

Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Flugverkehrs

F + E - Vorhaben 105 06 085

- Kurzfassung -

im Auftrag des Umweltbundesamtes

**TÜV Rheinland/
Berlin-Brandenburg**



TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH
Abteilung Consulting

51101 Köln
(Projektleitung)

DIW Deutsches Institut für
Wirtschaftsforschung

14191 Berlin

**Wissenschaftszentrum
Nordrhein-Westfalen**

Institut Arbeit
und Technik



Kulturwissenschaftliches
Institut

**Wuppertal Institut für
Klima, Umwelt, Energie
GmbH**

42103 Wuppertal

Köln, Januar 2000

INHALT

1	ZIEL, AUFGABENSTELLUNG	3
2	ABGRENZUNG DES LUFTVERKEHRS	4
3	ANALYSE	5
4	TRENDPROGNOSE	9
5	ANALYSIERTE MAßNAHMEN	12
6	WIRKUNG DER EINZELMAßNAHMEN UND DES MAßNAHMENBÜNDELS	16
7	FAZIT	20

1 Ziel, Aufgabenstellung

Der gravierende technische Wandel, der in den letzten Jahrzehnten im Luftverkehr stattgefunden hat, ermöglichte enorme Wachstumsraten. Signifikante Sprünge in der Flugzeugentwicklung führten zu Fluggeräten mit immer größerer Sitzkapazität sowie höheren Fluggeschwindigkeiten und zugleich sinkenden Transportpreisen. Zusammen mit wachsenden verfügbaren Einkommen der Bevölkerung haben sich Urlaubsreisen und Fliegen von einem Luxusgut zu einem bezahlbaren und verbreiteten Konsumgut in den Industriegesellschaften entwickeln können.

Das weiterhin stürmische Luftverkehrswachstum wird nicht nur die aus dem Luftverkehr resultierende Umweltproblematik verschärfen, sondern auch die Kapazitätsengpässe der Luftverkehrsstraßen und der Flughäfen (in Deutschland insbesondere Frankfurt, Düsseldorf und München) erhöhen.

Ein Motor für die weitere Zunahme des Luftverkehrs ist sein hoher wirtschaftlicher Stellenwert, insbesondere für die stark exportorientierte deutsche Wirtschaft. Auch wenn der Luftverkehr nur in vergleichsweise geringem Umfang zur nationalen Bruttowertschöpfung beiträgt und auch nur relativ wenig Arbeitskräfte generiert, so hat er doch eine große strategische Bedeutung für die nationale Wirtschaft und das Wirtschaftswachstum. Weltweite Flugverbindungen ermöglichen rasche und direkte Geschäftskontakte und gewährleisten einen zügigen und reibungslosen Austausch von hochwertigen Waren und Dienstleistungen.

Angesichts dieser Bedeutung des Luftverkehrs ist es umso wichtiger, Ökonomie und Ökologie in Einklang zu bringen. So werden derzeit national und international verstärkt Möglichkeiten diskutiert, die vom Luftverkehr ausgehenden negativen Folgewirkungen (wie CO₂, NO_x und Lärm) zu reduzieren.

Wegen der besonderen Bedeutung des Eintrags von CO₂ und NO_x in großen Höhen und die damit verbundene Klimarelevanz sollten für den Flugverkehr trotz des geringeren absoluten Anteils an den Abgasen des gesamten Verkehrssektors mindestens die klimapolitischen Ziele gelten, die die gemeinsame Konferenz der Umwelt- und Verkehrsminister des Bundes und der Länder (UMK/VMK) formuliert hat. Das bedeutet eine Minderung von ca. 10 % der CO₂ und NO_x-Emissionen bis zum Jahr 2005 im Vergleich zum Bezugsjahr 1987. Wegen der zu erwartenden Steigerungsraten des Flugverkehrs wird sich der absolute Anteil der Flugzeugemissionen in den nächsten Jahrzehnten zu einer klimapolitisch relevanten Größe entwickeln. Aufgrund der Wachstumsraten der Verkehrsleistung ist nicht damit zu rechnen, dass der technische Fortschritt in der Triebwerksentwicklung ausreichen wird, das heutige Niveau der Gesamtemissionen zu reduzieren oder auch nur zu halten.

In dieser Studie werden daher nichttechnische Maßnahmen zur Verringerung der vom zivilen Luftverkehr ausgehenden Schadstoffbelastungen betrachtet, mit dem Ziel, die CO₂-Emissionen des zivilen Flugverkehrs bis zum Jahr 2020 auf dem Niveau des Jahres 1995 zu stabilisieren.

Am Projekt waren drei Institute beteiligt. TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH (TSU) hatte die Projektleitung und führte die Verbrauchs- und Emissionsrechnungen durch. Vom Wuppertal Institut (WI) sind die möglichen Maßnahmen definiert, operationalisiert und qualitativ bewertet worden. Arbeitsschwerpunkt des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) waren die Untersuchungen zur Nachfrageentwicklung einschließlich der quantitativen Maßnahmewirkungen. Die Vereinbarkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen mit deutschem, europäischem und internationalem Recht wurde zusätzlich von der Forschungsstelle für Europäisches Umweltrecht an der Universität Bremen (Prof. G. Winter) beurteilt.

Von vergleichbaren Studien, die insbesondere in den Niederlanden und in Österreich durchgeführt worden sind, unterscheidet sich diese Untersuchung u.a. darin, dass im Hinblick auf die Zielerreichung unabhängig von der politischen Durchsetzbarkeit z.T. sehr drastische Maßnahmen betrachtet worden sind. Darüber hinaus erfassen die hier untersuchten fiskalischen Maßnahmen nicht nur die über dem nationalen Gebiet erfolgenden Emissionen bzw. Verbräuche, sondern beziehen den gesamten Flug ein. Es wird in zwei Abgrenzungen, nach dem Standort- und dem Territorialprinzip, für Deutschland ein Berechnungsschema vorgestellt, das als Modell für eine weltweite nationale Zuordnung der gesamten Emissionen aus dem Luftverkehr, einschließlich der Strecken über internationalen Gewässern und der Überflüge ohne Zwischenlandung, dienen kann.

2 Abgrenzung des Luftverkehrs

Für die Emissionen aus dem internationalen Flugverkehr ist seit der Klimakonferenz in Kyoto noch keine Vereinbarung über deren Zuordnung getroffen worden. In dieser Untersuchung wird der Luftverkehr in zwei Abgrenzungen betrachtet.

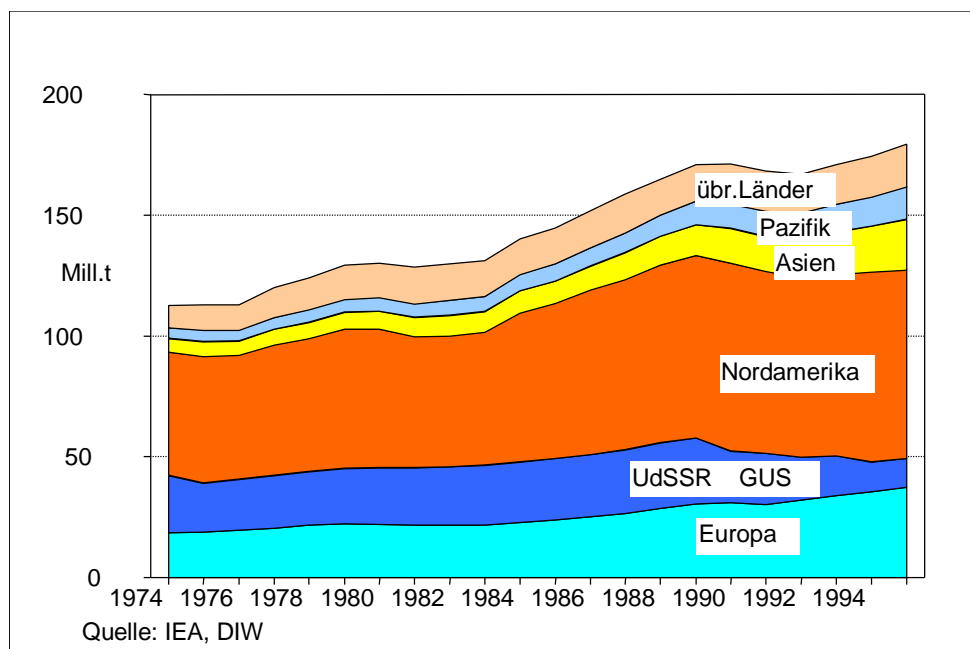
- Territorialprinzip (oder Inlandsprinzip): Berücksichtigt werden die Verkehrsleistungen über dem Territorium eines Landes. Grenzüberschreitende Flüge werden somit nur bis zur Landesgrenze berücksichtigt. Wegen fehlender Daten sind in den entsprechenden Statistiken des Statistischen Bundesamtes jedoch Flüge, die Deutschland ohne Landung überqueren, nicht enthalten. Ein gravierender Nachteil des Territorialprinzips liegt für umweltbezogene Analysen in der fehlenden Berücksichtigung der Verkehrsleistungen über internationalen Gebieten (z.B. dem Atlantik).

- **Erweitertes Standortprinzip:** Es werden die Verkehrsleistungen der auf inländischen Flughäfen einsteigenden Fluggäste bzw. verladenen Güter bis zum Endzielflughafen erfaßt. Der erste Aussteigeflughafen entspricht überwiegend dem Endziel.¹ Damit sind die Flugleistungen nach dem Standortprinzip weitgehend mit den im Inland getankten Treibstoffmengen kompatibel. Die sich ergebenden Emissionen können dem Standort zugerechnet werden.

3 Analyse

Zum zivilen Luftverkehr gibt es keine weltweite offizielle Gesamtstatistik. Die ICAO-Verflechtungsstatistik enthält nur die von den Gesellschaften der ICAO-Mitgliedsstaaten im Linienverkehr erbrachten Verkehrsleistungen.

Abb. 1: Weltabsatz von Flugkraftstoff



¹ Nach dem einfachen Standortprinzip werden nur die Verkehrsleistungen bis zum Streckenziel einbezogen. Für die internationalen Flüge von Deutschland liegt die nach dem Streckenziel erfassten Verkehrsleistung nur 10 % unter dem Wert nach dem erweiterten Standortprinzip.

Abb. 2: Passagier-Luftverkehr nach Regionen 1995 in Mrd. Personenkilometer

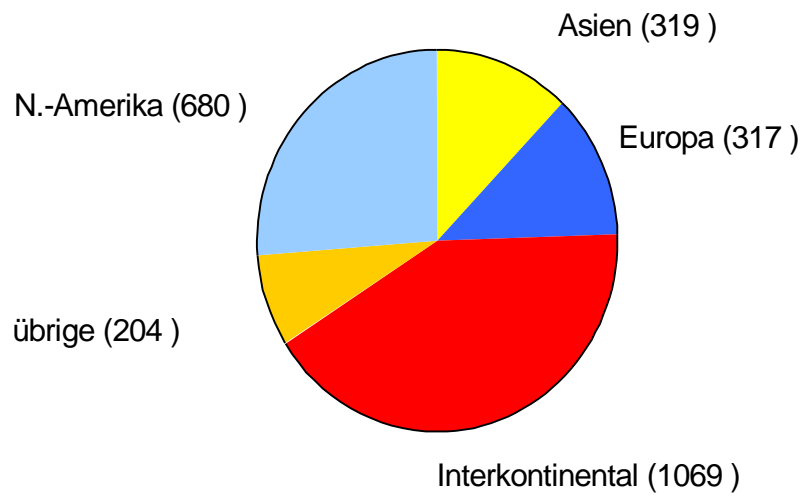
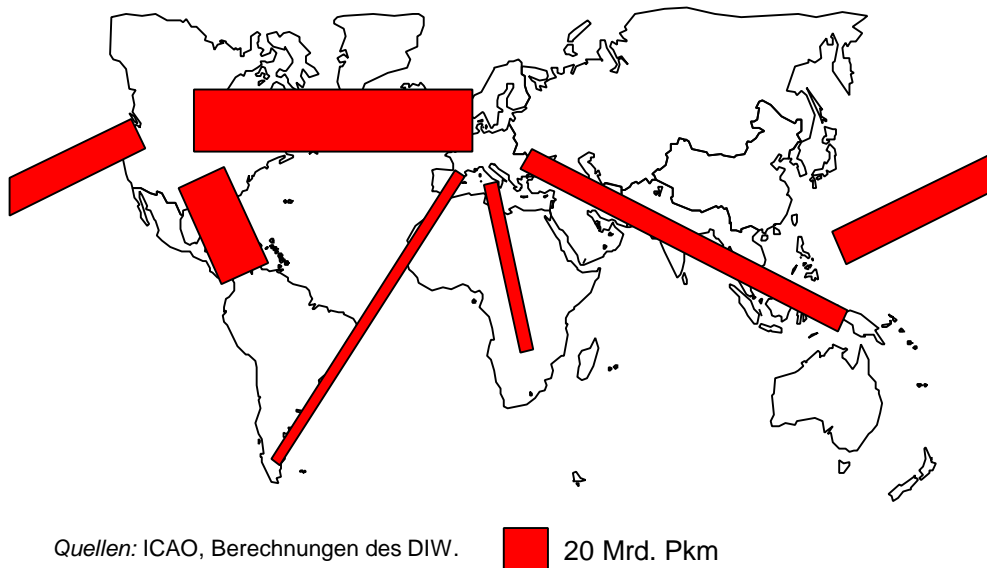


Abb. 3: Passagiere im Interkontinentalverkehr 1995



In der unteren Grafik (Interkontinentalverkehr) sind Relationen mit weniger als 4 Mill. Passagieren nicht dargestellt. Die Länge der Balken entspricht der durchschnittlichen Entfernung, die Breite der Zahl der Passagiere.

Tabelle 1: Energieverbrauch für den zivilen Flugverkehr³ und gesamter Energieverbrauch 1995

	Anteil der Region am Energieverbr. des Luftverk. %	Energieverbr. des Luftverkehrs	gesamter End- Primär-energieverbrauch		Anteil Luftverkehr am End- Primär-energieverbr. %		Pro-Kopf-Verbrauch Primär- Luft-energie verkehr Liter ³⁾	
			Mill. toe ²⁾					
Summe	100,0	190	6605	9072	2,9	2,1	2227	50
USA	40,1	76,4	1403	2078	5,4	3,7	9474	348
EU	18,0	34,4	992	1377	3,5	2,5	4454	111
Japan	5,1	9,8	346	497	2,8	2,0	4770	94
Ehem. UdSSR	4,9	9,4	500	628	1,9	1,5	5128	76
Großbritannien	4,3	8,2	156	222	5,3	3,7	4560	169
Deutschland	3,3	6,2	246	339	2,5	1,8	4993	91
Frankreich	2,6	4,9	159	241	3,1	2,0	4994	101
Kanada	2,3	4,4	178	233	2,5	1,9	9503	179
Australien	2,0	3,7	66	94	5,7	3,9	6249	247
Spanien	1,7	3,2	72	103	4,5	3,1	3134	98
Hongkong	1,6	3,1	10	14	31,3	22,7	2797	636
China	1,6	3,0	826	1038	0,4	0,3	1038	3
Italien	1,5	2,9	125	161	2,3	1,8	3386	60
Thailand	1,4	2,7	49	73	5,5	3,7	1481	55
Niederlande	1,4	2,7	58	73	4,6	3,7	5673	208
Singapur	1,4	2,6	9	21	30,5	12,3	9012	1110
SaudiArabien	1,3	2,6	49	83	5,2	3,1	1469	46
Mexiko	1,3	2,4	96	133	2,5	1,8	1709	31
Brasilien	1,2	2,4	137	162	1,7	1,5	1200	18
Indien	1,2	2,2	354	439	0,6	0,5	564	3
Südkorea	1,1	2,2	115	146	1,9	1,5	3898	58
Taiwan	1,0	1,8	44	65	4,1	2,8	3672	103
Indonesien	0,8	1,5	74	113	2,0	1,3	688	9
Schweiz	0,7	1,4	20	25	6,8	5,4	4189	227
Griechenland	0,7	1,3	16	24	8,0	5,4	2721	148
Malaysia	0,6	1,2	25	36	4,6	3,2	2165	69
Südafrika	0,6	1,1	56	99	2,0	1,1	2855	32
Argentinien	0,5	1,0	40	56	2,5	1,8	1934	35
Belgien	0,5	1,0	38	52	2,6	1,9	6215	116
Dänemark	0,4	0,8	16	20	5,1	3,9	4743	185
Israel	0,4	0,7	11	17	6,7	4,2	3551	150
Philippinen	0,3	0,6	22	33	2,8	1,9	283	5
Polen	0,3	0,6	67	99	0,8	0,6	3105	17
Österreich	0,3	0,5	22	26	2,2	1,8	3973	72
Bulgarien	0,1	0,3	12	23	2,1	1,2	3160	36
Tunesien	0,1	0,3	5	6	5,0	4,1	819	34
Marokko	0,1	0,2	7	9	3,7	2,9	955	27
Luxemburg	0,1	0,2	3	3	6,2	5,9	9990	591

¹⁾ 1 Mill. toe (Tonne Öleinheit) entspricht 41,868 Petajoule, dem Heizwert von 1,2 Mrd. l Kerosin.
²⁾ Energieabsatz umgerechnet in Äquivalente von Liter Heizöl, Diesel oder Kerosin (Mineralölprodukte mit vergleichbarer Energiedichte).
Quellen: Energiebilanzen IEA; Berechnungen des DIW.

Zwei Fünftel der Passagierkilometer werden im Interkontinentalverkehr zurückgelegt. Mehr als ein Viertel der Verkehrsleistung entfällt auf Flüge innerhalb Nordamerikas, jeweils ein Achtel auf kontinentale Flüge innerhalb Asiens und Europas. Nur jeder zwölfte Passagierkilometer ist innerkontinentalen Flügen der übrigen Kontinente zuzurechnen.

³⁾ In der Abgrenzung der Energiebilanz, einschl. Flughafenverbrauch

Hinsichtlich der Energieverbrauchswerte des Luftverkehrs (Standortprinzip) liegt Deutschland hinter Großbritannien an fünfter Stelle (Tab. 1). Bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch des Landes sind die für den Luftverkehr getankten Mengen überdurchschnittlich groß in den Touristikländern (Griechenland, Tunesien, Spanien), im übrigen Europa in den Ländern mit großen Umsteiger-Flughäfen (Schweiz, Großbritannien, Dänemark, Niederlande und Luxemburg) und in den USA.

Tabelle 2 Von Deutschland ausgehender Luftverkehr 1995 (Standortprinzip)

	Aufkommen					Leistung					Treibstoffverbrauch
	Starts gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾			Luftfrachtverkehr ²⁾	Flug-km gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾			Luftfrachtverkehr ²⁾	
		Geschäft + Dienst	Privat	Gesamt			Geschäft + Dienst	Privat	Gesamt		
Tsd.	Mill.	Mill.	Mill.	1000 t	Mill. km	Mrd. Pkm	Mrd. Pkm	Mrd. Pkm	Mrd. tkm	Mrd. l	
Innerdeutsch	867,6	12,1	1,8	13,9	x	258,3	5,1	0,7	5,8	x	0,66
Westeuropa	202,9	5,0	3,9	8,9	137	114,4	3,1	2,5	5,5	0,09	0,61
Südeuropa	137,0	1,6	13,6	15,3	57	225,8	2,6	25,0	27,6	0,09	1,21
Osteuropa	43,9	1,6	0,7	2,2	13	57,0	2,1	1,1	3,2	0,02	0,35
Nordamerika	19,3	1,0	3,0	4,0	224	133,6	7,5	21,5	29,1	1,54	1,65
Mittelamerika	2,7	0,2	0,6	0,8	12	22,5	1,8	4,7	6,5	0,10	0,28
Südamerika	0,9	0,2	0,1	0,3	19	9,0	2,2	0,8	3,0	0,19	0,17
Afrika	14,3	0,2	1,7	2,0	41	42,1	1,2	5,5	6,8	0,27	0,37
Nahost	5,4	0,2	0,4	0,6	41	18,4	0,7	1,2	1,9	0,14	0,13
Asien, Übrige ³⁾	10,8	0,6	1,8	2,4	243	86,7	5,6	16,9	22,5	2,01	1,63
Gesamt	1304,9	22,7	27,5	50,2	788	967,9	32,1	79,9	112,0	4,44	7,04
– Anteile der Zielregionen in % –											
Innerdeutsch	66,5	53,2	6,5	27,6	x	26,7	15,9	0,9	5,2	x	9,4
Westeuropa	15,5	21,8	14,2	17,6	17,4	11,8	9,6	3,1	4,9	2,0	8,6
Südeuropa	10,5	7,2	49,6	30,4	7,3	23,3	8,1	31,3	24,6	1,9	17,2
Osteuropa	3,4	6,8	2,5	4,5	1,7	5,9	6,6	1,4	2,9	0,5	4,9
Nordamerika	1,5	4,4	10,8	7,9	28,4	13,8	23,5	26,9	25,9	34,7	23,4
Mittelamerika	0,2	0,9	2,1	1,6	1,5	2,3	5,7	5,9	5,8	2,3	3,9
Südamerika	0,1	1,0	0,3	0,6	2,4	0,9	6,9	1,0	2,7	4,3	2,4
Afrika	1,1	1,0	6,3	3,9	5,3	4,4	3,9	6,9	6,1	6,0	5,2
Nahost	0,4	0,9	1,3	1,2	5,2	1,9	2,3	1,5	1,7	3,1	1,9
Asien, Übrige ³⁾	0,8	2,8	6,5	4,8	30,8	9,0	17,5	21,1	20,1	45,2	23,2
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

¹⁾ Endzielpassagiere. – ²⁾ Einladung in Deutschland mit Ziel im Ausland. – ³⁾ Einschließlich Australien und Ozeanien.
 Quellen: Statistisches Bundesamt, TÜV-Rheinland, Berechnungen des DIW.

Zur Berechnung der Emissionen wurden die Verbrauchswerte der Absatzstatistik von Flugkraftstoffen einer Modellrechnung gegenübergestellt, die die Flugbewegungen des Jahres 1995 abbildet. Von der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) wurden für vier ausgewählte Wochen (Kalenderwochen 12, 29, 41, 49) Daten aller instrumentenkontrollierten zivilen Flugbewegungen über der Bundesrepublik Deutschland übermittelt. Aus diesen Datensätzen wurde eine gewichtete Hochrechnung auf den Jahresmittelwert 1995 unter besonderer Berücksichtigung des Anteils an Urlaubswochen vorgenommen. Zur Berechnung der Emissionen dieser Flüge wurden die häufigst auftretenden Flugzeugmodelle mit Turbofan- und Turbopropantrieb und deren typische Triebwerkspaarungen ermittelt. Je Modell/Triebwerkspaarung werden dann für die Flugzeuge mit Strahltrieb bis zu 5

Flugprofile als reale Flugstrecken festgelegt, für die von der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Unterauftrag zu diesem Vorhaben die Energieverbräuche und die Abgasemissionen (CO, UHC und NO_x) berechnet wurden. An der Integration über alle Flugbewegungen und alle Flugzeugmodelle wurden die Jahresemissionen bestimmt (s. Tab. 3).

Tabelle 3: Kerosinverbrauch, Stickstoffdioxid (NO_x) und Kohlendioxid (CO₂), des zivilen Flugverkehrs in 1995, Standortprinzip

	Kerosin	NO _x	CO ₂	NO _x
	t / Jahr	t / Jahr	t / Jahr	g/kgKerosin
< 800 km				
Strahlantrieb	715.182	8373	2.252.823	11,71
Turboprop	12.1973	986	384.215	8,08
Summe	837.155	9.359	2.637.038	11,18
800 km bis 2500 km				
Strahlantrieb	97.7373	1.0738	3.078.725	10,99
Turboprop	48.849	350	153.874	7,16
Summe	1.026.222	1.1088	3.232.599	10,80
> 2500 km				
Strahlantrieb	4.027.176	54.600	12.685.604	13,56
Turboprop	1.544	9	4.864	5,83
Summe	4.028.720	54.609	12.690.468	13,60
Gesamt				Gesamt
Strahlantrieb	5.719.731	7.3711	18.017.153	12,89
Turboprop	172.366	1.345	542.953	7,80
Summe	5.892.097	75.057	18.560.106	12,70

4 Trendprognose

Nachfrage

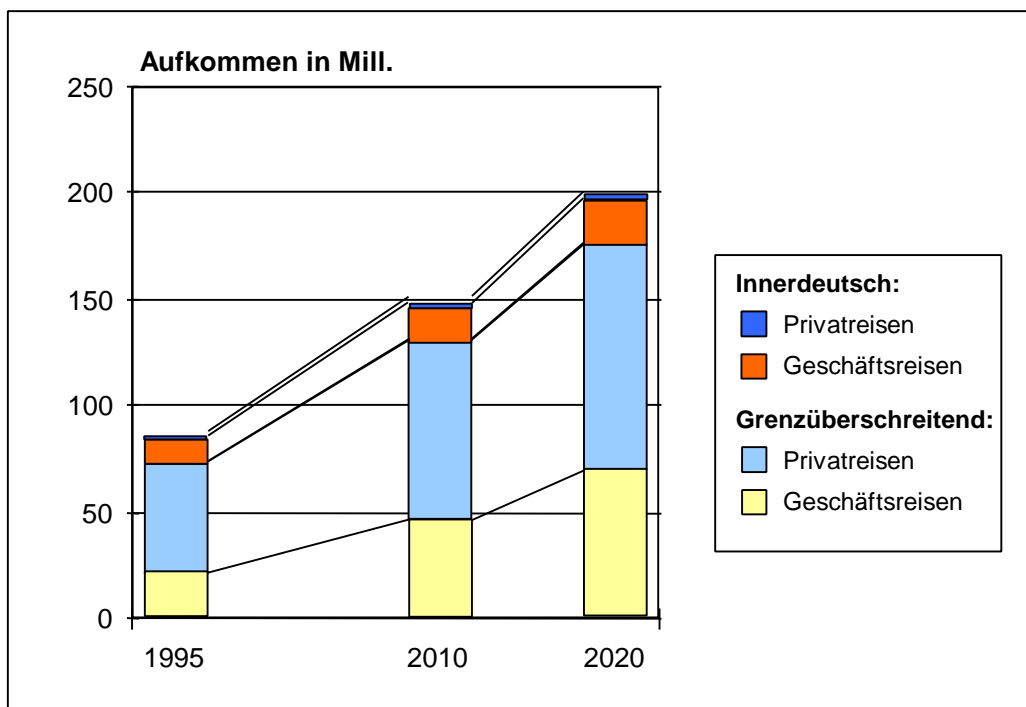
Die Trendprognose des Luftverkehrs war kein eigenständiges Ziel dieser Untersuchung. Soweit als möglich wurden die vorliegende nationale und internationale Vorausschätzungen der Luftverkehrsnachfrage herangezogen und in diese Untersuchung integriert. Wichtigster Eckpfeiler der Trendprognose ist die Ende 1997 von der Arbeitsgemeinschaft Deutsche Flugsicherung (DFS) / Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) vorgelegte Langfristprognose des Luftverkehrs in Deutschland. Der Prognosehorizont dieser Schätzungen ist das Jahr 2015. Wichtige Eckgrößen des Passagierluftverkehrs und der gesamte Luftfrachtverkehr werden allerdings nur für 2010 ausgewiesen. Für den Zeitraum 2010 bis 2020 wurde deshalb zusätzlich auf aktuelle Langfristprognosen der Flugzeughersteller (wie Airbus, Boeing, McDonnell Douglas) und internationaler Organisationen (wie ICAO, ATAG) zurückgegriffen und diese um eigene Schätzungen ergänzt.

Die Entwicklung im innerdeutschen Verkehr wird entsprechend der bisherigen Entwicklung verhalten (1995/2010: 47 %; 2010/2020: 22 %) eingeschätzt, während auf den grenzüberschreitenden Relationen noch ein kräftiges Wachstum (1995/2010: 76 %; 2010/2020: 35 %) zu erwarten ist.

Aufgrund unterschiedlicher Wachstumsannahmen für die Einzelsegmente wird sich die Fahrtzweckstruktur und auch die Struktur nach Endzielen (Inland/Ausland) verändern. Die Geschäftsreisetätigkeit wird sowohl auf den innerdeutschen Relationen (1995/2010: 51 %; 2010/2020: 23 %) als auch auf den Strecken ins Ausland (1995/2010: 111 %; 2010/2020: 43 %) als überdurchschnittlich steigend eingeschätzt. Für den gesamten Geschäftsreiseverkehr werden bis 2010 durchschnittliche jährliche Veränderungsrate von etwa 4 % prognostiziert, bei den Privatreisen sind es knapp 3 %. Die Privatreisen werden zwar auch künftig der dominierende Fahrtzweck sein, jedoch dürfte dieses Segment künftig etwas an Bedeutung verlieren (1995: 62 %, 2010: 58 %, 2020: 54 %).

Beim Luftfrachtaufkommen (ohne Luftpost) wird bis 2010 eine mittlere jährliche Veränderungsrate von 5,5 % und zwischen 2010 und 2020 eine von 5,3 % erwartet. Gegenüber 1995 ist im Jahre 2020 fast mit einer Vervielfachung des Aufkommens zu rechnen, bis 2010 mit knapp einer Verdreifachung. Unter Berücksichtigung des Postverkehrs ist für das gesamte Frachtaufkommen eine mittlere jährliche Steigerungsrate von 5 % zu erwarten.

Abb. 4: Entwicklung des Aufkommens im Passagierluftverkehr bis 2020 (Trend-Szenario)



Aus der Nachfrageschätzung für Güter und Passagiere sind die Flugzeugbewegungen² abgeleitet worden.

Tabelle 4: Von Deutschland ausgehender Luftverkehr 2010 und 2020 (Standortprinzip)

	Aufkommen					Leistung					Treib- Stoffver- brauch
	Starts gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾			Luft- fracht- verkehr ²⁾	Flug-km gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾			Luft- fracht- verkehr ²⁾	
		Geschäft + Dienst	Privat	Gesamt			Geschäft + Dienst	Privat	Gesamt		
Tsd.	Mill.	Mill.	Mill.	1000 t	Mill. km	Mrd. Pkm	Mrd. Pkm	Mrd. Pkm	Mrd. tkm	Mrd. l	
– 2010 –											
Innerdeutsch	1219,5	18,3	2,1	20,4	x	360,1	7,7	0,9	8,6	x	0,88
Westeuropa ³⁾	353,6	9,9	5,4	15,3	274	198,2	6,1	3,4	9,5	0,18	0,92
Südeuropa	195,9	3,2	18,2	21,4	114	322,4	5,2	33,5	38,7	0,17	1,58
Osteuropa ⁴⁾	145,3	3,5	4,4	7,9	27	164,8	4,7	4,6	9,4	0,04	0,46
Nordamerika	39,4	2,4	5,6	8,0	512	274,2	18,1	40,7	58,7	3,53	2,82
Mittelamerika	7,0	0,5	1,5	2,0	27	57,1	4,3	11,9	16,2	0,24	0,55
Südamerika	2,2	0,5	0,2	0,7	43	21,8	5,2	1,8	7,0	0,43	0,32
Afrika	25,6	0,5	2,8	3,4	95	77,9	2,8	9,8	12,6	0,61	0,59
Nahost	13,1	0,5	0,9	1,4	94	44,4	1,7	2,9	4,5	0,31	0,25
Asien, Übrige ⁵⁾	28,0	1,8	3,9	5,7	600	218,7	16,0	36,9	52,9	4,88	3,16
Gesamt	2029,6	41,1	45,0	86,1	1786	1739,6	71,8	146,4	218,2	10,39	11,51
– 2020 –											
Innerdeutsch	1427,0	22,6	2,3	24,9	x	426,1	9,5	1,0	10,5	x	1,00
Westeuropa ³⁾	454,9	13,3	6,3	19,6	417	254,9	8,2	4,0	12,2	0,27	1,14
Südeuropa	236,2	4,4	21,4	25,7	178	387,4	7,0	39,3	46,3	0,27	1,80
Osteuropa ⁴⁾	211,0	6,1	5,2	11,2	42	252,0	8,5	5,5	14,0	0,06	0,65
Nordamerika	54,2	3,6	7,4	11,0	867	378,9	27,1	53,4	80,5	5,96	3,97
Mittelamerika	10,5	0,9	2,0	2,9	44	86,5	8,2	16,0	24,2	0,39	0,79
Südamerika	4,3	1,0	0,2	1,3	82	42,7	10,5	2,4	13,0	0,82	0,58
Afrika	39,7	0,8	4,4	5,2	161	118,8	4,5	14,3	18,8	1,03	0,87
Nahost	16,9	0,7	1,1	1,8	160	57,7	2,5	3,6	6,1	0,53	0,34
Asien, Übrige ⁵⁾	56,8	3,5	5,4	8,9	1050	458,7	30,8	50,8	81,6	8,42	4,86
Gesamt	2511,5	57,0	55,6	112,6	3000	2463,8	116,9	190,3	307,2	17,74	15,99
– Änderung 2010 zu 1995 in % –											
Innerdeutsch	41	51	18	47	x	39	51	17	47	x	33
Westeuropa ³⁾	74	99	38	72	99	73	99	38	72	99	52
Südeuropa	43	99	33	40	99	43	99	34	40	99	30
Osteuropa ⁴⁾	231	123	542	251	99	189	124	314	190	99	33
Nordamerika	104	140	89	102	129	105	140	89	102	129	71
Mittelamerika	155	135	155	150	129	154	135	154	149	129	100
Südamerika	141	132	129	131	129	141	133	129	132	129	92
Afrika	79	129	64	72	129	85	129	77	86	129	61
Nahost	143	129	142	137	129	141	129	141	137	129	86
Asien, Übrige ⁵⁾	158	192	121	139	147	152	185	119	136	143	94
Gesamt	56	81	64	71	127	80	124	83	95	134	63
– Änderung 2020 zu 1995 in % –											
Innerdeutsch	64	87	31	80	x	65	87	30	80	x	52
Westeuropa ³⁾	124	168	62	121	203	123	168	62	121	203	88
Südeuropa	72	168	57	68	211	72	168	57	68	211	49
Osteuropa ⁴⁾	380	291	653	402	211	342	303	389	333	211	86
Nordamerika	181	259	148	176	287	184	260	148	177	286	141
Mittelamerika	283	346	243	270	278	285	347	242	271	278	185
Südamerika	368	370	202	327	334	372	375	202	329	332	250
Afrika	176	275	151	165	288	182	263	158	177	281	137
Nahost	213	243	203	218	288	213	243	203	218	287	158
Asien, Übrige ⁵⁾	425	458	206	271	333	429	448	201	263	319	198
Gesamt	92	151	102	124	281	155	265	138	174	299	127

¹⁾ Endzielpassagiere. – ²⁾ Einladung in Deutschland mit Ziel im Ausland. – ³⁾ Einschließlich skandinavische Länder, Österreich und Schweiz. ⁴⁾ Einschließlich Serbien und Kroatien. – ⁵⁾ Einschließlich Australien und Ozeanien.
 Quellen: Boeing, DLR, ICAO, TÜV-Rheinland, Berechnungen des DIW.

² In der Betrachtung nach dem Standortprinzip sind nur die Starts in Deutschland relevant.

Im Frachtverkehr dürfte sich aus der Entwicklung der Flotten und der Zunahme der Kooperation zwischen Fluggesellschaften (Allianzen) dagegen ein Anstieg der durchschnittlichen Fracht pro Linienflug von 30 t auf 40 t ergeben. Insgesamt verdoppelt sich die Zahl der Starts in Deutschland nahezu auf 2,6 Mill. im Jahr 2020. Unterdurchschnittlich ist die Zunahme im innerdeutschen Verkehr: Während 1995 zwei von drei Flugzeugen ein innerdeutsches Ziel ansteuern, hat in den Prognosejahren fast jeder zweite Start das Ziel im Ausland.

Für die Berechnung der Emissionen der Trendprognose wurde die zu erwartende Flottenveränderung berücksichtigt. Dabei wurde zum einen unterstellt, dass sich die Flugzeugflotte bis 2020 kontinuierlich verjüngt. Zum anderen wurde damit gerechnet, dass die Zahl der Flugzeugsitzplätze im Mittel geringfügig steigt und dass der von der EU verabschiedete Zeitplan über das Inkrafttreten der Abgasgesetzgebung entsprechend ANNEX 16, Volume II eingehalten wird. Um mit den Nachfrageszenarien konsistent zu bleiben, wurde auch bei der Berechnung der Emissionen nach Verkehrsregionen unterschieden. Dabei berücksichtigt wurde auch der für diese Regionen typische Einsatz der Fluggeräte (nach Größe und Auslastung).

Tabelle 5: Kraftstoffverbrauch und Emissionen für den Trend 2020 nach Verkehrsregionen (Standortprinzip)

	Absolut			Spezifisch	
	Kraftst.	CO ₂	NO _x	NO _x	Kraftst.
	t/Jahr	t/Jahr	t/Jahr	g/kg Kraftst.	l/100 Pkm
Innerdeutsch	785.671	2.474.865	9.773	12,4	9,5
Westeuropa	719.913	2.267.727	8.603	12,0	7,4
Südeuropa	1.323.091	4.167.738	15.480	11,7	3,6
Osteuropa	738.275	2.325.565	7.945	10,8	6,6
Nordamerika	2.708.466	8.531.669	38.019	14,0	4,2
Mittelamerika	663.217	2.089.134	7.283	11,0	3,4
Südamerika	376.812	1.186.959	4.937	13,1	3,6
Afrika	656.553	2.068.142	8.044	12,3	4,4
Nahost	324.118	1.020.970	4.277	13,2	6,7
Asien und übrige	4.479.243	14.109.616	51.288	11,5	6,9
Gesamt	12.775.360	40.242.385	155.648	12,2	5,2

5 Analysierte Maßnahmen

Ordnungspolitische Maßnahmen

Eine ordnungsrechtliche Maßnahme mit relativ großer Eingriffstiefe wäre die Einschränkung des Kurzstreckenverkehrs. Bei Relationen mit Distanzen bis 500 km bzw. bis 800 km sind vielfach Alternativen zum Luftverkehr vorhanden. Da die Umsetzung dieser Maßnahme freie

Slots für den Mittelstrecken- und Fernverkehr schafft und dieser Umstand damit sogar expansiv auf die Verkehrsleistungen im Luftverkehr wirken kann, wäre im Sinne der Emissionsminderung eine Flankierung mittels kapazitätsbeschränkender Maßnahmen notwendig.

Bei Energieverbräuchen und Emissionen ist wegen der kurzen Strecken lediglich eine geringe Minderung zu erzielen. Auch aufgrund der mit der Ausgestaltung der Maßnahme verbundenen Unwägbarkeiten, insbesondere der rechtlichen Problematik (z.B. Entschädigungszahlungen) und des innerhalb Europas ohnedies bestehenden Trends zum Ersatz der teilweise unrentablen Kurzstreckenflüge durch Bahnverkehre wurde die ordnungsrechtliche Begrenzung der Kurzstreckenflüge nicht weiter verfolgt.

Die Vergabe von Slots könnte bei entsprechenden ordnungsrechtlichen Vorgaben an die ökologischen Eigenschaften des zur Verwendung vorgesehenen Flugzeugtyps geknüpft werden. Gegenwärtig erfolgt die Vergabe von Zeitnischen für Starts und Landungen an Flughäfen mit Kapazitätsproblemen, die vom jeweiligen EU-Mitgliedsstaat als „vollständig koordiniert“ erklärt worden sind, durch einen Koordinator. Wegen der unvollständigen Erfassung der Flugbewegungen durch die Slotvergabe und der Möglichkeit, die spezifischen Emissionen auch mittels anderer Maßnahmen zu beeinflussen, wurde die ökologische Slotvergabe nicht weiter berücksichtigt.

Fiskalische Maßnahmen

Fiskalische Instrumente der Umweltpolitik folgen dem Verursacherprinzip, wonach der Verursacher für die von ihm bewirkten Umweltbeeinträchtigungen einstehen soll. Im Vordergrund stehen die Lenkungseffekte, mittels derer dem Eintritt von Umweltschädigungen vorgebeugt werden soll. Betrachtet wurden hier Kerosinsteuern und Emissionensabgaben. Von den preislich wirksamen Instrumenten können technische und sonstige operative Optimierungen erwartet werden; in Abhängigkeit von der Höhe sind allerdings auch nachfragedämpfende Wirkungen nicht auszuschließen.

Betrachtet wurde die Einführung einer Abgabe auf Kerosin ab dem Jahr 2002 in einer moderaten und einer hohen Ausprägung. Angenommen wurde überdies die Einführung einer aufkommensneutralen Abgabe auf die Emissionen des LTO-Cycle und, analog zur Kerosinsteuer, einer Abgabe, die sich anteilig nach den CO₂- und den NO_x-Emissionen bemisst.

Aufgrund der angenommenen Ausgestaltungsvarianten ergibt sich für die quantitative Entwicklung dieser Abgaben und den Gesamtpreis für Kerosin in nominaler und realer Betrachtung in Deutschland folgendes Bild.

Abb. 5: Kerosinbasispreis und Preise einschließlich der Abgaben (nominal)

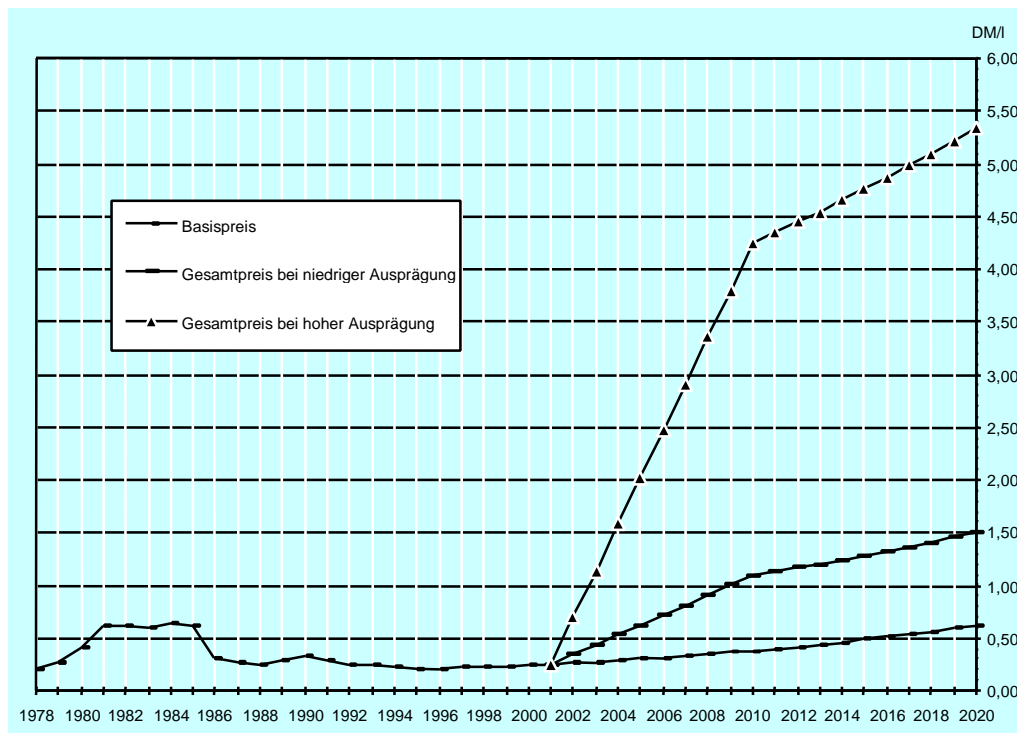
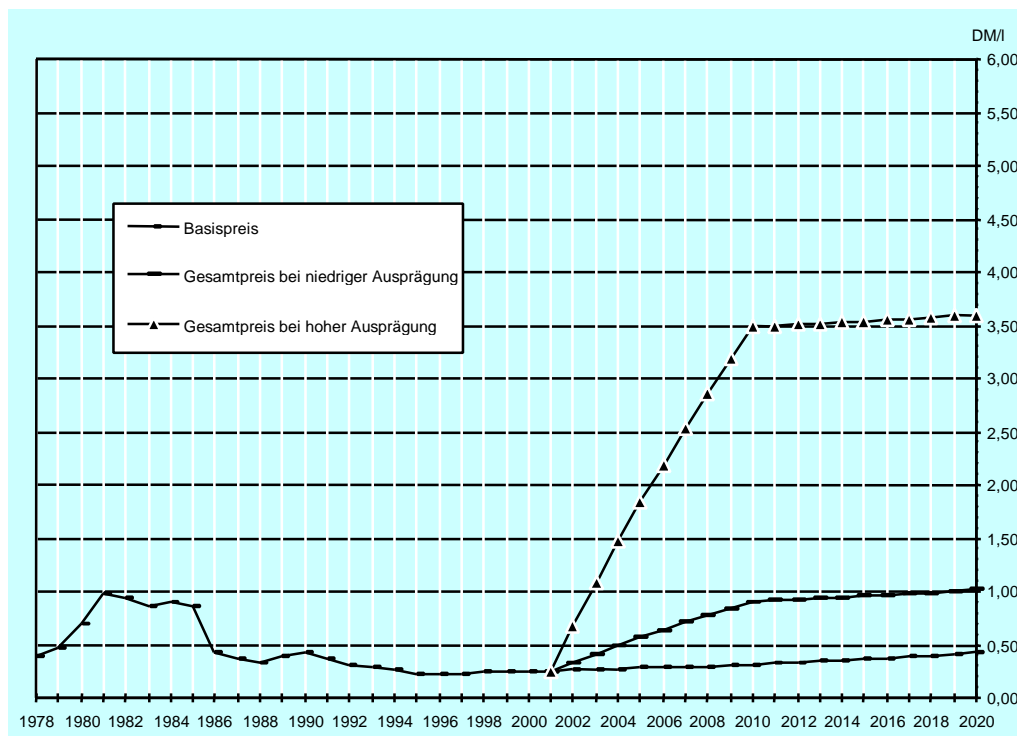


Abb. 4.4: Kerosinbasispreis und Preise einschließlich der Abgaben (real)



Nominal wird bei den niedrigen (hohen) Ausprägungen von Kerosinsteuer und Emissionsabgabe ein gegenüber dem Niveau des Kerosinpreises von 1985 um rund 80 %

(590 %) und um rund 140 % (760 %) höherer Gesamtpreis einschließlich dieser Abgaben im Jahr 2010 bzw. 2020 erreicht.

Real bewirken die niedrigen (hohen) Ausprägungen von Kerosinsteuer und Emissionsabgabe einen gegenüber 1985 um rund 5 % (307 %) und um rund 18 % (319 %) höheren Gesamtpreis im Jahr 2010 bzw. 2020.

Soft-Policies

Soft Policies entsprechen dem umweltpolitischen Kooperationsprinzip. Dies soll durch die freiwillige und breite Beteiligung der relevanten Akteure u.a. Wirkungen ermöglichen, die ansonsten keine politische Mehrheit fänden. Soft-Policies können auch die Akzeptanz von Maßnahmen mit größerer Eingriffsintensität verbessern. Innerhalb der Soft-Policies ist zu unterscheiden zwischen freiwilligen Vereinbarungen und Public-Awareness-Maßnahmen.

Selbstverpflichtungserklärungen der Luftverkehrsunternehmen könnten die Bereitschaft erhöhen, den Luftverkehr anbieterseitig stärker nach ökologischen Gesichtspunkten zu optimieren. Dieses Eigeninteresse ist zwar - wie Umweltberichte einzelner Luftverkehrsunternehmen zeigen - z. T. durchaus vorhanden, bedarf jedoch der branchenweiten Stärkung. Bei der Festlegung von freiwilligen Vereinbarungen wäre darauf zu achten, dass bestimmte Voraussetzungen wie die stringente Festlegung und Quantifizierung von Zielen, eine rechtliche Bindung sowie das Monitoring von Entwicklungen und die Sanktionierung von Zielverfehlungen gewährleistet werden.

Grundsätzlich wird auch von den Autoren dieser Studie den Selbstverpflichtungserklärungen ein hoher Stellenwert beigemessen. Die Vielzahl der einzubindenden Akteure - wie Triebwerks- und Flugzeughersteller, Luftverkehrsgesellschaften, Flughäfen, Flugsicherung - erschwert jedoch die Umsetzung.

Informationen zu den Auswirkungen des Fliegens (Public-Awareness-Maßnahmen) können einen Beitrag zur Aufklärung und Bewußtseinsbildung leisten. Im Bereich des Tourismus beschränkt sich dies bisher meist auf Umweltauswirkungen am Reiseziel, das Thema Verkehr allgemein und Luftverkehr im besonderen spielt bislang eine unbedeutende Rolle. Denkbar wäre, dass gemeinsam mit Umweitverbänden und öffentlichen Meinungsträgern (BMU, Tourismusverbänden, Freizeitindustrie) eine abgestimmte Strategie entwickelt wird, um Informationen über die Umweltauswirkungen des Fliegens zu vermitteln. So wäre eine Bilanzierung des Reisens im Hinblick auf Energieverbrauch und Emissionen von Bedeutung und könnte etwa durch Angabe der CO₂-Mengen für die jeweilige Reise und die Bezugnahme auf individuelle Emissionsbudgets erfolgen. Denkbar ist in diesem Zusammenhang

auch eine Kennzeichnungspflicht von Tickets und Gütern hinsichtlich der wichtigsten Emissionen.

Einführungsraum und rechtliche Würdigung

Es wurde angenommen, dass sämtliche Maßnahmen europaweit eingeführt werden. Die rechtliche Umsetzbarkeit wurde im Hinblick auf die Vereinbarkeit mit deutschem Verfassungsrecht, mit europäischem Gemeinschaftsrecht und mit internationalem Recht geprüft.³

Gegen die Einführung einer Kerosinsteuer in Deutschland (als überörtliche Verbrauchssteuer, die dem Bund zusteht) bestehen keine verfassungsrechtlichen Bedenken. Auch eine Emissionsabgabe wäre als Lenkungsabgabe unter finanzverfassungsrechtlichen Gesichtspunkten nicht zu beanstanden.

Bezüglich des EU-Rechts müsste die Richtlinie 92/81 EWG geändert werden, dann stünden einer Kerosinsteuer auf Flüge innerhalb des EU-Raumes keine rechtlichen Hindernisse mehr im Wege. Nach einem Urteil des EuGH vom 10. Juni 1999 zur schwedischen Emissionsabgabe auf inländische Flüge gilt dies auch für die Emissionsabgabe. Alternativ zur Änderung der Richtlinie 92/81 wären auch eine vom Kerosinverbrauch losgelöste Ausgestaltung der Abgabe und ggf. die Anstrengung eines neuen Verfahrens möglich.

International wären sowohl die Kerosinsteuer als auch die Emissionsabgabe mit dem Chicagoer Abkommen vereinbar. Bei einer Kerosinsteuer müssten jedoch eine Fülle bilateraler Luftverkehrsabkommen geändert werden.

6 Wirkung der Einzelmaßnahmen und des Maßnahmenbündels

Betrachtet werden alternativ:

- Eine moderate Kerosinsteuer, die in der Höhe der durchschnittlichen Mineralölsteuer auf Dieseltreibstoff entspricht. Sie wird 2002 europaweit mit 0,08 DM/l eingeführt und steigt bis 2010 jährlich um diesen Betrag, so dass sich für 2010 ein realer Kerosinpreis von 0,90 DM/l ergibt. Danach ist nur noch eine minimale Steigerungsrate vorgesehen, im Prognosejahr 2020 liegt der durchschnittliche Literpreis bei 1,01 DM real.
- Die Einführung einer moderaten Emissionsabgabe, die nicht nur den LTO-Zyklus, sondern auch den gesamten Reiseflug der Flugstrecke bis zur Landung in Europa

³ Zur rechtlichen Argumentation im Detail wird auf den Schlußbericht verwiesen, hier können nur die zusammenfassenden Ergebnisse wiedergegeben werden.

einbezieht und gleichermaßen auf den CO₂- und den NO_x-Ausstoß erhoben wird. In 2010 beträgt der Satz 0,11 DM je kg CO₂ und 26,8 DM je kg NO_x.

- Eine hohe Kerosinsteuer lässt den Literpreis für in Europa getankten Flugkraftstoff von 2002 bis 2010 auf real 3,50 DM je Liter ansteigen.
- Eine hohe Emissionsabgabe auf den CO₂- und NO_x-Ausstoß, die in ihrer Höhe den Belastungen aus der hohen Kerosinsteuer entspricht (0,63 DM je kg CO₂ und 0,15 DM je g NO_x.in 2010).
- Das Maßnahmenbündel, das sowohl die Einführung der hohen Emissionsabgabe als auch der Kerosinsteuer in der niedrigen Variante im Zeitraum 2002 bis 2010 unterstellt.

Allen Maßnahmen ist gemeinsam, dass die gesamte Flugstrecke in und außerhalb Europas berücksichtigt wird, sei es beim Tanken, also vor dem Start in Europa, oder bei der Abgabenerhebung, also bei der Landung. Die Maßnahmen treffen alle Fluggesellschaften im Verkehr mit Europa, nicht nur die europäischen Gesellschaften. Weiter wird angenommen, dass über entsprechende bilaterale Abkommen die Einführung im gesamten Europa gewährleistet ist, in der Europäischen Union und in den benachbarten europäischen Ländern (z.B. auch in Polen und der Schweiz). Nur so können Ausweichreaktionen der Passagiere und Fluggesellschaften weitgehend vermieden werden.

Im innerdeutschen Verkehr zeigen die Modellrechnungen, dass bis zum Jahr 2010 die Preise im Trend um 10 Prozent sinken werden, bis 2020 durch interne weitere Rationalisierungen bei den Fluggesellschaften sogar um 15 Prozent. Die Einführung der moderaten Kerosinsteuer sorgt lediglich dafür, dass das Preisniveau von rund 1995 gehalten wird. Damit ergibt sich, dass keine große Verlagerungswirkung des innerdeutschen Luftverkehrs auf die Schiene durch eine moderate Kerosinsteuer zu erwarten ist. Gleiches gilt für die moderate Emissionsabgabe. Bei den hohen Maßnahmeausprägungen und dem Maßnahmenbündel würde sich das innerdeutsche „Durchschnittsticket“ von 327 DM auf bis zu 546 DM (Hin- und Rückflug) verteuern. Da der Geschäftsverkehr mit niedriger Preiselastizität überwiegt, ist der Nachfrageeffekt auch hier gering, das Wachstum wäre maximal 15 % niedriger als im Trend.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für den westeuropäischen Linienverkehr. Die Auslastung der Flugzeuge in diesem Marktsegment ist derzeit noch niedriger als im innerdeutschen Verkehr. Die prognostizierte Zunahme der Passagierzahlen und eine höhere Kooperation der Gesellschaften wird im Trend eine deutliche Erhöhung der Auslastung und damit eine Verringerung der Kosten und des spezifischen Verbrauchs bewirken. So sinkt der Preis für ein Durchschnittsticket von 1000 DM in 1995 auf 865 DM in 2010 im Trend. Durch die Maßnahmen wird diese Entwicklung umgekehrt, der Ticketpreis steigt auf über 1700 DM

(Maßnahmenbündel). Damit wird das Verkehrswachstum zwar um rd. 25 % abgeschwächt, bezogen auf 1995 ergibt sich selbst beim Maßnahmenbündel bis 2010 doch eine Passagierzunahme um mehr als die Hälfte, bis 2020 mehr als eine Verdoppelung.

Die stärksten Veränderungen sind im europäischen Ferienverkehr zu erwarten. Durch hohe Auslastung und z.T. enge Bestuhlung sind die Ferienflieger bereits im Analysejahr mit 4,4 l/100 Pkm vergleichsweise niedrig im Verbrauch. Damit sind die Möglichkeiten der Internalisierung der Preissteigerungen für die Fluggesellschaften gering. Zudem sind Urlaubsreisende im Vergleich zu Geschäftsreisenden preissensibler, so dass das Aufkommen bei den Maßnahmen mit deutlicher Verteuerung nicht um 2/3 zunimmt, sondern bei dem Wert von 1995 (rd. 15 Mill.) bis 2020 stagniert.

Noch stärker steigen die Flugpreise auf den Langstrecken. Zwar wird, mit Ausnahme des Maßnahmenbündels, nur eine Flugrichtung verteuert, aber die auf diesen Relationen hohen Verbrauchsmengen bzw. emittierten Schadstoffe wirken sich aus. Das Durchschnittsticket steigt in den hohen Maßnahmevarianten im Preis von 2200 - 2400 DM auf 2700 (7000 km Flugstrecke) bis 4400 DM (10000 km Langstrecke). Dennoch wird hierdurch die im Trend erwartete Verdoppelung der Fluggastzahlen bis 2010 nur auf eine Zunahme um drei Viertel reduziert.

Die Einführung der moderaten Kerosinsteuer sorgt in allen Teilmärkten lediglich dafür, dass das Preisniveau von 1995 gehalten wird. Im europäischen Linienverkehr werden die Preise trotz Einführung einer moderaten Kerosinsteuer sogar sinken. Lediglich auf den Langstrecken steigen die Ticketpreise wegen des hohen Anteils der Treibstoffkosten am gesamten Flug um etwa fünf Prozent, ebenso im Charterverkehr. Insgesamt wird sich bei Einführung der moderaten Kerosinsteuer, d.h. einer Steuer in Höhe des Satzes für Dieseltreibstoff, das Verkehrsaufkommen im Luftverkehr nur um fünf Prozent gegenüber dem Trend verringern. Damit wird der Treibstoffverbrauch und damit der CO₂ Ausstoß um 60 Prozent gegenüber 1995 zunehmen; in 2020 wird auch bei Einführung dieser Maßnahme der CO₂ Ausstoß des Luftverkehrs doppelt so hoch sein wie 1995.

Dagegen sind bei der hohen Kerosinsteuer nach der Modellrechnung durchaus bis 2010 Erfolge bei der Drosselung des Zuwachses der CO₂-Emissionen zu erwarten. Wegen des zu erwartenden Tankerings sind diese Modellergebnisse jedoch zu verwerfen. Statt des Einsatzes neuen, verbrauchsarmen Fluggeräts, wie im Modell unterstellt, würden Langstreckenmaschinen eingesetzt, die mit ihrem hohen Tankvolumen im Rahmen des zulässigen Landegewichts erhebliche Mengen steuerfreien Kerosins importieren könnten. Aus diesem Grund ist nach den getroffenen Annahmen die europäische Einführung einer Kerosinsteuer nur bis zu einem Satz von 0,60 – 0,70 DM je Liter sinnvoll.

Die Wirkung der moderaten Emissionsabgabe ähnelt der der niedrigen Kerosinsteuer. Verglichen mit dieser Maßnahme ist die erwartete Verringerung des spezifischen Verbrauchs

und der spezifischen Emissionen etwas höher, da die Mittel aus der Abgabe nach den Szenariovorgaben zweckgebunden eingesetzt werden. Dies mindert wiederum den Preisanstieg bei den Tickets, so dass die aufkommensreduzierende Wirkung geringer ausfällt, als bei der Steuer. Insgesamt ist der Effekt der Abgabe bezogen auf die Gesamtemissionen etwas höher als der der niedrigen Steuer.

Die höchste Wirkung unter den untersuchten Einzelmaßnahmen hat die hohe Emissionsabgabe. Für 2010 wird die Zielvorgabe, den CO₂-Ausstoß gegenüber 1995 nicht weiter ansteigen zu lassen, fast erreicht. Von 2010 bis 2020 wird dann aber das Verkehrsaufkommen parallel zur Trend-Entwicklung zunehmen. Neues Fluggerät und technisch-organisatorischen Maßnahmen führen in diesem Zeitraum zu weiter sinkendem spezifischem Verbrauch. Damit sinken die Preise, steigen die Verkehrszahlen und, wenn auch schwächer, die Gesamtemissionen.

Die Wirkung des Maßnahmenbündels wird überwiegend durch die der hohen Emissionsabgabe bestimmt. Auch bei der Bündelung der Maßnahmen wird die Verkehrsleistung bezogen auf 1995 bis 2010 um die Hälfte, bis 2020 um mehr als das Doppelte zunehmen. Kerosinverbrauch und CO₂-Ausstoß steigen dagegen nur um 10 bzw. 35 %.

Insgesamt wird durch die Maßnahmen die Zunahme der Nachfrage im Luftverkehr nur abgeschwächt werden. Selbst beim Maßnahmenbündel wird die Personenverkehrsleistung 2010 um die Hälfte, 2020 um mehr als das Doppelte höher sein als 1995. Noch stärker wird die Luftfracht zunehmen, die Tonnenkilometer verdreifachen sich bis 2020 nahezu, selbst unter den starken Restriktionen des Maßnahmenbündels. Dies hat im wesentlichen zwei Ursachen: Die starke Zunahme im Trend (z.B. Anstieg der Tonnenkilometer um das Vierfache) kann nur abgeschwächt werden. Da es vielfach zum Lufttransport bei vorgegebenen Relationen keine Alternative gibt, ist die Reaktion der Kunden (Preiselastizität) nur schwach ausgeprägt. So wachsen die Verkehre auf den Fernstrecken überproportional, lediglich auf den Urlauber-Relationen nach Südeuropa wäre unter den Prämissen des Maßnahmenbündels ein leichter Rückgang der Urlauberzahlen im Vergleich zu 1995 zu verzeichnen. Der zweite Grund liegt darin, dass die preissteigernde Wirkung der Maßnahmen durch Auffangreaktionen, vor allem durch eine über den Trend hinausgehende Reduzierung des spezifischen Verbrauchs je Tonne Nutzlast gedämpft wird. Im Saldo ergibt sich für den Treibstoffverbrauch und damit den CO₂-Ausstoß bis 2010 eine Entkoppelung zur Nachfrageentwicklung: 2010 wird fast der Verbrauchswert von 1995 erreicht. Dabei ist die Wirkung vor allem auf die hohe Emissionsabgabe zurückzuführen. Nach 2010 ergibt sich dann wieder eine Zunahme des Verbrauchs. Da keine weiteren Preissignale gesetzt werden, führen Einsparungen im spezifischen Verbrauch wieder zu sinkenden Preisen und stärkerem Nachfragezuwachs.

Wie Verbrauchsminderung Änderungen bei Emissionen überwiegend durch anderes Fluggerät und bessere Auslastung bestimmt

Tabelle 6: Kraftstoffverbrauch und Emissionen nach Einführung des Maßnahmenbündels 2020 (Standortprinzip)

	Absolut			Spezifisch	
	Kraftstoff	CO ₂	NOx	NOx	Kraftst.
	t	t	t	g/kg Kraftst.	l/100 Pkm
Innerdeutsch	536.025	1.688.477	6.061	11,3	7,5
Westeuropa	538.626	1.696.673	5.847	10,9	6,8
Südeuropa	703.570	2.216.245	7.490	10,6	2,9
Osteuropa	312.087	983.074	3.055	9,8	3,5
Nordamerika	1.985.186	6.253.335	27.030	13,6	3,8
Mittelamerika	469.192	1.477.955	4.998	10,7	3,2
Südamerika	321.707	1.013.378	4.089	12,7	3,4
Afrika	447.563	1.409.824	5.264	11,8	3,5
Nahost	178.524	562.350	2.238	12,5	4,1
Asien und übrige	2.607.963	8.215.084	28.966	11,1	4,7
Gesamt	8.100.443	25.516.396	95.036	11,7	4,1

7 Fazit

Die im Rahmen dieses Gutachtens untersuchten Maßnahmen zur Reduzierung der Luftschadstoffe sollen primär nicht die Luftverkehrsnachfrage unterdrücken, sondern dem Luftverkehrsnutzer (Nachfrager) klarmachen, dass er Umweltressourcen verbraucht, die ihren Preis haben, und andererseits in der Luftverkehrsindustrie (Airlines, Flugzeughersteller, Flughäfen, Flugsicherung) Anreize dafür schaffen, dass hinsichtlich des Kerosinverbrauches und der Emissionen effizienteres Fluggerät hergestellt, gekauft und genutzt wird und das Verhalten und die organisatorischen Abläufe insgesamt umweltschonender gestaltet werden. Die Maßnahmen haben selbstverständlich auch Nachfragewirkungen und Effekte auf die Flugbewegungen; diese sind jedoch immer indirekter Natur und stellen sich auf mittlere Sicht über erhöhte Ticketpreise erst nach einer Reaktionskette aller übrigen im Luftverkehr tätigen Akteure ein.

Die ökonomischen Auswirkungen von Kerosinsteuern und Emissionsabgaben auf den Luftverkehrsmarkt hinsichtlich Umsatz, Beschäftigung und Wettbewerbsposition - bei Fluggeräteherstellern, Airlines und Flughäfen - sind schwer einzuschätzen. Die hier unterstellte

europaweite Einführung dürfte kurzfristig die Position der europäischen Luftverkehrsgesellschaften gegenüber den nicht-europäischen etwas verschlechtern. Mittel- und langfristig sind durch Energieeinsparungen jedoch wieder größere Kostensenkungen möglich.

Die Maßnahmen werden zwar auf europäische wie außereuropäische Gesellschaften gleichermaßen angewandt, die Reaktionsmöglichkeiten von nichteuropäischen Gesellschaften (etwa Quersubventionierung des Europaverkehrs aus dem Heimatmarktgeschäft) sind jedoch wesentlich größer. So dürften die Kosten und die Gewinne der europäischen Airlines kurzfristig stärker steigen bzw. schrumpfen als die der nicht-europäischen Gesellschaften. Letztere wiederum kommen zudem mittel- und langfristig in den Genuß kostenloser "free-rider-effects" (Mitnahmeeffekte), indem sie von der Herstellung energieeffizienteren Fluggeräts (in Europa) profitieren. Allerdings wäre dann aus Wettbewerbsgründen z.B. auch die US-amerikanische Flugzeugindustrie gezwungen, verstärkt verbrauchsgünstigeres Fluggerät herzustellen und anzubieten. Eine zunächst nur auf Europa begrenzte Einführung einer Kerosinsteuer und/oder einer Emissionsabgabe würde sich längerfristig und allmählich somit auf den gesamten Weltluftverkehr auswirken.

Das hohe finanzielle Aufkommen aus Abgaben und/oder Steuern könnte, zumindest befristet, zu einem Teil zur Verminderung der Übergangsschwierigkeiten eingesetzt werden.. Im Szenario "Maßnahmenbündel" ergibt sich für Deutschland in 2002 ein Aufkommen von 0,6 Mrd. DM aus der Emissionsabgabe und 0,6 Mrd. DM aus der Kerosinsteuer, das bis 2010 auf 20 Mrd. DM für die Emissionsabgabe bzw. 4 Mrd. DM aus der Kerosinsteuer (real zu Preisen von 2000) ansteigt. Innerhalb der gesamten EU dürfte Jahr für Jahr ein mehrfacher Betrag davon zur Verfügung stehen, der entsprechend verteilt werden könnte.

Tabelle 7: Vergleich der Maßnahmewirkung (Abgrenzung Standortprinzip)

	1995	2010	2020	1995 = 100	
				2010	2020
Passagiere in Mio.					
Basis	50,2				
Trend		86,1	112,6	171	224
Einzelmaßnahmen					
mod.Kerosinsteuer		81,1	106,7	161	212
hohe Kerosinsteuer 1)		65,1	89,6	130	178
moderate Emissionsabg.		81,3	106,9	162	213
hohe Emissionsabgabe		65,3	89,8	130	179
Maßnahmen- bündel		64,5	88,7	128	177
Personenkilometer in Mrd.					
Basis	112,0				
Trend		218,2	307,2	195	274
Einzelmaßnahmen					
mod.Kerosinsteuer		206,1	293,0	184	262
hohe Kerosinsteuer 1)		170,3	249,6	152	223
moderate Emissionsabg.		206,7	293,9	185	263
hohe Emissionsabgabe		170,6	250,1	152	223
Maßnahmen- bündel		168,7	247,1	151	221
Fracht Mio. t					
Basis	0,788				
Trend		1,786	3,000	227	381
Einzelmaßnahmen					
mod.Kerosinsteuer		1,662	2,826	211	359
hohe Kerosinsteuer 1)		1,216	2,138	154	271
moderate Emissionsabg.		1,669	2,838	212	360
hohe Emissionsabgabe		1,223	2,151	155	273
Maßnahmen- bündel		1,208	2,117	153	269
Fracht Mrd. tkm					
Basis	4,444				
Trend		10,393	17,742	234	399
Einzelmaßnahmen					
mod.Kerosinsteuer		9,783	16,894	220	380
hohe Kerosinsteuer 1)		7,345	13,158	165	296
moderate Emissionsabg.		9,821	16,963	221	382
hohe Emissionsabgabe		7,368	13,205	166	297
Maßnahmen- bündel		7,217	12,918	162	291
1) Modellergebnisse unter der Prämisse, dass kein Tankering stattfindet					
Quelle: Berechnungen des DIW.					

Tabelle 7: Fortsetzung

	1995	2010	2020	1995 = 100	
				2010	2020
Verbrauch tsd. t					
Basis	5.892				
Trend		10.080	12.775	171	217
Einzelmaßnahmen					
mod. Kerosinsteuer		8.625	11.874	146	202
hohe Kerosinsteuer 1)		6.693	8.833	113	150
moderate Emissionsabg.		8.555	11.767	145	200
hohe Emissionsabgabe		6.622	8.975	112	152
Maßnahmen- bündel		6.174	8.100	105	137
CO₂-Emissionen in tsd. t					
Basis	18.560				
Trend			40.242		217
Einzelmaßnahmen					
hohe Kerosinsteuer 1)			27.824		150
hohe Emissionsabgabe			28.270		152
Maßnahmen- bündel			25.516		137
NO_x-Emissionen in tsd. t					
Basis	75.057				
Trend			155.648		207
Einzelmaßnahmen					
hohe Kerosinsteuer 1)			108.656		145
hohe Emissionsabgabe			106.898		142
Maßnahmen- bündel			95.036		127
1) Modellergebnisse unter der Prämisse, dass kein Tankering stattfindet					
Quelle: Berechnungen des DIW und TÜV Rheinland.					

Durch die Anreize zur Entwicklung verbrauchsgünstigeren Fluggeräts und zur Umrüstung vorhandener Maschinen ergeben sich für die Luftfahrtindustrie positive zusätzliche Nachfrageeffekte. Durch den Einsatz eines Teils der eingenommenen Beträge für Umrüstung und Förderung der technischen Entwicklung könnten diese Reaktionen verstärkt werden. Die Luftfahrtindustrie würde durch die Maßnahmen, im Gegensatz zu den Fluggesellschaften, also eher Wettbewerbsvorteile erhalten.

Eine wirtschaftliche Beeinträchtigung des Standorts Deutschland ist durch die Maßnahmen kaum zu befürchten. Geschäftsreisen werden für die Unternehmen bei einer Verteuerung zwischen 700 DM (Innereuropäisch, Nordatlantik) und 2000 DM (Fernost und Australien) für den Hin- und Rückflug als Betriebsausgaben tragbar bleiben. Da der Urlaub nach wie vor einen hohen Stellenwert besitzt, werden Privatreisende einen Teil der zusätzlichen Flugkosten durch kürzere Hotelaufenthalte, weniger Nebenausgaben und Konsumverzicht an anderer Stelle auffangen. Gleichwohl ist bei Urlaubsreisen in den Mittelmeerraum, die sich um bis zu 500 DM pro Person verteuern, die höchste Nachfragereaktion zu erwarten. Dies hat entsprechende Auswirkungen auf das Tourismusgewerbe: Statt der im Trend

prognostizierten Zunahme auf 21 Mill. Flugreisende in diesem Marktsegment wird die Nachfrage bei 14 - 15 Mill. Passagieren stagnieren.

Da die Maßnahmen schrittweise eingeführt werden, dürften auch die negativen indirekten ökonomischen Effekte auf den internationalen Handel und die internationale Geschäftstätigkeit sowie den Tourismus (traditionelle Ferienreiseländer innerhalb und außerhalb Europas) wesentlich geringer sein als es bei einer abrupten Einführung zu erwarten wäre, zumal der im Trend erwartete Nachfrageanstieg nach Luftverkehrsleistungen lediglich gedämpft wird. Die Luftverkehrsnachfrage liegt 2020 noch immer deutlich über dem heutigen Niveau. Gleichwohl sind zunächst kurzfristig geringe negative ökonomische Rückwirkungen nicht auszuschließen. Sie dürften vor allem bei jenen Ländern eintreten, deren Abhängigkeit vom internationalen Handel und vom Tourismus vergleichsweise hoch ist. Dies gilt besonders in Relation zu jenen Ländern oder Regionen, die solche Gebühren/Steuern nicht erheben (wie Nordamerika und Asien). Die strukturellen Verwerfungen sind jedoch als marginal einzustufen, da alle von Europa abgehenden Routen von den hier untersuchten preislichen Maßnahmen betroffen sind. Langfristig dürften sich die negativen ökonomischen Effekte durch die besprochenen Kompensationspotentiale ("energy savings") ohnehin erheblich abschwächen.

Wünschenswert wäre natürlich die weltweite Einführung von Gebühren und Steuern sowohl hinsichtlich des Ziels der größtmöglichen Reduktion der Luftschadstoffe als auch hinsichtlich des Ziels, die negativen ökonomischen Auswirkungen der hier untersuchten Maßnahmen möglichst gering zu halten.

Die weltweite Einführung von Steuern und Abgaben auf Treibstoffe und Emissionen, die zweifellos die größten Auswirkungen hinsichtlich der Senkung des Treibstoffverbrauchs und der klimaschädigenden Emissionen hätte, ist bisher an der starren Haltung der ICAO gescheitert. Die ICAO ist nur dann für eine Abgabe auf Kerosin,

- wenn die Einnahmen daraus wieder voll in den Luftverkehrsmarkt zurückfließen, die Abgaben somit keinen fiskalpolitischen Zielen dienen;
- wenn die Abgaben keine Wettbewerbsverzerrungen gegenüber anderen Verkehrsträgern schaffen;
- wenn der Einsatz der bestehenden Luftfahrtflotte nicht gefährdet ist und
- wenn die Abgaben kostenbezogen sind.

Obwohl diese ICAO-Voraussetzungen in dieser Untersuchung größtenteils erfüllt sind, dürften vorerst nur geringe Chancen auf eine weltweite Einführung von Umweltabgaben /-steuern bestehen.

Aus diesem Grunde wurde in dieser Untersuchung Europa als Referenzgebiet gewählt, wobei implizit natürlich erwartet wird, dass sie bei Erfolg auch von anderen außer-europäischen Ländern übernommen werden. Auch aus Gründen des "Image" ihrer eigenen Luftverkehrsindustrie dürften sich jene Länder den Maßnahmen, die die Umwelteffizienz des Luftverkehrs insgesamt spürbar verbessern, langfristig nicht entziehen können.