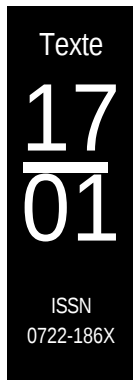


UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT
- Luftreinhaltung -

Forschungsbericht 205 06 085 (alt), neu: 295 45 085
UBA-FB 000161



Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Flugverkehrs

von

Josef Brosthaus, Joachim Schneider, Klaus-Siegfried Sonnborn,
Gerd Weyrauther (Projektleiter)

TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH (TSU)

Dr. Rainer Hopf, Hartmut Kuhfeld, Martin Schmied

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW)

Ady Köhn, Barbara Limprecht, Andreas Pastowski,
Dr. Rudolf Petersen, Dr. Karl Otto Schallaböck

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WI)

Prof. Dr. Gerd Winter

Forschungsstelle für Europäisches Umweltrecht an der
Universität Bremen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Flugverkehrs

F + E - Vorhaben 105 06 085

- Kurzfassung -

im Auftrag des Umweltbundesamtes

**TÜV Rheinland/
Berlin-Brandenburg**



TÜV

**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.

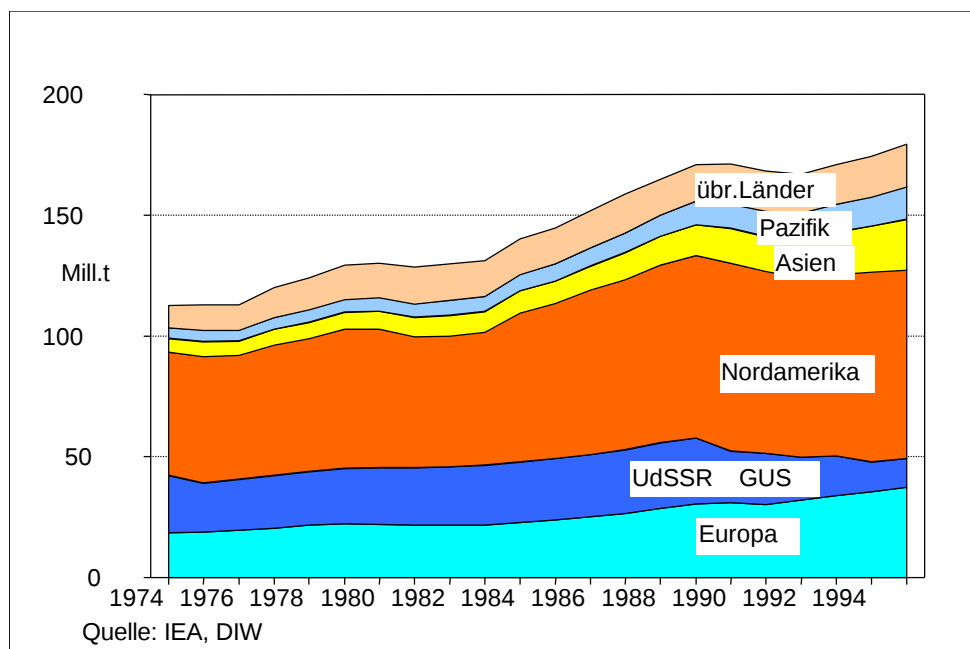
- Territorialprinzip (oder Inlandsprinzip): Berücksichtigt werden die Verkehrsleistungen über dem Territorium eines Landes. Grenzüberschreitende Flüge werden somit nur bis zur Landesgrenze berücksichtigt. Wegen fehlender Daten sind in den entsprechenden Statistiken des Statistischen Bundesamtes jedoch 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

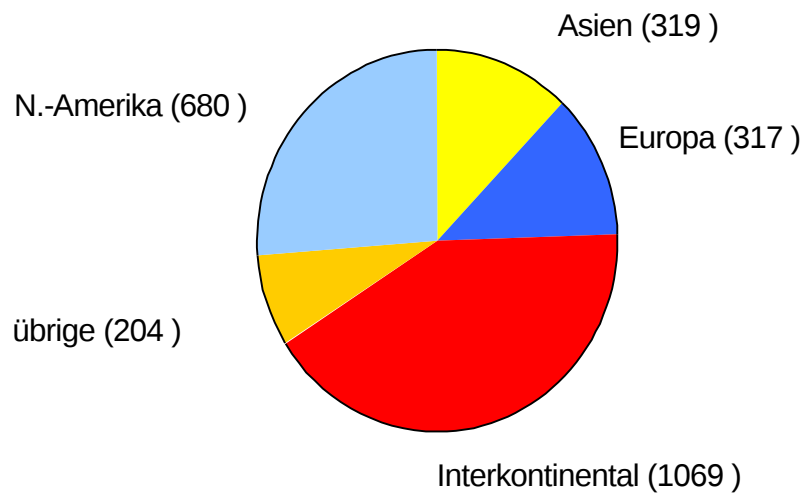
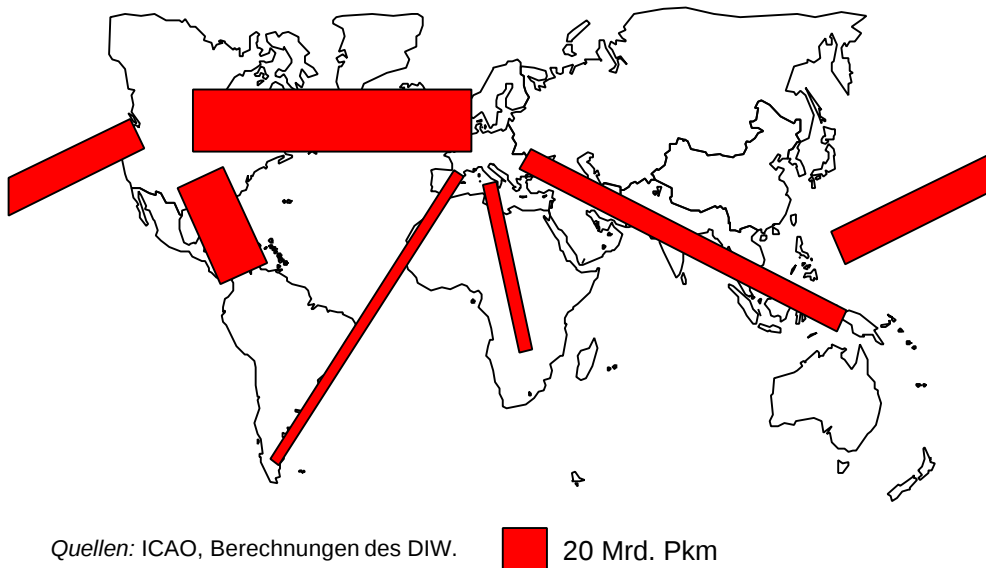


Abb. 3: Passagiere im Interkontinentalverkehr 1995



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					Treib- stoffver- brauch
	Starts gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾			Luft- fracht- verkehr ²⁾	Flug-km gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾			Luft- Fracht- verkehr ²⁾	
	Tsd.	Geschäft + Dienst Mill.	Privat Mill.	Gesamt Mill.	1000 t	Mill. km	Geschäft + Dienst Mrd. Pkm	Privat Mrd. Pkm	Gesamt Mrd. Pkm	Mrd. tkm	
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 Turbopan- und Turbopropantrieb und deren typische Triebwerkspaarungen ermittelt. Je Modell/Triebwerkspaarung werden dann für die Flugzeuge mit Strahlantrieb 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

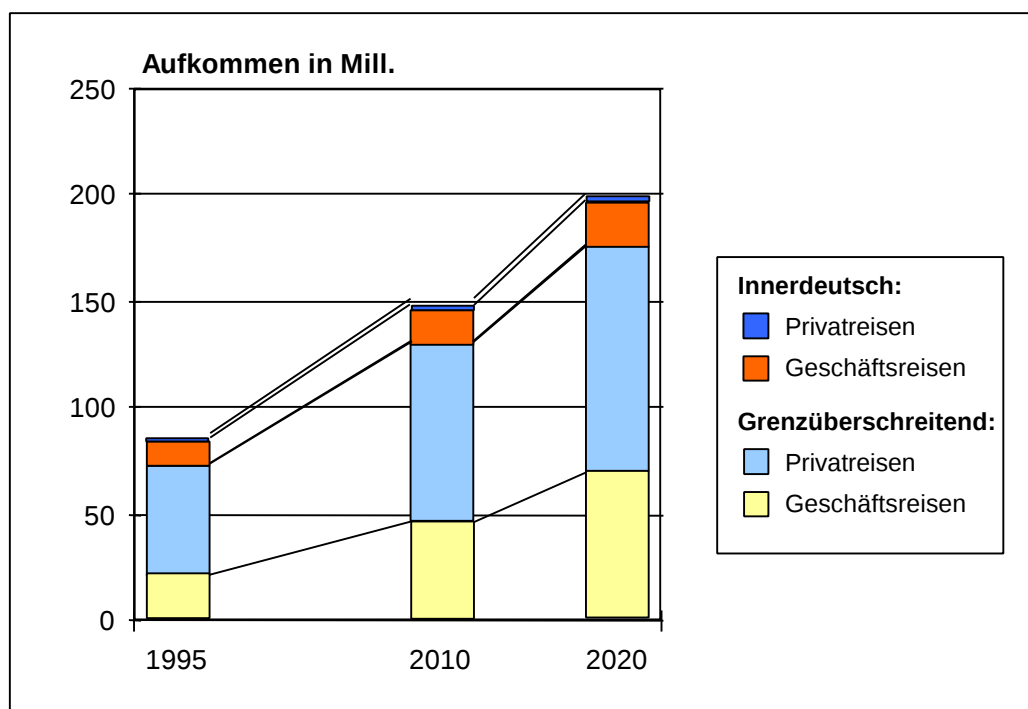
Die Trendprognose des Luftverkehrs war kein eigenständiges Ziel dieser Untersuchung. Soweit als möglich wurden die vorliegende nationale und internationale Vorausschätzungen der Luftverkehrsnachfrage herangezogen und in diese Untersuchung integriert. Wichtigster Eckpfeiler der Trendprognose ist die Ende 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 Veränderungsraten 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 Vervierfachung 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-
	Starts	Passagierluftverkehr ¹⁾			Luft-	Flug-km	Passagierluftverkehr ¹⁾			Luft-	Stoffver- brauch
	gesamt	Geschäft + Dienst	Privat	Gesamt	fracht- verkehr ²⁾	gesamt	Geschäft + Dienst	Privat	Gesamt	fracht- verkehr ²⁾	
	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.

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 Analyisierte 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)

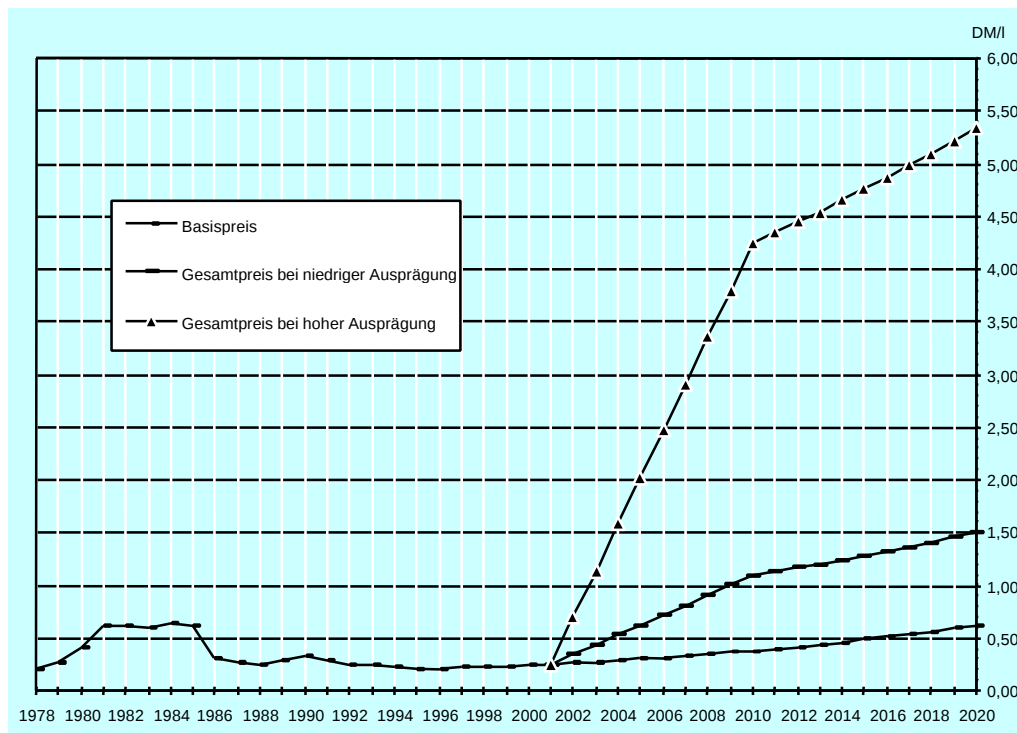
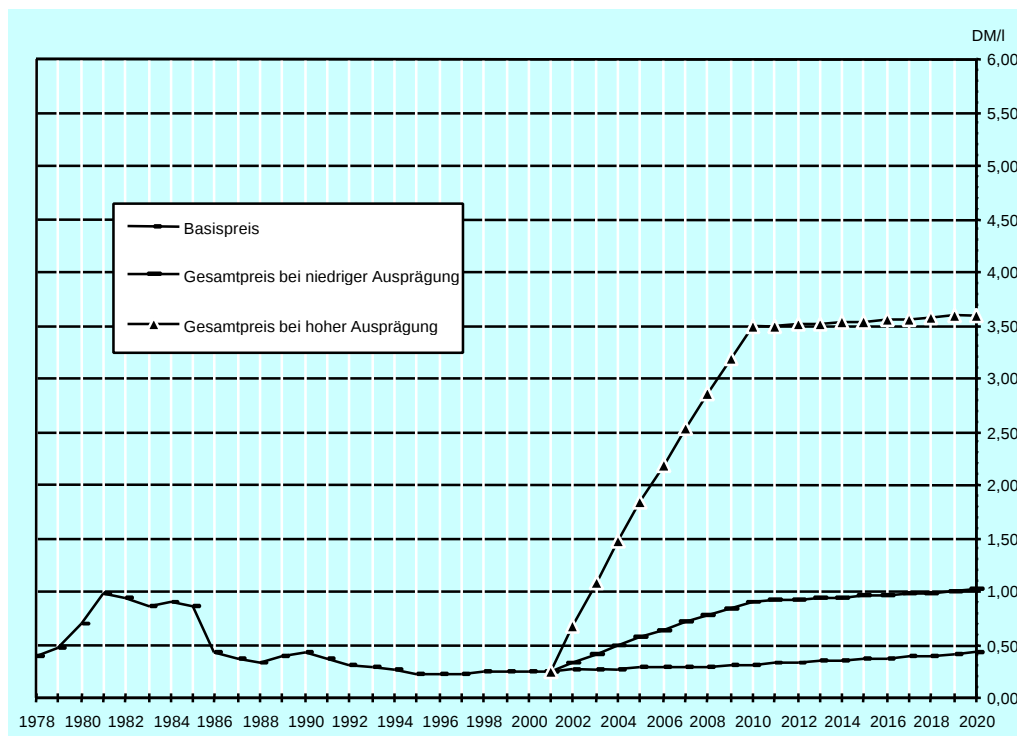


Abb. 4.4: Kerosinbasispreis und Preise einschließlich der Abgaben (real)



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 preisstigernde 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, Flugzeuggerätehersteller, 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	
Basis Trend Einzelmaßnahmen mod.Kerosinsteuer hohe Kerosinsteuer 1) moderate Emissiosabg. hohe Emissionsabgabe Maßnahmen- bündel	Verbrauch tsd. t					
	5.892	10.080	12.775	171	217	
		8.625	11.874	146	202	
		6.693	8.833	113	150	
		8.555	11.767	145	200	
		6.622	8.975	112	152	
		6.174	8.100	105	137	
	CO ₂ -Emissionen in tsd. t					
	18.560		40.242		217	
			27.824		150	
			28.270		152	
			25.516		137	
	NO _x -Emissionen in tsd. t					
	75.057		155.648		207	
			108.656		145	
			106.898		142	
			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.

Measures to Reduce Exhaust Emissions from Civil Air Traffic

R + D - Project 105 06 085

- Summary Report -

On Behalf of the Federal Environmental Agency (UBA)

**TÜV Rheinland/
Berlin-Brandenburg**



TÜV Rheinland Safety and Environmental Protection GmbH

51101 Cologne

(Project Management)

**DIW German Institute for
Economic Research**

14191 Berlin

**Science Centre
North Rhine-Westphalia**
Institute of Work
and Technology



Institute for Culture
Studies

**Wuppertal Institute for
Climate, Environment and
Energy**

42103 Wuppertal

Cologne, December 1999

CONTENTS

1	AIMS, FORMULATION OF TASKS	3
2	DEMARCATIION OF AIR TRAFFIC	
3	ANALYSIS	5
4	TREND FORECAST	9
5	ANALYSED MEASURES	12
6	EFFECTS OF THE INDIVIDUAL MEASURES AND THE PACKAGE OF MEASURES	16
7	CONCLUSIONS	20

1 Aims, Formulation of Tasks

The substantial technical changes which have taken place during the last few decades in air traffic, have enabled huge growth rates. Significant jumps in aeroplane development have led to aircraft with increasingly larger seating capacities as well as higher flight speeds and at the same time to sinking transport prices. Together with the growing available income of the population, holidays and flights have developed from a luxury to an affordable and wide-spread consumer good in the industrial societies.

The continuing stormy growth in air traffic will not only make the environmental problems which result from air traffic more critical but will also increase the capacity bottlenecks in the airways and in the airports (in Germany in particular Frankfurt, Düsseldorf and Munich).

A prime mover for the further increase in air traffic is its high economic importance, in particular for the strongly export-orientated German economy. Even when air traffic only contributes to a comparatively low extent to the national gross value added and also only generates relatively few jobs, it does have a high strategic importance for the national economy and the growth of the economy. World-wide flight connections enable quick and direct business contacts and guarantee a swift and smooth exchange of high-quality goods and services.

In view of the importance of air traffic it is all the more important to bring the economy and ecology into harmony with each other. Accordingly possibilities to reduce the negative consequential effects of air traffic (such as CO₂, NO_x and noise) are being increasingly discussed at present at both a national and international level.

Due to the particular importance of the CO₂ and NO_x discharge at high altitudes and the associated relevance to the climate, at least the same climatic policy goals should apply to air traffic which were formulated by the joint Conference of the Secretaries of State for the Environment and for the Ministers of Transport of the Federal and Länder Governments (UMK/VMK), despite the lower absolute proportions of exhaust gases of the whole traffic sector. This means a reduction in the CO₂ and NO_x emissions of approx. 10 % by the year 2005 in comparison with the reference year 1987. By reason of the anticipated rate of increase in air traffic, the absolute proportion of aeroplane emissions in the next few decades will develop into a climatic policy-relevant quantity.

Due to the growth rates in the volume of traffic it is not to be expected that technical progress in aero-engine development will suffice to reduce or even to maintain the present level of overall emissions.

Therefore in this study non-technical measures to reduce the pollution emitted by civil air traffic will be considered with the aim of stabilising the CO₂- emissions from civil air traffic by the year 2020 at the level of the year 1995.

Three institutions have been involved in the project. TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH (TSU – TÜV Rheinland Safety and Environmental Protection GmbH) was responsible for the project management and carried out the consumption and emission calculations. The possible measures were defined, operationalised and qualitatively evaluated by the Wuppertal Institut (WI – Wuppertal Institute). The main emphasis of the task of the Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW – German Institute for Economic Research) lay in the examination of the development of demand including the quantitative measures. The compatibility of the proposed measures with German, European and international law was additionally evaluated by the Forschungsstelle für Europäisches Umweltrecht (Research Centre for European Environmental Law) at the University of Bremen.

Amongst other things this examination differs from comparable studies, which in particular have been carried out in the Netherlands and in Austria, in that with regard to achieving the objectives, measures have been considered which in part are highly drastic, irrespective of whether or not they can be politically enforced. Furthermore the fiscal measures examined here not only apply to the emissions, respectively the consumption, which occur over the national territory, but also include the whole flight. A calculation system is presented for Germany, defined under two delimitations according to the location and the territorial principle, which can serve as a model for the global national classification of the total emissions from air traffic, including routes over international waters and non-stop overflights.

2 Demarcation of Air Traffic

With regards to the classification of emissions from international traffic, no agreement has yet been reached since the Conference on Climate Change in Kyoto. In this examination air traffic is considered in two demarcations.

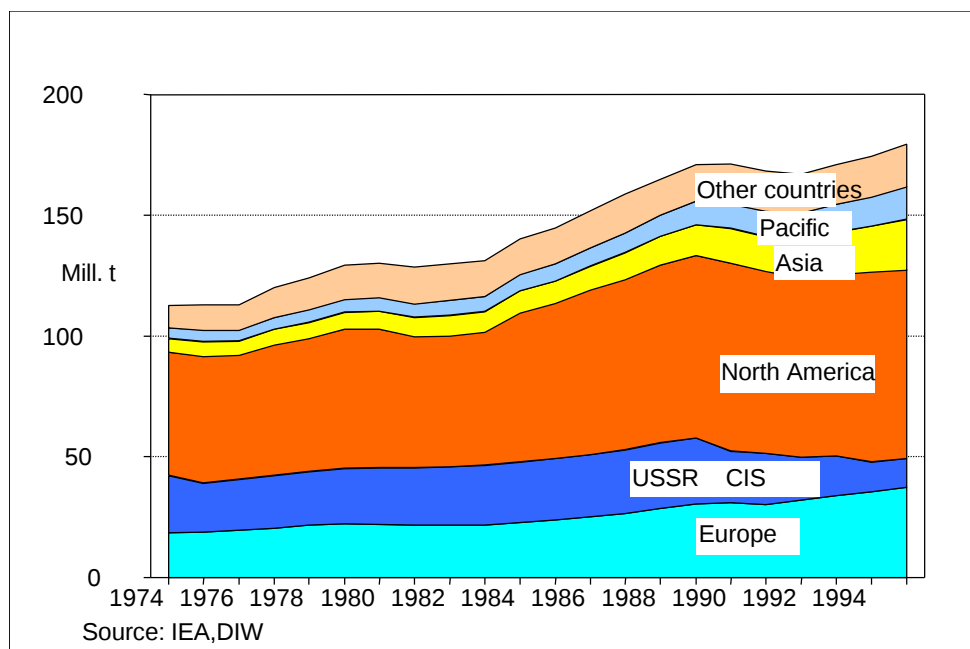
- Territorial principle (or domestic principle): This takes the traffic volume over the territory of a country into consideration. Transnational flights are consequently only considered up to the national border. Due to the lack of data however, flights which cross Germany without landing are not contained in the corresponding statistics of the Federal Statistical Office. A serious disadvantage of the territorial principle lies, for environment-related analyses, in the lack of consideration of traffic volume over international regions (e.g. the Atlantic).

- Extended location principle: The traffic volume of the aircraft passengers boarding at domestic airports, respectively the enplaned freight is counted up to the final destination airport. In most cases the first airport of disembarkation corresponds to the final destination.¹ Consequently the flight performances according to the location principle are to a large extent compatible with the quantities of fuel fuelled domestically. The resulting emissions can be attributed to the location.

3 Analysis

There are no official world-wide overall statistics on civil air traffic. The ICAO integration statistics only contain the traffic performances rendered by the companies of the ICAO-Member States in scheduled air traffic.

Fig. 1: World sales of aviation fuel



¹ According to the simple location principle only the traffic volume up to the route destination is incorporated. For international flights from Germany the traffic volume registered in accordance with the route destination lies only 10 % under the figure according to the extended location principle.

Fig. 2: Passenger air traffic according to regions 1995 in billion person kilometres

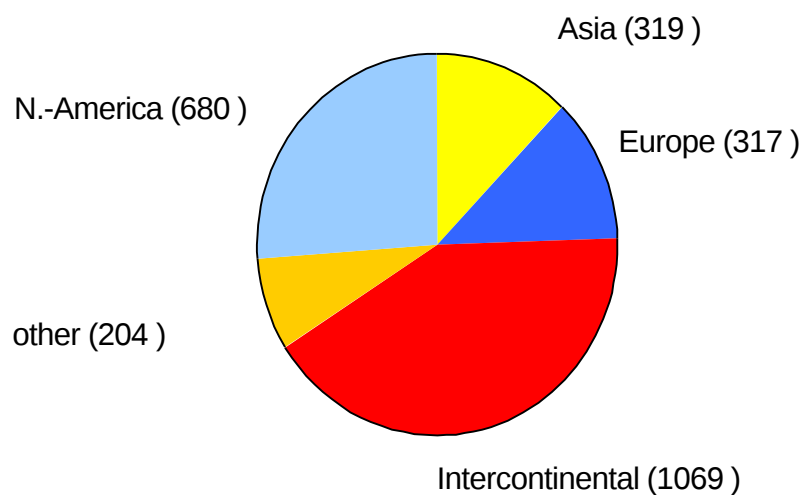
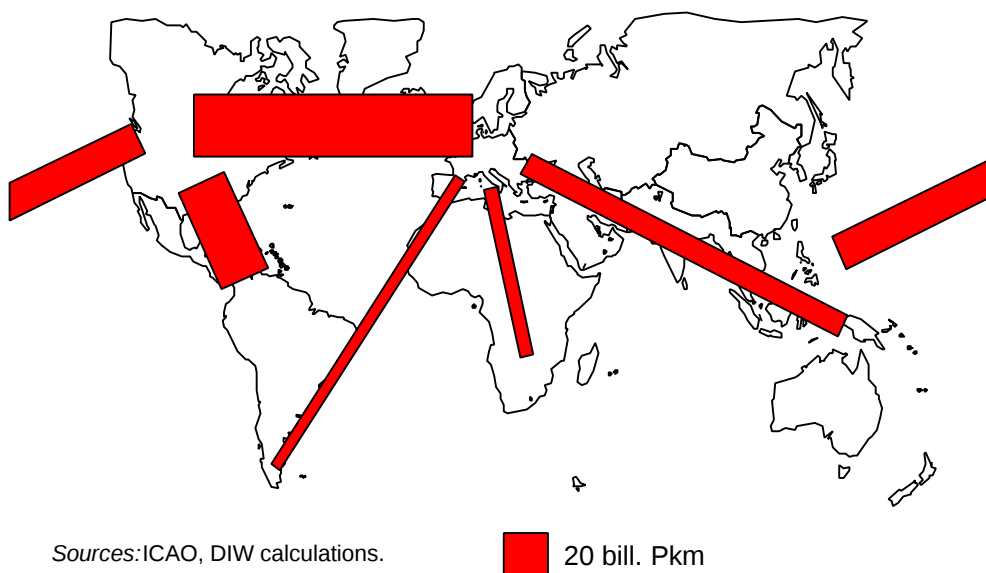


Fig. 3: Passengers in intercontinental traffic 1995



In the lower graph (intercontinental traffic) relations with less than 4 million passengers are not depicted. The length of the bars corresponds to the average distance, the width to the number of passengers.

Table 1: Energy consumption for civil air traffic³ and total energy consumption 1995

	Regional	Energy con-	Total		Air traffic share in		Per-Capita Consumption	
	share in air	sumption of	Final energy	Primary consumption	Final- energy	Primary consumption	Primary- energy	Air traffic
	traffic energy consumption	air traffic						
	%		Million toe ²⁾		%		Litre ³⁾	
Total	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
Former USSR	4.9	9.4	500	628	1.9	1.5	5128	76
Great Britain	4.3	8.2	156	222	5.3	3.7	4560	169
Germany	3.3	6.2	246	339	2.5	1.8	4993	91
France	2.6	4.9	159	241	3.1	2.0	4994	101
Canada	2.3	4.4	178	233	2.5	1.9	9503	179
Australia	2.0	3.7	66	94	5.7	3.9	6249	247
Spain	1.7	3.2	72	103	4.5	3.1	3134	98
Hong-Kong	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
Italy	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
The Netherlands	1.4	2.7	58	73	4.6	3.7	5673	208
Singapore	1.4	2.6	9	21	30.5	12.3	9012	1110
Saudi Arabia	1.3	2.6	49	83	5.2	3.1	1469	46
Mexico	1.3	2.4	96	133	2.5	1.8	1709	31
Brazil	1.2	2.4	137	162	1.7	1.5	1200	18
India	1.2	2.2	354	439	0.6	0.5	564	3
South Korea	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
Indonesia	0.8	1.5	74	113	2.0	1.3	688	9
Switzerland	0.7	1.4	20	25	6.8	5.4	4189	227
Greece	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
South Africa	0.6	1.1	56	99	2.0	1.1	2855	32
Argentina	0.5	1.0	40	56	2.5	1.8	1934	35
Belgium	0.5	1.0	38	52	2.6	1.9	6215	116
Denmark	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
Philippines	0.3	0.6	22	33	2.8	1.9	283	5
Poland	0.3	0.6	67	99	0.8	0.6	3105	17
Austria	0.3	0.5	22	26	2.2	1.8	3973	72
Bulgaria	0.1	0.3	12	23	2.1	1.2	3160	36
Tunisia	0.1	0.3	5	6	5.0	4.1	819	34
Morocco	0.1	0.2	7	9	3.7	2.9	955	27
Luxembourg	0.1	0.2	3	3	6.2	5.9	9990	591

¹⁾ 1 mill. toe (Ton Oil Unit) corresponds to 41,868 petajoules, the calorific value of 1.2 billion l kerosene.

²⁾ Energy sales converted into equivalents of litre heating oil, diesel or kerosene (mineral oil products with comparable energy density).

Sources: Energy balances IEA; DIW calculations.

Two-fifths of the passenger kilometres are travelled in intercontinental traffic. More than a quarter of the traffic volume is attributed to flights within North America (USA and Canada),

³ In the demarcation of the energy balance, incl. airport consumption

respectively one eighth to continental flights within Asia and Europe. Only every twelfth passenger kilometre is ascribed to inner-continental flights on the remaining continents. With regard to the energy consumption values of air traffic (location principle) Germany lies just behind Great Britain in fifth place (Tab. 1). Related to the total final energy consumption of a country, the quantities fuelled for air traffic are higher than average in the tourism countries (Greece, Tunisia, Spain), in the rest of Europe in those countries with larger transfer airports (Switzerland, Great Britain, Denmark, The Netherlands and Luxembourg) and in the USA.

Table 2 Air traffic outgoing from Germany 1995 (location principle)

	Volume					Performance					Fuel con- sumption
	Total take-offs	Passenger air traffic ¹⁾			Air freight- traffic ²⁾	Flight km total	Passenger air traffic ¹⁾			Air freight- traffic ²⁾	
	Thous.	Mill.	Mill.	Mill.	1000 t	Mill. km	Bill. Pkm	Bill. Pkm	Bill. Pkm	Bill. tkm	
Inner-German	867.6	12.1	1.8	13.9	x	258.3	5.1	0.7	5.8	x	0.66
West Europe	202.9	5.0	3.9	8.9	137	114.4	3.1	2.5	5.5	0.09	0.61
South Europe	137.0	1.6	13.6	15.3	57	225.8	2.6	25.0	27.6	0.09	1.21
East Europe	43.9	1.6	0.7	2.2	13	57.0	2.1	1.1	3.2	0.02	0.35
North America	19.3	1.0	3.0	4.0	224	133.6	7.5	21.5	29.1	1.54	1.65
Central America	2.7	0.2	0.6	0.8	12	22.5	1.8	4.7	6.5	0.10	0.28
South America	0.9	0.2	0.1	0.3	19	9.0	2.2	0.8	3.0	0.19	0.17
Africa	14.3	0.2	1.7	2.0	41	42.1	1.2	5.5	6.8	0.27	0.37
Middle East	5.4	0.2	0.4	0.6	41	18.4	0.7	1.2	1.9	0.14	0.13
Asia, Other ³⁾	10.8	0.6	1.8	2.4	243	86.7	5.6	16.9	22.5	2.01	1.63
Total	1304.9	22.7	27.5	50.2	788	967.9	32.1	79.9	112.0	4.44	7.04
– share of the destination regions in % –											
Inner-German	66.5	53.2	6.5	27.6	x	26.7	15.9	0.9	5.2	x	9.4
West Europe	15.5	21.8	14.2	17.6	17.4	11.8	9.6	3.1	4.9	2.0	8.6
South Europe	10.5	7.2	49.6	30.4	7.3	23.3	8.1	31.3	24.6	1.9	17.2
East Europe	3.4	6.8	2.5	4.5	1.7	5.9	6.6	1.4	2.9	0.5	4.9
North America	1.5	4.4	10.8	7.9	28.4	13.8	23.5	26.9	25.9	34.7	23.4
Central America	0.2	0.9	2.1	1.6	1.5	2.3	5.7	5.9	5.8	2.3	3.9
South America	0.1	1.0	0.3	0.6	2.4	0.9	6.9	1.0	2.7	4.3	2.4
Africa	1.1	1.0	6.3	3.9	5.3	4.4	3.9	6.9	6.1	6.0	5.2
Middle East	0.4	0.9	1.3	1.2	5.2	1.9	2.3	1.5	1.7	3.1	1.9
Asia, Other ³⁾	0.8	2.8	6.5	4.8	30.8	9.0	17.5	21.1	20.1	45.2	23.2
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

¹⁾ Final destination passengers. – ²⁾ Loading in Germany with foreign destination. – ³⁾ Including Australia and Oceania.
Sources: Federal Statistical Office, TÜV-Rheinland, DIW calculations.

In order to calculate the emissions the consumption figures of the sales statistics of aircraft fuels were compared to a model calculation which represents the flight movements of the year 1995. Data on all instrument controlled civil flight movements over the Federal Republic of Germany were published by the Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS – German Air Traffic Control) for four sample weeks (calendar weeks 12, 29, 41, 49). A weighted projection to the annual mean value for 1995 under particular consideration of the proportion of holiday weeks was carried out from these data records. In order to calculate the emissions of these flights the most frequently encountered aeroplane models with turbofan-engines and their typical twin-aero-engine pairings are determined. Per model/twin-aero-engine pairing up to

5 flight profiles for the aeroplanes with jet propulsion are then designated as real flight route distances, for which the Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) then calculated the energy consumption and the exhaust gas emissions (CO, UHC and NO_x) in a subcontract to this project. The annual emissions were determined through the integration of all flight movements and all aeroplane models (see Tab. 3).

Table 3: Kerosene consumption, nitrogen dioxide (NO_x) and carbon dioxide (CO₂), from civil air traffic in 1995, location principle

	Kerosene	NO _x	CO ₂	NO _x
	t / year	t / year	t / year	g/kg Kerosene
< 800 km				
Jet propulsion	715,182	8373	2,252,823	11.71
Turboprop	12,1973	986	384,215	8.08
Total	837,155	9,359	2,637,038	11.18
800 km to 2500 km				
Jet propulsion	97,7373	1,0738	3,078,725	10.99
Turboprop	48,849	350	153,874	7.16
Total	1,026,222	1,1088	3,232,599	10.80
> 2500 km				
Jet propulsion	4,027,176	54,600	12,685,604	13.56
Turboprop	1,544	9	4,864	5.83
Total	4,028,720	54,609	12,690,468	13.60
Total				
Jet propulsion	5,719,731	7,3711	18,017,153	12.89
Turboprop	172,366	1,345	542,953	7.80
Total	5,892,097	75,057	18,560,106	12.70

4 Trend Forecast

Demand

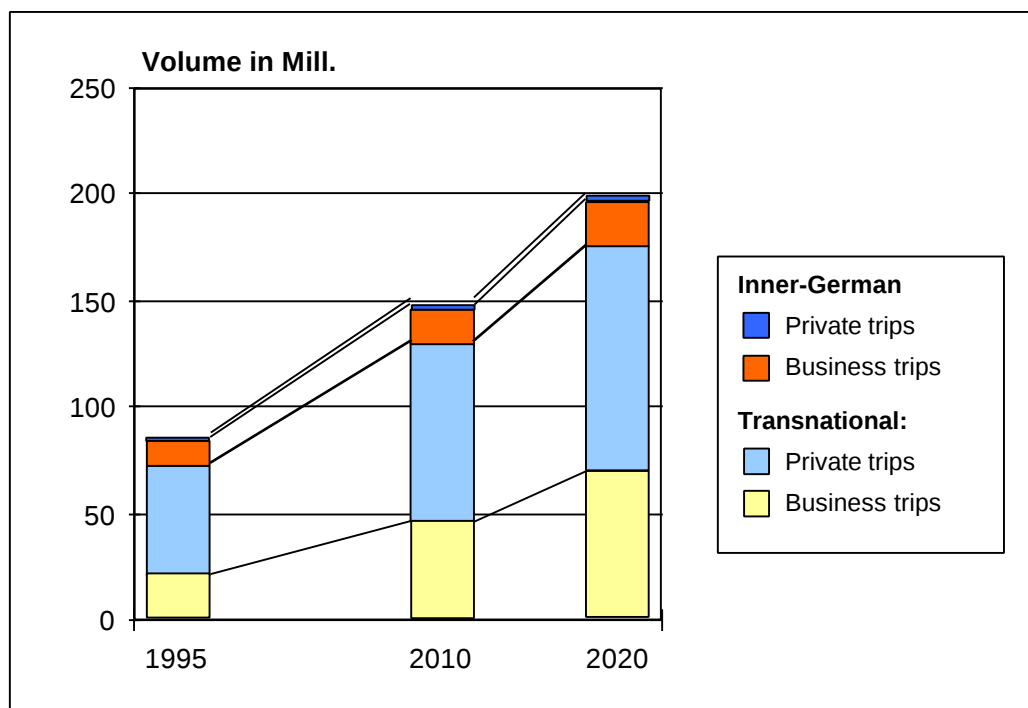
The trend forecast for air traffic was not an autonomous aim of this examination. As far as possible the existing national and international estimate predictions regarding the demand for air transportation were applied and integrated into this examination. The most important cornerstone of the trend forecast is the long-term forecast for air traffic in Germany published at the end of 1997 by the Arbeitsgemeinschaft Deutsche Flugsicherung (Association of German Air Traffic Control - DFS) / Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (German Aerospace Centre - DLR) The forecast horizon for these estimations is the year 2015. Important key quantities for passenger air traffic and for the total airfreight traffic are, however, only set out for 2010. Therefore for the period 2010 to 2020 current long-term forecasts of the aeroplane manufacturers (such as Airbus, Boeing, McDonnell Douglas) and international organisations (such as ICAO, ATAG) are additionally fallen back upon and supplemented by own estimations.

It is estimated that the developments in inner-German traffic will behave in accordance with previous developments (1995/2010: 47 %; 2010/2020: 22 %), whereas high growth is still to be expected (1995/2010: 76 %; 2010/2020: 35 %) for transnational relations.

On the basis of the various different assumptions regarding the growth in the individual segments, the structure of the travel purpose and also the structure according to final destinations (domestic/international) will change. It is estimated that the increase in business trips not only in inner-German relations (1995/2010: 51 %; 2010/2020: 23 %) but also on international routes (1995/2010: 111 %; 2010/2020: 43 %) will be higher than average. For the total business trip traffic an average annual rate of change of approximately 4 % is forecast up to 2010, for private journeys this figures lies just under 3 %. Although private journeys will still be the dominating purpose of journeys in future, this segment will probably lose somewhat in importance in the future (1995: 62 %, 2010: 58 %, 2020: 54 %).

A mean annual rate of change in the volume of airfreight (excluding airmail) of 5.5 % up to 2010 and between 2010 and 2020 of 5.3 % is expected. Compared to 1995 almost four times the volume is to be expected in the year 2020, this figure will almost treble up to 2010. Taking postal traffic into consideration a mean annual rate of increase of 5 % is to be expected for the total freight volume.

Fig. 4: Development of the volume of passenger air traffic up to 2020 (Trend Scenario)



The flight movements² are derived from the estimated demand for freight and passengers.

² Only take-offs in Germany are of relevance in the consideration according to the location principle.

Table 4: Air traffic outgoing from Germany 2010 and 2020 (location principle)

	Volume					Performance					Fuel con- sumption
	Total take-offs	Passenger air traffic ¹⁾			Air freight- traffic ²⁾	Flight Km total	Passenger air traffic ¹⁾			Air freight- traffic ²⁾	
	Thous.	Mill.	Mill.	Mill.	1000 t	Mill. km	Bill. Pkm	Bill. Pkm	Bill. Pkm	Bill. tkm	Bill. l
– 2010 –											
Inner-German	1219.5	18.3	2.1	20.4	x	360.1	7.7	0.9	8.6	x	0.88
West Europe ³⁾	353.6	9.9	5.4	15.3	274	198.2	6.1	3.4	9.5	0.18	0.92
South Europe	195.9	3.2	18.2	21.4	114	322.4	5.2	33.5	38.7	0.17	1.58
East Europe ⁴⁾	145.3	3.5	4.4	7.9	27	164.8	4.7	4.6	9.4	0.04	0.46
North America	39.4	2.4	5.6	8.0	512	274.2	18.1	40.7	58.7	3.53	2.82
Central America	7.0	0.5	1.5	2.0	27	57.1	4.3	11.9	16.2	0.24	0.55
South America	2.2	0.5	0.2	0.7	43	21.8	5.2	1.8	7.0	0.43	0.32
Africa	25.6	0.5	2.8	3.4	95	77.9	2.8	9.8	12.6	0.61	0.59
Middle East	13.1	0.5	0.9	1.4	94	44.4	1.7	2.9	4.5	0.31	0.25
Asia, others ⁵⁾	28.0	1.8	3.9	5.7	600	218.7	16.0	36.9	52.9	4.88	3.16
Total	2029.6	41.1	45.0	86.1	1786	1739.6	71.8	146.4	218.2	10.39	11.51
– 2020 –											
Inner-German	1427.0	22.6	2.3	24.9	x	426.1	9.5	1.0	10.5	x	1.00
West Europe ³⁾	454.9	13.3	6.3	19.6	417	254.9	8.2	4.0	12.2	0.27	1.14
South Europe	236.2	4.4	21.4	25.7	178	387.4	7.0	39.3	46.3	0.27	1.80
East Europe ⁴⁾	211.0	6.1	5.2	11.2	42	252.0	8.5	5.5	14.0	0.06	0.65
North America	54.2	3.6	7.4	11.0	867	378.9	27.1	53.4	80.5	5.96	3.97
Central America	10.5	0.9	2.0	2.9	44	86.5	8.2	16.0	24.2	0.39	0.79
South America	4.3	1.0	0.2	1.3	82	42.7	10.5	2.4	13.0	0.82	0.58
Africa	39.7	0.8	4.4	5.2	161	118.8	4.5	14.3	18.8	1.03	0.87
Middle East	16.9	0.7	1.1	1.8	160	57.7	2.5	3.6	6.1	0.53	0.34
Asia, others ⁵⁾	56.8	3.5	5.4	8.9	1050	458.7	30.8	50.8	81.6	8.42	4.86
Total	2511.5	57.0	55.6	112.6	3000	2463.8	116.9	190.3	307.2	17.74	15.99
– Change 2010 to 1995 in % –											
Inner-German	41	51	18	47	x	39	51	17	47	x	33
West Europe ³⁾	74	99	38	72	99	73	99	38	72	99	52
South Europe	43	99	33	40	99	43	99	34	40	99	30
East Europe ⁴⁾	231	123	542	251	99	189	124	314	190	99	33
North America	104	140	89	102	129	105	140	89	102	129	71
Central America	155	135	155	150	129	154	135	154	149	129	100
South America	141	132	129	131	129	141	133	129	132	129	92
Africa	79	129	64	72	129	85	129	77	86	129	61
Middle East	143	129	142	137	129	141	129	141	137	129	86
Asia, others ⁵⁾	158	192	121	139	147	152	185	119	136	143	94
Total	56	81	64	71	127	80	124	83	95	134	63
– Change 2020 to 1995 in % –											
Inner-German	64	87	31	80	x	65	87	30	80	x	52
West Europe ³⁾	124	168	62	121	203	123	168	62	121	203	88
South Europe	72	168	57	68	211	72	168	57	68	211	49
East Europe ⁴⁾	380	291	653	402	211	342	303	389	333	211	86
North America	181	259	148	176	287	184	260	148	177	286	141
Central America	283	346	243	270	278	285	347	242	271	278	185
South America	368	370	202	327	334	372	375	202	329	332	250
Africa	176	275	151	165	288	182	263	158	177	281	137
Middle East	213	243	203	218	288	213	243	203	218	287	158
Asia, others ⁵⁾	425	458	206	271	333	429	448	201	263	319	198
Total	92	151	102	124	281	155	265	138	174	299	127

¹⁾ Final destination passengers. – ²⁾ Loading in Germany with foreign destination. – ³⁾ Including Scandinavian countries, Austria and Switzerland. ⁴⁾ Including Serbia and Croatia. – ⁵⁾ Including Australia and Oceania.
Sources: Boeing, DLR, ICAO, TÜV-Rheinland, DIW calculations.

In freight traffic an increase in the average freight per scheduled flight from 30 t to 40 t should result from the development of the fleets and the increase in the co-operation between airline companies (alliances) on the other hand. On the whole the number of take-offs in Germany will

practically double to 2.6 mill. in the year 2020. The increase in inner-German traffic is below average: whereas in 1995 two of three aeroplanes taking off in Germany set course for an inner-German destination, in the forecast years practically every second aeroplane that takes off is heading for a foreign destination.

The anticipated changes in the fleets was taken into consideration in the calculation of the emissions for the trend forecast. Hereby it was on the one hand presumed that the aircraft fleets will continuously be rejuvenated up to 2020. On the other hand it is expected that the number of aeroplane seats will slightly rise on average and that the time schedule approved by the EU on when exhaust gas legislation in accordance with ANNEX 16, Volume II shall come into force, will be adhered to. In order to remain consistent with demand scenarios, a differentiation was also made in the calculation of the emissions according to traffic regions. Thereby the typical assignment of the aircraft (according to size and capacity utilisation) was also taken into consideration for these regions.

Table 5: Fuel consumption and emissions for the trend 2020 according to traffic regions (location principle)

	Absolute			Specific	
	Fuel	CO ₂	NO _x	NO _x	Fuel
	t/Year	t/Year	t/Year	g/kg Fuel	l/100 Pkm
Inner-German	785,671	2,474,865	9,773	12.4	9.5
West Europe	719,913	2,267,727	8,603	12.0	7.4
South Europe	1,323,091	4,167,738	15,480	11.7	3.6
East Europe	738,275	2,325,565	7,945	10.8	6.6
North America	2,708,466	8,531,669	38,019	14.0	4.2
Central America	663,217	2,089,134	7,283	11.0	3.4
South America	376,812	1,186,959	4,937	13.1	3.6
Africa	656,553	2,068,142	8,044	12.3	4.4
Middle East	324,118	1,020,970	4,277	13.2	6.7
Asia and others	4,479,243	14,109,616	51,288	11.5	6.9
Total	12,775,360	40,242,385	155,648	12.2	5.2

5 Analysed Measures

Regulatory policy measures

One regulatory legislation measure which would have a relatively high level of intervention would be the limitation or restriction of short-distance traffic. With relations with distances up to 500 km respectively up to 800 km there are a multitude of alternatives to air traffic. As the implementation of these measures creates free slots for the middle distance and long-distance traffic and this factor consequently can even have an expansive effect on the

volume of air traffic, support by means of capacity-limiting measures would be necessary for the purpose of reducing emissions.

With regard to the energy consumption and emissions only a low reduction is to be achieved due to the short distances. Also because of the imponderabilities connected with the structuring of the measures, in particular the legal considerations (e.g. compensation payments) and the pan-European trend towards the replacement of, in some cases unprofitable, short-haul flights by rail transportation, the regulatory legislation limitation of short-haul flights was not further pursued.

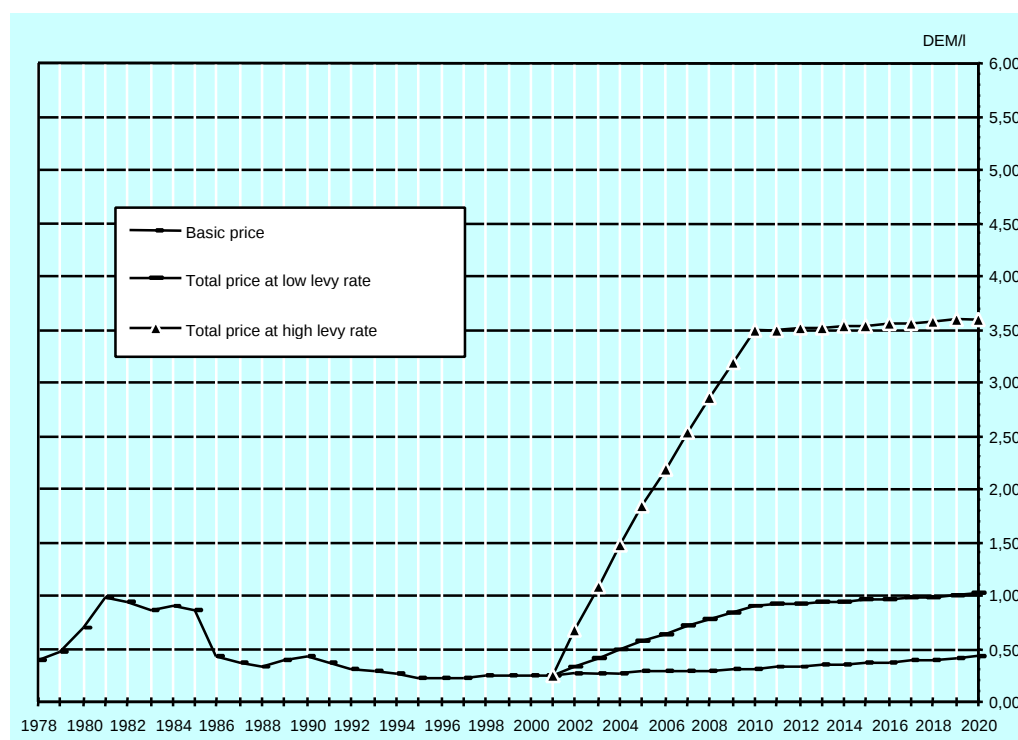
With corresponding regulatory control stipulations, the allocation of slots could be connected to the ecological characteristics of the type of aeroplane to be used. At present a co-ordinator allocates take-off or landing times at those airports with capacity problems that have been declared "fully co-ordinated" by the EU Member Country responsible. Fair trade legislation plays a major role in the currently pending reform measures for slot allocation. Due to the incomplete registration of all aircraft movements within the slot allocation procedure system and the possibility of influencing the specific emissions also through other measures, ecological slot allocation has not been further assessed.

Fiscal Measures

Fiscal environmental policy instruments make use of the Polluter Pays Principle (PPP), whereby the polluter must pay the cost of the environmental disturbance he causes. Primary emphasis is placed on the guidance effects which should prevent the occurrence of environmental damage, here kerosene taxation and emissions charges are considered. Technical and other operative optimisations can be expected from those instruments which have an effect on the price; depending on the level of such instruments, however, effects which suppress demand can also not be ruled out.

The introduction of a moderate and a high charge on kerosene from the year 2002 was considered. In addition the introduction of a volume-neutral charge on emissions during the LTO cycle was presumed and, analogue to the kerosene tax, a charge which will consist of both an amount based on CO₂ emissions and an amount based on NO_x emissions.

Based on the assumed formulation variations, the following picture results for the nominal and real consideration of the quantitative development of these levies and the total kerosene price in Germany.

Fig. 5: Basic kerosene price and prices including charges (nominal)**Fig. 4.4:** Basic kerosene price and prices including charges (real)

With the low (high) levy rates of kerosene tax and emissions charges a nominally higher total price, including these levies, of about 80 % (590 %) for the year 2010 and of about 140 %

(760 %) for the year 2020 is achieved as compared to the level of the kerosene price of 1985.

The real effect of the low (high) levy rates of kerosene tax and the emissions charges is a total price which is approx. 5 % (307 %) higher in the year 2010 and approx. 18 % (319 %) higher in the year 2020 as compared to 1985.

Soft-Policies

Soft policies are in accordance with the environmental policy co-operation principle. The co-operation principle should, through the voluntary but wide contribution by involved participants, amongst other things enable impacts for which otherwise no political majority could be found. Soft policies can also serve to improve the acceptance of measures with greater impact intensity. Under soft policies we differentiate between voluntary agreements and public awareness measures.

Self-regulation declarations by the airlines could increase willingness on the part of the providers to optimise commercial aviation in accordance with ecological considerations. This self-interest already – as environmental reports of some airlines indicate – exists to some degree but requires strengthening and encouragement industry-wide. During the drafting of voluntary agreements, one should take care that certain requirements, such as the stringent determination and quantification of goals, are founded in law and that the monitoring of development and sanctions for failure to meet targets are ensured.

Generally speaking, the self-regulation declaration is also ranked highly by the authors of this study, but the number of participants involved – engine and aircraft manufacturers, airlines, airports, air traffic controllers – however increase implementation difficulties considerably.

Information concerning the impacts of flying (public awareness measures) can contribute to knowledge level and awareness development. In the tourism field informational activities have been concentrated mainly on the environmental effects at the destination, the subject of transportation in general and air transportation in particular has played an insignificant role to date. It might be possible for environmental groups together with influential public and private organisations (German Federal Environment Ministry (BMU), tourism associations, leisure industry associations, etc.) to develop a joint strategy to inform the public of the environmental impacts of flying. This would mean that the balancing of travel in view of energy consumption and emissions is of importance and could result for example through the publication of the amount of CO₂ generated by the particular trip being planned and with reference to the individual emissions budgets. In this connection, the obligatory marking of tickets and goods with the applicable amounts of the most important emissions would also be worth considering.

Introduction area and legal assessment

It is presumed that all the measures will be introduced throughout Europe. The legal implementability was examined with regard to compatibility with German constitutional law, European Community law and international law.³

There are no objections under constitutional law against the introduction of a kerosene tax in Germany (as a supraregional excise duty, which is paid to the Federal Republic). There would also be no objections under legal financial system points of view to an emissions charge as a regulatory charge.

With regard to EU-law the Council Directive 92/81 EEC would have to be modified, then there would be no further legal impediments to a kerosene tax on flights with the EU territory. According to the decision of the European Court of Justice of 10th June 1999 on the Swedish emissions charges on domestic flights, this also applies to the emissions charges. As an alternative to modifying the Council Directive 92/81, the formation of a charge separated from kerosene consumption and as applicable, the institution of a new procedure would also be possible.

At an international level, not only the kerosene tax but also the emissions charge would be compatible with the Chicago Convention. With kerosene tax, however, a multitude of bilateral air traffic agreements would have to be amended.

6 Effects of the Individual Measures and the Package of Measures

The following levies have been alternatively considered:

- A moderate kerosene tax, which corresponds to the level of the average mineral oil tax on diesel fuels. It will be introduced throughout Europe from 2002 at a rate of 0.08 DEM/l and will increase each year by this amount up to 2010. Accordingly a real kerosene price of 0.90 DEM/l results for 2010. After this date only a minimum rate of increase is foreseen, in the forecast year 2020 the average real litre price will lie at 1.01 DEM.
- The introduction of a moderate emissions charge, which not only incorporates the LTO-cycle, but also the total flight of the air route up to the point of landing in Europe

³ With regard to the legal argumentation in detail we refer to the final report, only a summary of the results can be given here.

and which is charged to an equal extent on both the CO₂- and the NO_x-discharge. In 2010 the rate will amount to 0.11 DEM per kg CO₂ and 26.8 DEM per kg NO_x .

- A high kerosene tax will cause the litre price for aviation fuel fuelled within Europe to realistically increase from 2002 to 2010 to 3.50 DEM per litre.
- A high emissions charge on the CO₂- and NO_x-discharge, the level of which corresponds to the charges from the high kerosene tax (0.63 DEM per kg CO₂ and 0.15 DEM per g NO_x in 2010).
- The package of measures, which not only presumes the introduction of the high emissions charge but also the lower version of the kerosene tax in the period from 2002 to 2010.

All measures have in common the fact that the entire route, inside or outside Europe, is to be taken into consideration for all measures, whether it be fuelling before take-off in Europe or levying of a charge upon landing in Europe. The measures affect all airlines flying in, to or from Europe, not just European airlines. Further it is assumed that the introduction of such measures throughout the whole of Europe, in the EU and also in neighbouring European countries (such as Poland and Switzerland) is guaranteed through corresponding bilateral agreements. This would be necessary to prevent avoidance reactions on the part of passengers and airlines.

For German domestic traffic, the model calculations for the trend show that by 2010 prices would fall by 10% and by 2020 even as much as 15% through further internal rationalisation among the airline companies. The introduction of a moderate kerosene tax would only serve to roughly maintain the 1995 price level. Therefore no extensive shift of German domestic air traffic to rail transport could be expected to take place as a result of a moderate kerosene tax. The same applies to the moderate emissions charge. For the high measures levy rates and the package of measures, the inner-German "average ticket" price would climb from DEM 327 to DEM 546 (return flight). As business flights with a lower price elasticity predominate, the demand effect is also low here, growth would be at the most 15 % lower than in the trend.

The picture is similar for western European scheduled traffic. The current aircraft load factor for this market segment is at present even lower than for the German domestic traffic segment. The forecast increase in the number of passengers and a higher co-operation between airlines will result in the trend in an unmistakable load factor increase, thereby reducing costs and specific consumption.

In the trend forecast the price for the average ticket will fall from DEM 1000 in 1995 to DEM 865 in 2010. The measures would reverse this trend; the ticket price would climb to over DEM 1700 (package of measures). Although this would slow down the rate of growth of air travel by 25% however compared to 1995, even with the package of measures an increase in the number of passengers by over 50% by 2010 and 100% by 2020 would result.

The highest changes are to be expected in European holiday traffic. Because of the high load factors and in part the closely spaced seats, the holiday aircraft already had comparatively low consumption figures, 4.4 l/100 Pkm, in the analysis year. The opportunities to compensate for price increases are therefore limited for the airlines concerned. In addition, holiday travellers are more price sensitive than business travellers, so that with the measures with drastic price increases the volume would not increase by 2/3, but stagnate at the level of 1995 (approx. 15 mill.) up to 2020.

The ticket prices for long-distance flights would rise even more. Even though, with the exception of the package of measures, only one flight direction becomes more expensive, however the high consumption figures, respectively the emitted pollutants have an effect on these relations. The average ticket would increase in price in the high measures variant from DEM 2200 or DEM 2400 to DEM 2700 (7000 km flight distance) or DEM 4400 (10000 km flight distance). Even still, the 100% increase in the number of passengers expected in the trend up to 2010 would be reduced to an increase of only 75%.

The introduction of a moderate kerosene tax would only ensure the maintenance of the 1995 ticket price level in all market segments. Prices in European scheduled traffic would even fall despite the introduction of a moderate kerosene tax. Only with the long-distance flights would the ticket prices increase by about 5%, due to the high proportion of fuel costs in the total flight, the same holds true for charter traffic. In total, the introduction of a moderate kerosene tax, i.e. a tax at the level of the rate for diesel fuel, would only result in 5% less passenger volume growth in air traffic than in the trend. Consequently fuel consumption and thereby the CO₂ discharge would increase by 60 percent as compared to 1995; in 2020 the CO₂ discharge from air traffic will be twice as high as in 1995 even if this measure is introduced.

On the other hand according to the model calculation a successful slowing down of the increase in CO₂ emissions can by all means be expected by 2010 with the high kerosene tax. These model results are however to be dismissed due to the anticipated tankering. Instead of using new, low-consumption aircraft, as proposed in the model, long-distance aircraft would be deployed which, with their high tank volumes, could import considerable quantities of tax-free kerosene within the framework of their permissible landing weight. For this reason and in accordance with the assumptions made, the European introduction of a kerosene tax of more than DEM 0.60 or DEM 0.70 per litre would not make sense.

The effects of the moderate emissions charge are similar to those of the low kerosene tax. In comparison to this measure, the expected reduction of the specific consumption and specific emissions would be somewhat more pronounced because the funds from the levy according to the scenario stipulations will be earmarked. This would, on the other hand, slow the ticket price rise leading to higher passenger traffic volume than under the fuel tax. In the end the effect of the emissions charge related to the total emissions would be somewhat more than the lower tax.

The high emissions charge would have the most effect of all the individual measures examined. The goal for 2010 to hold the CO₂ emissions at the 1995 level could nearly be reached. Air transport volume would, however, climb again from 2010 to 2020 at a rate similar to the trend development. New aircraft as well as technical and organisational measures would lead to further reductions in specific consumption during this period. Thus the ticket prices would go down, air traffic volume would rise and, although not so much, total emissions would also rise.

The effectiveness of the package of measures would be primarily determined by the high emissions charge. Also with the package of measures, the air transport volume would also increase by about 50% between 1995 and 2010 and by more than 100% between 1995 and 2020. On the other hand the kerosene consumption and CO₂-discharge will only increase by 10 % respectively by 35 %.

In total, the increase in civil aviation demand would be slowed down by the introduction of the measures. Even with the package of measures, the passenger transport volume would also increase by about 50% between 1995 and 2010 and by more than 100% between 1995 and 2020. Airfreight would increase still more, even under the tough restrictions of the package of measures, the ton kilometres would nearly triple by 2020. There are two important reasons for this: firstly, the sharp trend increase (e.g. four times the ton kilometres), can only be slowed. As there is often no alternative to air transportation at the stipulated relations, the expression of customer reactions (price elasticity) is only weak. Therefore long-distance traffic rises more than proportionally, only the holiday relations to southern Europe would, under the premise of the package of measures, experience a slight reduction in the number of holidaymakers in comparison to 1995. Secondly, the price increasing effects of the measures would be cushioned by compensation reactions, above all by the better-than-trend reduction of specific consumption per ton payload. On balance the development of demand is separated from the fuel consumption and consequently the CO₂ emissions figures up to 2010: in 2010 the consumption figures of 1995 will almost be reached. These effects would be primarily the result of the high emissions charge. After 2010, consumption would again

begin to increase. As no further price signals are given, savings in the specific consumption lead again to falling prices and thus to a higher demand growth.

How a reduction in consumption determines changes in emissions, mainly through other types of aircraft and better capacity utilisation

Table 6: Fuel consumption and emissions after introduction of the package of measures 2020 (location principle)

	Absolute			Specific	
	Fuel	CO ₂	NOx	NOx	Fuel
	t	t	t	g/kg Fuel	l/100 Pkm
Inner-German	536,025	1,688,477	6,061	11.3	7.5
West Europe	538,626	1,696,673	5,847	10.9	6.8
South Europe	703,570	2,216,245	7,490	10.6	2.9
East Europe	312,087	983,074	3,055	9.8	3.5
North America	1,985,186	6,253,335	27,030	13.6	3.8
Central America	469,192	1,477,955	4,998	10.7	3.2
South America	321,707	1,013,378	4,089	12.7	3.4
Africa	447,563	1,409,824	5,264	11.8	3.5
Middle East	178,524	562,350	2,238	12.5	4.1
Asia and others	2,607,963	8,215,084	28,966	11.1	4.7
Total	8,100,443	25,516,396	95,036	11.7	4.1

7 Conclusions

The measures examined within the framework of this expert appraisal to reduce air pollution should not primarily serve to suppress the demand for air traffic but should make it clear to the persons using the air transport (demander), that they are consuming environmental resources which have a corresponding price, and on the other hand should create incentives within the air traffic industry (airlines, aircraft manufacturers, airports, air traffic control), to manufacture, buy and deploy more efficient aircraft with regard to the kerosene consumption and emissions, and practises and organisational processes should on the whole be formulated in a more environmentally-friendly manner. Naturally the measures also have an impact on demand and effects on flight movements; however this is always of an indirect nature and first arises in the medium term through an increase in ticket prices after a chain of reactions from all other participants in air traffic.

As far as the turnover, employment and competitiveness of aircraft manufacturers, airlines and airports are concerned; the economic impact of kerosene taxes and emissions charges on the transportation market is difficult to estimate. In the short term, their European-wide adoption considered in this report could worsen the position European airlines have against non-European airlines. In the medium and long term, however, energy savings would make larger cost reductions possible.

Although the measures would be equally applied to both European and non-European airline companies, the number of reaction possibilities for non-European companies is considerably larger (e.g. cross-subsidising the European traffic from the home market business). Therefore, compared to non-European companies, European airlines costs would increase and profits would shrink much more in the short term. In addition, non-European companies would enjoy the "free rider effects" in the medium and long term, in that they would benefit from the manufacture of more energy-efficient aircraft (in Europe). However, this would in turn, for example, result in the US aircraft industry being forced to produce and promote aircraft with a much lower fuel consumption in order to stay competitive. The European-wide adoption of a kerosene tax and/or emissions charge, though limited to Europe in the beginning, would have a gradual, long-term impact on air transportation around the world.

The high financial gains from charges and/or taxes could, at least temporarily, be used to alleviate some of the transitional difficulties. In the "package of measures" scenario, the emissions charge and the kerosene tax could be expected to generate revenues of DEM 0.6 billion each by 2002 in Germany alone. By the year 2010, the emissions charge revenues in Germany would climb to DEM 20 billion and the kerosene tax revenues would reach DEM 4 billion (in real value, adjusted for inflation, compared to year 2000 prices). Within the entire EU, many times these amounts would be available from year to year, which could be distributed accordingly.

Table 7: Comparison of the effects of the measures (demarcation location principle)

	1995	2010	2020	1995 = 100	
				2010	2020
Passengers in million					
Basis	50.2				
Trend		86.1	112.6	171	224
Individual measures					
Mod. kerosene tax		81.1	106.7	161	212
High kerosene tax 1)		65.1	89.6	130	178
Moderate emissions charge		81.3	106.9	162	213
High emissions charge		65.3	89.8	130	179
Package of measures		64.5	88.7	128	177
Person kilometres in billion					
Basis	112.0				
Trend		218.2	307.2	195	274
Individual measures					
Moderate kerosene tax		206.1	293.0	184	262
High kerosene tax 1)		170.3	249.6	152	223
Moderate emissions charge.		206.7	293.9	185	263
High emissions charge		170.6	250.1	152	223
Package of measures		168.7	247.1	151	221
Freight million t					
Basis	0.788				
Trend		1.786	3.000	227	381
Individual measures					
Moderate kerosene tax		1.662	2.826	211	359
High kerosene tax 1)		1.216	2.138	154	271
Moderate emissions charge.		1.669	2.838	212	360
High emissions charge		1.223	2.151	155	273
Package of measures		1.208	2.117	153	269
Freight billion tkm					
Basis	4.444				
Trend		10.393	17.742	234	399
Individual measures					
Moderate kerosene tax		9.783	16.894	220	380
High kerosene tax 1)		7.345	13.158	165	296
Moderate emissions charge.		9.821	16.963	221	382
High emissions charge		7.368	13.205	166	297
Package of measures		7.217	12.918	162	291
1) Model results under the premise that no tankering takes place					
Source: DIW calculations					

Table 7: Continued

	1995	2010	2020	1995 = 100		
				2010	2020	
Basis Trend Individual measures Moderate kerosene tax High kerosene tax 1) Moderate emissions charge High emissions charge Package of measures Basis Trend Individual measures High kerosene tax 1) High emissions charge Package of measures Basis Trend Individual measures High kerosene tax 1) High emissions charge Package of measures	Consumption thous. t					
	5,892	10,080	12,775	171	217	
		8,625	11,874	146	202	
		6,693	8,833	113	150	
		8,555	11,767	145	200	
		6,622	8,975	112	152	
		6,174	8,100	105	137	
	CO ₂ -Emissions in thous. t					
	18,560		40,242		217	
			27,824		150	
			28,270		152	
			25,516		137	
	NO _x -Emissions in thous. t					
	75,057		155,648		207	
			108,656		145	
			106,898		142	
			95,036		127	
	1) Model results under the premise that no tankering takes place Source: DIW calculations and TÜV Rheinland.					

Because of the incentives to develop aircraft with lower fuel consumption and to modify existing aircraft, the aircraft industry would experience positive additional increases in demand. By using a portion of the earnings for re-engineering and the support of technological development, this reaction could be intensified. Therefore, in contrast to the airlines, the measures would be more advantageous from a competitive point of view for the aircraft industry.

There is practically no danger that these measures would have an adverse economic impact on Germany. Business trips would remain affordable for companies as business expenses, even with round-trip price increases of DEM 700 (inner-European and North Atlantic flights) and DEM 2000 (Far East and Australia). Since holidays continue to play such an important role, private travellers could balance out part of the additional flight costs by shortening their stay at hotels, spending less on extras and consuming less. Nevertheless, with a price increase of up to DEM 500 per person, holiday trips to Mediterranean areas are expected to exhibit the highest demand reactions. Consequently, this would affect the tourism industry; instead of an increase in passengers to 21 million in this market segment as forecast by the trend, demand would stagnate at 14 to 15 million passengers.

Since the measures are to be introduced gradually, even the negative, indirect, economic effects on international trade and business activities, as well as tourism (traditional holiday destinations both inside and outside Europe) should be significantly lower than if they were enforced suddenly. This is because the increase in demand for commercial air transportation services expected in the trend would only be slowed, not stopped. Air transportation demand in the year 2020 will still clearly lie above today's level. Nonetheless, short-term, slight negative, economic repercussions cannot be ruled out. They are most likely to arise in those countries where the dependence on international trade and tourism is relatively high. This especially applies in relation to those countries or regions, which do not levy such charges/taxes (such as North America and Asia). However, the structural shake-up should be marginal, as all outgoing routes from Europe would be affected by the pricing measures analysed in this report. In any case, the compensation potential (energy savings) discussed above should significantly weaken the negative, economic effects in the long term.

Of course, the world-wide adoption of charges and taxes would be most desirable, not only with regard to the aim of the highest possible reduction of pollutants, but also with regard to the aim of keeping the negative, economic impacts caused by the measures examined here as low as possible.

Up until now, the world-wide introduction of taxes and charges on fuel and emissions, which would undoubtedly have the largest impact in lowering fuel consumption and climate-damaging emissions, has been thwarted by the rigid position of the ICAO. The ICAO would only support levies on kerosene:

- if the earned revenues were completely reinvested in the air transportation market, thus preventing the levies from serving fiscal policy goals;
- if the levies did not create any distortion in competition with other transport operators;
- if the use of existing aircraft fleets were not endangered, and
- if the levies were cost-related.

Although these ICAO requirements are fulfilled in this investigation for the most part, the chances of a world-wide adoption of environmental charges/taxes seem to be quite slim for the time being.

As a consequence of this, Europe was chosen in this investigation as the reference area with the implicit expectation that, if successful, it could also be adopted by other non-European countries. Moreover, because the "image" of their own aircraft industry might suffer, these countries could not avoid imposing the measures in the long term, as they tangibly improve the environmental efficiency of air transportation.+