

Verkehr und Umwelt
Wechselwirkungen Schweiz - Europa
Nationales Forschungsprogramm **NFP 41**

Transport et environnement
Interactions Suisse - Europe
Programme national de recherche **PNR 41**

Transport and Environment
Interactions Switzerland/Europe
National Research Programme **NRP 41**

Materialienband M25

Yvonne Kaufmann
Ruedi Meier
Walter Ott

Luftverkehr - eine wachsende Herausforderung für die Umwelt

Fakten und Trends für die Schweiz

Impressum

Autoren: KAUFMANN Yvonne, MEIER Ruedi, OTT Walter
Titel: Luftverkehr - eine wachsende Herausforderung für die Umwelt
Untertitel: Fakten und Trends für die Schweiz
Reihe: Materialien des NFP 41 „Verkehr und Umwelt“, Materialienband M25
Ort, Jahr: Bern, 2000
Herausgeber: Programmleitung NFP 41 (Nationales Forschungsprogramm
„Verkehr und Umwelt, Wechselwirkungen Schweiz-Europa“)
Bezug: BBL/EDMZ, CH-3003 Bern
www.admin.ch/edmoz
Fax +41 - 31 - 325 50 58
EDMZ-Bestellnummer: 801.671.d

Mitarbeit an diesem Bericht:

AutorInnen:

Yvonne Kaufmann und Walter Ott, econcept, Lavaterstrasse 66,
8002 Zürich, econcept@econcept.ch
Dr. Ruedi Meier, Bolligenstrasse 14B, 3006 Bern, ruedimeier@bluewin.ch (Projektleitung)

Mitwirkung:

Walter Ernst, Berner Fachhochschulen, HTA Burgdorf, Abt. Energietechnik, Pestalozzistr. 20,
3400 Burgdorf, w.ernst@bluewin.ch

Begleitgruppe:

Felix Walter, Programmleiter (Leitung)
Niklaus Hilty, BUWAL, Expertengruppe NFP 41
Dr. Pierre Caille und Gerda Suter, BFS
Samuel Wenger und Paul Stulz, BAZL
Felix Reutimann, Markus Nauser und Andreas Liechti, BUWAL
Dr. Ulrich Seewer, ARE Dienst GVF
Dr. Christian Laesser, HSG-IDT
Dr. Stephan Lienin, PSI (Strategie Nachhaltiger Verkehr)

Dieses Projekt wurde finanziell unterstützt vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, vom Dienst GVF im Bundesamt für Raumentwicklung sowie vom Bundesamt für Zivilluftfahrt.

Der Bericht gibt die Auffassung der Autoren wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen der mitfinanzierenden Institutionen, des Nationalfonds, der Expertengruppe, der Programmleitung oder der Begleitgruppe übereinstimmen muss. Abdruck mit ausdrücklicher Quellenangabe erwünscht. Kommerzielle Nutzung vorbehalten. Belegexemplar erbeten an die Programmleitung.

Inhaltsübersicht

Kurzfassung	K-1
Résumé	R-1
Summary	S-1
1 Einleitung	1
2 Vorgehen und Methodik	3
3 Ausgangslage und bisherige Entwicklung	5
4 Umweltauswirkungen des Flugverkehrs	7
5 Methoden zur Erfassung des Flugverkehrs	9
6 Erfassung des Flugverkehrs in der Schweiz	17
7 Prognosen und Perspektiven	33
8 Fazit	43
Literatur	51

Kurzfassung

Der Flugverkehr ist das zurzeit am schnellsten wachsende Verkehrsegment. Alle Perspektiven zur künftigen Verkehrsentwicklung deuten darauf hin, dass das so bleiben wird. Diese Entwicklung beinhaltet ein grosses Konfliktpotenzial im Hinblick auf eine nachhaltige Schweiz, auf die bestehenden schweizerischen und vor allem auf die internationalen Umweltziele. Die bisher verfügbaren Statistiken sind zuwenig auf diese Fragestellungen ausgerichtet und erschweren den nötigen Einblick.

In der vorliegenden Studie werden die **Flugverkehrsleistungen, der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen der InländerInnen (Schweizer Wohnbevölkerung) nach dem Verursacherprinzip** ermittelt:

1. Die InländerInnen fragten 1998 rund 32 Mrd. Personenkilometer Flugverkehr im In- und Ausland nach (vor allem im Ausland). Gemessen am Total der Verkehrsleistungen der InländerInnen von rund 135 Mrd. Personenkilometer (im In- und Ausland) hat der Flugverkehr 1998 somit einen Anteil von rund **24 Prozent**.
2. Der Energieverbrauch der InländerInnen im internationalen Flugverkehr beträgt 67 PJ oder 1,56 Mio. Tonnen Kerosin im Jahr 1999 (ohne Fracht). Gemessen am gesamten Energieverbrauch der Schweiz¹ sind dies rund 8 Prozent, am Energieverbrauch des Verkehrs macht die Flugverkehrsnachfrage rund 24 Prozent aus.
3. Die CO₂-Emissionen der InländerInnen aufgrund der Passagier- und Charterflüge und des Frachtluftverkehrs betragen für 1999 mehr als 6 Millionen Tonnen, d.h. pro Kopf und Jahr knapp eine Tonne. Werden die flugverkehrsbedingten CO₂-Emissionen der InländerInnen am Total der Schweizer CO₂-Emissionen gemessen (1998: 45 Mio. Tonnen), so betragen sie über 13 Prozent.² Wird das klimarelevante Global Warming Potential (GWP) als Massstab beigezogen (CH 1998: ca. 54 Mio. Tonnen CO₂-

Die Umweltwirkungen des schnell wachsenden Flugverkehrs werden in den offiziellen Statistiken zuwenig transparent widerspiegelt

Darlegung der Flugverkehrsleistungen, des Verbrauchs und der Emissionen der InländerInnen

Anteil des Flugverkehrs beträgt rund 24% am Total der Verkehrsleistungen der InländerInnen

Hoher Anteil des Flugverkehrs am Schweizer Energieverbrauch (8%)

Knapp 1 Tonne CO₂-Emissionen pro Kopf und Jahr allein durch den Flugverkehr

1 Gemäss der schweizerischen Gesamtenergiestatistik 1999 (BFE 2000, Tabelle 14a) beträgt der Gesamtenergieverbrauch der Schweiz 1999 861.8 PJ und der Treibstoffverbrauch 286.9 PJ (nach dem Absatzprinzip erhoben).

2 Das Total der Schweizer CO₂-Emissionen wurde gemäss dem Territorialprinzip erfasst (BUWAL 1999). Die Emissionen der internationalen Flüge sind im Total der Schweizer CO₂-Emissionen nicht enthalten.

Äquivalente) und die klimarelevanten Flugemissionen mit einem Faktor 2 bewertet, so hat der Flugverkehr einen Anteil am gesamten GWP der Schweiz von gut 22 Prozent.

Anteil der Flugverkehrsleistungen am Gesamtverkehr steigt bis 2020 von heute 24% auf 40%

4. Bei einer Verdoppelung der Flugverkehrsnachfrage der InländerInnen bis 2020, was aufgrund der bestehenden Entwicklungstrends nicht ausgeschlossen werden kann, nimmt der Anteil der Flugverkehrsleistungen am Gesamtverkehr von rund 24% auf gut 40% zu.

Emissionsentwicklung des Flugverkehrs widerspricht internationalen Klimazielen

Die Emissionsfracht verschiebt sich somit deutlich zugunsten des Flugverkehrs. Emissionsreduktionen im Inland werden durch das Flugverkehrswachstum teilweise kompensiert. Die nationalen Anstrengungen gemäss CO₂-Gesetz werden durch die zunehmenden Emissionen des Flugverkehrs entwertet. Diese Tendenz läuft auch der Forderung der IPCC, die CO₂-Emissionen bis ins Jahr 2050 auf 1 bis 2 Tonnen pro Kopf der Bevölkerung und Jahr zu reduzieren diametral entgegen. Eine verantwortungsvolle Klimapolitik erfordert, dass sich die Schweiz dieser Herausforderung stellt und geeignete Gegen-Strategien und Massnahmen entwickelt. Bereits heute müssten Schritte eingeleitet werden, die auf nationaler und internationaler Ebene zu einer Verminderung der Umweltbelastungen des Flugverkehrs beitragen.

Hoher Handlungsbedarf auf internationaler Ebene bzgl. der künftigen Flugverkehrsentwicklung und ihrer Umweltwirkungen

Internationale Trend-Perspektiven (IPCC-Szenarien) zeigen, dass der Anteil der CO₂-Emissionen des Flugverkehrs bis 2050 nur relativ geringfügig von rund 3 auf ca. 5 Prozent ansteigen wird. Allerdings gehen diese Szenarien davon aus, dass sich die **globalen CO₂-Emissionen** (ohne klimapolitische Massnahmen) **bis 2050 etwa verdreifachen** werden! Sie liegen somit weit über dem gemäss IPCC unbedenklichen Niveau und wären mit einer Klimaerwärmung von rund 5° C bis 2050 - 2070 verbunden. Bei diesen Trendszenarien können gemäss KlimaexpertInnen katastrophale Entwicklungen nicht mehr ausgeschlossen werden. Deshalb sollen gemäss IPCC die weltweiten Treibhausgasemissionen stabilisiert oder gar reduziert werden, was jedoch durch die erwartete Entwicklung des Flugverkehrs sehr erschwert wird. Werden die Emissionsperspektiven des Flugverkehrs deshalb an diesem Stabilisierungsziel gemessen, würde der Emissionsanteil des Fliegens in Zukunft weit über den offiziell angenommenen 3-5% liegen und sich im Bereich von 10-30% der gesamten globalen CO₂-Emissionen bewegen. Das ergibt auch auf

der internationalen Ebene einen hohen Handlungsbedarf bezüglich der künftigen Flugverkehrsentwicklung und ihrer Umweltwirkungen.

Es wird die Aufgabe einer noch zu formulierenden Flugverkehrsstrategie sein, Massnahmen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit des Flugverkehrs auf schweizerischer und internationaler Ebene zu formulieren. Eine wichtige Grundlage dazu ist die Weiterführung und der problemorientierte Ausbau der vorhandenen Statistiken und Daten zum Flugverkehr.

*Gefragt sind bessere
Statistiken und eine
Strategie Flugver-
kehr*

Résumé

Dans le domaine des transports, le trafic aérien est le segment qui connaît actuellement la plus forte croissance et toutes les projections indiquent que cette tendance va se maintenir. Ce développement ne manquera pas d'entrer en conflit, tout d'abord avec les projets environnementaux nationaux („le développement durable en Suisse“), mais aussi et surtout internationaux. Les statistiques disponibles à ce jour ne sont pas assez transparentes et reflètent mal la situation.

Les statistiques officielles manquent de transparence au sujet des influences de la rapide croissance du transport aérien sur l'environnement

Cette étude détermine **les prestations de transport aérien, la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ de la population résidant en Suisse (population résidente) selon le principe de causalité.**

Détermination des prestations de transport aérien, de la consommation et des émissions de la population résidente

1. La demande de transport aérien, en Suisse et à l'étranger, de la population résidente s'est élevée en 1998 à environ 32 milliards de kilomètres-personnes (km-p), principalement à l'étranger ce qui correspond à une part de **24 %** de l'ensemble des prestations de transport de la population résidente (env. 135 milliards de km-p en Suisse et à l'étranger).

Le transport aérien représente 24 % des prestations de transport de la population résidente

2. La consommation d'énergie de la population résidente pour le trafic aérien international (fret exclu) se monte à 1,56 million de tonnes de kérosène en 1999 (67 PJ). Cela représente **8%** de la consommation totale d'énergie en Suisse³ ou encore **24 %** de la consommation d'énergie du secteur des transports.

Forte proportion du transport aérien par rapport à la consommation totale d'énergie en Suisse (8%)

3. Les émissions de CO₂ engendrées par la population résidente (trafic passagers, charter et fret aérien) se monte pour 1999 à plus de 6 millions de tonnes, soit une tonne de CO₂ par personne et par année. Ces émissions représentent plus de **13 %** du total des émissions de CO₂ de l'ensemble de la population résidente (1998, 45 millions de tonnes)⁴.

A lui seul, le transport aérien génère environ 1 tonne de CO₂ par habitant et par année

Sur la base du Global Warming Potential (GWP), on obtient pour la Suisse (1998) des émissions d'env. 54 millions de tonnes

³ Selon la Statistique globale suisse de l'énergie 1999 (OFE 2000, tableau 14a), la consommation finale d'énergie en Suisse se monte à 861,8 PJ et la consommation de carburants à 286,9 PJ (déterminé sur la base des ventes).

⁴ Le total des émissions de CO₂ pour la Suisse a été déterminé selon le principe territorial.

D'ici à 2020, le trafic aérien représentera 40 % du total des prestations de transport (24% actuellement)

Le développement des émissions du transport aérien va à l'encontre des objectifs fixés par la politique internationale du climat .

Grand besoin d'action au niveau international concernant l'évolution future du transport aérien et de ses conséquences sur l'environnement

d'équivalent CO₂. Et si l'on attribue un facteur 2 aux émissions du trafic aérien, celui-ci contribue à raison d'un bon 22% au GWP total de la Suisse.

4. Si la demande de transport aérien de la population résidente double à l'horizon 2020, ce qui, compte tenu des tendances d'évolution actuelles n'est pas à exclure, la proportion du transport aérien passerait à 40% du total des transports (contre 24% actuellement).

On constate donc un accroissement notable de la charge des émissions imputable au transport aérien. L'augmentation du trafic annule quasiment les réductions d'émissions à l'intérieur du pays et tous les efforts entrepris en Suisse sur la base de la Loi sur le CO₂ sont réduits à néant par la croissance de nos émissions à l'étranger. Cette tendance s'oppose diamétralement aux recommandations du GIEC (réduction des émissions annuelles par habitant à 1 ou 2 tonnes de CO₂). Pour arriver à une politique du climat responsable, la Suisse doit relever le défi et mettre au point des stratégies et des mesures appropriées. Aujourd'hui déjà, il faut entreprendre des actions aux niveaux national et international, pour contribuer à diminuer la charge environnementale du transport aérien.

Les scénarios de tendance esquissés par le GIEC – **en l'absence de mesures politique en faveur du climat, multiplication par trois des émissions globales de CO₂ jusqu'en 2050 !** - montrent que la proportion des émissions de CO₂ dues au transport aérien ne va progresser que légèrement d'ici à 2050 (3 à 5 %). Ces émissions dépassent de beaucoup le niveau d'innocuité fixé par le GIEC et, selon ce groupe d'experts, elles pourraient entraîner un réchauffement climatique d'environ 5° C jusqu'en 2050 - 2070. Sur la base des scénarios évoqués, les experts du climat ne peuvent plus exclure des suites catastrophiques. Selon le GIEC, il importe de stabiliser ou si possible de réduire les émissions mondiales de gaz à effet de serre, un objectif fortement compromis par l'évolution prévue du trafic aérien. Si l'on compare les perspectives d'émission du transport aérien avec cet objectif de stabilisation des émissions de CO₂, la proportion des émissions du transport aérien au niveau international dépasserait allègrement le chiffre de 3 à 5 % officiellement admis pour osciller plutôt autour des 10 à 30 % de l'ensemble des émissions de CO₂. Il y a donc un grand besoin d'agir au niveau international également, en

ce qui concerne l'évolution future du transport aérien et de ses conséquences sur l'environnement.

Il appartiendra à une politique des transports aériens, encore à définir, de formuler des mesures afin d'améliorer la durabilité de ce moyen de transport au niveau national et international. A cet effet, il y a lieu de poursuivre la refonte orientée problème des statistiques et des données disponibles sur le transport aérien.

Besoin de meilleures statistiques et d'une stratégie des transports aériens.

Summary

Air traffic is currently the fastest growing segment of transport. All prospective analyses seem to indicate that this trend is likely to continue. This development represents a severe potential trouble point, for sustainable development in Switzerland, and for the environmental goals that Switzerland and the international community have set for themselves. Available statistics fail to home in on these issues and make it difficult to get a grip on what is at stake.

Official statistics fail to transparently reflect the environmental impact of rapidly growing air traffic

The present study investigates the **volume of air traffic, energy consumption, and CO₂ emissions generated by residents (population residing in Switzerland):**

Volume of resident air traffic, energy consumption and emissions

1. In 1998, air traffic demand by residents amounted to approximately 32 billion person-kilometres (pkm), in domestic but mostly foreign air travel. This constitutes **24 percent** of the overall transport demand by residents in 1998, which amounted to 135 billion pkm.
2. For 1999, energy consumption in international air traffic by Swiss residents amounted to 67 PJ or 1,56 million tonnes of kerosene (without freight). This represents approx. 8 percent of Switzerland's overall energy consumption⁵, and approx. 24 percent of the energy used for transport purposes.
3. CO₂ emissions by residents on regular and charter flights, and freight transport, amounted to over 6 million tonnes in 1999, i.e. just one tonne per person and year. They account for over 13 percent⁶ of overall Swiss CO₂ emissions (45 million tonnes in 1998).

Air traffic makes up approx. 24% of total resident transport

Air traffic accounts for a considerable proportion of energy consumption in Switzerland (8%)

Air traffic alone generates nearly 1 tonne of CO₂ emissions per capita and year

Using climate relevant Global Warming Potential (GWP) as a standard (CH 1998: ca. 54 million tonnes CO₂ equivalents) and assigning factor 2 to climate relevant flight emissions, air traffic accounts for a good 22 percent of Switzerland's GWP.

⁵ According to the 1999 statistics for global energy consumption in Switzerland, overall energy consumption amounted to 861.8 PJ, whereas fuel consumption came to 286.9 PJ (computed on a sales basis)

⁶ Overall CO₂ emissions for Switzerland were computed on a territorial basis

By 2020 the proportion of air traffic will have risen from 24% to 41% of the overall volume of transport

The evolution of air traffic emissions goes against Swiss and international climate policy goals

Major steps will have to be taken at international level concerning the future evolution of air traffic and its environmental impact

More reliable statistics and an air traffic strategy are required

4. Should air traffic of residents double by 2020 – and in view of existing trends this is by no means impossible - air traffic volume will have passed from approximately 24% to a good 40% of overall transport volume.

Air traffic will obviously generate greater emission loads. Reduced emissions in internal air traffic are in part cancelled by the **growing volume of air traffic, and Switzerland's efforts pursuant to its CO₂-legislation are devalued by rising emissions abroad.** This clearly counteracts the IPCC's recommendation that CO₂ emissions be reduced to 1 to 2 tonnes per capita and year by the year 2050. A responsible climate policy requires Switzerland to face up to this challenge and develop appropriate measures and counter-strategies. In fact, steps aiming for reduced environmental impact of air traffic at both national and international level should be introduced as of now.

International prospective trends (IPCC scenarios) show that by 2050 the proportion of CO₂ emissions generated by air traffic will grow only slightly, from approximately 3 to approx. 5 percent. Unfortunately, these scenarios are based on the assumption that, without appropriate climate policy measures, **global CO₂ emissions will almost triple by 2050!** This clearly surpasses IPCC objectives and – according to IPCC estimations - would lead to global warming of approximately 5° C by 2050 - 2070. Climate experts are of the opinion that, with such scenarios, catastrophic developments may no longer be considered impossible. Consequently the IPCC would like to see worldwide greenhouse gas emissions stabilised or even reduced, although the expected development of air traffic will make this difficult. If such a targeted stabilisation should come to pass, the proportional contribution of air traffic to emissions would greatly surpass the 3-5% that are officially assumed, reaching 10-30% of global CO₂ emissions. The message is clear - also at international level, major moves will have to be made relative to the evolution of air traffic and its environmental impact.

An air traffic strategy that remains to be defined will have to outline measures for greater economic, social and ecological sustainability of air traffic, both within Switzerland and at international level. Ongoing use of and problem-oriented development of existing statistics and data relevant to these issues will provide one of its bases.

Inhalt

Kurzfassung.....	K-1
Résumé	R-1
Summary	S-1
1 Einleitung.....	1
2 Vorgehen und Methodik	3
3 Ausgangslage und bisherige Entwicklung	5
4 Umweltauswirkungen des Flugverkehrs.....	7
4.1 Lokale und regionale Auswirkungen.....	7
4.2 Globale Klimawirkung des Flugverkehrs	7
5 Methoden zur Erfassung des Flugverkehrs.....	9
5.1 Die Allokationsproblematik	9
5.2 Allokationsprinzipien	9
5.2.1 Das Territorial- oder Inlandprinzip	9
5.2.2 Das Ausschankprinzip oder Absatzprinzip	10
5.2.3 Das Flugplanprinzip sowie das Hin- und Rückflugprinzip	11
5.2.4 Das Inlandgesellschaftenprinzip	11
5.2.5 Das InländerInnenprinzip	12
5.2.6 Das Wertschöpfungsprinzip	13
5.3 Verwendung der verschiedenen Allokationsprinzipien.....	14
5.4 "Bewertung" der verschiedenen Allokationsprinzipien	15
6 Erfassung des Flugverkehrs in der Schweiz	17
6.1 Abgrenzungen der Erfassung.....	17

6.2	Übersicht der vorhandenen Statistiken in der Schweiz	18
6.3	Erfassung nach dem Territorialprinzip	19
6.3.1	Anteile der Verkehrsträger am Personenverkehr	19
6.3.2	Erfassung der Verkehrsleistung	20
6.3.3	Energieperspektiven	21
6.4	Erfassung nach dem Absatzprinzip	21
6.4.1	Erfassung des Kerosinverbrauchs	21
6.5	Erfassung nach dem Hin- und Rückflugprinzip	23
6.5.1	Erfassung der Verkehrsleistung	23
6.5.2	Erfassung des Kerosin-Verbrauchs	23
6.5.3	Berechnung der CO ₂ -Emissionen	24
6.6	Erfassung nach dem InländerInnen-Prinzip	25
6.6.1	Verkehrsleistung	25
6.6.2	Kerosinverbrauch und CO ₂ -Emissionen 1999	27
6.7	Erfassung gemäss IPCC-Richtlinien	28
6.8	Zusammenfassung und Diskussion	30
6.8.1	Zusammenfassung der dargestellten Flugdaten	30
6.8.2	Diskussion der Daten	31
7	Prognosen und Perspektiven	33
7.1	Nationale Prognosen	33
7.1.1	Schätzung gemäss Territorialprinzip	33
7.1.2	Erfassung gemäss IPCC-Richtlinien	35
7.1.3	Prognosen des Pariser Instituts für Luftverkehr	36
7.2	Internationale Prognosen	38
7.2.1	ICAO-Prognosen bis 2005	38
7.2.2	Prognosen der IPCC	38
7.2.3	Airbus-Prognosen	40
7.2.4	Zusammenfassende Darstellung der internationalen Prognosen	41
8	Fazit	43
8.1	Unterschiedliche Ansätze für unterschiedliche Zwecke	43
8.2	Anwendungsbereiche der Statistiken und Quellen	45

8.3	Beurteilung und Stellenwert der Ergebnisse.....	46
8.4	Die konkreten Ergebnisse	47
8.5	Zukunftsaussichten	49
Literatur	51

1 Einleitung

Der Flugverkehr hat sich in den vergangenen Jahren mit jährlichen Zuwachsraten von 3 bis 6% rasant entwickelt. In den nächsten Jahren wird eine weitere Zunahme prognostiziert.

Rasanten Wachstum

Die Entwicklung des Flugverkehrs mit seinen Auswirkungen auf die Umwelt ist bislang nur lückenhaft untersucht worden; u.a. besteht Forschungsbedarf bezüglich der Klimarelevanz der Flugzeug-Emissionen.

*Forschungsbedarf
bzgl. Klimarelevanz*

Im Hinblick auf die SUN 21 vom 19. – 23. September 2000 in Basel, stellt dieser Materialienband, im Auftrag des Nationalen Forschungsprogramms "Verkehr und Umwelt – NFP 41", des BAZL, des BUWAL sowie des ARE Dienst GVF, wichtige Fakten zur Flugverkehrsentwicklung und zu den Umweltauswirkungen des Flugverkehrs bereit. Darin wird das heutige Wissen zur Entwicklung des Luftverkehrs der Schweiz aufbereitet und kommentierend zusammengefasst. Damit soll eine Grundlage für weitere Arbeiten, vor allem auch in strategischer Hinsicht, geschaffen werden.

Auftrag und Ziel

2 Vorgehen und Methodik

Der beschränkte Umfang der verfügbaren Zeit und der Mittel sowie die Komplexität der Fragestellung verlangen eine Konzentration auf die Präsentation, Auswertung und Interpretation von vorhandenen Daten und Unterlagen. Es konnten keine zusätzlichen Erhebungen gemacht werden.

*Stellenwert des
Materialienbandes*

Fragen und kritische Aspekte/Faktoren wurden mit ExpertInnen des Flugverkehrs (u. a. ARE Dienst GVF, BAZL, BFS, BUWAL) so weit als möglich geklärt. Offene Fragen und bleibende Unsicherheiten werden explizit formuliert und weitere Vertiefungsschritte werden vorgeschlagen. Bei den Daten, Einschätzungen und Interpretationen ist jeweils der Grad der Zuverlässigkeit angegeben.

*Fragen und kritische
Aspekte/Faktoren*

3 Ausgangslage und bisherige Entwicklung

Die Schweiz hat 1997 das Kyoto-Protokoll unterzeichnet und sich damit verpflichtet, ihre Emissionen der klimawirksamen Gase bis 2010 gegenüber dem Stand von 1990 um 8 % zu verringern. Bereits in den letzten Jahren hat die Schweiz Anstrengungen unternommen, diese Zielsetzung umzusetzen und so einen wachsenden Beitrag zum Ressourcen- und Klimaschutz geleistet (Energiepolitik mit E2000, Energiegesetz und geplanter Energie-Abgabe, CO₂-Gesetz).

Kyoto-Protokoll

In den industrialisierten Ländern sollten - gemäss IPCC⁷ - die CO₂-Emissionen längerfristig auf 1 bis 2 t pro Person und Jahr gesenkt werden können, d. h. für die Schweiz von 44.4 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen im Jahre 1990 (insgesamt 53.0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente⁸) auf 10 - 14 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen (bis 2050).

Weitergehende IPCC-Ziele

Bisherige Schwerpunkte der CO₂-Minderung bildeten die Bereiche erneuerbare Energiequellen sowie effizienter Wärmeschutz (Gebäude). Hier konnten deutliche Erfolge erzielt werden und das künftige Einsparpotenzial ist weiterhin sehr gross. Vor allem im Gebäudebereich kann noch sehr viel erreicht werden.

Bisherige Schwerpunkte

Im Bereich Verkehr und Mobilität gelang es erst relativ spät, Aktionen und Partnerschaften mit Industrie, Gewerbe und wichtigen Verbänden aufzubauen. Auch in diesem Wachstumsbereich zeichnen sich positive Entwicklungen ab:

Bereich Verkehr und Mobilität

- Beim Autoverkehr ist technisch ein grosses Sparpotenzial vorhanden (wachsendes Angebot energiesparender Autos, Einführung neuer Technologien). Da die Verkehrsleistung (Anzahl gefahrene Pkm) aber in Zukunft steigen wird, gemäss (BUWAL 2000) bis ins Jahr 2020 um 20%, werden die CO₂-Emissionen ohne zusätzliche Massnahmen (z. B. CO₂-Gesetz) mittelfristig etwa konstant bleiben. Mit dem CO₂-Gesetz wurde ein Sektorziel von minus 8% für den Verkehr fixiert, welches bis 2010 erreicht werden soll.

7 IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change (Zwischenstaatliche Sachverständigengruppe über Klimaveränderungen)

8 CO₂-Äquivalente: Neben CO₂ werden die treibhausrelevanten Gase CH₄ und N₂O mitberücksichtigt (Umrechnung gemäss Klima-Erwärmungspotenzial).

- Der Entscheid für den Bau der NEAT und weitere Massnahmen zur Umlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene (u. a. die LSVA, welche am 1. Jan. 2001 eingeführt werden wird) schaffen wichtige Voraussetzungen für eine positive Entwicklung beim Güterverkehr.
- Beim Flugverkehr waren vor allem die Anstrengungen in den Bereichen Lufthygiene und Lärmschutz relativ erfolgreich. Doch auch die Energieeffizienz moderner Flugzeuge und der Schweizer Flotten konnte deutlich verbessert werden. Dennoch stieg in den letzten Jahren der Verbrauch von Flugtreibstoffen, bedingt durch die hohen Wachstumsraten bei den Flugleistungen (Mio. km/Jahr), stark an. Sein Anteil am Energieverbrauch wird immer bedeutender.

4 Umweltauswirkungen des Flugverkehrs

4.1 Lokale und regionale Auswirkungen

Die Emissionen des Flugverkehrs wurden schon lange als Problem erkannt. Vom gesamten Problemkomplex wurden allerdings bisher hauptsächlich diejenigen Probleme wahrgenommen, die sich lokal manifestieren: Lärmemissionen in der Start- und Landephase, Belastungen durch den Zubringerverkehr und Infrastrukturbauten. In der Schweiz opponiert die Bevölkerung zunehmend gegen den wachsenden Flugverkehr und die Lärmbelastung.

Wahrnehmung der lokalen Auswirkungen des Flugverkehrs

4.2 Globale Klimawirkung des Flugverkehrs

Im Gegensatz zu den lokalen Auswirkungen des Flugverkehrs, ist der Einfluss aufs Klima nicht direkt erkennbar und wird deshalb von der Bevölkerung kaum wahrgenommen.

Indirekte Wahrnehmung der Klimawirkung

Die Emissionen des Flugverkehrs beeinflussen das Klima dreifach (Sausen und Schumann 1998):

Flugemissionen beeinflussen das Klima dreifach

- 1) Direkt durch strahlungsaktive Substanzen wie CO₂ und H₂O;
- 2) Indirekt durch Substanzen, die strahlungsaktive Verbindungen produzieren oder zerstören (z. B. Wirkung von NO_x auf O₃ und CH₄);
- 3) Durch Emissionen wie H₂O und Russpartikel, welche die Entstehung zusätzlicher Wolken (Kondensstreifen) induzieren.

Für die Erstellung einer Gesamtemissionsbilanz der Schweiz sind deshalb neben CO₂ auch die übrigen klimarelevanten Emissionen zu berücksichtigen. Zum Beispiel wird mittlerweile anerkannt, dass der NO_x-Impakt mindestens so gross ist wie derjenige von CO₂. Diese Position wird mehr und mehr auch von Flugverkehrskreisen übernommen. Die Swissair (1997) z. B. schreibt in ihrem dritten Umweltbericht, dass "der Klimateffekt, der durch den Ozonanstieg infolge von NO_x gegenwärtig verursacht wird, von gleicher Grössenordnung sein dürfte wie der Klimateffekt aufgrund der CO₂-Mengen, die vom Flugverkehr in der Vergangenheit bis heute emittiert wurden."

Berücksichtigung der übrigen Emissionen neben CO₂

Grössere Strahlungswirkung von Flugemissionen

Zudem ist wissenschaftlich anerkannt, dass die Strahlungswirkung von Flugverkehrsemissionen, die direkt in die obere Troposphäre und untere Stratosphäre emittiert werden, für die gleiche Menge an verbranntem Treibstoff grösser ist als diejenige von Emissionen an der Erdoberfläche.

Wirkungsfaktor

Um den gesamten Klimaimpakt des Flugverkehrs zu erfassen ist es aus diesem Grund notwendig, den CO₂-Impakt mit einem Wirkungsfaktor zu versehen. Je nach Autor wird dieser Faktor in einer Bandbreite von 1.5 bis 5 angesetzt. Die genaue Festsetzung dieses Faktors ist nach wie vor mit beträchtlichen Unsicherheiten verbunden, die jüngsten Forschungsergebnisse weisen aber alle auf einen Faktor von mindestens 2 hin (Schumann 1997, Brasseur et al. 1998, Sausen und Schumann 1998). Gemäss (DLR 1998) ist der Faktor sogar grösser als 3.

2 bis 4-fache Klimawirkung gemäss IPCC

Die IPCC (IPCC 1999) schätzt, dass die Klimawirkung aller durch den Luftverkehr emittierten Gase 2 bis 4 Mal so hoch ist wie die Klimawirkung des emittierten CO₂.

5 Methoden zur Erfassung des Flugverkehrs

5.1 Die Allokationsproblematik

Wer ist für welchen Kerosin-Verbrauch und für welche Emissionen verantwortlich? Der Luftverkehr bietet bezüglich der Zuordnung und Erfassung von Verkehrsleistung, Verbrauch und Emissionen zu einer nationalen Bilanz einige Probleme.

Wer verursacht Verbrauch und Emissionen?

Je nach Erfassungsprinzip werden bestimmte Belastungen in unterschiedlichen Staaten erfasst oder fallen sogar gänzlich aus der Rechnung.

5.2 Allokationsprinzipien

Für die Erfassung und die Zurechnung der Verkehrsleistung, des Treibstoffverbrauchs und der Emissionen des Flugverkehrs gibt es bisher keine national oder international bevorzugt angewandte Erhebungsmethode. Es besteht eine Vielfalt von Erfassungsprinzipien und -methoden. Deren Eignung hängt von der jeweiligen Fragestellung ab.

Vielfalt von Zurechnungsprinzipien

Nachfolgend werden die wichtigsten Prinzipien sowie deren Methoden kurz erläutert:

5.2.1 Das Territorial- oder Inlandprinzip

Beim Territorialprinzip (auch Inlandprinzip genannt) werden jene Flugbewegungen, die über nationalem Territorium stattfinden – also auch alle Überflüge und ausländischen Flüge in das Territorium - erfasst.

Prinzip

Rund 71% unseres Planeten sind nicht von Kontinenten, sondern von Ozeanen bedeckt. Diese Flugwege (mit Ausnahme der küstennahen Hoheitsgewässer) können keinem bestimmten Staat zugeordnet werden. Dieser Anteil des globalen Flugverkehrs wird somit mit dem Territorialprinzip nicht erfasst. Deshalb ist dieser Ansatz für gesamtheitliche und globale Betrachtungen, wie sie bei der Erfassung der klimawirksa-

Problematik

men Gas-Emissionen nötig sind, ungeeignet.

Zudem wird damit in kleineren Ländern mit hohem Volkseinkommen (z. B. in der Schweiz) nur ein geringer Teil der Luftverkehrsleistungen der Bevölkerung erfasst, da der grösste Teil der Flug-km über ausländischem Territorium geflogen wird. Es findet also in hohem Ausmass eine Externalisierung statt.

Verwendbarkeit

Das Territorialprinzip ist nur für lokale lufthygienische Betrachtungen und für die Erfassung des Fluglärms sinnvoll, da dort die regionalen Immissionen relevant sind.

Vorhandene Statistiken

Bis 1997 hat das BAZL die Flugdaten nur nach dem Territorialprinzip veröffentlicht. Auch das BUWAL verwendet dieses Prinzip bei der lufthygienischen Bewertung des schweizerischen Flugverkehrs.

5.2.2 Das Ausschankprinzip oder Absatzprinzip

Prinzip

Beim Ausschankprinzip (je nach Quelle auch Absatzprinzip genannt) werden Import, Produktion und Export von Flugtreibstoffen bilanziert, wobei Lagerbestände vernachlässigt werden. Der Saldo entspricht somit dem Treibstoff, der an diesem Ort bezogen wurde.

Problematik

Der Verbrauch ab Abgangsort entspricht nicht dem eigentlichen Absatz, da der "Kerosin-Tourismus" – oder im Fachjargon ausgedrückt – "economical tankage" – von beträchtlicher Bedeutung ist. Der Anteil des Kerosin-Tourismus in der Schweiz (Kerosin-Import in diesem Fall) wird auf 15 – 20 % des gesamten Kerosin-Absatzes in der Schweiz geschätzt (Bucher-König 1998), d. h. die offiziellen Statistiken des Kerosin-Absatzes unterschätzen den tatsächlichen Kerosin-Verbrauch des Luftverkehrs mit Ausgangspunkt Schweiz beträchtlich.

Verwendbarkeit

Für globale Betrachtungen des Flugverkehrs ist das Ausschankprinzip gut geeignet, da sich der Kerosin-Tourismus weltweit gegenseitig aufhebt.

Vorhandene Statistiken

Das BFE erfasst in der Gesamtenergiestatistik die Treibstoff-Daten des Schweizer Flugverkehrs nach dem Ausschankprinzip (BFE 1999, BFE 2000).

5.2.3 Das Flugplanprinzip sowie das Hin- und Rückflugprinzip

Mit dem sogenannten "Flugplanprinzip" werden die Flugbewegungen des gesamten Linien- und Charterverkehrs aus der Schweiz einzeln erhoben und die Flugleistungen und der Treibstoffverbrauch berechnet (Luftfahrtstatistik). Dabei werden die Verkehrsleistungen der Flüge ab der Schweiz bis zur nächsten Landung erhoben. Eine Variante dieses Prinzips ist das Hin- und Rückflugprinzip, welches auch die Rückflüge in die Schweiz erfasst.

Prinzip und Variante

Gemäss dem Flugplanprinzip ergibt die Summe aller nationalen Verkehrsleistungen die globale Verkehrsleistung. Würde international konsequent nach dem Hin- und Rückflugprinzip alloziert, werden per Saldo alle grenzüberschreitenden Verkehrsleistungen doppelt erfasst, was in der Weiterverarbeitung der Daten zu berücksichtigen wäre.

Verwendbarkeit

Das BAZL erfasst in der Luftfahrtstatistik alle Flugbewegungen (An- und Abflüge) im Linien- und Charterverkehr (BAZL 1999).

Vorhandene Statistiken

5.2.4 Das Inlandgesellschaftenprinzip

In verschiedenen Statistiken ist auch eine Erfassung nach der Nationalität des untersuchten Flugverkehrsunternehmens anzutreffen, d.h. es wird nur der Flugverkehr der inländischen Gesellschaften, dieser aber im gesamten internationalen Verkehr, erfasst.

Prinzip

Dieses Prinzip liefert Informationen für die Beantwortung nationaler volkswirtschaftlicher Luftverkehrsfragen. Für die Bestimmung der Umweltwirkungen des Flugverkehrs auf territorialer und personenbezogener Ebene ist dieses Prinzip jedoch ungeeignet.

Verwendbarkeit

Die "International Civil Aviation Organization" (ICAO) weist in ihren Jahresstatistiken die Verkehrsleistungen der einzelnen Fluggesellschaften aus (ICAO 1995).

Vorhandene Statistiken

5.2.5 Das InländerInnenprinzip

Prinzip

Das InländerInnenprinzip funktioniert nach dem Verursacherprinzip. Verkehrsleistungen, welche von InländerInnen nachgefragt werden, sei es im eigenen Land oder als Reisende im Ausland (Geschäftsverkehr oder Tourismus), werden der nationalen Bilanz zugerechnet. Unter InländerInnen verstehen wir alle EinwohnerInnen (Niedergelassenen) eines Landes, also inkl. AusländerInnen, welche im betrachteten Staat wohnen.

Erfassungsmethoden sowie vorhandene Statistiken

Es existieren unterschiedliche Erfassungsmethoden, welche auf dem InländerInnenprinzip basieren: Die wichtigsten sind hier kurz dargestellt:

- **Bottom-Up-Methoden:** Die Daten werden auf der Ebene der Individuen erfasst und dann auf das Land hochgerechnet. Dies kann entweder durch eine Analyse der ausgehändigten Tickets (Ticketprinzip) oder durch schriftliche/telefonische Befragungen geschehen. Folgende Daten wurden bottom-up erhoben:
 - 1) Mit dem Mikrozensus 1994 wurde das Verkehrsverhalten der Wohnbevölkerung in der Schweiz durch eine telefonische Befragung von 16'570 Haushalten und 18'020 Personen erhoben. Hier wurde allerdings mit Ausnahme der Ausland-km der Autos nur der Inlandverkehr mitberücksichtigt.
 - 2) Im Rahmen der Erhebung Mikrozensus 2000 werden auch Angaben zu den Flugreisen erhoben. Aus den Daten, die spätestens Ende 2001 publiziert werden sollen, können Angaben zur Zahl der Flugreisen in den letzten 5 Jahren und detaillierte Angaben zur letzten Flugreise (Zweck, Start- und Zielflughafen, Destination, u. a.) gemacht werden (repräsentative Aussagen für die Schweizer Bevölkerung, Auswahl).
 - 3) Der Reisemarkt Schweiz der Universität St. Gallen erfasst aufgrund jährlichen schriftlichen Interviews von ausgewählten Haushalten die Freizeit-Reisen der InländerInnen im Inland und Ausland.
 - 4) Das BFS erfasst den Reiseverkehr der SchweizerInnen im Ausland. Diese Daten stützen sich auf Umfragen der Sektion Tourismus des BFS bei ausländischen Ämtern.
- **Top-Down-Methode:** Die Daten werden auf nationaler Ebene erfasst (z. B. Flugkilometer mit Zurechnung auf InländerInnen) und dann auf die Ebene der Individuen umgerechnet. Die meisten nationalen Statistiken werden top-down erhoben.

- **Methode Meier:** Diese Methode, welche im Kap. 6.6 ausführlich dargestellt ist, verwendet als Grundlage top-down erhobene Daten (Verkehrsleistung, Verbrauch, Emissionen) aus nationalen Statistiken (Swiss Civil Aviation des BAZL), welche mit geschätzten Faktoren und Annahmen auf die Flugleistungen der InländerInnen umgerechnet werden. Diese Resultate werden dann durch Daten, die bottom-up erhoben wurden (Reisemarkt Schweiz, Reisedaten BFS), plausibilisiert.

Das InländerInnenprinzip ist geeignet, die Verkehrsleistungen und Umweltwirkungen der Bevölkerung eines Staates zuzuweisen, da jene Flugleistungen erfasst werden, welche von den EinwohnerInnen verursacht werden. Auch wenn noch methodische Schwierigkeiten bestehen, welche aber kaum gewichtiger sind als bei anderen Methoden, und die Zuordnung der Flugverkehrsleistungen auf die InländerInnen mit den heute zur Verfügung stehenden Daten relativ schwierig ist, eignet sich dieses Prinzip am besten, um die Externalitäten gemäss Verursacherprinzip den einzelnen Nationen anzulasten.

Verwendbarkeit

5.2.6 Das Wertschöpfungsprinzip

Das Wertschöpfungsprinzip basiert auf den Flugverkehrausgaben der Wohnbevölkerung im Inland. Nach Abzug der Kommissionen der Reisebüros und anderen Taxen können die reinen Ausgaben für Flugtickets bestimmt werden. Aufgrund der Wertschöpfung und den durchschnittlichen Kilometerpreisen (welche zum heutigen Zeitpunkt aber nur grob geschätzt werden können) kann nun die Flugverkehrsleistung geschätzt werden. Daraus lassen sich Verbrauchs- und Emissionsdaten abschätzen, wofür aber zusätzliche Annahmen notwendig sind wie mittlere Auslastung, Verbrauch und Emissionen nach Flugzeugtyp und Destinationsklasse.

Prinzip

Diese Methode ist zur Erfassung der Flugverkehrsleistung der InländerInnen geeignet. Die im Ausland gekauften Flugtickets von InländerInnen müssen aber dazugerechnet und die in der Schweiz an AusländerInnen verkauften Tickets subtrahiert werden. Eine Verifizierung der durchschnittlichen Kilometerpreise und eine feinere Abstufung dieser bzgl. Distanzen und Destinationen ist anzustreben.

Verwendbarkeit

Im Jahre 1999 sind durch den Bank Settled Plan (BSP) die Ausgaben für Flugtickets in der Schweiz erfasst worden. Ruedi Meier (Meier R.,

Vorhandene Statistiken

2000) hat sie zur Plausibilisierung der Resultate des InländerInnenprinzips verwendet.

5.3 Verwendung der verschiedenen Allokationsprinzipien

Verwendung von verschiedenen Prinzipien ist von jeweiliger Fragestellung abhängig

Jedes Allokationskonzept hat seine Stärken und Schwächen. Deswegen hat jedes internationale Gremium, jedes Land und jedes Bundesamt seine Gründe, ein bestimmtes Prinzip für eine gegebene Fragestellung zu favorisieren. Nachfolgend werden die wichtigsten internationalen und nationalen Statistiken sowie die verwendeten Prinzipien aufgeführt:

- Die **UN** schlägt in ihrem "concept of bunkering" von 1984 vor, nach dem "Inlandgesellschaftenprinzip" die Betankung national registrierter Maschinen als Importe zu erfassen und die Betankung fremdregistrierter Maschinen im Inland als Exporte abzubuchen (Barrett 1996).
- In den Statistiken von **OECD/IEA** und **EUROSTAT**, dem statistischen Büro der EU, sind die "international air bunkers" des Flugverkehrs nach dem Absatzprinzip in den nationalen Statistiken enthalten (Barrett 1996).
- **CORINAIR** ist ein Projekt der Europäischen Union zur Erstellung von standardisierten gesamteuropäischen Emissionsinventaren. Dieses Inventar orientiert sich am Territorialprinzip.
- Die **IPCC-Richtlinien** für die Erfassung der Treibhausgase zuhanden der "UN Framework Convention on Climate Change" (UN-Klimakonvention) verlangen von den Staaten die Erfassung der Emissionen des Inlandverkehrs. Die Emissionen des internationalen Flugverkehrs ("international bunkers", d. h. Abflüge mit Zielflughafen im Ausland) werden ebenfalls erhoben aber nicht als Bestandteil der nationalen Emissionsbilanz ausgewiesen. Die Zuordnung der Bunker-Emissionen zu den einzelnen Staaten ist Gegenstand internationaler Verhandlungen. Die Aktualisierung der Energieperspektiven (Infras 2000) berechnete den Kerosin-Absatz der Schweiz neu auch nach diesen Richtlinien.

- Das BAZL und das BFS publizierten die Luftverkehrsdaten bis 1998 nach dem Territorialprinzip (BAZL 1996a und BFS 1998⁹). Seit 1998 berechnet das BAZL die Verkehrsleistungen auch nach dem Hin- und Rückflugprinzip (BAZL 1999/2000).
- Das **BFS** alloziert je nach Tabelle nach unterschiedlichen Prinzipien. Die Verkehrskennzahlen werden nach dem Territorialprinzip (ohne Überflüge) erfasst, allerdings ist in der Verkehrsstatistik auch eine Seite "Flugverkehr von und nach Schweizerischen Flughäfen" enthalten, die auf leicht veränderten Zahlen des BAZL ("Hin- und Rückflugprinzip") basiert (BAZL 1999). Bezüglich der Verbrauchszahlen finden sich auch Tabellen, die gemäss den UN-Empfehlungen nur die nationalen Fluggesellschaften erfassen.
- Die Statistiken des **BFE** basieren auf dem Absatzprinzip. Als Brutto-Kerosin-Verbrauch wird die "...Summe aus inländischer Gewinnung und den Saldi des Aussenhandels und der Lagerveränderungen..." angenommen (BEW 1997).

5.4 "Bewertung" der verschiedenen Allokationsprinzipien

Jedes Allokationsprinzip hat seine Vor- und Nachteile. Die zunehmende internationale Verflechtung von Wirtschafts- und Verkehrssystemen und die steigende Relevanz für internationale CO₂-Reduktionsabkommen lassen Allokationsprinzipien, die auf dem Territorium, dem Absatz oder der Nationalität von Gesellschaften basieren, immer fragwürdiger erscheinen.

Zunehmende internationale Verflechtung

Vorhandene nationale sowie internationale Statistiken erweisen sich als inkonsistent und die Daten verschiedener Bundesämter bzw. verschiedener Länder sind kaum vergleichbar. Diese Inkonsistenz der Daten sowie bestehende Datenlücken verunmöglichen eine wirkungsvolle nationale und internationale Umweltpolitik.

Inkonsistente Daten sowie Datenlücken

Die Frage der effektiven Verantwortung für Energieverbrauch und Schadstoffe kann offensichtlich mit dem traditionellen Allokationsinstru-

Verursacherprinzip

⁹ In der Schweizerischen Verkehrsstatistik (BFS 1998, T28) ist der Verbrauch von Swissair und Crossair ausgewiesen.

mentarium nicht beantwortet werden. In diesem Dilemma bieten sich Konzepte an, die konsequent auf der Idee des Verursacher- oder Konsumentenprinzip aufbauen wie das InländerInnenprinzip. Diese Methode muss allerdings noch weiterentwickelt und bestehende Datenlücken müssen aufgearbeitet werden.

6 Erfassung des Flugverkehrs in der Schweiz

6.1 Abgrenzungen der Erfassung

Die folgenden Kapitel beziehen sich auf den Charter- und Linienluftverkehr; der Privatflug-, Helikopter- und Militärflugverkehr werden ausgeklammert (mit Ausnahme der Energieperspektiven (Infras 2000)).

Es sei hier erwähnt, dass der Militärflugverkehr infolge seiner hohen Lärmemissionen bei den übrigen Umweltwirkungen oft überschätzt wird. Der Anteil der verschiedenen Kategorien am Flugverkehr 1990, erhoben nach dem Absatzprinzip, war wie folgt (BUWAL 1996, BEW 1997):

Ohne Privat-, Helikopter- und Militärverkehr

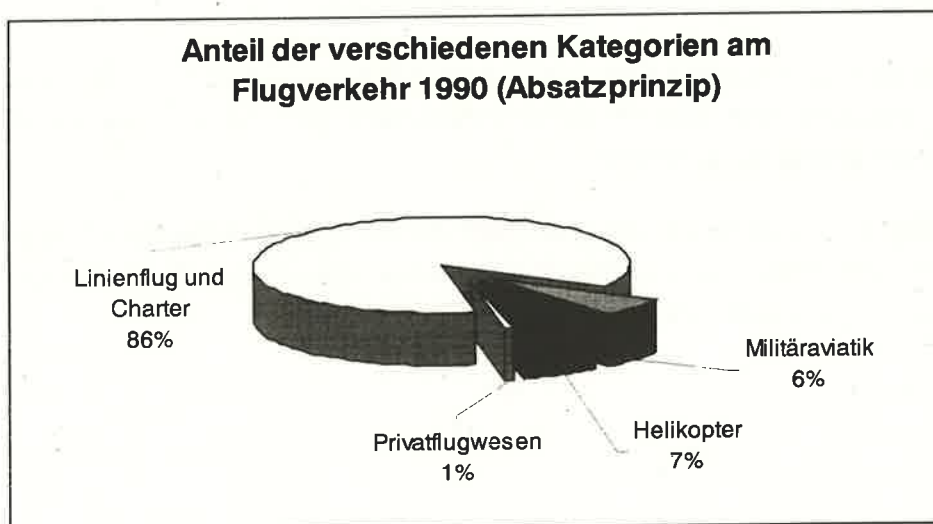


Abbildung 1: Anteil der verschiedenen Kategorien am Flugverkehr 1990 (Quellen: BUWAL 1996, BEW 1997).

6.2 Übersicht der vorhandenen Statistiken in der Schweiz

Erfassung des Flugverkehrs in verschiedenen Statistiken

Der Flugverkehr wird in der Schweiz in ganz verschiedenen Statistiken erfasst. Das BAZL erfasst den Luftverkehr in der Luftfahrtstatistik (Flughafen- und Flugplatzstatistik). Das BFS verwendet diese Resultate in seinen Publikationen und führt auch Tabellen zum Energieverbrauch der Verkehrsträger, betrachtet allerdings beim Luftverkehr nur den Gesamtverbrauch von Crossair und Swissair (gemäss UN-Bunkerkonzept, siehe unter 5.3). Das BFE publiziert auf Grundlage der Daten der Erdölvereinigung (EV) den Kerosinabsatz in der Schweiz, und das BUWAL errechnet in seiner Emissionsstatistik den Anteil des Flugverkehrs an den gesamten CO₂-Emissionen in der Schweiz und im "Greenhouse Gas Inventory" die Menge der von der Schweiz emittierten treibhausrelevanten Gase und den Anteil des Flugverkehrs daran.

Inwieweit sind Ansätze deckungsgleich?

Es stellt sich nun die Frage, inwieweit die verschiedenen Ansätze deckungsgleich sind oder ob es Verkehrsanteile gibt, die sich der statistischen Erfassung entziehen.

Tabelle 1 bietet einen Überblick über die wichtigsten Schweizer Statistiken und Publikationen des Flugverkehrs. Die Daten dieser werden nachfolgend ausführlich dargestellt.

Grösse	Quelle	Titel	Prinzip	Jahr
Verkehrsleistung (Pkm)	BFS 1998	Schw. Verkehrsstatistik 1995	Territorialprinzip	1990/1995
Verkehrsleistung (Pkm)	BAZL 2000 ¹⁰	Swiss Civil Aviation 1999	Hin- und Rückflugprinzip	1998/1999
Verkehrsleistung (Flugbewegungen, Ziel-Quell-Verkehr)	BAZL 1999 ¹¹	Luftverkehr: Linien- und Charterverkehr 1998	Flugplanprinzip	1999
Verkehrsleistung (Pkm)	Meier R. 2000	Freizeitverkehr	InländerInnenprinzip	1998/1999
Energieverbrauch (TJ)	BFS 1998	Schw. Verkehrsstatistik 1995	Inlandgesellschaftenprinzip	1970-1995
Energieverbrauch (TJ)	Infras 2000	Aktualisierung Energieperspektiven	IPCC-Richtlinien	
Kerosinverbrauch (1000 t)	Infras 2000	Aktualisierung Energieperspektiven	Territorialprinzip	
Kerosinverbrauch (Mio. l)	BAZL 2000 ¹²	Swiss Civil Aviation 1999	Hin- und Rückflugprinzip	1999
Kerosinverbrauch (1000 t)	BFE 2000	Schw. Gesamtenergiestatistik 1999	Absatzprinzip	1970-1999

Tabelle 1: Wichtige Statistiken und Publikationen, welche den Schweizer Flugverkehr erfassen.

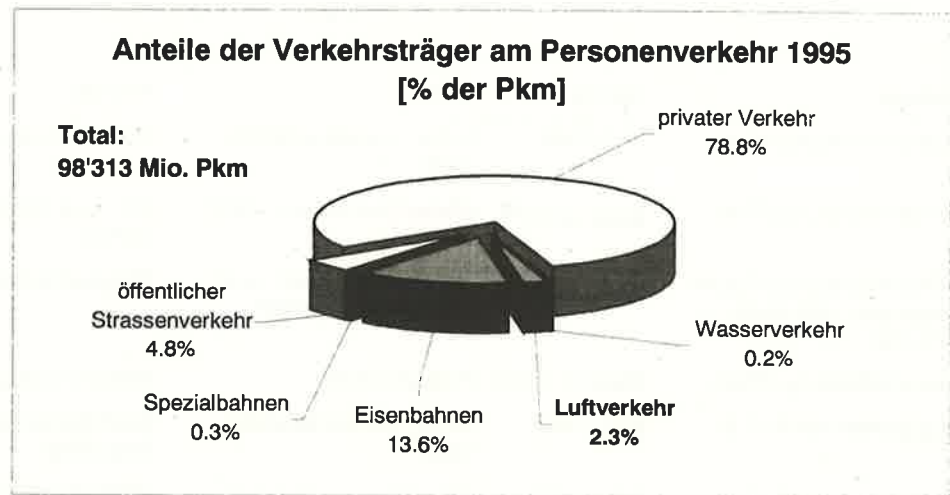
6.3 Erfassung nach dem Territorialprinzip

6.3.1 Anteile der Verkehrsträger am Personenverkehr

Die Schweizerische Verkehrsstatistik weist die Anteile der Verkehrsträger am Personenverkehr in der Schweiz aus. Diese Daten sind nach dem Territorialprinzip (ohne Überflüge) erhoben worden, d. h. es wird der Verkehr in der Schweiz betrachtet und nicht der von SchweizerInnen verursachte. Abbildung 2 zeigt, dass der Strassenverkehr dominant ist. Der Flugverkehr mit seinen rund 2.3% erscheint geradezu vernachlässigbar. Dies ist aber auf das Erfassungsprinzip zurückzuführen.

*Schweizerische
Verkehrsstatistik*

- 10 Erfasst die Gesamtverkehrsleistung des Linien- und Charterverkehrs auf den Schweizer Flugplätzen.
- 11 Erfasst die Flugbewegungen des Linien- und Charterverkehrs auf den Schweizer Flugplätzen (Ziel-/Quellverkehr). Diese Statistik erschien erstmals mit Jahreszahlen von 1998 und wird künftig vierteljährlich mit Quartalszahlen erscheinen.
- 12 Berechnung $((\text{Distanz in km} / 100\text{km}) * \text{Anzahl Passagiere}) * 4.5$ l Kerosin für lange Distanzen und 8 l für kurze Distanzen.



Quelle: Schweizerische Verkehrsstatistik 1995, BFS.

Abbildung 2: Anteile der Verkehrsträger am Personenverkehr 1995 nach Territorialprinzip.

6.3.2 Erfassung der Verkehrsleistung

*Schweizerische
Verkehrsstatistik*

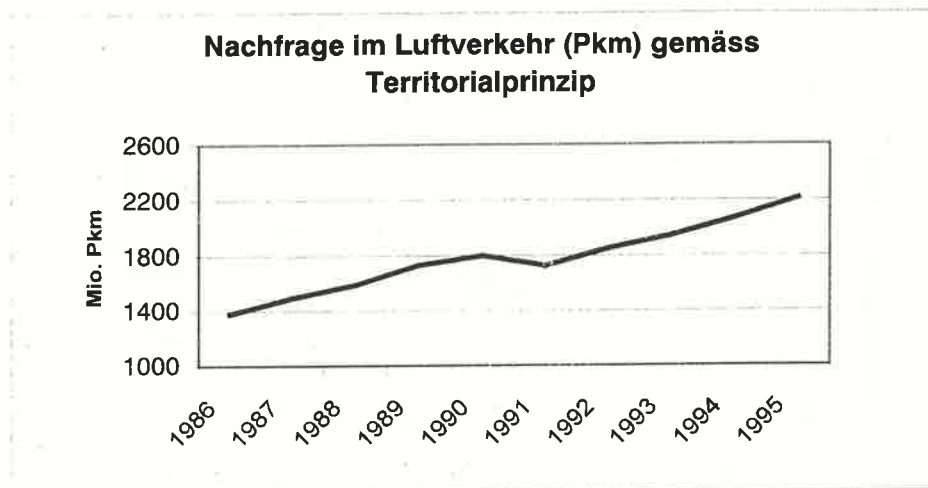
Die in der offiziellen Schweizerischen Verkehrsstatistik publizierten Flugverkehrsdaten bis 1995 wurden nach einem Modell aufgrund von Grundlagendaten des BAZL berechnet. Dabei wird der Flugverkehr in der Schweiz berücksichtigt: Es werden die Inlandflüge sowie der Anteil der internationalen Flüge über der Schweiz erfasst. Da die Überflüge nicht dazugezählt werden, handelt es sich um ein beschränktes Territorialprinzip.

*Unterschätzung der
Schweizer Flugver-
kehrsleistung*

Diese Methode führt zu einer enormen Unterschätzung der Schweizer Flugverkehrsleistung. Interessant ist aber die Betrachtung einer Zeitreihe, um zu illustrieren, wie sich der Flugverkehr über der Schweiz entwickelt hat.

*Durchschnittliches
Wachstum von 5.5%
pro Jahr*

Abbildung 3 zeigt, dass der Flugverkehr über der Schweiz stetig zugenommen hat, mit einem durchschnittlichen Wachstum von 5.5% pro Jahr. Der Einbruch 1991 ist auf den Golfkrieg zurückzuführen (Angst vor Terroranschlägen).



Quelle: Schweizerische Verkehrsstatistik 1995, BFS.

Abbildung 3: Nachfrage im Luftverkehr gemäss Territorialprinzip von 1986-1995.

6.3.3 Energieperspektiven

Infras hat ihre Energieperspektiven (Infras 1997) aktualisiert und durch ein neues Allokationsverfahren, nämlich die Erfassung gemäss den IPCC-Richtlinien (siehe Kap. 6.7), ergänzt (Infras 2000). *Aktualisierung*

Gemäss dem Territorialprinzip (Summe der Inlandflüge, Anteil der internationalen Flüge in der Schweiz und Überflüge) werden 1998 rund 585'000 Tonnen Kerosinverbrauch ausgewiesen.

6.4 Erfassung nach dem Absatzprinzip

6.4.1 Erfassung des Kerosinverbrauchs

Das BFE erfasst seit Jahrzehnten den Endverbrauch von Erdölprodukten in ihrer jährlich erscheinenden Gesamtenergiestatistik (BFE, 1999). Abbildung 4 illustriert, dass der Kerosinverbrauch des Flugverkehrs seit den Siebziger Jahren ständig steigt und zwar durchschnittlich um mehr als 3.5% pro Jahr.

Kerosin-Endverbrauch gemäss Absatzprinzip

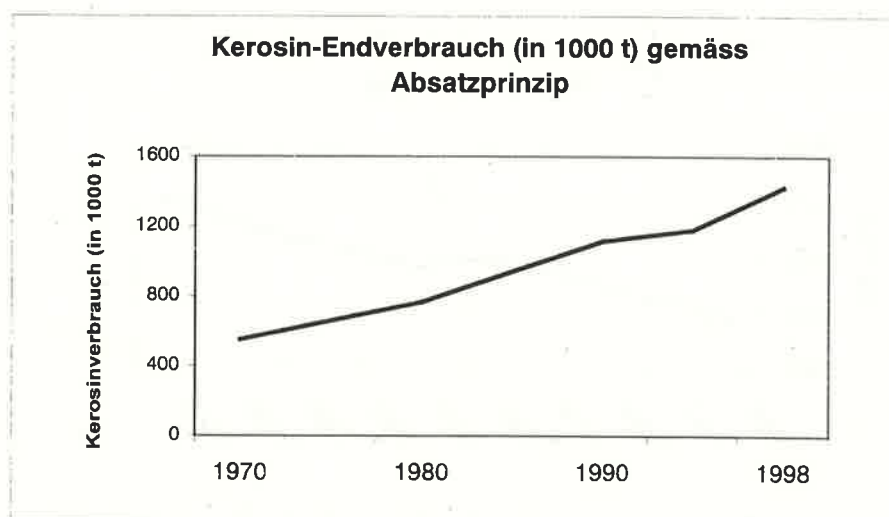


Abbildung 4: Kerosin-Endverbrauch gemäss Absatzprinzip (Quelle: BFE 1999, Schw. Gesamtenergiestatistik 1998).

CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen steigen in gleichem Masse. Tabelle 2 stellt den Kerosinverbrauch, die CO₂-Emissionen und die jährlichen Wachstumsraten für die Jahre 1990-1998 dar:

Spalte (1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Kerosinverbrauch	Faktor	CO₂-Emissionen	Jährliches Wachstum
Jahr	1000 t	kg CO ₂ /kg Kerosin	1000 t	%
1990	1118	3.15	3466	5.3
1991	1083	3.15	3357	-3.1
1992	1142	3.15	3540	5.4
1993	1181	3.15	3661	3.4
1994	1212	3.15	3757	2.6
1995	1278	3.15	3962	5.4
1996	1320	3.15	4092	3.3
1997	1367	3.15	4238	3.6
1998	1425	3.15	4418	4.2
1999	1517	3.15	4703	6.5
Ø Wachstum				3.7

Quelle: BFE 2000, Gesamtenergiestatistik 1999.

Tabelle 2: Kerosinverbrauch und CO₂-Emissionen in der Schweiz gemäss Absatzprinzip.

Korrelation mit Wirtschaftswachstum

Durchschnittlich wuchs der Kerosinabsatz in der Schweiz zwischen 1990 und 1999 um rund 3.7% pro Jahr. Das Wachstum des Flugverkehrs kor-

relierte dabei eng mit dem Wirtschaftswachstum. Der Einbruch des Absatzes von 3.1% im Jahre 1991 ist aber auf den Golfkrieg zurückzuführen. Aus Angst vor dem Terrorismus wurde weniger geflogen.

6.5 Erfassung nach dem Hin- und Rückflugprinzip

6.5.1 Erfassung der Verkehrsleistung

Seit 1998 veröffentlicht das BAZL (BAZL 2000) die Flugleistungen nach dem Hin- und Rückflugprinzip. Die Resultate sind in Tabelle 3 dargestellt:

Spalte (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Destination	Linienflugverkehr			Charterflugverkehr		
	Mio. Pkm/a		Zuwachs	Mio. Pkm/a		Zuwachs
	1998	1999	%	1998	1999	%
Genf	5'580	5'825	4%	571	790	38%
Sion	1	3	200%	4	3	-25%
Lugano	51	42	-18%	-	-	0%
Bern	87	94	8%	3	4	33%
Zürich	45'505	48'791	7%	5'455	5'099	-7%
Basel	1'071	1'825	70%	1'633	2'006	23%
St. Gallen	28	33	18%	4	4	0%
Total	52'323	56'614	8%	7'671	7'906	3%

Quelle: BAZL 2000, Swiss Civil Aviation 1999

Tabelle 3: Flugverkehrsleistung in Mio. Pkm für den Linien- und Charterverkehr für die Jahre 1998 und 1999, erfasst nach dem Hin- und Rückflugprinzip.

6.5.2 Erfassung des Kerosin-Verbrauchs

Auf Grundlage der erhobenen Flugleistungen berechnete das BAZL indirekt den Kerosinverbrauch für das Jahr 1999. Für die Berechnungen wurde ein mittlerer Kerosin-Verbrauch von 4.5 Liter Kerosin pro 100 Pkm für lange Distanzen und ein mittlerer Kerosin-Verbrauch von 8 Litern pro 100 Pkm für kurze Distanzen angenommen. Gemittelt über alle Distanzen resultiert ein durchschnittlicher Kerosin-Verbrauch von 6 Litern pro 100 Pkm.

Grundlage der Berechnungen

Kerosinverbrauch 1999:

Spalte (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ausgangs-Destination CH (HRP)	Linienverkehr		Charterverkehr		Total
	Passagiere	Fracht/Post	Passagiere	Fracht/Post	
1999	Mio. l	Mio. l	Mio. l	Mio. l	Mio. l
Europa	1'296.7	99.5	356.9	8.9	1'761.9
Afrika	218.2	90.7	49.1	1.0	359.0
Asien	785.7	498.7	27.2	2.0	1'313.6
Nordamerika	718.3	380.5	20.4	0.4	1'119.6
Zentralamerika	4.7	0.3	58.5	0.5	63.9
Südamerika	105.0	66.9	-	-	171.9
Total	3'128.5	1'136.6	512.1	12.8	4'790.0

Quelle: BAZL 2000, Swiss Civil Aviation 1999

Tabelle 4: Kerosinverbrauch 1999 des Linien- und Charterverkehrs, erhoben nach dem Hin- und Rückflugprinzip.

6.5.3 Berechnung der CO₂-Emissionen

Grundlage dieser Berechnungen bildet der in Tabelle 4 ausgewiesene Kerosinverbrauch. Pro kg Kerosin werden 3.15 kg CO₂ emittiert. Die Dichte von Kerosin beträgt 0.795 kg/l. Für unsere Berechnungen verwenden wir daher den Umrechnungsfaktor 2.50 kg CO₂ pro l Kerosin.

CO₂-Emissionen 1999:

Spalte (1) Ausgangs-Destination CH (HRP)	(2) Linien- und Charterverkehr			(6) Linien- und Charterverkehr		
	Kerosinverbrauch			CO ₂ -Emissionen		
	Passagiere	Fracht/Post	Total	Passagiere	Fracht/Post	Total
1999	Mio. l	Mio. l	Mio. l	1000 t	1000 t	1000 t
Europa	1'654	108	1'762	4'076	266	4'342
Afrika	267	92	359	658	227	885
Asien	813	501	1'314	2'004	1'235	3'239
Nordamerika	739	381	1'120	1'821	939	2'760
Zentralamerika	63	1	64	155	2	157
Südamerika	105	67	172	259	165	424
Total	3'641	1'150	4'791	9'103	2'875	11'978

Quelle: BAZL 2000, Swiss Civil Aviation 1999 und eigene Berechnungen.

Tabelle 5: CO₂-Emissionen 1999 des Linien- und Charterverkehrs, erhoben nach dem Hin- und Rückflugprinzip.

Der gesamte Linien- und Charterverkehr ab der Schweiz emittierte im Jahre 1999 gemäss dem Hin- und Rückflugprinzip rund 12 Mio. Tonnen CO₂. Die so berechneten CO₂-Emissionen entsprechen nicht ganz jenen Emissionen, welche der Schweiz angelastet werden können, da die Transferpassagiere in der Bilanz miteingerechnet sind.

Schweizer CO₂-
Emissionen

6.6 Erfassung nach dem InländerInnen-Prinzip

6.6.1 Verkehrsleistung

Bislang liegen keine nationalen Statistiken vor, welche den Flugverkehr nach dem InländerInnen-Prinzip erfassen. Im Rahmen des NFP 41 hat Ruedi Meier eine Methode entwickelt, um den InländerInnen- und Freizeitverkehr nach dem InländerInnen-Prinzip zu erfassen (Meier R. 2000). Die folgenden Ausführungen basieren auf dieser Studie.

Ausgangslage

Spalte (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Destination	Linienflugverkehr	Charterflugverkehr	Total Linien- und Charterflugverkehr (2)+(3)	Etappe Gesamtdistanz	Total Flugverkehr (4)x(5)	Anteil Inlandflugverkehr 60% von (6)	Anteil Inländerverkehr 60% von (7)
	Mio.Pkm/a	Mio.Pkm/a	Mio.Pkm/a	Faktor	Mio. Pkm/a	Mio. Pkm/a	Mio. Pkm/a
Genf	5'580	571	6'151	1.5	9'226	5'536	3'322
Sion	1	4	5	1.5	8	5	3
Lugano	51	0	51	1.5	77	46	28
Bern	87	3	90	1.5	135	81	50
Zürich	45'505	5'455	50'960	1.5	76'441	45'865	27'519
Basel	1'071	1'633	2'704	1.5	4'056	2'434	1'460
St. Gallen	28	4	32	1.5	48	30	17
Total	52'323	7'671	59'993	1.5	89'991	53'995	32'397

Quellen:

- (2)/(3) BAZL 2000: Swiss Civil Aviation 1999, Tabelle F5.3
 (5) Schätzungen von R. Meier, von P. Stulz, BAZL, verifiziert.
 (7) Schätzungen von R. Meier, von Experten des Unique Zurich Airports verifiziert.
 (8) Schätzungen von R. Meier.

Tabelle 6: Flugverkehrsleistung der Schweiz 1998 gemäss InländerInnen-Prinzip.

Die vom BAZL übernommenen Daten (BAZL 2000) bilden die Grundlage dieser Berechnungen. Die ausgewiesenen Verkehrsleistungen beinhalten jeweils alle An- und Abflüge auf den aufgeführten Flugplätzen. Die Flugverkehrsleistung ab der Schweiz, berechnet nach dem Hin- und

Grundlage der Berechnungen

Rückflug-Prinzip, beträgt somit für den Linien- und Charterverkehr knapp 60'000 Millionen Personenkilometer (Pkm) für das Jahr 1998 (vgl. Tabelle 6, Spalte (4)).

Korrekturfaktor

Diese Daten berücksichtigen allerdings nur die Flüge, welche ab der Schweiz geflogen werden. Die meisten Passagiere haben aber den Zielort noch nicht erreicht. Sie steigen auf einem ausländischen Flughafen um und legen noch weitere Flugkilometer zurück. Zudem werden noch Inlandflüge im Reiseland selbst getätigt. Diese zusätzliche Distanz muss in den Statistiken berücksichtigt werden, da sie von InländerInnen verursacht werden und somit diesen angelastet werden müssen. Um dieser Tatsache gerecht zu werden, wird die statistisch ausgewiesene Verkehrsleistung um einen Faktor 1.5 korrigiert. Die Annahme stützt sich auf Auskünfte des BAZL ab (P. Stulz). Es handelt sich hier um eine grobe Schätzung, die allerdings plausibel erscheint. Folgende Beispiele zeigen, dass dieser Faktor durchaus berechtigt ist:

- 1) Ein Flug nach Südamerika beispielsweise führt häufig über Spanien, wo umgestiegen werden muss. In der Statistik des BAZL (BAZL 2000) sind aber nur die Pkm von Zürich nach Madrid ausgewiesen. Die zusätzliche Distanz wird mit dem Faktor 1.5 massiv unterschätzt.
- 2) Die Flüge nach Ozeanien führen über Zwischenstopps in Asien. Die zusätzliche Distanz (z. B. Kuala Lumpur - Sydney) wird nicht erfasst.

Bucher und Petersen (Wuppertal Institut) schlagen sogar einen Faktor von 1.8 vor. Dieser Faktor erscheint uns ein wenig zu hoch, obwohl sich der Trend zum Hub-System vermehrt durchsetzt.

Gesamtflugverkehrsleistung

Insgesamt ergibt sich eine Gesamtflugverkehrsleistung von rund 90 Mrd. Pkm, welche 1998 ab der Schweiz geflogen wurden. Diese Flug-km werden aber nicht alle von InländerInnen verursacht. In mehreren Schritten müssen Korrekturen vorgenommen werden:

Berücksichtigung Transferpassagiere

Als erstes sind die Transferpassagiere auszuklammern. Transferpassagiere sind UmsteigerInnen und fliegen mit einem anderen Flugzeug (andere Flugnummer) weiter als sie angekommen sind. Der Unique Zurich Airport weist ungefähr 40% Transferpassagiere aus. In den übrigen Flughäfen ist der Transfer-Anteil wesentlich geringer (Aussagen von Experten des Unique Zurich Airports). Um den Anteil der InländerInnen sicher nicht zu überschätzen, wird mit einem Anteil der Transferpassagiere von 40% für alle Schweizer Flughäfen gerechnet. Es werden also rund 54 Mrd. Pkm mit Quelle bzw. Ziel in der Schweiz zurückgelegt (vgl. Tabelle 6, Spalte (7)).

Die Transitpassagiere (Zwischenhalt in der Schweiz, fliegen aber mit demselben Flugzeug, dieselbe Flugnummer, weiter) sind in diesen Schätzungen vernachlässigt. Ihr Anteil beträgt für Unique Zurich Airport gut ein Prozent. Für die anderen Schweizer Flughäfen dürfte ihr Anteil noch geringer sein.

Vernachlässigung der Transitpassagiere

Beim InländerInnen-Prinzip (vgl. Kap. 5.2.5) werden die Schweizer BürgerInnen sowie jene AusländerInnen mit Wohnsitz in der Schweiz erfasst. Es müssen also noch jene Flug-km, welche von AusländerInnen mit Zielort Schweiz (Tagesaufenthalt oder Übernachtung) getätigt werden, abgezogen werden. Gemäss R. Meier (Meier R., 2000) beträgt der Anteil der InländerInnen rund 60% des gesamten Flugverkehrs, wobei er sich auf die Reisedaten des BFS und den Reisemarkt der Universität St. Gallen abstützt.

Berücksichtigung AusländerInnen mit Wohnsitz ausserhalb der Schweiz

Nach den oben erläuterten Korrekturen ergibt sich somit eine Gesamtflugleistung der InländerInnen von über 32 Mrd. Pkm im Jahre 1998 (vgl. Tabelle 6, Spalte (8)), das sind 36% der Gesamtflugverkehrsleistung von rund 90 Mrd. PKm, welche ab der Schweiz geflogen wurden.

Verkehrsleistung nach dem InländerInnenprinzip

6.6.2 Kerosinverbrauch und CO₂-Emissionen 1999

Spalte (1) Ausgangs- Destination CH (HRP)	(2) Kerosinverbrauch Linien- und Charterflüge	(3) Umrechnung auf Gesamtdistanz	(4) Total Kerosinverbrauch Linien- und Charterflüge	(5) CO ₂ -Emissionen Linien u. Charterverkehr	(6) CO ₂ -Emissionen Anteil InländerInnen (36% von (5))	(7) CO ₂ -Emissionen Frachtverkehr	(8) Total CO ₂ -Emissionen Anteil InländerInnen (6) + (7)
1999	Mio. l	Faktor	Mio. l	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg
Europa	1'654	1.5	2'481	6'114	2'201	134	2'335
Afrika	267	1.5	401	988	356	113	469
Asien	813	1.5	1'220	3'007	1'083	617	1'700
Nordamerika	739	1.5	1'108	2'731	983	470	1'453
Zentralamerika	63	1.5	94	232	84	1	85
Südamerika	105	1.5	158	389	140	82	222
Total	3'641	1.5	5'462	13'461	4'847	1'417	6'264

Quellen:

- (2) BAZL 2000: Swiss Civil Aviation 1999 (Tabelle F 6.1, Addition Spalten 1 und 3)
- (3) Schätzungen von R. Meier, von P. Stulz, BAZL, verifiziert (vgl. Kap.6.6.1).
- (5) Umrechnungsfaktoren: 3.1 kg CO₂/kg Kerosin, das entspricht 2.5 kg CO₂/l Kerosin (Dichte Kerosin = 0.795 kg/l)
- (6) Schätzungen von R. Meier, vgl. Kap. 6.6.1.
- (7) BAZL 2000: Swiss Civil Aviation 1999, Tabelle F 6.1 (nur 50% des totalen Fracht- und Postverkehrs, da die Ausfahrten anderen Ländern zu Gute kommen), umgerechnet auf Emissionen (2.5 kg CO₂/l Kerosin).

Tabelle 7: Kerosinverbrauch und CO₂-Emissionen der Schweiz 1999, berechnet nach dem InländerInnen-Prinzip.

<i>Ausgangslage</i>	Der Kerosinkonsum der im Linien- und Charterverkehr den Passagieren angelastet werden kann, beträgt rund 3.65 Mrd. Liter Kerosin (BAZL 2000, vgl. Tabelle 7 Spalte (2)). Bei rund 60 Mrd. Pkm ergibt dies einen durchschnittlichen Verbrauch von rund 6 l Kerosin pro 100 Pkm.
<i>Korrekturfaktor</i>	Um die gesamten Flugleistungen bzw. Emissionen der InländerInnen zu erfassen, muss wiederum mit dem Faktor 1.5 multipliziert werden (vgl. Kap. 6.6.1) ¹³ . Somit resultiert ein Verbrauch von rund 5.46 Mrd. Liter Kerosin, der dem Passagierverkehr der InländerInnen angelastet werden muss (vgl. Tabelle 7, Spalte (4)).
<i>Umrechnung auf CO₂-Emissionen</i>	Der Umrechnungsfaktor vom Kerosin-Verbrauch zu den CO ₂ -Emissionen beträgt 3.15 kg CO ₂ pro kg Kerosin. Die Dichte von Kerosin beträgt 0.795 kg/l. Für unsere Berechnungen verwenden wir daher den Umrechnungsfaktor 2.5 kg CO ₂ pro l Kerosin. Es resultieren total rund 13.46 Mio. t CO ₂ -Emissionen (vgl. Tabelle 7, Spalte (5)).
<i>Anteil InländerInnen</i>	Der Anteil der InländerInnen beträgt rund 36%, das entspricht 4.85 Mio. t CO ₂ -Emissionen (Berechnungen und Überlegungen dazu sind unter Kap. 6.6.1 erläutert).
<i>Berücksichtigung Frachtverkehr</i>	Wird der Fracht- und Postverkehr dazugezählt (1.4 Mio. t CO ₂ -Emissionen, vgl. Tabelle 7 Spalte (7)), so ergeben sich rund 6.3 Mio. t CO ₂ -Emissionen, welche den InländerInnen angelastet werden. Dabei werden die Fracht-Kilometer nur zur Hälfte dem Schweizer Konto angerechnet, da andere Länder von den Ausfahrten profitieren und kein Umrechnungsfaktor auf die Gesamtdistanz angenommen wurde.

6.7 Erfassung gemäss IPCC-Richtlinien

Neben der Zuordnung des Treibstoffverbrauchs gemäss Territorialprinzip wird in der Aktualisierung der "Energieperspektiven" (Infras 2000) neu eine Zuordnung gemäss den IPCC-Richtlinien vorgenommen. Diese sehen nur eine Anrechnung des Binnenverkehrs zum jeweiligen Land vor, während der restliche Verbrauch (internationaler Flugverkehr, also im Falle der Schweiz der überwiegende Teil) den sogenannten Bunkers

¹³ Zum Faktor 1.5 müsste eine genauere Analyse gemacht werden. Gemäss Hr. Stulz wäre das BAZL dazu in der Lage und die Daten wären vorhanden, um einen solchen Auftrag durchzuführen.

zugewiesen wird, die später nach einem noch unbekanntem Verteilungsschlüssel wiederum den einzelnen Ländern zugewiesen werden soll.

Infras stützt sich dabei auf eine EWI-Studie des BUWAL ab (Bericht noch nicht veröffentlicht), wo folgendes Verfahren vorgeschlagen wird:

Grundlage EWI-Studie

➤ **LTO-Zyklen (Starts und Landungen) der Zivilluftfahrt:**

Der Energieverbrauch der LTO-Zyklen der drei Landesflughäfen in Zürich, Basel und Genf werden den sogenannten Bunkers zugewiesen. Sie werden also nicht der Schweiz angerechnet. Die LTO-Zyklen der anderen Schweizer Flughäfen hingegen werden dem Inlandverkehr angelastet.

➤ **Cruise-Phase der Zivilluftfahrt (Flugphase ab 915 m.ü.M):**

Sämtliche Inlandflüge der Kleinflugzeuge und der Helikopter werden der Schweiz zugewiesen. Der Verbrauch der Grossflugzeuge in der Cruise-Phase der drei Landesflughäfen wird dem internationalen Verkehr und somit den Bunkers zugerechnet. Internationale Flüge sowie Überflüge werden also der Schweiz nicht angerechnet.

➤ **Militärluftfahrt:**

Sämtliche Flugbewegungen des Militärs werden der Binnenluftfahrt zugewiesen.

Im Gegensatz zu den bisher dargestellten Daten wird hier der private Flugverkehr sowie der Helikopter- und Militärflugverkehr mitberücksichtigt.

Mitberücksichtigung von Privat-, Militär- und Helikopterverkehr

INFRAS hat den Absatz in PJ ausgedrückt. In Tabelle 8 rechnen wir diese Zahlen in kg Kerosin um, um sie besser mit anderen Studien vergleichen zu können (mittlerer Heizwert von Kerosin: 43.0 MJ/kg):

Umrechnung vom Heizwert (PJ) in kg Kerosin

Spalte (1)	(2)	(3)		(4)	(5)	(6)	(7)
	Inlandverkehr	Absatz in der Schweiz		Internationaler Verkehr	Total Absatz in der Schweiz	Verbrauch Überflüge	Verbrauch Schweiz (BAZL) (2)+(3)+(6)
		In der CH	Im Ausland				
Kerosin	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg	
1990	103.7	183.4	870.8	1'157.9	147.2	436.7	
1995	84.4	202.7	1'039.7	1'326.8	212.3	499.3	
2000	84.4	262.9	1'249.6	1'597.0	332.9	656.1	

Quelle: Aktualisierung Energieperspektiven, Infrac 2000.

Tabelle 8: Energieabsatz und –verbrauch der Schweiz, ausgewiesen gemäss IPCC-Richtlinien.

Schweizer Anteil des Energieabsatzes

Gemäss IPCC-Richtlinien wird der Schweiz der Binnenverkehrsverbrauch zugerechnet, was in Tabelle 8 Spalte (2) entspricht. Diese Zuteilung verändert also den Energieverbrauch der Schweiz signifikant, da der Rest den sogenannten Bunkers zugewiesen wird. Die markante Abnahme beim Verbrauch Inlandverkehr zwischen 1990 und 1995 ist auf eine Abnahme des Militärflugverkehrs zurückzuführen.

Der Verbrauch Schweiz gemäss Territorialprinzip (entspricht Spalte (7) in Tabelle 8), entspricht dem Verbrauch Inlandverkehr (Spalte (2)) plus Verbrauch internationaler Verkehr in der Schweiz (Spalte (3)) plus der Überflüge (Spalte (6)).

Der Flugverkehr über der Schweiz (Spalte (7)) wuchs zwischen 1990 und 1995 durchschnittlich um 0.3%, und zwischen 1995 und 2000 um durchschnittlich 5.5%.

6.8 Zusammenfassung und Diskussion

6.8.1 Zusammenfassung der dargestellten Flugdaten

Tabelle 9 fasst die vorgängig dargestellten Flugdaten zusammen:

Spalte (1) Erfassungsprinzip	(2) Quelle	(3) (4) Verkehrsleistung Mio. Pkm		(5) (6) Verbrauch Mio. l Kerosin		(7) (8) CO ₂ -Emissionen 1000 t	
		1998	1999	1998	1999	1998	1999
Territorialprinzip	Infras 2000	-	-	736	765	1'813	1'885
IPCC-Richtlinien	Infras 2000	-	-	106	106	261	261
Absatzprinzip	BFE 2000	-	-	1'792	1'908	4'418	4'703
Hin- und Rückflugprinzip	BAZL 2000	59'994	64'520	4'454	4'790	11'135	11'978
InländerInnenprinzip ¹⁴	Meier R. 2000	32'397	-	-	2'506	-	6'264

Quelle: Aufgeführte Quellen in Spalte (2) sowie eigene Berechnungen bzw. Extrapolation der Daten.

Tabelle 9: Zusammenfassung der dargestellten Daten für die Jahre 1998/99.

14 Wird der Frachtverkehr nicht mitberücksichtigt, so beträgt der Verbrauch gemäss InländerInnenprinzip im Jahre 1999 1'940 Mio. l Kerosin und die CO₂-Emissionen 4'847 Mio. kg CO₂.

6.8.2 Diskussion der Daten

Die in Tabelle 9 zusammengefassten Daten für die Schweiz unterscheiden sich stark (bis zu einem Faktor 65). Dies ist auf die unterschiedlichen Erfassungsprinzipien zurückzuführen. Nachfolgend wird kurz erläutert, welche Daten für welche Fragestellungen verwendet werden können:

Grundsätzliches

Die Aktualisierung der Energieperspektiven (Infras 2000) erfasst den Kerosin-Verbrauch nach dem Territorialprinzip. Die so berechneten Daten (für 1999 1.9 Mio. t CO₂-Emissionen) beinhalten also die Inlandflüge, der Anteil der internationalen Flüge über der Schweiz sowie die Überflüge. Da jene Emissionen erfasst werden, die über der Schweiz emittiert werden, ist diese Erfassung für lufthygienische Betrachtungen geeignet. Für die Erfassung der gesamten Wirkungen des Flugverkehrs (insbesondere der Klimawirkungen), welche von der Schweiz (also den EinwohnerInnen) verursacht werden, eignet sich dieses Prinzip nicht, da die meisten Flugleistungen über ausländischem Territorium konsumiert werden und so massiv unterschätzt werden.

*Territorialprinzip
(Infras 2000)*

Neu erfassen die Energieperspektiven (Infras 2000) den Flugverkehr auch nach den IPCC-Richtlinien. Im Gegensatz zum Territorialprinzip werden hier die Überflüge und der Anteil der internationalen Flüge in der Schweiz nicht dem Inland angerechnet. Es werden also nur die Inlandflüge der Schweiz angerechnet. Alle anderen Flugleistungen werden den sogenannten Bunkers zugewiesen, deren Verteilung auf die einzelnen Nationen noch unklar ist. Die für 1999 ausgewiesenen CO₂-Emissionen von 0.26 Mio. t gelten also nur für den Inlandverkehr. Falls in Zukunft die Bunkers den Nationen zugewiesen werden, ist zu erwarten, dass dann Angaben zu den gesamten Flugleistungen der Schweiz vorliegen werden.

*IPCC-Richtlinien
(Infras 2000)*

In der Gesamtenergiestatistik des BFE wird der Kerosinabsatz in der Schweiz ausgewiesen. Für 1999 resultieren so rund 4.7 Mio. t CO₂-Emissionen. Der Kerosin-Absatz entspricht aber nicht dem Gesamtverbrauch. Dieser ist höher, da der Kerosin-Tourismus gemäss (Bucher-König 1998) ungefähr 20% der gesamten Absatzmenge beträgt.

*Absatzprinzip (BFE
2000)*

Das BAZL erfasst alle Flugleistungen mit Ausgangs- oder Zielort Schweiz (ohne Militär- und Kleinaviatik). Aus den 1999 geflogenen 64 Mrd. Pkm resultieren rund 12 Mio. t CO₂-Emissionen. Da die Transit- und Transferpassagiere hier mit einberechnet sind, werden so die Emissionen, welche der Schweiz angerechnet werden, überschätzt. Sie lie-

*Hin- und Rückflug-
prinzip (BAZL 2000)*

fern aber wichtige Grundlagen für Aussagen zum Flugverkehr, zu volkswirtschaftlichen und touristischen Fragen, etc..

*Vergleich BFE –
BAZL-Daten*

Werden die nach dem Hin- und Rückflugprinzip erhobenen Daten des BAZL durch zwei dividiert, sollten sie etwa jenen des BFE entsprechen. Sie sind aber auch dann noch rund 30% höher. Ein Grossteil dieser Differenzen kann durch den Kerosin-Tourismus erklärt werden, der ungefähr 20 - 30% der gesamten Absatzmenge beträgt.

*InländerInnen-
Prinzip*

Gemäss Verursacherprinzip können den EinwohnerInnen der Schweiz 1999 rund 6.3 Mio. t CO₂-Emissionen angelastet werden. Dies entspricht knapp 1 t CO₂ pro EinwohnerIn bzw. rund einem Sechstel der gesamten CO₂-Emissionen 1999.

7 Prognosen und Perspektiven

7.1 Nationale Prognosen

7.1.1 Schätzung gemäss Territorialprinzip

Tabelle 10 stellt den zukünftigen Energieverbrauch sowie die CO₂-Emissionen des Flugverkehrs gemäss Territorialprinzip dar. Die Daten sind den aktualisierten Energieperspektiven (Infras 2000) entnommen. Diese Zahlen entsprechen der über Schweizer Territorium verbrauchten Kerosin-Menge, und zwar als Summe aus den eigentlichen Inlandflügen (Quelle und Ziel im Inland), dem Anteil der internationalen Flüge von und nach der Schweiz (jeweils bis zur Landesgrenze) und den Überflügen.

Aktualisierung Energieperspektiven

Spalte (1)	(2)	(3)	(4)
	Kerosinverbrauch	CO ₂ -Emissionen	Jährliches Wachstum
Jahr	1000 t/a	1000 t/a	%
1990	420.5		
1995	481.2	1491.7	2.7
2000	631.6	1957.8	5.6
2005	695.3	2155.3	1.9
2010	750.9	2327.6	1.6
2015	827.5	2565.4	2.0
2020	898.5	2785.4	1.7
2025	923.7	2863.4	0.6
2030	935.0	2898.4	0.2

Quelle: Aktualisierung Energieperspektiven (Infras 2000).

Tabelle 10: Zukünftiger Kerosinverbrauch und CO₂-Emissionen des Flugverkehrs über Schweizer Territorium.

Infras nimmt die Schätzungen des BAZL (BAZL 2000) über die zukünftige Entwicklung der Anzahl Flugbewegungen sowie Angaben der Electrowatt (EWI) über die zukünftige Entwicklung der LTO-Zyklen als Datengrundlage.

Datengrundlagen

Abbildung 5 stellt das so errechnete Wachstum grafisch dar. Gemäss den Energieperspektiven wuchs der Flugverkehr vor allem Ende der Neunziger Jahren stark. Bis ins Jahr 2020 beträgt das jährliche Wachstum rund 2% pro Jahr. Nach 2020 flacht das Wachstum deutlich ab.

Prognosen

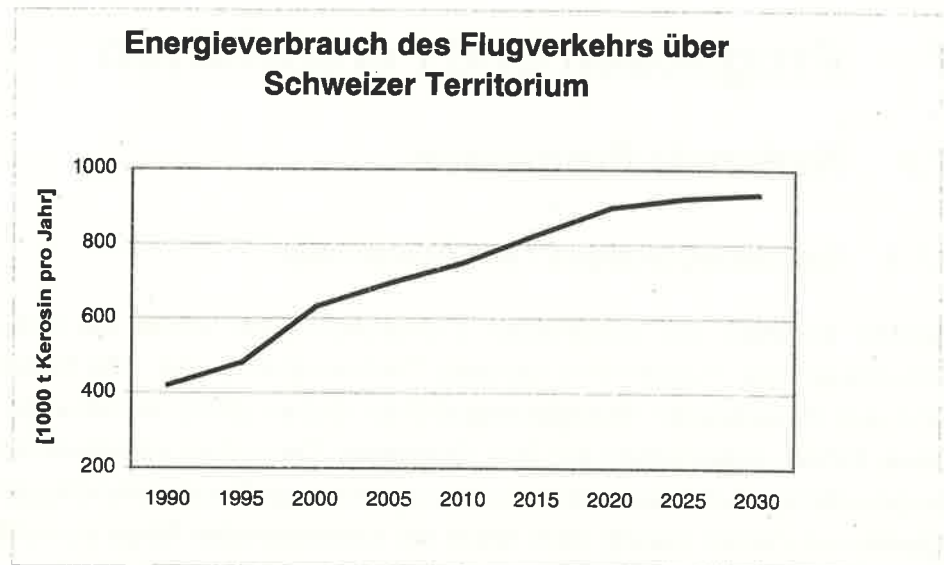


Abbildung 5: Energieverbrauch des Flugverkehrs über Schweizer Territorium (Daten aus Aktualisierung Energieperspektiven (Infras 2000))

7.1.2 Erfassung gemäss IPCC-Richtlinien

Die aktualisierten Energieperspektiven (Infras 2000) haben neu den Treibstoffverbrauch gemäss den IPCC-Richtlinien berechnet.

Infras verwendet hier dieselben Grundlagen wie beim Territorialprinzip, nämlich die Schätzungen des BAZL (BAZL 2000) über die zukünftige Entwicklung der Anzahl Flugbewegungen sowie Angaben der Electrowatt (EWI) über die zukünftige Entwicklung der LTO-Zyklen. Die Zurechnung der Flugbewegungen auf das Inland bzw. auf die Bunkers machte Infras in Absprache mit dem BUWAL. *Datengrundlagen*

Die Energieperspektiven drücken den Kerosin-Verbrauch in PJ aus. In Tabelle 11 rechnen wir diese Zahlen in kg Kerosin um, um sie besser mit anderen Studien vergleichen zu können (mittlerer Heizwert von Kerosin: 43.0 MJ/kg): *Umrechnung*

Spalte (1)	(2) Kerosin-Verbrauch in der Schweiz				(6) Verbrauch Überflüge	(7) Verbrauch im Luftraum Schweiz (BAZL)	(8) Total Verbrauch in der Schweiz	(9) Verbrauch im Luftraum Schweiz
	Inlandverkehr	Internationaler Verkehr		Total				
		In der CH	Im Ausland					
Kerosin	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg	Ø jährl. Wachstum von (5) %/a	Ø jährl. Wachstum von (7) %/a
1990	100.0	176.7	839.5	1118.6	141.9	420.9		
1995	81.4	195.3	1002.4	1279.1	204.6	481.4	3.6	2.7
2000	81.4	253.5	1204.6	1539.5	320.9	632.6	3.7	5.6
2005	81.4	281.4	1332.6	1693.0	358.1	695.3	2.0	1.9
2010	81.4	304.6	1444.2	1830.3	469.8	827.9	1.6	3.6
2015	81.4	337.2	1597.7	2016.2	509.3	897.7	2.0	1.6
2020	83.7	367.5	1739.5	2188.4	479.1	897.7	1.7	0.0
2025	83.7	379.1	1788.4	2251.2	495.4	923.2	0.6	0.6
2030	86.1	383.8	1809.3	2279.1	502.3	934.8	0.2	0.3

Quelle: Aktualisierung Energieperspektiven (Infras 2000) sowie eigene Berechnungen.

Tabelle 11: Zukünftiger Energieverbrauch des Flugverkehrs gemäss IPCC-Richtlinien.

Aufgrund dieses geschätzten Energieverbrauchs resultieren folgende CO₂-Emissionen:

Spalte (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	CO₂-Emissionen aufgrund Kerosin-Verbrauch in der Schweiz				CO₂-Emissionen Überflüge	CO₂-Emissionen im Luftraum Schweiz (BAZL)	Total CO₂-Emissionen in der Schweiz	CO₂-Emissionen Schweiz
	Inlandverkehr	Internationaler Verkehr		Total			Ø jährl. Wachstum von (5)	Ø jährl. Wachstum von (7)
		In der CH	Im Ausland				%/a	%/a
CO₂	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg	Mio. kg		
1990	310	548	2602	3467	440	1305		
1995	252	606	3107	3965	635	1493	3.6	2.7
2000	252	786	3734	4772	995	1961	3.7	5.6
2005	252	872	4131	5248	1110	2155	2.0	1.9
2010	252	945	4477	5674	1456	2566	1.6	3.6
2015	252	1046	4953	6250	1579	2783	2.0	1.6
2020	259	1139	5392	6784	1485	2783	1.7	0.0
2025	259	1175	5544	6978	1535	2862	0.6	0.6
2030	267	1190	5609	7065	1557	2898	0.2	0.3

Quelle: Aktualisierung Energieperspektiven (Infras 2000) sowie eigene Berechnungen.

Tabelle 12: CO₂-Emissionen des zukünftigen Energieverbrauchs erhoben gemäss den IPCC-Richtlinien.

7.1.3 Prognosen des Pariser Instituts für Luftverkehr¹⁵

Grundlagen der Studie

Für die Flughäfen Basel, Genève-Cointrin und Zürich ist im Auftrag der drei Flughafendirektionen und des BAZL beim Institut du Transport Aérien ITA in Paris eine Luftverkehrsprognose erstellt worden. Die Studie basiert auf der Entwicklung einer Vielzahl von verschiedenen Kenngrössen, die für die Entwicklung der Zivilluftfahrt in der Schweiz von Bedeutung sind, nämlich die allgemeine Entwicklung der europäischen und schweizerischen Wirtschaft, die Rolle der Schweiz im liberalisierten europäischen Luftverkehrssystem, die Konkurrenz der Flughäfen mit den benachbarten Flughäfen im Ausland, Die sich abzeichnenden Entwicklungen der Umweltabgaben im Bereich Luftverkehr, etc..

¹⁵ Die Daten der Prospektivstudie der ITA wurden aus der Kurzfassung des Berichts D8 "Liberalisierung des Luftverkehrs: Folgen für die Schweiz" im Rahmen des Forschungsprogrammes NPF 41 entnommen (Oliva C., Hüttenmoser C., Lüking J. 2000).

Die 1999 veröffentlichte Prognose betrifft den Personen- und Frachtverkehr sowie die Flugzeugbewegungen bis zum Jahr 2020. Das Jahr 1997 bildet die Ausgangsbasis für die Szenarienanalyse. Tabelle 13 stellt die Resultate zusammenfassend dar:

Spalte (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Verkehr der Schweizer Flughäfen bis zum Jahr 2020 (Linien- und Charterverkehr)							
	1997	2000	Ø jährl. Wachstum 1997-2000	2010	Ø jährl. Wachstum 2000-2010	2020	Ø jährl. Wachstum 2010-2020
Passagiere [Mio. P]	[Mio. P]	[Mio. P]	[%/a]	[Mio. P]	[%/a]	[Mio. P]	[%/a]
Total	27.0	32.3	6.0	50.2	4.4	66.0	2.7
Zürich	17.9	21.5		34.0		43.0	
Genf	6.0	6.7		9.3		12.5	
Basel	2.6	3.5		6.0		8.5	
Flugbewegungen [10³]	[10 ³]	[10 ³]	[%/a]	[10 ³]	[%/a]	[10 ³]	[%/a]
Total	435	503	4.8	685	3.1	752	0.9
Zürich	241	277		380		395	
Genf	98	106		131		147	
Basel	68	89		129		150	
Gesamtfracht [10³ t]	[10 ³ t]	[10 ³ t]	[%/a]	[10 ³ t]	[%/a]	[10 ³ t]	[%/a]
Total	709	860	6.4	1'590	6.1	1'950	2.0
Zürich	493	570		1'070		1'160	
Genf	118	141		255		398	
Basel	98	141		255		387	

Quelle: ITA, 1999.

Tabelle 13: Entwicklung des Linien- und Charterverkehrs auf den drei Landesflughäfen bis zum Jahr 2020 gemäss Prognose ITA.

Der Passagierverkehr auf schweizerischen Flughäfen wird von rund 27 Millionen Fluggästen im Jahr 1997 auf rund 66 Millionen im Jahr 2020 ansteigen, was einer durchschnittlichen Steigerung von rund 4% pro Jahr entspricht. Bis zum Jahr 2005 wird ein durchschnittliches jährliches Wachstum von rund 6% erwartet. Nach dem Jahr 2010 wird das Wachstum lediglich noch knapp 3% pro Jahr umfassen.

Prognosen Passagierzahlen

1997 erfolgten auf den Schweizer Flughäfen rund 435'000 Flugbewegungen (Starts und Landungen) des Linien- und Charterverkehrs. Gemäss Prognose wird es im Jahre 2020 rund 752'000 Flugbewegungen auf den Schweizer Flughäfen geben. Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumszahlen betragen von 1997 bis 2000 rund 4.8%, von 2000 bis 2010 rund 3.1%, und von 2010 bis 2020 rund 0.9%.

Wachstum Flugbewegungen

Prognosen Güterverkehr

1997 wurden auf den Schweizer Flughäfen 710'000 Tonnen Fracht umgeschlagen. Voraussichtlich wird das Frachtaufkommen auf den drei Landesflughäfen bis 2020 auf 1'950'000 Tonnen anwachsen.

7.2 Internationale Prognosen

7.2.1 ICAO-Prognosen bis 2005

Annahmen

Gemäss der ICAO (ICAO 1997) wird der Flugverkehr weiterhin in Korrelation mit der Wirtschaft sowie der Kostenentwicklung bei den Fluggesellschaften wachsen. Für die Periode bis 2005 wird das weltweite reale Wirtschaftswachstum durchschnittlich auf 2.5% pro Jahr geschätzt. Die Erträge der Airlines werden in dieser Periode als konstant angenommen.

Prognosen

Aufgrund dieser Annahmen wird bis ins Jahr 2005 ein Wachstum der weltweiten Flugverkehrsleistungen (ausgedrückt in Pkm) um durchschnittlich 5.5% pro Jahr erwartet. Der internationale Flugverkehr wächst dabei um jährlich 7%, während der nationale Flugverkehr um 3.5% jährlich wachsen soll.

7.2.2 Prognosen der IPCC

Prognose bis 2015

Die IPCC prognostiziert, dass der globale Passagier-Luftverkehr (ausgedrückt in Pkm) bis im Jahr 2015 um jährlich durchschnittlich 5% zunimmt. Der totale Kerosin-Verbrauch wird über dieselbe Periode jährlich nur um durchschnittlich 3% wachsen. Die Differenz ist auf die bessere Auslastung der Flugzeug sowie besserer Energie-Effizienz zurückzuführen.

*Prognose bis 2050
aufgrund unterschiedlicher Szenarien*

Längerfristige Prognosen sind mit grösseren Unsicherheiten verbunden, deshalb hat die IPCC mehrere Szenarien über die zukünftige Entwicklung des Luftverkehrs entwickelt (IPCC 1992). Alle Szenarien nehmen an, dass der technologische Fortschritt weiter geht. Der Kerosin-Verbrauch pro Pkm wird also in Zukunft weiter abnehmen. Tabelle 14 fasst die verschiedenen Szenarien der IPCC zusammen, welche auf unterschiedlichen Annahmen bzgl. Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum, technologischen Veränderungen und Kerosin-Verfügbarkeit zwischen 1990 und 2100 beruhen:

Spalte (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Szenario	Pkm: Ø jährl. Wachstumsrate (1990-2050)	Kerosin- verbrauch: Ø jährl. Wachstumsrate (1990-2050)	Ø jährl. Wirt- schafts- wachstum	Ø jährl. Bevölke- rungs- wachstum	Ratio Pkm (2) (2050 divi- diert durch 1990)	Ratio Ke- rosin-Ver- brauch (3) (2050 divi- diert durch 1990)	Bemerkungen
Fa1	3.1%	1.7%	2.9% 1990-2025 2.3% 1990-2100	1.4% 1990-2025 0.7% 1990-2100	6.4	2.7	Referenzszenario der ICAO ¹⁶ , mittleres Wirtschaftswachstum von IPCC (1992); Technologie für bessere Treibstoffeffizienz und NO _x -Reduktion.
Fa1H	3.1%	2.0%	2.9% 1990-2025 2.3% 1990-2100	1.4% 1990-2025 0.7% 1990-2100	6.4	3.3	Entspricht Verkehrs- u. Technologie-Szenario Fa1; Ersetzung eines Teils der Flotte durch Überschallflugzeuge.
Fa2	3.1%	1.7%	2.9% 1990-2025 2.3% 1990-2100	1.4% 1990-2025 0.7% 1990-2100	6.4	2.7	Entspricht Verkehrs- Szenario Fa1; Schwerpunkt der Technologieverbesserung auf NO _x -Reduktion, dafür kleinere Treibstoffeffizienz.
Fc1	2.2%	0.8%	2.0% 1990-2025 1.2% 1990-2100	1.1% 1990-2025 0.2% 1990-2100	3.6	1.6	ICAO Niedrig-Wachstum-Szenario; Technologie wie bei Fa1.
Fe1	3.9%	2.5%	3.5% 1990-2025 3.0% 1990-2100	1.4% 1990-2025 0.7% 1990-2100	10.1	4.4	ICAO Hoch-Wachstum-Szenario; Technologie wie bei Fa1.
Eab	4.0%	3.2%			10.7	6.6	Verkehrswachstum basiert auf Fa1 und weiterentwickelt durch EDF (Environmental Defense Fund); Technologie für starke NO _x -Reduktion.
Edh	4.7%	3.8%			15.5	9.4	Szenario der EDF für hohes Verkehrswachstum; Technologie für starke NO _x -Reduktion.

Quelle: IPCC 1999.

Bemerkung zur Tabelle: Der Kerosinverbrauch (Spalte (2)) beinhaltet den Passagier-, Fracht- und Militärverkehr.

Tabelle 14: Zusammenfassung unterschiedlicher IPCC-Szenarien über die Entwicklung des globalen Flugverkehrs bis 2050.

Im Jahre 1992 emittierte der globale Flugverkehr 0.51 Milliarden Tonnen CO₂. Dies entspricht rund 2% der totalen globalen CO₂-Emissionen bzw. 13% der CO₂-Emissionen, welche durch die Mobilität verursacht werden. Die Bandbreite der oben dargestellten Szenarien prognostiziert ein stetiges Wachstum des Kerosin-Verbrauchs und somit auch der Emissionen. Im Jahre 2050 werden je nach Szenario 0.84 – 5.3 Milliarden Tonnen CO₂ emittiert. 2050 werden also 1.6 bis 10 Mal mehr CO₂-Emissionen produziert als 1992.

Prognosen über
CO₂-Emissionen

16 ICAO Forecasting and Economic Support Group (FESG).

7.2.3 Airbus-Prognosen

*Bedeutendes
Wachstum in den
nächsten 20 Jahren*

Trotz des noch spürbaren Einflusses der Asien-Krise und der zunehmenden Sättigung des Reisemarktes, sagt die neuste Airbus-Studie "Global Market Forecast (GMF)" (Airbus Industrie 1999) für die zivile Luftfahrt ein bedeutendes Wachstum für die nächsten zwanzig Jahre voraus.

Abgrenzungen

Die GMF-Prognosen beziehen sich auf den Zeitraum von 1999 – 2018. Es wird die zivile Flotte von den 227 grössten Airlines betrachtet, wobei die Flugzeuge mind. 70 Sitze aufweisen müssen. Zusätzlich werden 132 Fracht-Unternehmungen in die Prognosen miteinbezogen.

Forecast Highlights

Die wichtigsten Resultate dieser Studie können wie folgt zusammengefasst werden:

- **Die weltweite Nachfrage im Luftverkehr wird weiterhin stark wachsen.** Der Passagierverkehr (ausgedrückt in Pkm) wird mit einem durchschnittlichen Wachstum von 5% pro Jahr wachsen, während der Frachtverkehr (ausgedrückt in Tkm) durchschnittlich um 5.9% pro Jahr wachsen wird.
Während der ersten zehn Jahre bis 2008 wird der Passagier-Flugverkehr (Pkm) durchschnittlich um 5.12% wachsen und während der folgenden Dekade (2008-2018) um 4.85%. Dieses Wachstum entspricht einem Durchschnittswert. Das Wachstum in den einzelnen Sub-Märkten kann stark variieren.
- **Aufgrund der wachsenden Nachfrage wird sich die Flotten-Kapazität mehr als verdoppeln.** Die Anzahl Sitzplätze wird sich von 1.8 Millionen auf beinahe 4.2 Millionen erhöhen. Die Kapazität der "Fracht-Flotten" wird sich von heute 64'000 Tonnen auf beinahe 180'000 Tonnen erhöhen.
- **Die Anzahl in Betrieb stehenden Flugzeuge für den Passagierverkehr wird sich beinahe verdoppeln.** Bei ungefähr 10'000 Passagierflugzeugen Ende 1998 werden für 2018 schon 19'100 prognostiziert; ein Anstieg von über 9'100 Flugzeugen.
- **Der Anteil des Luftfrachtverkehrs am gesamten Frachtverkehr wird zunehmen.** Die Frachtflotte wird von 1'450 Flugzeugen Ende 1998 auf 3'400 Flugzeugen am Ende des Jahres 2018 wachsen.
- **Die Kapazität der Flugzeuge wird steigen.** Die durchschnittliche Anzahl von Sitzplätzen wird um 38 zunehmen und Ende des Jahre 2018 218 Sitzplätze pro Flugzeug erreichen. In derselben Periode

wird die durchschnittliche Kapazität von Frachtflugzeugen von 44 auf mehr als 52 Tonnen ansteigen.

7.2.4 Zusammenfassende Darstellung der internationalen Prognosen

Abbildung 6 fasst die Bandbreite der vorgängig dargestellten internationalen Prognosen zusammen:

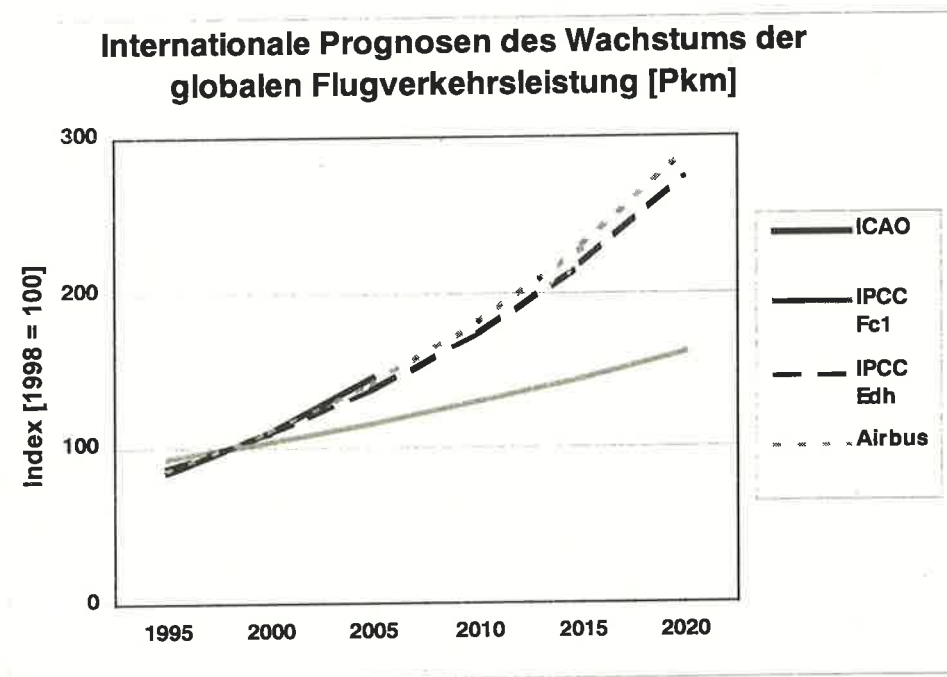


Abbildung 6: Zusammenfassende Darstellung der internationalen Prognosen bis 2020.

Die Abbildung stellt das erwartete Wachstum der globalen Flugverkehrsleistung in Pkm dar. Die ICAO geht von einem durchschnittlichen Wachstum von 5.5% pro Jahr bis ins Jahr 2005 aus. Von den IPCC-Szenarien wurden nur 2 Szenarien dargestellt, einerseits das Szenario Fc1, welches von einem durchschnittlichen Wachstum von 2.2% pro Jahr ausgeht und das Szenario Edh, welches ein durchschnittliches Wachstum von 4.7% pro Jahr annimmt. Airbus geht von einem durchschnittlichen Wachstum von rund 5% pro Jahr aus.

Die Abbildung zeigt, dass, ausser beim Szenario Fc1 der IPCC, bereits vor 2015 eine Verdoppelung der globalen Flugverkehrsleistung eintreten wird.

Dargestellte Szenarien und Prognosen

Verdoppelung bereits vor 2015 möglich

8 Fazit

8.1 Unterschiedliche Ansätze für unterschiedliche Zwecke

In den letzten Jahren sind die Aussagen zum Flugverkehr verbessert worden. Gemäss den jeweiligen Bedürfnissen wurden verschiedene Methoden und Erhebungstechniken entwickelt und verfeinert. Folgende Prinzipien liefern Daten zum Flugverkehr (vgl. 5.2):

Verschiedene Erfassungsprinzipien

- Territorial- oder Inlandprinzip
- Ausschank- oder Absatzprinzip
- Flugplan- sowie Hin- und Rückflugprinzip
- Inlandgesellschaftenprinzip (Flugverkehrsgesellschaften)
- InländerInnenprinzip
- Wertschöpfungsprinzip

Alle Prinzipien haben ihre Berechtigung und liefern Daten zu gewissen Fragestellungen. Sie sollten auch in Zukunft weitergeführt und für weitergehende Aussagen vertieft werden:

Mit dem **Territorial- oder Inlandprinzip** können die lokalen und regionalen Umweltbelastungen erfasst und ausgewiesen werden. Global betrachtet werden aber mit dieser Methode die Flugverkehrsdaten nur lückenhaft erfasst, da die Flugwege über den Ozeanen (71% der Erdoberfläche) keinem bestimmten Staat zugeordnet werden und somit in den Statistiken fehlen.

Territorial- oder Inlandprinzip

Die **IPCC-Richtlinien** verlangen, dass die Emissionen des Inlandflugverkehrs der nationalen Emissionsbilanz zugewiesen werden. Die verursachergerechte Zuordnung der Bunker-Emissionen auf die einzelnen Staaten bzw. auf deren Bevölkerung ist Gegenstand internationaler Verhandlungen. Diese Verhandlungen sollten von der Schweiz aktiv unterstützt und vorangetrieben werden.

IPCC-Richtlinien

Beim **Ausschank- oder Absatzprinzip** werden Import, Produktion und Export von Flugtreibstoffen bilanziert, wobei Lagerbestände vernachlässigt werden. Die Summe des Kerosinausschankes aller Länder ergibt den globalen Kerosinverbrauch. Für weltweite Bilanzierungen ist dies eine Schlüsselgrösse. Bei nationalen Betrachtungen ist hingegen Vor-

Ausschank- oder Absatzprinzip

sicht geboten, denn der nationale Absatz von Kerosin entspricht nicht dem nationalen Ausschank. Für die Schweiz beträgt der Kerosin-Tourismus 20 bis 30 Prozent des Ausschankes, der Verbrauch ist also grösser als der Ausschank. Für eine verursachergerechte Zuordnung von Treibstoffverbrauch und Emissionen auf ein Land bzw. auf dessen Bevölkerung müssten die Daten um den Kerosin-Tourismus korrigiert werden. Zudem ist der Anteil der InländerInnen am Absatz zu bestimmen.

Flugplan- sowie Hin- und Rückflugprinzip

Gemäss dem **Flugplanprinzip** ergibt die Summe aller nationalen Verkehrsleistungen die globale Verkehrsleistung. Würde international konsequent nach dem **Hin- und Rückflugprinzip** alloziert, werden per Saldo alle grenzüberschreitenden Verkehrsleistungen doppelt erfasst, was in der Weiterverarbeitung der Daten zu berücksichtigen wäre.

Diese Prinzipien bilden gleichzeitig die Grundlage für die Erfassung nach dem Territorialprinzip und - bei geeigneten Korrekturen - für die verursachergerechte Zuordnung auf die InländerInnen.

Inlandgesellschaftenprinzip

Das **Inlandgesellschaftenprinzip** zeigt auf, welche Leistungen von nationalen Fluggesellschaften erbracht werden. Dieses Prinzip liefert Informationen für die Beantwortung nationaler volkswirtschaftlicher Luftverkehrsfragen. Für die Bestimmung der Umweltwirkungen des Flugverkehrs auf territorialer und personenbezogener Ebene ist dieses Prinzip jedoch ungeeignet.

InländerInnenprinzip

Das **InländerInnenprinzip** will die Verkehrsnachfrage, den Verbrauch und die Emissionen der Bevölkerung eines Landes im In- und Ausland erfassen (gemäss dem Verursacherprinzip). Die InländerInnenleistungen können bottom-up mit dem Mikrozensus 2000 (Daten werden ab 2001/2002 verfügbar sein), dem Reisemarkt der Universität St. Gallen (allerdings ohne den zusätzlichen Reisen an den Destinationen oder zu weiteren Destinationen) oder den Daten zum Reiseverkehr des BFS erhoben werden. Top-down bieten sich die Statistiken nach dem Flugplanprinzip an, wobei allerdings der InländerInnen-Anteil bestimmt werden muss.

Wertschöpfungsprinzip

Beim **Wertschöpfungsprinzip** wird von den Ausgaben für Flugtickets ausgegangen, welche mit durchschnittlichen Flugpreisen (SFr/Pkm) auf Verkehrsleistungen umgerechnet werden. Bei bekannten Durchschnittspreisen kann eine weitere Plausibilisierung der Verkehrsleistungen der InländerInnen vorgenommen werden. Zudem werden die Grundlagen für die Beantwortung volkswirtschaftlicher Fragestellungen sowie die Analy-

sen von Strategien und Massnahmen beim Flugverkehr verfügbar gemacht.

8.2 Anwendungsbereiche der Statistiken und Quellen

Die vorhandenen Statistiken und Quellen weisen eine gute Qualität auf. Für qualifizierte Aussagen liegen ebenfalls ausreichend Daten vor. Es ist sinnvoll, die bisher erhobenen Datenquellen weiterzuführen. Die Möglichkeiten und Grenzen der Daten müssen jeweils beachtet werden.

Gute Qualität der vorhandenen Statistiken und Quellen

Ein hoher **Stellenwert ist der Plausibilisierung** verschiedener Statistiken und Quellen beizumessen: Grobe Fehler können damit vermieden werden und mit grosser Sicherheit können die Grössenordnungen von Flugverkehrsleistungen, Verbrauch und Emissionen richtig zugeordnet und erfasst werden. Auf die Plausibilisierung ist in Zukunft noch grösseres Gewicht zu legen: Die Querbezüge zwischen verschiedenen Statistiken und Quellen sowie ihr Einsatzbereich bzw. ihre Grenzen, sind systematischer darzulegen und kritische Faktoren und Annahmen vertiefter zu analysieren. Auf die folgenden - teilweise kritischen - Annahmen ist in diesem Zusammenhang speziell zu verweisen:

Auf die Plausibilisierung der verschiedenen Statistiken und Quellen ist grosses Gewicht zu legen

- **Faktor 1.5** für die Berücksichtigung der Flüge ab ausländischen Destinationen:
Mit diesem Faktor können - ausgehend von den Flugkilometern nach Flugplanprinzip - die gesamten Flugkilometer der InländerInnen geschätzt werden. Der Faktor 1.5 ist plausibel. Er sollte aber vertieft analysiert und allenfalls nach Kontinenten sowie Flugzwecken (Geschäft/Freizeit) differenziert werden. Das BAZL wäre gemäss eigenen Aussagen in der Lage, entsprechende Untersuchungen durchzuführen. Die notwendigen Daten sind grundsätzlich vorhanden.
- **Anteile des Transfers:**
Der Transfer-Anteil wird ausgehend vom Anteil Transferpassagiere des Unique Zurich Airport geschätzt. Für die weiteren Flughäfen Genf und Basel wird mit dem gleichen Anteil gerechnet, was vermutlich einen zu hohen Anteil ergibt. Tendenziell wird dadurch der InländerInnenflugverkehr unterschätzt.
- **Anteil der InländerInnen:**
Dieser Anteil wird mit den Daten des Reisemarktes Schweiz ge-

schätzt. Weitere Grundlagen wären erwünscht, um den AusländerInnenanteil mit Aufenthalt in der Schweiz weiter zu plausibilisieren.

Abgrenzungen der Daten

Die Analysen konzentrieren sich auf den internationalen Linien- und Charterflugverkehr. Zudem wird der Frachtverkehr einbezogen. Der Binnenverkehr, die Sportaviatik, private Geschäftsflüge, die Helikopter- und Militärfliegerei werden nur ganz am Rande gestreift. Vor allem bezüglich lokalen und regionalen Umweltbelastungen sind diese Kategorien von einiger Bedeutung. Hingegen machen der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen nur etwa 5 - 10 Prozent aus.

Vorsichtige Schätzungen

Wo nötig wurden vorsichtige Schätzungen gemacht. Die ausgewiesenen Flugkilometer für InländerInnen sind mit grosser Wahrscheinlichkeit zu tief. Es würde nicht erstaunen, wenn weitere Abklärungen höhere Flugleistungen und Emissionen für InländerInnen ergeben werden. In jedem Fall sind die vorliegenden Daten eine gute Diskussionsgrundlage und Ausgangspunkt für weitere Recherchen.

8.3 Beurteilung und Stellenwert der Ergebnisse

Mit den vorliegenden Statistiken können zu diversen Fragestellungen Aussagen gemacht werden

Zentral ist die Frage, welcher Stellenwert diesen Ergebnissen zukommt. Wie bereits erwähnt, können auf der Basis der vorliegenden Statistiken Aussagen bezüglich Volkswirtschaft, Anteil der Schweiz am gesamten Luftverkehr oder am Energieverbrauch, etc., gemacht werden.

Fokussierung auf Umweltaussagen

Wenn auf die **Umweltfragen** fokussiert wird, so ist von folgenden zwei Prinzipien auszugehen:

Lokale und regionale Umweltbelastungen

1. Für lokale/regionale Umweltbelastungen des Luftverkehrs wie Lärm, Lufthygiene (NO_x, CO etc.), Bodenbelastung, Verkehr für Zu- und Wegfahrten ist das Territorialprinzip anzuwenden, bei dem alle Belastungen bilanziert werden, die direkt und spürbar sind, aber im Rahmen eines beschränkten territorialen Wirkungskreises anfallen. Es spielt dabei eine untergeordnete Rolle, von wem die Belastungen direkt verursacht werden. Für die betroffene Bevölkerung und die Umwelt ist der Verursacher sekundär. Unabhängig vom Verursacher sind die Wirkungen grundsätzlich gleich. Werden Strategien und Massnahmen für eine Verminderung der Umweltbelastungen konzipiert, so mögen im Sinne der Nachhaltigkeit wirtschaftliche und soziale Überlegungen eine Rolle spielen. Dies kann auch zu einer un-

gleichen Behandlung einzelner Verursacher führen. Aus Sicht der Umwelt ist dies aber nicht unbedingt sinnvoll!

- 2. Die weltweiten Umweltemissionen des Luftverkehrs**, vor allem die Treibhausgasemissionen, sind einerseits weltweit zu bilanzieren. Das gesamte Ausmass und die Bedeutung des Flugverkehrs an den weltweiten Emissionen wird dadurch erfasst. Andererseits ist aber eine verursachergerechte Zuordnung auf die Länder bzw. die Bevölkerung eines Landes - wie dies vom IPCC angestrebt wird - von zentraler Bedeutung, damit eine Problemexternalisierung vermieden werden kann. So müssen die Emissionen über den Weltmeeren den verursachenden Ländern und ihrer Bevölkerung zugeordnet werden. Ebenfalls sind die Emissionen der Bevölkerung eines Landes, die in einem anderen Land anfallen, verursachergerecht zuzuordnen. Andernfalls entsteht die paradoxe Situation, dass einem grossen Land mit einer geringen Flugverkehrsnachfrage zu hohe Emissionsbelastungen angerechnet werden. Zurecht würde eine derartige Bilanzierung als unfair betrachtet und eine Diskussion über eine Verminderung der Emissionen im Keim blockieren. Wenn eine wirksame Klimapolitik Realität werden soll, so stellt eine verursachergerechte Bilanzierung eine zentrale Voraussetzung dar. In diesem Sinn kommt den Resultaten über die CO₂-Emissionen der InländerInnen eine zentrale Rolle zu.

Global relevante Emissionen des Flugverkehrs

8.4 Die konkreten Ergebnisse

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen und vertiefen die Resultate der Studien von Meier (Meier R. 2000/2000a):

1. Die InländerInnen fragten 1998 rund 32 Mrd. Personenkilometer Flugverkehr im In- und Ausland nach (vor allem im Ausland). Gemessen am Total der Verkehrsleistungen der InländerInnen von rund 135 Mrd. Personenkilometer (im In- und Ausland) hat der Flugverkehr 1998 somit einen Anteil von rund **24 Prozent**. Die Flüge an den jeweiligen Ausland-Destinationen werden damit nicht erfasst. Die Sport-, privaten Geschäfts-, Helikopter- und Militärflüge sind darin noch nicht enthalten. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass mit ihrer Berücksichtigung die Flugverkehrsleistung der InländerInnen um rund 5 bis 10 Prozent höher liegt.

Anteil von 24% des Flugverkehrs an der gesamten Schweizer Verkehrsleistung

Hoher Anteil des Flugverkehrs am Schweizer Energieverbrauch (8%)

2. Der Energieverbrauch der InländerInnen im internationalen Flugverkehr beträgt 67 PJ oder 1,56 Mio. Tonnen Kerosin im Jahr 1999 (ohne Fracht). Gemessen am gesamten Energieverbrauch der Schweiz¹⁷ sind dies rund 8 Prozent, am Energieverbrauch des Verkehrs macht die Flugverkehrsnachfrage rund 24 Prozent aus. Bei Mitberücksichtigung der Sport-, privaten Geschäfts-, Helikopter- und Militärflüge ist der Anteil des Flugverkehrs nach höher.

Knapp 1 Tonne CO₂-Emissionen pro Kopf und Jahr allein durch den Flugverkehr

3. Die CO₂-Emissionen der InländerInnen aufgrund der Passagier- und Charterflüge und des Frachtluftverkehrs betragen für 1999 mehr als 6 Millionen Tonnen, d.h. pro Kopf und Jahr knapp eine Tonne. Werden die flugverkehrsbedingten CO₂-Emissionen der InländerInnen am Total der Schweizer CO₂-Emissionen gemessen (1998: 45 Mio. Tonnen), so betragen sie über 13 Prozent.¹⁸ Wird das Global Warming Potential (GWP) als Massstab beigezogen (1998 ca. 54 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente) und die klimarelevanten Flugemissionen mit einem Faktor 2 bewertet, so macht der Flugverkehrsanteil gut 22 Prozent aus.

Grosse Relevanz der Flugemissionen der InländerInnen

Es zeigt sich, dass die Flugemissionen der InländerInnen erheblich sind. Sie dürfen in der Klimadebatte auf nationaler und internationaler Ebene nicht ausgeklammert werden: Die Flug-CO₂-Emissionen der InländerInnen sind höher als alle CO₂-Emissionen der Dienstleistungsbranche zusammen und knapp so hoch wie jene der Industrie.

Wird auf das GWP abgestützt, so gehört der Flugverkehr der InländerInnen zusammen mit dem übrigen Binnenverkehr und den Haushalten bereits heute zu den grössten Emittenten; sie liegen deutlich vor der Industrie, den Dienstleistungen und Landwirtschaft.

Schweizer CO₂-Bilanzen müssen nach oben korrigiert werden

Die grosse Bedeutung des Flugverkehrs für die Schweizer Bevölkerung kommt wegen der bisher dominierenden Bilanzierung nach dem Territorialprinzip bzw. nach den IPCC-Richtlinien mit der fehlenden Anrechnung der Bunkers viel zu wenig zum Ausdruck. Die schweizerischen CO₂- und Treibhausgasbilanzen werden dadurch beschönigt. Die anzustrebende aber vom IPCC noch nicht realisierte Bilanzierung nach dem Verursacherprinzip (d.h. inklusive Zuweisung der Bunkers zu den ein-

17 Gemäss der schweizerischen Gesamtenergiestatistik 1999 (BFE 2000, Tabelle 14a) beträgt der Gesamtenergieverbrauch der Schweiz im Jahre 1999 rund 861.8 PJ und der Treibstoffverbrauch rund 286.9 PJ (nach dem Absatzprinzip erhoben).

18 Das Total der Schweizer CO₂-Emissionen wurde gemäss dem Territorialprinzip erfasst (BUWAL 1999). Die Emissionen der internationalen Flüge sind im Total der Schweizer CO₂-Emissionen nicht enthalten.

zelenen Ländern) würde dem Flugverkehr der Schweizer Bevölkerung zusätzlich mindestens 6.5 Mio. Tonnen oder knapp eine Tonne CO₂ pro Kopf anlasten. Die Schweizer CO₂-Bilanz muss daher nach oben korrigiert werden¹⁹, was zu einer deutlichen Verschlechterung der bisher ausgewiesenen CO₂-Emissionswerte führt.

Weltweit ist der Anteil der CO₂-Emissionen des Flugverkehrs mit rund 3 Prozent noch relativ gering. Darin kommt zum Ausdruck, dass das Fliegen bisher vor allem Sache der reichen, industrialisierten Länder ist und nur hier breite Bevölkerungsschichten Flüge nachfragen.

8.5 Zukunftsaussichten

Die Bandbreite der aktuellen Flugverkehrsprognosen ist gross. Weltweit wird von jährlichen Wachstumsraten der Flugleistungen von 2.2% (IPCC, Szenario Fc1) bis 5.9 Prozent (Airbus Industrie 1999) ausgegangen. Für die Schweiz steht folgendes Spektrum von Werten zur Diskussion:

- Gemäss den Energieperspektiven (Infras 2000, gemäss Territorialprinzip und IPCC-Richtlinien) beträgt das durchschnittliche jährliche Wachstum bis 2020 rund 2% pro Jahr. Nach 2020 flacht das Wachstum deutlich ab.
- Gemäss den ITA-Prognosen (vgl. Kap. 7.1.3) wird der Passagierverkehr auf den schweizerischen Flughäfen von rund 27 Mio. Fluggästen im Jahr 1997 auf rund 66 Mio. im Jahr 2020 ansteigen, was einer durchschnittlichen Steigerung von rund 4% pro Jahr entspricht.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass eine Verdoppelung der Flugverkehrsnachfrage der InländerInnen bis 2020 nicht ausgeschlossen werden kann. Dies bedeutet, dass der Anteil der Flugverkehrsleistungen am Gesamtverkehr nochmals deutlich zunimmt. Während der Binnenverkehr bis 2020 von gut 80 Mrd. Pkm auf rund 105 Mrd. Pkm zunimmt, wird der Flugverkehr der InländerInnen von rund 32 Mrd. Pkm auf rund 65 Mrd. Pkm ansteigen und im Jahr 2020 ca. 40% an der

¹⁹ Eine weitere Korrektur müsste wegen dem Import von Rohstoffen und Halbfabrikaten in die Schweiz gemacht werden (vgl. dazu Meier, 1998, S. 136.).

Emissionsentwicklung Flugverkehr widerspricht internationalen Klimazielen

gesamten Verkehrsnachfrage der InländerInnen (170 Mrd. Pkm) ausmachen.

Die Emissionsfracht verschiebt sich somit deutlich zugunsten des Flugverkehrs. Emissionsreduktionen im Inland werden durch das Flugverkehrswachstum teilweise kompensiert. Die nationalen Anstrengungen gemäss CO₂-Gesetz werden durch die zunehmenden Emissionen im Ausland entwertet. Diese Tendenz läuft auch der Forderung der IPCC, die CO₂-Emissionen bis ins Jahr 2050 auf 1 bis 2 Tonnen pro Kopf der Bevölkerung und Jahr zu reduzieren diametral entgegen. Eine verantwortungsvolle Klimapolitik erfordert, dass sich die Schweiz dieser Herausforderung stellt und geeignete Gegen-Strategien und Massnahmen entwickelt. Bereits heute müssen Schritte eingeleitet werden, die auf nationaler und internationaler Ebene zu einer Verminderung der Umweltbelastungen des Flugverkehrs beitragen.

Hoher Handlungsbedarf auf internationaler Ebene bzgl. der künftigen Flugverkehrsentwicklung und ihrer Umweltwirkungen

Internationale Trend-Perspektiven (IPCC-Szenarien) zeigen, dass der Anteil der CO₂-Emissionen des Flugverkehrs bis 2050 nur relativ geringfügig von rund 3 auf ca. 5 Prozent ansteigen wird. Allerdings gehen diese Szenarien davon aus, dass sich die **globalen CO₂-Emissionen** (ohne klimapolitische Massnahmen) **bis 2050 etwa verdreifachen** werden! Sie liegen somit weit über den klimapolitischen Zielen des IPCC und wären gemäss IPCC mit einer Klimaerwärmung von rund 5° C bis 2050 - 2070 verbunden. Bei diesen Trendszenarien können gemäss KlimaexpertInnen katastrophale Entwicklungen nicht mehr ausgeschlossen werden. Um dies auszuschliessen, sollen die weltweiten Treibhausgasemissionen stabilisiert oder gar reduziert werden.

Gemessen am Stabilisierungsziel verursacht der Flugverkehr inskünftig 10 bis 30% der gesamten CO₂-Emissionen der Schweiz

Werden die Emissionsperspektiven des Flugverkehrs am Stabilisierungsziel gemessen, würde der Emissionsanteil des Fliegens in Zukunft weit über den offiziell angenommenen 3-5% liegen und sich im Bereich von 10-30% der gesamten globalen CO₂-Emissionen bewegen. Das ergibt vor allem auch auf der internationalen Ebene einen hohen Handlungsbedarf bezüglich der künftigen Flugverkehrsentwicklung und ihrer Umweltwirkungen.

Gefragt sind bessere Statistiken und eine Strategie Flugverkehr

Es wird die Aufgabe einer noch zu formulierenden Flugverkehrsstrategie sein, Massnahmen zur Verbesserung der (wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen) Nachhaltigkeit des Flugverkehrs auf schweizerischer und internationaler Ebene zu formulieren. Eine wichtige Grundlage dazu ist die Weiterführung und der problemorientierte Ausbau der vorhandenen Statistiken und Daten zum Flugverkehr.

Literatur

- Airbus Industrie 1999: The Airbus Global Market Forecast, Frankreich (auch unter www.airbus.com).
- Barrett M., 1996: Environmental Charges for Controlling Greenhouse Gas Emissions from Civil Aviation. Gland/CH: WWF International.
- BAZL 1996a: Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch des Zivilluftverkehrs in der Schweiz 1995. Schriftliche Mitteilung. Bern, 1996.
- BAZL 1997: Die Schweizerische Zivilluftfahrt 1996. Bern, 1997.
- BAZL 1999: Luftverkehr: Linien- und Charterverkehr 1998. Bern, 1999.
- BAZL 2000: Swiss Civil Aviation 1999. Bern, 2000.
- BEW 1997: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1996. Sonderdruck aus Bulletin SEV/VSE, Nr. 16/1997, August. Bern, 1997.
- BFE 1999: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1998. Bern, 1999.
- BFE 2000: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1999. Bern, 2000.
- BFS 1996: Verkehrsverhalten in der Schweiz 1994. Mikrozensus Verkehr 1994. Herausgegeben vom BFS, in Zusammenarbeit mit dem Dienst GVF. Bern, 1996.
- BFS 1998: Schweizerische Verkehrsstatistik 1995. Bern, 1998.
- Brasseur et al. 1998: European Scientific Assessment of the Atmospheric Effects of Aircraft Emissions. Preprint. Publikation des Environment and Climate Programme der Europäischen Kommission. Brüssel, 1998.
- Bucher-König T. 1998: Die Klimarelevanz des Flugverkehrs der Schweiz. Diplomarbeit der philosoph.-naturw. Fakultät der Universität Bern. Burgdorf, 1998.
- BUWAL 1996: Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch des Offroadsektors. Umwelt-Materialien Nr. 49 – Luft. Bern, 1996.
- BUWAL 1999: Swiss Greenhouse Gas Inventory. Bern, 1999.
- BUWAL 1999a: Indikatoren zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Schweiz seit 1990. Bern, 1999.
- BUWAL 2000: Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1950-2020. Nachtrag. Schriftenreihe Umwelt Nr. 255. Bern, 2000.

- DLR 1998: Luftfahrt und Atmosphäre. Ergebnisse eines erfolgreichen Verbundprojekts. Köln: Stelle für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit des DLR, 1998.
- Ernst W. et al. 2000: Ökobilanz Eurometro. Energie- und Umwelteffizienz eines Euro-metrosystems. NFP 41 Bericht F6. Entwurf zur Vernehmlassung. Burgdorf, 2000.
- EWI/TTM 1996: Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch des off-road Sektors, im Auftrag des BUWAL, Zürich/Niederrohrdorf, 1996.
- ICAO 1997: Outlook for air transport to the year 2005. International Civil Aviation Organization. Montreal, 1997.
- Infras 2000: Energieperspektiven Verkehr. Aktualisierung Grundszenario, Bern 2000.
- IPCC 1992: Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Houghton, Callander, Varney. Cambridge University Press. Cambridge, 1992.
- IPCC 1999: IPCC Special Report: Aviation and the Atmosphere. 1999.
- ITA 1999: Prévisions de Trafic aérien de la Suisse à la Horizon 2020, Institut du Transport Aérien, Paris, 1999.
- Lüking J., Meyrat-Schlee E. 1994: Perspektiven des Freizeitverkehrs, Teil 1, Determinanten und Entwicklungen. Eidg. Verkehrs und Energiewirtschaftsdepartement/Bundesamt für Strassenbau (Hrsg.). Forschungsauftrag 4192 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure. Baden/Zürich, 1994.
- Lüking J., Meyrat-Schlee E. 1998: Perspektiven des Freizeitverkehrs, Teil 2, Strategien zur Problemlösung. Eidg. Verkehrs und Energiewirtschaftsdepartement/Bundesamt für Strassenbau (Hrsg.). Forschungsauftrag 4192 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure. Baden/Zürich, 1998.
- Meier R. 1998: Sozioökonomische Aspekte von Klimaänderungen und Naturkatastrophen, Nationales Forschungsprogramm " Klimaänderungen und Naturkatastrophen" - NFP 31, vdf Hochschulverlag an der ETH-Zürich. Zürich 1998, 220 Seiten.
- Meier R. 2000: Daten zum Freizeitverkehr, Materialienband M19, NFP-41-Bericht, Bern, 2000.

- Meier R. 2000a: Freizeitverkehr: Analysen und Strategien, NFP-41-Bericht D5, Bern, 2000.
- Meier R. 2000b: Nachhaltiger Freizeitverkehr. Verlag Rüegger/Zürich/Chur, 2000.
- Oliva C., Hüttenmoser C., Lüking J. 2000: Liberalisierung im Luftverkehr: Folgen für die Schweiz. Bericht D8. Studie im Rahmen des NFP 41. Bern, 2000.
- Sausen und Schumann 1998: Estimates of the climate response to aircraft emissions scenarios. Report No. 95, Oberpfaffenhofen: DLR Institut für Physik der Atmosphäre, 1998.
- Schumann 1997: The Impact of Aviation on the Atmosphere – an Overview on Atmospheric Research within the Programme "Pollutants from Air Traffic". In: Mitteilung 97-04 des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), Köln, 1997.
- Swissair 1997: Flying the globe with the world in mind. Dritter Swissair-Umweltbericht. Zürich, 1997.

