and the Global Atmosphere. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva. Verfügbar unter <http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/index.htm>.