

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

Diese TEXTE-Veröffentlichung kann bezogen werden bei
Vorauszahlung von DM 20,-- (10,26 Euro)
durch Post- bzw. Banküberweisung,
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der
Postbank Berlin (BLZ 10010010)
Fa. Werbung und Vertrieb,
Ahornstraße 1-2,
10787 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte
eine schriftliche Bestellung mit Nennung
der **Texte-Nummer** sowie des **Namens**
und der **Anschrift des Bestellers** an die
Firma Werbung und Vertrieb.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und
Vollständigkeit der Angaben sowie für
die Beachtung privater Rechte Dritter.
Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet I 3.2
Falk Heinen

Berlin, März 2001

INHALT

	Zusammenfassung	6
1	Einleitung	10
1.1	Aufgabenstellung, Zielsetzung	10
1.2	Wirtschaftliche Bedeutung des Luftverkehrs	13
1.3	Rechtliche Rahmenbedingungen	14
2	Analyse der Struktur des Luftverkehrs	18
2.1	Abgrenzung des Luftverkehrs	18
2.2	Eckwerte des Verkehrsaufkommens und des Energieverbrauchs im weltweiten Luftverkehr	19
2.2.1	Anteil des zivilen Luftverkehrs am gesamten Energieverbrauch	19
2.2.2	Weltweite Entwicklung der Verkehrsnachfrage	21
2.3	Struktur und Entwicklung des von Deutschland ausgehenden Luftverkehrs	26
2.3.1	Energieverbrauch des Luftverkehrs in Deutschland nach den getankten Mengen	26
2.3.2	Verkehrsnachfrage im Luftverkehr	26
2.3.2.1	Entwicklung nach Reisezwecken	34
2.4	Treibstoffverbrauch, CO ₂ - und NO _x -Emissionen des zivilen Luftverkehrs	37
2.4.1	Grundlagen	37
2.4.2	Ergebnisse	39
3	Prognose der Nachfrage	65
3.1	Vorbemerkungen und Grundannahmen	65
3.2	Aktuelle Langfristprognosen des Luftverkehrs	67
3.2.1	Trend-Szenario des Luftverkehrs 2010 und 2020	72

3.2.1.1	Beschreibung der Prognose von DFS/DLR	72
3.2.1.2	Annahmen und Ergebnisse für das Trend-Szenario	74
3.2.2	Trend-Szenario des Luftverkehrs 2010 und 2020 - Zusammenfassung	79
3.3	Treibstoffverbrauch, CO ₂ - und NO _x -Emissionen	82
3.3.1	Einflussgrößen auf den mittleren spezifischen Treibstoffverbrauch und die spezifischen CO ₂ - und NO _x - Emissionen, Reduktionspotenziale	82
3.3.2	Ergebnisdarstellung der Trendprognose 2020	87
4	Abschätzung der Wirkungen von Maßnahmen zur Minderung der Emissionen des zivilen Luftverkehrs	94
4.1	Erwägung von Maßnahmen	94
4.1.1	Vorüberlegungen zu den betrachteten Maßnahmen	94
4.1.2	Ordnungspolitische Maßnahmen	96
4.1.3	Fiskalische Maßnahmen	98
4.1.4	Soft-Policy-Maßnahmen	98
4.2	Beschreibung des Maßnahmenbündels	101
4.2.1	Auswahl der Maßnahmen	101
4.2.2	Ausgestaltung von Kerosinsteuer und Emissionsabgaben	102
4.2.2.1	Zur Bedeutung des Kerosinpreises im Luftverkehr	102
4.2.2.2	Ausgestaltung von Kerosinsteuer und Emissionsabgabe	103
4.2.2.3	Entwicklung von Kerosinpreis, Kerosinsteuer und Emissionsabgabe	104
4.2.3	Sonstige flankierende Maßnahmen	107
4.3	Rechtliche Bewertung	108
4.3.1	Kerosinsteuer	109
4.3.1.1	Vereinbarkeit mit Verfassungsrecht	109

4.3.1.2	Vereinbarkeit mit Gemeinschaftsrecht	111
4.3.1.3	Vereinbarkeit mit internationalem Recht	111
4.3.2	Emissionsabgabe	114
4.3.2.1	Vereinbarkeit mit Verfassungsrecht	114
4.3.2.2	Vereinbarkeit mit dem Gemeinschaftsrecht	119
4.3.2.3	Vereinbarkeit mit dem Völkerrecht	123
4.3.2.4	Soft Policy-Maßnahmen	126
4.4	Wirkung der Maßnahmen und des Maßnahmenbündels	126
4.4.1	Vorgehensweise, Modellbeschreibung	128
4.4.2	Annahmen zur Entwicklung der Reaktionskomponenten	129
4.4.3	Ergebnisse nach Hauptmärkten	133
4.4.4	Ergebnisse nach Maßnahmebereichen	135
4.5	Berechnung der Emissionsminderungen bei Einführung des Maßnahmenbündels und der Einzelmaßnahmen	145
4.5.1	Maßnahmenbündel	145
4.5.2	Einzelmaßnahmen	151
4.5.2.1	Kerosinsteuer	151
4.5.2.2	Emissionsabgabe	155
5	Vergleich mit anderen Studien	160
6	Beurteilung der Eingriffe und Bewertung	163
7	Literaturverzeichnis	173

Zusammenfassung

In dieser Studie werden 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 das Niveau des Jahres 1995 zu senken.

Am Projekt sind 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 Maßnahmenwirkungen. Die Vereinbarkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen mit deutschem, europäischem und internationalem Recht wurde zusätzlich von der Forschungsstelle für Europäisches Umweltrecht an der Universität Bremen beurteilt.

Weltweit hatte der Luftverkehr im Basisjahr 1995 einen Anteil von 2 % am gesamten Primärenergieverbrauch, in Deutschland lag dieser Anteil in gleicher Höhe. Rund 4 % des Absatzes von Mineralölprodukten wird in Deutschland für die Betankung ziviler Flugzeuge verwendet. Entsprechend gering sind die Anteile des Luftverkehrs (noch) an den gesamten anthropogenen CO₂-Emissionen. Dennoch müssen Maßnahmen zur Begrenzung der Schadstoffemissionen aus dem Luftverkehr ergriffen werden, zum einen wegen der weiterhin hohen Zuwachsraten, zum anderen wegen der Wirkung der in großer Höhe erfolgenden Emissionen, die stärker als in Bodennähe ist.

Die für den Luftverkehr der nächsten 20 bis 30 Jahre im Trend prognostizierte Entwicklung liegt mit durchschnittlichen Wachstumsraten (weltweit) von 4 bis 5 % p.a. nur geringfügig unter den Steigerungsraten der Vergangenheit. Die Steigerungsquoten liegen damit wesentlich höher als in allen anderen Sektoren (Straßenverkehr, Stromverbrauch). Im Trend ist, bezogen auf 1995, bis 2010 von einer Verdoppelung der von Deutschland ausgehenden Personenverkehrsleistung (Passagierkilometer) auszugehen, die Luftfracht nimmt noch stärker zu. Der gesamte Treibstoffverbrauch des Luftverkehrs wird damit, trotz weiterer Reduzierung des spezifischen Verbrauchs, in 2010 um fast zwei Drittel höher sein als 1995, im Jahr 2020 mehr als doppelt so hoch wie im Analysejahr. Entsprechend steigen die CO₂-Emissionen und der Schadstoffausstoß von Stickoxiden.

Bislang werden im internationalen Luftverkehr die Emissionen in keiner Weise besteuert. Nur im nationalen Verkehr wird die Mehrwertsteuer erhoben, im dominierenden grenzüberschreitenden Verkehr nicht. Eine Steuer auf den verbrauchten Treibstoff - vergleichbar der Mineralölsteuer bei den Landverkehrsträgern - wird generell (weltweit) nicht erhoben, auch nicht im innerdeutschen Verkehr.

Im Projekt sind eine Fülle von Maßnahmen zur Reduktion der vom Luftverkehr ausgehenden Schadstoffbelastung diskutiert und analysiert worden. Für die quantitativen Analysen wurden folgende Maßnahmen ausgewählt:

- eine moderate Kerosinsteuer, die in der Höhe der durchschnittlichen Mineralölsteuer in Europa auf Dieseltreibstoff entspricht,
- die Einführung einer moderaten Emissionsabgabe, die gleichermaßen auf den CO₂- und den NO_x-Ausstoß erhoben wird und einer ähnlichen Belastung wie der moderaten Kerosinsteuer entspricht,
- eine hohe Kerosinsteuer, die den Literpreis für in Europa getankten Flugkraftstoff von 2002 bis 2010 auf real 3,50 DM je Liter ansteigen lässt,
- eine hohe Emissionsabgabe auf den CO₂- und NO_x-Ausstoß, die in ihrer Höhe den Belastungen aus der hohen Kerosinsteuer entspricht,
- ein Maßnahmenbündel, das sowohl die Einführung der (hohen) Emissionsabgabe als auch der (niedrigen) Kerosinsteuer vorsieht, sowie
- flankierende ordnungspolitische und Soft- Policy- Maßnahmen.

Bei den preislichen Maßnahmen ist unterstellt worden, dass sie ab dem Jahre 2002 schrittweise eingeführt werden, alle Flüge innerhalb Europas und alle von Europa abgehenden/ankommenden Flüge - auch die der außereuropäischen Airlines - treffen und dass die Einnahmen aus den erhobenen Gebühren und Steuern wieder in den Luftverkehrsmarkt, u.a. für eine verstärkte FuE-Förderung, eine effizientere Flugsicherung und als Verschrottungsprämie zurückfließen.

Zur Berücksichtigung der Vielfalt der möglichen Reaktionen wurde ein Nachfrage/Reaktionsmodell entwickelt. Nach Hauptmärkten (Innerdeutscher Verkehr, Europa Linienflug, Europa Touristik, Interkontinental Mittelstrecke und Interkontinental Langstrecke) differen-

ziert, ist eine Hierarchie der Anpassungsmöglichkeiten vorgesehen. Zunächst wird die Kostenerhöhung unter unveränderten Rahmenbedingungen berechnet; dann werden Reaktionsmöglichkeiten betrachtet, die verbrauchsmindernd wirken. Hierzu gehören organisatorische Maßnahmen (z.B. Vermeidung von Warteschleifen), vor allem aber eine erhöhte Auslastung der Flugzeuge und der Einsatz verbrauchsärmeren Fluggeräts. Weiterhin sind über den Trend hinausgehende kostensenkende Maßnahmen der Fluggesellschaften zu berücksichtigen. Beide Maßnahmebereiche verringern den Anstieg der Preise, für Passagiere und Frachtkunden. Die Reaktionen der Kunden der Fluggesellschaften auf die Maßnahmen werden dann im letzten Schritt über Preiselastizitäten geschätzt.

Bei Einführung der moderaten Kerosinsteuer, d.h. einer Steuer, die in der Endstufe die Höhe des Satzes für Dieseltreibstoff erreicht, wird das Verkehrsaufkommen im Luftverkehr nur um fünf Prozent geringer wachsen als im Trend. Damit wird der Treibstoffverbrauch und damit der CO₂-Ausstoß um 60 % gegenüber 1995 zunehmen, in 2020 wird auch bei Einführung dieser Maßnahme der CO₂-Ausstoß des Luftverkehrs doppelt so hoch sein wie 1995.

Als moderate Emissionsabgabe wird ein Abgabesatz betrachtet, der bis 2010 auf 0,11 DM je kg CO₂ und 26,8 DM je kg NO_x ansteigt. Die Abgabe wird als Landegebühr auf die gesamte Flugstrecke bis zur Landung in Europa gleichermaßen auf den CO₂- und den NO_x-Ausstoß erhoben. Es ergeben sich in etwa gleiche Kostenbelastungen und Wirkungen, wie bei der moderaten Kerosinsteuer.

Die als weitestreichende Maßnahme betrachtete Einführung einer hohen Kerosinsteuer lässt den Literpreis für in Europa getankten Flugkraftstoff von 2002 bis 2010 auf real 3,50 DM je Liter ansteigen. Dies würde dazu führen, dass im Verkehr mit und innerhalb von Europa Betriebskonzepte mit Langstreckenmaschinen wirtschaftlich werden, die einen Tankstopp außerhalb des Einführungsgebiets (in Nahost, Afrika) vorsehen („Tankering“). Die lokale europäische Einführung einer Kerosinsteuer erscheint somit nur bis zu einem Satz von DM 0,60 – 0,70 je Liter sinnvoll, so lange nicht Abkommen mit anderen Staaten zur Verhinderung von Tankering getroffen sind.

Die Zielvorgabe, den CO₂-Ausstoß gegenüber 1995 nicht weiter ansteigen zu lassen, wird von den untersuchten Einzelmaßnahmen nur mit der Einführung der hohen Emissionsabgabe (0,63 DM je kg CO₂ und 0,15 DM je g NO_x in 2010) näherungsweise bis 2010 erreicht. Danach werden Verkehrsaufkommen und Verbrauch parallel zum Trend bis 2020

auch bei dieser Maßnahmeausgestaltung weiter zunehmen, im Jahr 2020 werden die CO₂- und NO_x- Emissionen ca. das 1.5-fache des Niveaus von 1995 betragen.

Im Maßnahmenbündel dominiert die Wirkung der hohen Emissionsabgabe. Selbst unter den starken Restriktionen des Maßnahmenbündels 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. Dennoch wird das Ziel der Plafondierung der Emissionen auf die Werte von 1995 für das Jahr 2010 fast erreicht. Da die Abgaben nach 2010 nicht weiter steigen, führt dies in den Folgejahren zu real sinkenden Flugticketpreisen und wieder stärker steigender Nachfrage, so dass auch unter den Annahmen des Maßnahmenbündels der CO₂-Ausstoß 2020 um ca. 40%, die NO_x- Emissionen um ca. 30% höher als 1995 sein werden.

Als Fazit der Rechnungen ergibt sich, dass die Schadstoffreduzierung weniger aus einer Nachfragedämpfung als aus Anreizen zu einer verstärkten Minderung des spezifischen Verbrauchs resultiert. Bei Urlaubsreisen in den Mittelmeerraum, die sich um bis zu 500 DM pro Person verteuern, ist die höchste Nachfragereaktion zu erwarten. Doch ergibt sich auch hier kein Rückgang, die Nachfrage wird vielmehr bei 14 bis 15 Mill. Passagieren stagnieren.

Die strategische Bedeutung des Luftverkehrs für die stark exportorientierte deutsche Wirtschaft und das Wirtschaftswachstum dürfte insgesamt nicht beeinträchtigt werden.

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. Schließlich werden in dieser Untersuchung die Folgewirkungen der Maßnahmen für den deutschen Luftverkehr differenziert betrachtet, auch wenn die Einführung der Maßnahmen nur europaweit sinnvoll ist. Im Ergebnis 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 des Überflugverkehrs (ohne Zwischenlandung), dienen kann.

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung, Zielsetzung

Dem Luftverkehr kommt eine hohe ökonomische und gesellschaftliche Bedeutung zu. Dort, wo es um die schnelle Beförderung von Personen und Waren über große Entfernungen geht, gibt es zum Luftverkehr keine Alternative. Dabei hat der gravierende technische Wandel, der in den letzten 30 Jahren im Luftverkehr stattgefunden hat, enorme Wachstumsraten ermöglicht. Signifikante Sprünge in der Flugzeugentwicklung führten zu Fluggeräten mit einer immer größeren 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.

Auf der Basis der Verkehrszahlen und des Fluggerätebestandes des Jahres 1984 wurde erstmals vom Umweltbundesamt eine Untersuchung der Emissionen des Flugverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland veranlasst; diese Studie wurde 1989 veröffentlicht.¹ Seit dieser Zeit hat der Flugverkehr über Deutschland über 80 % zugenommen; er stellt mittlerweile eine nicht mehr zu vernachlässigende Größe im Energieverbrauch des motorisierten Verkehrs dar.

Von der Europäischen Union und von verschiedenen Bundesministerien werden zahlreiche Forschungsvorhaben gefördert, die sich mit Flugzeugemissionen befassen.² Der Schwerpunkt aller dieser Forschungsvorhaben liegt in der Beurteilung der Auswirkungen der Flugzeugabgase auf die Zusammensetzung der Atmosphäre und die Veränderung des Klimas.

Wegen der besonderen Bedeutung des Eintrags von CO₂ und NO_x in großen Höhen und der damit verbundenen Klimarelevanz (auch in Bezug auf den Ozonhaushalt) sollten für den Flugverkehr trotz des geringeren absoluten Anteils an Abgasen des gesamten Verkehrssektors mindestens die gleichen klimapolitischen Ziele gelten, die die gemeinsame

¹ UBA (1989).

² AERONOX (1995); ECAC/ANCAT (1995); POLINAT (1996); BMBF.

Konferenz der Umwelt- und Verkehrsminister des Bundes und der Länder (UMK/VMK) formuliert hat. Das bedeutet bis zum Jahr 2005 im Vergleich zum Bezugsjahr 1987 eine Minderung der CO₂ und NO_x-Emissionen um ca. 10 %. Aufgrund der zu erwartenden Steigerungsraten des Flugverkehrs wird sich der absolute Anteil der Flugzeugemissionen in den nächsten Jahrzehnten zu einer klimapolitisch relevanten Größe entwickeln, die mit einer möglichen Senkung der Emissionen anderer Verkehrsträger noch mehr an Bedeutung erlangt.

Aufgrund der Wachstumsraten in der Verkehrsleistung ist nicht damit zu rechnen, dass der technische Fortschritt in der Triebwerksentwicklung ausreichen wird, das heutige Niveau der Gesamtemissionen zu halten bzw. zu reduzieren.

Die Entwicklung der Triebwerke zielt sowohl auf eine Optimierung des Treibstoffverbrauchs als auf die Reduzierung der Triebwerksemissionen. Über den Zeitpunkt der Markteinführung dieser neuen Produkte gibt es noch keine eindeutigen Aussagen; hier wird davon ausgegangen, dass die neuen Triebwerkstechnologien in den nächsten 2 Jahrzehnten nicht ausreichen, um einen nennenswerten Einfluss auf das Gesamtemissions-Niveau auszuüben.

Ziel dieser Studie ist es, Maßnahmen für eine Reduzierung der Schadstoffbelastung durch den Flugverkehr zu formulieren und zu bewerten. Darüber hinaus wird die zukünftige Schadstoffbelastung bis zum Jahre 2020 aufgrund der Verkehrsprognosen und der Entwicklung der Fluggeräte und der Triebwerke hochgerechnet. In Anlehnung an die klimapolitischen Ziele der EU wird versucht, mit den vorgeschlagenen Maßnahmen eine Stabilisierung der CO₂- und nach Möglichkeit der NO_x-Emissionen zu erreichen.

Aus Erfahrung in anderen Wirtschaftsbereichen wird erwartet, dass sich wirtschaftliche Zwänge für die Luftfahrtgesellschaften und die sonstigen am Luftverkehr Beteiligten positiv auf die technische Entwicklung der Triebwerke und Flugzeuge auswirken werden.

Das Vorhaben wird federführend von der TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH (TSU) gemeinsam mit dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) und dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt Energie GmbH (WI) bearbeitet. Die rechtliche Würdigung der Maßnahmen übernahm Prof. Gerd Winter (Forschungsstelle für Europäisches Umweltrecht an der Universität Bremen).

Als erster Schritt wird eine Analyse des heutigen Flugverkehrs nach Verkehrsarten, Verkehrszwecken und Verkehrszielen auf der Basis von 1995 durchgeführt. Zur Berechnung

der Schadstoffbelastung der einzelnen Verkehrsklassen werden die Emissionsdatenbank der ICAO und von der DLR (Institut für Antriebstechnik) ermittelte Emissionsfaktoren für Flugmissionen herangezogen.

Vor der Entwicklung von Maßnahmenkonzepten zur Reduzierung der Schadstoffbelastung des Luftverkehrs wird die heutige Struktur und das Wirkungsgefüge des Luftverkehrs näher untersucht. Dazu werden die ökonomischen Rahmenbedingungen ebenso betrachtet wie die Einbindung in verkehrsrechtliche Zusammenhänge. Schließlich wird auf die gesellschaftliche Bedeutung des Flugverkehrs eingegangen.

Die Auswahl der Maßnahmen wurde ausführlich im zweiten Zwischenbericht dieses Vorhabens diskutiert. Aus den dort vorgestellten Ergebnissen wurde mit dem Auftraggeber festgelegt, die Bewertung der Emissionsreduzierung auf die Einführung der Kerosinsteuer und der Emissionsabgabe in jeweils zwei unterschiedlichen Ausprägungen zu beschränken. Darüber hinaus wurde auch ein Maßnahmenbündel aus Kerosinsteuer und Emissionsabgabe mit flankierenden Maßnahmen entwickelt.

Für alle diskutierten Maßnahmenansätze werden Operationalisierungsansätze entwickelt. Es werden die zu berücksichtigenden rechtlichen Aspekte auf deutscher und internationaler Ebene erörtert, schließlich werden Auswirkungen auf die Nachfrage und der Wirkungsgrad abgeschätzt.

Als weiterer wesentlicher Bestandteil wurden für die Maßnahmenansätze die Reduzierungspotenziale der Schadstoffbelastung modellhaft berechnet und mit der Trendprognose für das Jahr 2020 verglichen. Entsprechend dem eingangs gesteckten Ziel wurden abschließend alle Szenariohorizonte hinsichtlich Verkehrsleistung, Kraftstoffverbrauch und Emissionen mit dem Basisjahr 1995 verglichen und bewertet.

Die Umsetzung der Maßnahmen liegt in der Verantwortung der Politik, die die Abwägung zwischen Umweltzielen und anderen gesellschaftlichen und ökonomischen Interessen vorzunehmen hat. Auch die Bundesregierung geht davon aus, dass die erwarteten Zuwächse im Luftverkehr nur dann zu realisieren sind, wenn damit keine in gleicher Weise zunehmende Erhöhung der Umweltbelastung einhergeht, setzt aber im wesentlichen auf eine deutliche Reduzierung der Emissionsgrenzwerte und auf eine Verbesserung der Betriebsregelungen auf den Flughäfen.³

³ BMWi (1996).

Dieser Endbericht baut im wesentlichen auf den beiden Zwischenberichten des Vorhabens vom Januar 1997 und Dezember 1998 sowie den Erkenntnissen aus der Diskussion mit dem Projektbegleitenden Ausschuss vom Februar 1997 und Februar 1999 auf.

1.2 Wirtschaftliche Bedeutung des Luftverkehrs

Unabhängig von der statistischen Messbarkeit und der wissenschaftlichen Verifizierbarkeit im einzelnen wird dem Luftverkehr weltweit generell ein hoher ökonomischer Stellenwert beigemessen. Seine Bedeutung liegt weniger in den direkten, indirekten und induzierten Beschäftigungswirkungen oder seinem jeweiligen Anteil am Bruttoinlandsprodukt (BIP) und an der Bruttowertschöpfung insgesamt, sondern vielmehr in der strategischen Bedeutung für einzelne ex- und importabhängige Wirtschaftssektoren und für das Tourismusgewerbe (Reisebüros, Pauschalreisen u.a.m.). Für viele südeuropäische Länder - wie Griechenland, Italien, Portugal und Spanien (Kanaren) - haben die Flug-Pauschalreisen eine vergleichsweise starke wirtschaftliche Bedeutung; viele überseeische Zielregionen und -länder (z.B. Karibik, Malediven) sind sogar wirtschaftlich überwiegend vom Flugtourismus abhängig.

Der Luftverkehr ermöglicht weltweite, schnelle Geschäftsreiseaktivitäten und Frachtförderungen und ist insofern eine wesentliche Voraussetzung für die Globalisierung der Wirtschaft und die Internationalisierung des Handels. Der internationale Handel führt dazu, dass die Käufer von Waren eine größere Wahlmöglichkeit aus einem umfangreicheren Angebotsspektrum erhalten. Für die lokalen Hersteller und Anbieter von Waren erweitern sich umgekehrt die geographischen Absatzmärkte ganz erheblich. Die Wettbewerbsintensität wird erhöht und der Zwang zur Rationalisierung gesteigert. Gerade in einer eng mit der Weltwirtschaft verzahnten Volkswirtschaft wie der Deutschlands, strahlt der Luftverkehr über die unmittelbar und direkt ex- und importabhängigen Wirtschaftssektoren hinaus in die Entwicklung fast aller Wirtschaftsbereiche hinein.

Die Option, sich aus diesem Prozess isoliert abzukoppeln, besteht nicht. Nationale Alleingänge bei der Einführung von Kerosinsteuern und/oder Emissionsabgaben würden - unabhängig von der rechtlichen Durchsetzbarkeit und der Kompatibilität mit internationalem Recht - vermutlich eher zu nationalen Wohlstandseinbußen und zu verminderter internationaler Wettbewerbsfähigkeit als zu einer nachhaltigen Verbesserung der Umweltbilanz des Luftverkehrs beitragen. Wahrscheinlich wären bei isoliertem Vorgehen sogar kontraproduktive Ausweich- und Umgehungsreaktionen zu erwarten.

Die hohe wirtschaftliche Bedeutung des Luftverkehrs spricht nicht gegen Maßnahmen, die zu einer drastischen Verteuerung im Luftverkehr führen, wohl aber gegen nationale Alleingänge. Eine mehr an ökologischen Kriterien orientierte Luftverkehrspolitik wird um so erfolgreicher sein, je mehr Länder sich auf Standards und Maßnahmen einigen und diese gemeinsam einführen. Je größer der Kreis der sich beteiligenden Länder wird, um so geringer werden die möglichen Ausweich- und Umgehungsreaktionen und die wirtschaftlichen Nachteile für ein einzelnes Land sein.

Im Luftverkehr lassen sich national und international darüber hinaus eine Fülle von Subventionstatbeständen nachweisen, die im Kontext einer ökologisch orientierten Luftverkehrspolitik einer besonders kritischen Überprüfung bedürfen. Die für die Einführung der Subventionen ursprünglich gewählten Begründungen (wie *Strukturwandel* und *Marktversagen*) sind heute vielfach sachlich nicht mehr gerechtfertigt und tragfähig. Nicht selten werden Subventionen im Inland mit der Gewährung entsprechender Subventionen im Ausland begründet. Reagiert das Ausland seinerseits mit der weiteren Aufstockung solcher Beihilfen, so kann es zu einem Subventionswettlauf kommen, bei dem eine auch nur annähernde ökonomische Rechtfertigung nicht mehr erkennbar ist.

Subventionen im weitesten Sinne erhalten Fluggesellschaften (wegen ineffizienter Flotten- und Routenstruktur oder zu hoher Lohnkosten), Flughäfen, die Luftfahrttechnik (Triebwerks- und Fluggerätehersteller) sowie die Passagiere (Duty-free Verkäufe, Vielfliegerprogramme mit Bonusmeilen, Umsatzsteuerbefreiung). Die lückenlose und vollständige Erfassung aller Subventionen und sonstigen finanziellen Vergünstigungen und Beihilfen im geographischen Geltungsbereich dieser Untersuchung (europaweit) und eine kritische Evaluierung hinsichtlich ihrer jeweiligen ökonomischen und ökologischen Effizienz war im Rahmen dieser Studie wegen des enormen Arbeitsaufwandes nicht durchführbar. Es mag hier deshalb der Hinweis genügen, dass im Zuge der Einführung von Kerosinsteuer und Emissionsabgaben zur Verbesserung der Umweltbilanz des Luftverkehrs auch die wichtigsten Subventionstatbestände kritisch zu überprüfen und abzuschaffen wären. Eine an allererster Stelle zu nennende Maßnahme ist die Aufhebung der Umsatzsteuerbefreiung bei grenzüberschreitenden Flügen und solchen innerhalb des EU-Raumes.

1.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

Das Luftverkehrsrecht hat sich in zwei Phasen entwickelt. Die erste war durch staatswirtschaftliche Organisationsformen und intensive Regulierung gekennzeichnet, die zweite durch Deregulierung und die Ermöglichung und Gestaltung von Wettbewerb. Beide Phasen kannten auch umweltrechtliche Begrenzungen, aber ihr Hauptziel lag doch auf der – einerseits staatlichen, andererseits marktlichen - Organisation des Wachstums der Luftverkehrsleistungen. Die Frage, die sich stellt und auch dieses Gutachten veranlaßt hat, ist, ob es eine dritte Phase geben wird, in der den Umweltproblemen mehr Bedeutung eingeräumt wird.⁴

In der ersten Phase galt Luftverkehr als staatlich bereitzustellende Infrastruktur. Die Akteure und Anlagen waren staatswirtschaftlich verfasst, die Slots und Verkehrsrechte waren eine Art Monopolrechte in öffentlicher Hand, mit denen diese die Konkurrenz begrenzte und sich im Tauschwege den Zugang zu anderen Flughäfen und auswärtigem Luftraum erschloss. Daneben trat eine dichte staatliche Wirtschaftsaufsicht im Hinblick auf den Bau von Flughäfen, die Genehmigung von Luftverkehrsunternehmen, die Zulassung von Luftfahrzeugen, die Genehmigung von Fluglinien, die Tarifgenehmigung, die Flugsicherung etc.

Partiell wurden diese Ansätze auf der Ebene des internationalen Rechts unterstützt, wobei jedoch Neutralität im Hinblick auf die Frage staatlicher oder marktlicher Formen herrschte. Mit dem Chicagoer Abkommen von 1944 wurde eine multilaterale Organisation, die International Civil Aviation Organisation (ICAO), gegründet, die auf die Vereinheitlichung der technischen Anforderungen an Flugzeugen, Luftverkehrsregeln und Zollbestimmungen hinarbeitete.⁵ Die Vergabe von Verkehrsrechten wurde dagegen bilateralen zwischenstaatlichen Vereinbarungen überlassen.⁶ Der Tarifgestaltung nahm sich ein Großverband der Luftfahrtunternehmen, die International Air Transport Association (IATA) an.

In der zweiten Phase der Deregulierung und des Wettbewerbs wurde vor allem die EWG aktiv, die sich in der ersten Phase weitgehend zurückgehalten hatte. Zunächst gerieten die Mitgliedsstaaten unter den Druck des Wettbewerbsrechts des EWGV (Art. 85 ff.), dessen Anwendbarkeit auf den Luftverkehr der EuGH im Urteil „Nouvelles Frontières“⁷

⁴ S. zu den Phasen im einzelnen Winter (1995).

⁵ Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt v. 7.12.1944, BGBl. 1956 II S. 411. S. dort Art. 1 (nationale Lufthoheit, Art. 6 (nationale Verfügung über den internationalen planmäßigen Fluglinienverkehr) und Art. 7 (nationale Verfügung über Beförderung zwischen nationalen Orten [Kabotage]).

⁶ Als Beispiel s. das Abkommen zwischen der BRD und Großbritannien v. 22.7.1955, BGBl. 1956 II S. 1071, dort Art. 2 zu den Verkehrsrechten und Art. 7 zu den Flugtarifen.

⁷ Rs. 209 bis 213/84, Slg. 1986, 1425 ff.

bejaht hatte. Der eigentliche Umbau erfolgte aber über drei sekundärrechtliche Maßnahmepakete von 1987, 1990 und 1992/93, die insbesondere die Tarife liberalisierten, Konkurrenten Zugang zu Slots verschafften und allen Luftfahrtunternehmen der Gemeinschaft die volle Freiheit für Strecken in der Gemeinschaft sicherten. Verbunden damit war ein sukzessiver Rückzug der öffentlichen Hand aus Flughafen- und Luftfahrtgesellschaften. Weitere Schritte gehen in Richtung auf eine Privatisierung früherer Verwaltungsfunktionen wie der Flugplankoordination und Flugsicherung.

Die beschriebenen Phasen hatten, wie gesagt, dasselbe Ziel, nämlich den Ausbau und die Verbesserung der Luftverkehrsdienstleistungen, nur verfolgten sie es mit unterschiedlichen Mitteln. Es besteht kein Zweifel, dass das Ziel in fulminanter Weise erreicht worden ist, und zwar vor allem in der zweiten Phase, die auf Wettbewerb setzte.⁸ Mängel, die die Kommission dennoch weiterhin sieht und derentwegen sie eine neue dritte Phase einleiten möchte, haben vorwiegend mit noch bestehenden Wettbewerbsverzerrungen zu tun: Die Bilateralität der Luftverkehrsabkommen zwischen Mitgliedsstaaten und Drittstaaten führte dazu, dass zwar Drittlandsunternehmen inzwischen von sehr vielen europäischen Flughäfen Drittlandsflüge starten können, die europäischen Unternehmen solche Flüge jeweils aber nur von ihrem Heimatstaat aus durchführen können. Die Kommission möchte den Verkehr auch insoweit liberalisieren und strebt ein entsprechendes Verhandlungsmandat für den Abschluss von Abkommen für das ganze Gemeinschaftsgebiet an.⁹ Skeptisch betrachtet sie auch die Tendenz zu globalen strategischen Allianzen, die über ein Code-sharing zur besseren Auslastung von Flügen beitragen.¹⁰ So richtig ihre Befürchtung ist, dass die Vorteile den Kunden nicht weitergereicht werden könnten, so sehr vermisst man doch auch ein Gespür dafür, dass bessere Auslastung zugleich Einsparung von Flügen und damit Minderungen der Umweltbelastung bedeuten.

Der enorme Wachstumserfolg der beiden Phasen ging auf Kosten der Umwelt, in Gestalt von Flächenverbrauch für Flughäfen, von Lärm für die Anwohner, von Schadstoffbelastung des Bodens und der Luft im Flughafenbereich und von Störungen der Physik und klimatischen Abläufe in der Atmosphäre.

⁸ Vgl. die Bewertung durch die Kommission in ihrer Mitteilung „Der Luftverkehr in der Gemeinschaft: vom Binnenmarkt zur weltweiten Herausforderung“, Kom(1999) 182 endg. v. 20.5.1999. S. vorher schon den verhaltenen Erfolgsbericht in der Mitteilung der Kommission „Auswirkungen des dritten Pakets von Maßnahmen zur Liberalisierung des Luftverkehrs“, Kom(96) 514 endg.

⁹ Kom(1999) 182 endg. S. 18 f.

¹⁰ Kom(1999) 182 endg. S. 17 f.

Die Verantwortlichen zogen hieraus Konsequenzen und formulierten rechtliche Vorkehrungen zum Schutz der Umwelt. Im Vordergrund standen zunächst die durch Flugplätze bedingten Natureingriffe und Lärmimmissionen. Einerseits wurde über die planungsrechtlichen Vorschriften des Luftverkehrsgesetzes und des Fluglärmmgesetzes versucht, die konfligierenden Bodennutzungen kompatibel zu machen.¹¹ Andererseits wurden die Luftfahrzeuge technischen Anforderungen der Schallemissionsbegrenzung unterworfen. Dies geschah auch auf Initiative der ICAO hin, die in Annex 16 vol. I zum Chicagoer Abkommen ab 1971 in mehreren Schritten Regeln zur Geräuschreduktion am Fluggerät aufstellte.¹²

Die Abgasemissionen traten dagegen erst später ins Bewusstsein. Noch heute nimmt § 2 Luftverkehrsgesetz für die Zulassung von Luftfahrzeugen nur die Lärmentstehung, dagegen nicht die Abgasemissionen in Bezug.¹³ Die ICAO begann 1981 damit, in Annex 16 vol. 2 abgasbezogene Regeln aufzustellen. Von den hier relevanten Abgasen wurden sukzessive CO und NO_x erfasst.¹⁴ Die Grenzwerte für NO_x wurden 1993 um 20 % gesenkt und im März 1999 noch einmal um 16 % (für neue Maschinen ab 2003).¹⁵ Nicht geregelt wurden dagegen Emissionen von Kohlenstoffdioxid und von Wasserdampf, mit der Begründung, sie seien unvermeidbar.¹⁶

¹¹ Vgl. Luftverkehrsgesetz von 1922, i.d.F. v. 27.3.1999, BGBl. 1999 I S. 551, §§ 6 – 19; Fluglärmschutzgesetz v. 30.3.1971, BGBl. 1971 I S. 282.

¹² The Convention on International Civil Aviation, Annexes 1 to 18...the first 46 Years, ICAO 1990, S. 36 f.

¹³ § 2 Abs. 1 Nr. 4 verlangt als Voraussetzung der Zulassung, dass die technische Ausrüstung des Luftfahrzeugs so gestaltet ist, dass das durch seinen Betrieb entstehende Geräusch das nach dem jeweiligen Stand der Technik unvermeidbare Maß nicht übersteigt. Auch die Ermächtigungsgrundlage für Verordnungen zu Bau, Ausrüstung und Betrieb von Luftfahrzeugen, § 32 Abs. 4 LuftVG, erwähnt Energieeinsparung und Abgasvermeidung nicht als Regelungsziele. Sie werden allein den ICAO-Normen überlassen, die nach § 32 Abs. 3 Satz 1 LuftVG in nationale Rechtsverordnungen transponiert werden. Immerhin taucht eine dem jeweiligen Stand der Technik entsprechende Umweltverträglichkeit in § 2 Abs. 1 Nr. 5 der Bauordnung für Luftfahrgerät v. 16. 8. 1974, BGBl. I S. 2058, zul. geänd. am 3. 8. 1998, BGBl. I, S. 2010, auf.

¹⁴ The Convention..., S. 37 f.

¹⁵ ICAO Update March 1999, www.icao.int.

¹⁶ Interim Report of the Committee on Aviation Environmental Protection v. 16.2.1995, presented to the 144th ICAO Council Session, Nr. 3.2.3.

2 Analyse der Struktur des Luftverkehrs

2.1 Abgrenzung des Luftverkehrs

Für die Erfassung des Luftverkehrs werden unterschiedliche Abgrenzungskriterien verwendet. Der Energieverbrauch und die Emissionen werden i.a. unvollständig erfasst. Zur Zuordnung der Emissionen aus dem internationalen Verkehr ist auch in der Klimakonferenz in Kyoto noch keine Vereinbarung getroffen worden. Die folgende Darstellung orientiert sich u.a. an einer Ausarbeitung für die UN-Klimakonferenz¹⁷:

- **Territorialprinzip (oder Inlandsprinzip):** Berücksichtigt werden die Verkehrsleistungen über dem Territorium eines Landes, auch bei grenzüberschreitenden Flügen nur bis zur Landesgrenze. Flüge, die Deutschland ohne Landung überqueren¹⁸, sind hierin ebenso wenig enthalten wie Flugstrecken über internationale Gebiete.
- **Standortprinzip:** Es werden die Verkehrsleistungen der auf inländischen Flughäfen einsteigenden Fluggäste bis zum ersten Aussteigeflughafen des jeweiligen Fluges gezählt (Flugstrecken).
- **Erweitertes Standortprinzip:** Der abgehende Verkehr wird im Grundsatz wie beim Standortprinzip dem Startflughafen zugeordnet. Allerdings werden die Verkehrsleistungen bis zum Endziel berücksichtigt und nicht nur bis zur ersten Landung.
- **Berührprinzip:** Es wird streckenbezogen der gesamte Verkehr berücksichtigt, der auf inländischen Flughäfen ankommt oder abgeht. Es wird also der gesamte Flugverkehr mit einbezogen, der das Inland berührt, nicht dagegen derjenige, der das Inland ohne Zwischenlandung überfliegt.
- **Verursacherprinzip:** Hier wird versucht, die Emissionen der Flugzeuge denen zuzurechnen, die die Verkehrsleistung in Anspruch nehmen. Die Zuordnung kann bei der Nationalität des Reisenden, bei der Nationalität der Fluggesellschaft oder dem Registrierungsland des Fluggerätes¹⁹ ansetzen. Ein Verursacherprinzip ist bislang nicht einheitlich definiert.
- **Inländerprinzip:** Als eine Umsetzung des Verursacherprinzips werden jedem Staat die in aller Welt zurückgelegten Verkehrsleistungen seiner Einwohner (Inländer) zugerechnet.

¹⁷ Vgl. UNFCCC/SBSTA (1996), S. 20 f. Vgl. auch Wit (1996).

¹⁸ Vom TÜV wurden auch diese Flugleistungen und Emissionen bestimmt.

¹⁹ Vgl. UNFCCC/SBSTA (1996), S. 21.

In dieser Untersuchung werden die Emissionsberechnungen sowohl nach dem Territorialprinzip als auch nach dem erweiterten Standortprinzip durchgeführt.²⁰ Zusätzlich werden die Flugrouten mit ihrer Entfernung erfasst. Über eine unterschiedliche Gewichtung der Transportweiten könnten damit auch andere Prinzipien der Abgrenzung berücksichtigt werden.

Die Datenanalyse umfasst die Zahl der Starts und Landungen, die Streckenlänge, die Struktur der Flugbewegungen (Fluggerät, Flughöhe etc.), die Zahl der beförderten Passagiere, die Fahrtzweckstruktur sowie die beförderten Frachtmengen. Untersuchungsgegenstand ist die gesamte zivile Luftfahrt, bei den Maßnahmen wird jedoch nur die gewerbliche Luftfahrt betrachtet. Rundflüge und andere gewerbliche Flüge mit Hubschraubern und Kleinflugzeugen sind in den Tabellen (wegen ihrer für Deutschland nur marginalen Umweltbedeutung) i. a. nicht enthalten.

Auf eine vollständige Differenzierung nach Linien- und Charterflügen wurde verzichtet. Diese Differenzierung verliert ohnehin an Bedeutung, da immer mehr Urlauber im Linienflug zu Spezialtarifen befördert werden und zugleich Chartergesellschaften bestimmte Eigenschaften des Linienverkehrs wie veröffentlichte Flugpläne, Einzelplatzbuchung etc. übernehmen.²¹

2.2 Eckwerte des Verkehrsaufkommens und des Energieverbrauchs im weltweiten Luftverkehr

2.2.1 Anteil des zivilen Luftverkehrs am gesamten Energieverbrauch

Die Berechnung des Energieverbrauchs stützt sich auf folgende Quellen:

- Die betriebswirtschaftlichen Daten der Fluggesellschaften ermöglichen Rückschlüsse auf die für den Flugbetrieb verbrauchten Treibstoffmengen.
- Die Produktions- und Absatzstatistiken der Mineralölindustrie bieten relativ vollständige Informationen an. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass Flugkraftstoffe auch im militärischen Bereich verbraucht und auch außerhalb des eigentlichen Flugbetriebs, so für Testläufe von Turbinen, eingesetzt werden. Zudem gehen die Raffinerien zunehmend dazu über, universell einsetzbare Destillate zu vertreiben, die nur bei Bedarf mit Additiven den Bedingungen des Flugverkehrs angepasst werden, so dass die Ein-

²⁰ Bei verbrauchs- bzw. emissionsbezogenen Daten sind z.T. nur streckenbezogene Werte verfügbar.

²¹ Vgl. UN (1995 b).

grenzung der ausschließlich für den Flugbetrieb benutzten Kraftstoffe zunehmend unschärfer wird. **Tabelle 2.1** zeigt den Energieabsatz in der jeweils betrachteten Region.

- Darüber hinaus liegen Sekundärstatistiken der UN²² und der Internationalen Energie-Agentur (IEA), einer Tochterorganisation der OECD, vor. In diesen Energiebilanzen ist der Luftverkehr als Teil des Transportsektors ausgewiesen.²³ (**Tabelle 2.2**)

Tabelle 2.1: Weltabsatz von Flugkraftstoffen nach Regionen in Mio. t

	Welt	Europa	UdSSR/ GUS	Nordamerika	Asien	Pazifik	übrige Länder
1974	113	18,5	23,8	50,9	5,7	4,4	9,5
1975	113	18,7	20,4	52,4	6,2	4,8	10,5
1976	113	19,5	21,0	51,5	5,9	4,5	10,7
1977	120	20,5	21,6	54,2	6,4	4,8	12,5
1978	124	21,7	22,2	54,9	6,8	5,2	13,4
1979	129	22,4	22,8	57,6	7,0	5,3	14,2
1980	130	22,1	23,2	57,5	7,5	5,6	14,3
1981	128	21,7	23,7	54,4	7,9	5,5	15,3
1982	130	21,7	24,1	54,1	8,6	6,2	15,1
1983	131	21,8	24,6	55,1	8,6	6,2	14,8
1984	140	22,9	24,9	61,8	9,0	6,7	14,9
1985	145	24,0	25,2	64,3	9,2	7,0	15,0
1986	152	25,2	25,7	68,1	10,0	7,5	15,3
1987	159	26,5	26,3	70,5	11,1	8,1	16,2
1988	165	28,8	27,0	73,4	12,0	8,8	14,9
1989	171	30,4	27,3	75,6	12,7	9,7	15,3
1990	171	31,1	21,2	77,8	14,4	10,1	16,7
1991	168	30,2	21,2	75,3	14,3	10,6	16,7
1992	167	32,0	17,7	74,3	15,8	11,1	16,1
1993	171	33,9	16,4	75,1	17,5	11,5	16,7
1994	174	35,4	12,4	78,6	19,0	12,0	17,0
1995	179	37,3	11,9	78,0	21,0	13,5	17,8
Quelle: IEA.							

Der Weltabsatz von Flugkraftstoffen²⁴ lag 1995 bei 179 Mio. t und hat in den letzten 20 Jahren um über die Hälfte zugenommen. Der Verbrauch für militärische Flüge (im Durchschnitt auf 10 % geschätzt) ist in den Zahlen der **Tabelle 2.1** enthalten. Mit Ausnahme der GUS-Staaten hat der Verbrauch in allen Regionen zugenommen, überdurchschnittlich im asiatisch-pazifischen Raum. Insgesamt 5,3 % des Raffinerieausstoßes an Mineralöl werden als Flugkraftstoff verwendet.

²² Vgl. Statistisches Bundesamt (1996), S. 9 f.

²³ Angegeben wird sogar eine Zweiteilung nach "International Civil Aviation" und "Domestic Air Transport". Da die internationalen Flüge der heimischen Fluggesellschaften in den jeweiligen Ländern diesen beiden Kategorien unterschiedlich zugeordnet werden, ist diese Differenzierung nicht verwendbar.

²⁴ Umfasst nach der Abgrenzung der IEA "Aviation Gasoline (motor spirit prepared especially for aviation piston engines), Gasoline type Jet Fuel (all light hydrocarbon oils meeting specifications for use in aviation turbine power units) and Kerosene type Jet Fuel (medium distillate meeting specifications for use in aviation turbine power units)".

Nach den Energiebilanzen der Länder ergeben sich die in **Tabelle 2.2** ausgewiesenen Energieverbrauchswerte. Für die Länder, für die keine aktuellen Energiebilanzen vorliegen, sind Werte vom DIW geschätzt worden. Deutschland liegt hinter Großbritannien an fünfter Stelle. Bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch des Landes sind die für den Luftverkehr getankten Mengen überdurchschnittlich hoch in den Touristikländern (Griechenland, Tunesien, Spanien), in den Ländern mit großen Umsteiger-Flughäfen (Schweiz, Großbritannien, Dänemark, Niederlande und Luxemburg) und in den USA. Die in Deutschland getankte Menge liegt im Anteil wie die Frankreichs unter dem EU-Durchschnitt, was z. T. natürlich auch, etwa im Vergleich mit den Mittelmeerländern, auf den im gesamten Endenergieverbrauch enthaltenen hohen Verbrauch für andere Zwecke, wie Heizung und Pkw-Nutzung, zurückzuführen ist.

2.2.2 Weltweite Entwicklung der Verkehrsnachfrage

Nach den Daten der ICAO (siehe **Abb. 2.1**) ist im weltweiten Luftverkehr in den letzten fünfzehn Jahren das Fluggastaufkommen um 70 vH auf 1,3 Mrd. Passagiere im Jahr 1995 gestiegen, die Personenverkehrsleistung hat sich auf 2.230 Mrd. Personenkilometer verdoppelt. Noch stärker hat die Verkehrsleistung im Güterverkehr von 31 Mrd. Tonnenkilometer in 1982 auf 84 Mrd. in 1995 zugenommen. In der Statistik der Verkehrsverflechtung fehlen die Verkehrsleistungen vieler Fluggesellschaften im internationalen Verkehr (z. B. Aeroflot, Air China etc.). Für die von Deutschland ausgehenden Flüge sind die Unterschiede in dem entsprechenden Kapitel in Tabelle 2.10 ausgewiesen: Nur knapp die Hälfte der Einsteiger in Deutschland wird von der ICAO erhoben. Zum Umfang des gesamten weltweiten Luftverkehrs liegen außerdem Schätzungen der Boeing²⁵ vor. In **Tabelle 2.3** ist die regionale Verteilung der Personenverkehrsleistung ausgewiesen, **Abb. 2.2** gibt einen Überblick über die Verteilung der Passagierkilometer. Mehr als ein Viertel der Verkehrsleistung entfällt auf Flüge innerhalb Nordamerikas (USA und Kanada), jeweils ein Achtel auf kontinentale Flüge innerhalb Asiens und Europas. Nur jeder zwölfte Passagierkilometer ist innerkontinentalen Flügen der übrigen Kontinente zuzurechnen. Zwei Fünftel der Verkehrsleistung entfallen auf den Interkontinentalverkehr. Die aufkommensstärkste Interkontinentalrelation mit rd. 17 Mio. Passagieren je Richtung ist die Nordatlantikverbindung zwischen Europa und Nordamerika. Mit deutlichem Abstand folgen die Flüge zwischen Nordamerika und Mittel- und Südamerika mit 11,4 Mio. Passagieren (je Richtung).

²⁵ Boeing (1998). Die Schätzungen von Airbus (1998) über die Regionalstruktur weichen hiervon ab.

In der **Abb. 2.2** (S. 25) sind Relationen mit weniger als 4 Mio. Passagieren nicht dargestellt. Die Länge der Balken entspricht der durchschnittlichen Entfernung, die Breite der Zahl der Passagiere.

Abb. 2 1 Entwicklung des Weltluftverkehrs nach Angaben der ICAO

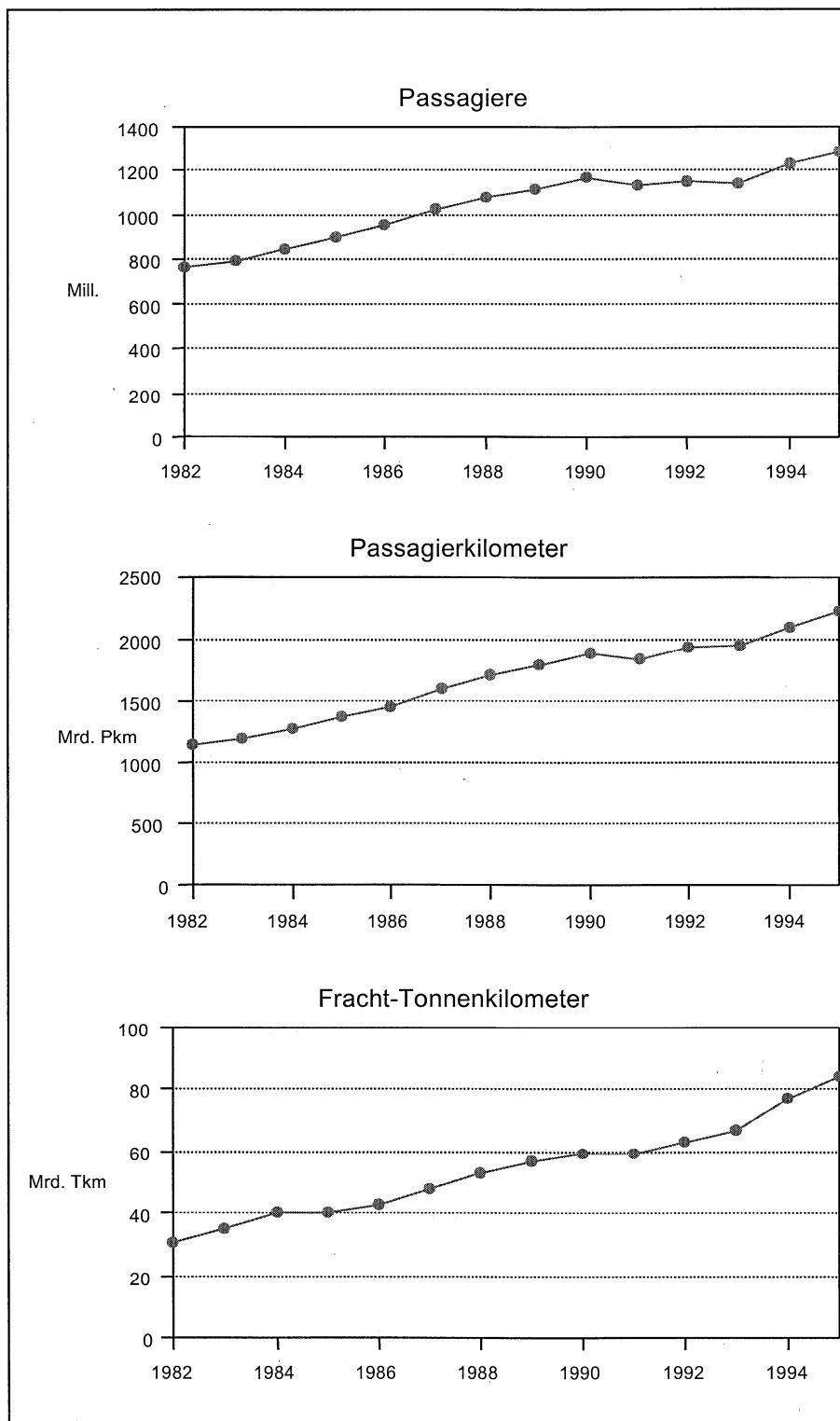


Tabelle 2.2: Energieverbrauch für den zivilen Flugverkehr und gesamter Energieverbrauch 1995

	Anteil der Region am Energieverbr. des Luftverk. %	Energieverbrauch. des Luftverkehrs	gesamter End- Primär-energieverbrauch Mio. toe ²⁾		Anteil Luftverkehr am End- Primärenergieverbr. %		Pro-Kopf-Verbrauch Primär- Luft-energie verkehr Liter ³⁾	
Summe	100,0	190	6.605	9.072	2,9	2,1	2.227	50
USA	40,1	76,4	1403	2.078	5,4	3,7	9.474	348
EU	18,0	34,4	992	1.377	3,5	2,5	4.454	111
Japan	5,1	9,8	346	497	2,8	2,0	4.770	94
ehem. UdSSR	4,9	9,4	500	628	1,9	1,5	5.128	76
Großbritannien	4,3	8,2	156	222	5,3	3,7	4.560	169
Deutschland	3,3	6,2	246	339	2,5	1,8	4.993	91
Frankreich	2,6	4,9	159	241	3,1	2,0	4.994	101
Kanada	2,3	4,4	178	233	2,5	1,9	9.503	179
Australien	2,0	3,7	66	94	5,7	3,9	6.249	247
Spanien	1,7	3,2	72	103	4,5	3,1	3.134	98
Hongkong	1,6	3,1	10	14	31,3	22,7	2.797	636
China	1,6	3,0	826	1.038	0,4	0,3	1.038	3
Italien	1,5	2,9	125	161	2,3	1,8	3.386	60
Thailand	1,4	2,7	49	73	5,5	3,7	1.481	55
Niederlande	1,4	2,7	58	73	4,6	3,7	5.673	208
Singapur	1,4	2,6	9	21	30,5	12,3	9.012	1.110
SaudiArabien	1,3	2,6	49	83	5,2	3,1	1.469	46
Mexiko	1,3	2,4	96	133	2,5	1,8	1.709	31
Brasilien	1,2	2,4	137	162	1,7	1,5	1.200	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	3.898	58
Taiwan	1,0	1,8	44	65	4,1	2,8	3.672	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	4.189	227
Griechenland	0,7	1,3	16	24	8,0	5,4	2.721	148
Malaysia	0,6	1,2	25	36	4,6	3,2	2.165	69
Südafrika	0,6	1,1	56	99	2,0	1,1	2.855	32
Argentinien	0,5	1,0	40	56	2,5	1,8	1.934	35
Belgien	0,5	1,0	38	52	2,6	1,9	6.215	116
Dänemark	0,4	0,8	16	20	5,1	3,9	4.743	185
Israel	0,4	0,7	11	17	6,7	4,2	3.551	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	3.105	17
Österreich	0,3	0,5	22	26	2,2	1,8	3.973	72
Bulgarien	0,1	0,3	12	23	2,1	1,2	3.160	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	9.990	591

¹⁾ In der Abgrenzung der Energiebilanz, einschl. Flughafenverbrauch. - ²⁾ 1 Mio. toe (Tonne Öleinheit) entspricht 41,868 Pentajoule, dem Heizwert von 1,2 Mrd. l Kerosin. - ³⁾ Energieabsatz umgerechnet in Äquivalente von Liter Heizöl, Diesel oder Kerosin (Mineralölprodukte mit vergleichbarer Energiedichte).

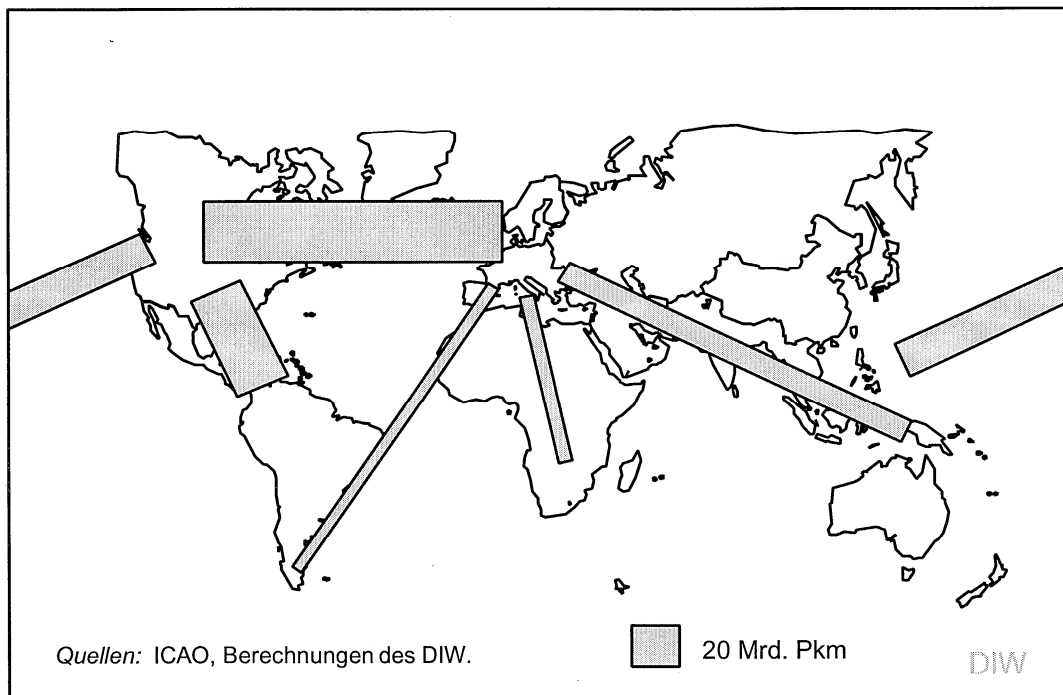
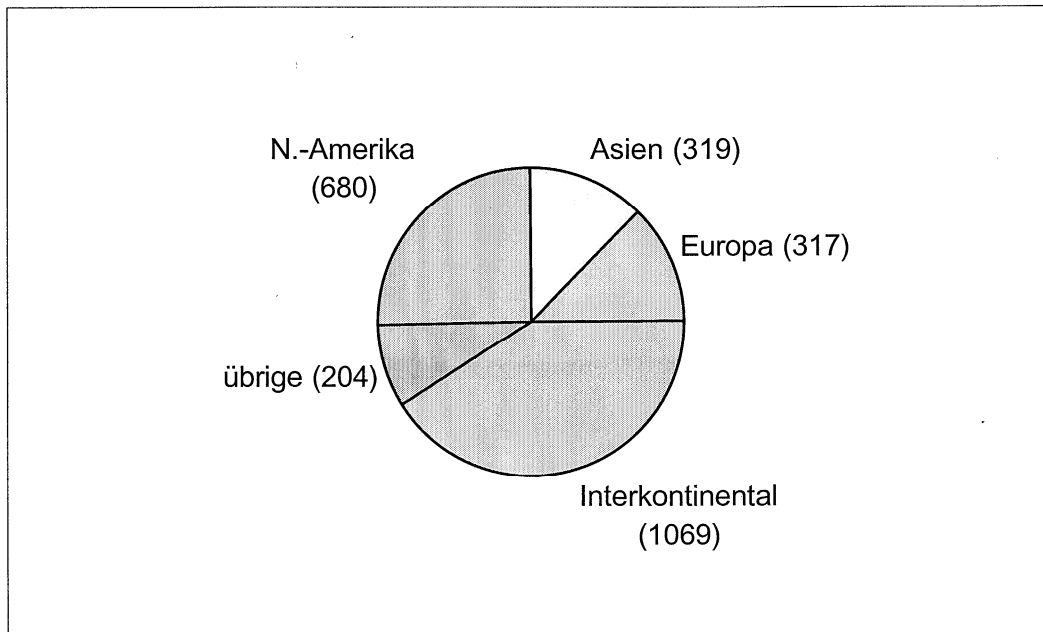
Quellen: Energiebilanzen IEA; Berechnungen des DIW.

Tabelle 2.3: Passagier-Luftverkehr nach Routen und Regionen in Mio. Pkm

Flugrouten						1985 = 100			Anteil der Region 1995 in %
	1985	1990	1995	1996	1997	1990	1995	1997	
Africa-Africa	13,5	14,7	14,8	15,3	16,6	108	109	113	0,57
Africa-China	0,2	0,3	1,3	1,8	1,9	172	704	1013	0,05
Africa-Europe	43,0	47,7	57,2	66,9	75,3	111	133	155	2,21
Africa-Middle East	5,2	7,4	6,5	7,0	7,5	143	126	135	0,25
Africa-North America	1,2	1,3	2,6	3,1	4,0	106	216	250	0,10
Africa-Oceania	0,4	0,7	1,2	1,6	1,9	194	337	461	0,05
Africa-South America	1,0	1,0	1,4	1,8	1,5	102	139	179	0,05
Africa-Southeast Asia	0,3	0,9	3,2	3,6	3,4	325	1.152	1.294	0,12
Africa-Southwest Asia	0,8	0,8	1,0	1,6	1,5	109	136	211	0,04
Central America-Central Am.	12,8	14,3	18,3	17,9	18,4	112	142	139	0,71
Central America-Europe	17,9	27,6	44,2	47,5	51,7	155	247	266	1,71
Central America-North America	43,3	63,7	71,1	72,6	73,2	147	164	168	2,75
Central America-South America	3,3	3,5	4,3	4,6	5,3	106	130	140	0,16
China-China	8,4	18,3	57,5	62,1	62,9	216	682	736	2,22
China -Europe	9,6	16,9	26,6	29,4	32,4	177	278	306	1,03
China-Middle East	2,0	2,0	1,4	1,4	1,7	102	72	69	0,06
China-North America	7,8	13,4	21,6	24,1	27,6	172	277	309	0,84
China-Northeast Asia	6,8	10,9	16,0	17,3	18,0	162	237	257	0,62
China-Oceania	3,0	5,8	9,2	10,7	11,1	194	308	356	0,36
China-Southeast Asia	8,1	14,5	23,0	27,2	28,5	179	285	337	0,89
China-Southwest Asia	0,8	1,1	1,3	1,8	1,7	148	169	232	0,05
CIS Region-CIS Region	175,8	224,2	63,4	50,8	44,5	128	36	29	2,45
CIS Region-International	15,9	24,1	33,9	39,5	42,6	152	214	249	1,31
Europe-Europe	170,0	258,3	317,1	335,5	365,3	152	186	197	12,25
Europe-Middle East	43,4	41,5	44,9	47,9	51,9	96	103	110	1,73
Europe-North America	158,6	230,7	278,9	296,4	322,8	145	176	187	10,77
Europe-Northeast Asia	17,0	29,3	46,6	54,6	58,4	172	273	320	1,80
Europe-South America	12,3	22,3	32,9	37,2	40,3	182	269	304	1,27
Europe-Southeast Asia	26,6	46,4	65,9	72,0	81,5	174	248	271	2,54
Europe-Southwest Asia	11,9	17,5	20,7	23,4	22,7	147	174	197	0,80
Middle East-Middle East	17,7	19,5	20,7	21,8	22,4	110	117	123	0,80
Middle East-North America	5,0	6,6	10,3	11,3	11,1	131	206	225	0,40
Middle East-Northeast Asia	0,1	0,1	0,3	0,8	0,9	103	475	1180	0,01
Middle East-Southeast Asia	15,1	11,0	20,6	20,4	20,8	73	136	135	0,79
Middle East-Southwest Asia	14,5	16,6	23,2	23,8	24,3	114	160	164	0,90
North America-North America	470,6	589,1	680,3	729,5	762,7	125	145	155	26,27
North America-Northeast Asia	46,9	95,2	121,5	129,1	137,1	203	259	275	4,69
North America-Oceania	11,0	19,0	25,2	25,9	26,1	172	229	235	0,97
North America-South America	14,5	19,6	35,9	38,3	44,3	136	248	265	1,39
North America-Southeast Asia	8,0	15,3	25,9	26,0	28,1	191	323	324	1,00
Northeast Asia-Northeast Asia	32,3	50,0	67,4	71,7	74,5	155	209	222	2,60
Northeast Asia-Oceania	6,1	12,9	31,8	35,3	36,4	213	526	583	1,23
Northeast Asia-Southeast Asia	16,0	32,5	44,3	47,8	50,7	203	277	299	1,71
Northeast Asia-Southwest Asia	0,5	0,6	0,6	0,6	1,0	121	133	134	0,02
Oceania-Oceania	18,6	26,2	42,7	44,5	45,8	141	229	239	1,65
Oceania-South America	0,1	0,7	0,6	0,8	0,8	598	557	658	0,02
Oceania-Southeast Asia	12,2	24,3	33,1	36,8	38,9	199	270	301	1,28
South America-South America	29,5	33,8	39,7	42,2	46,6	115	135	143	1,53
Southeast Asia-Southeast Asia	17,7	29,9	53,8	58,2	61,1	169	305	330	2,08
Southeast Asia-Southwest Asia	5,7	5,8	8,1	8,9	9,5	103	143	157	0,31
Southwest Asia-Southwest Asia	10,5	11,6	15,2	16,1	16,1	111	145	154	0,59
World Total	1.573	2.182	2.589	2.766	2.935	139	165	176	100,0

Source: Boeing 1998.

Abb. 2.2: Passagier-Luftverkehr nach Regionen in Mrd Pkm 1995



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

2.3 Struktur und Entwicklung des von Deutschland ausgehenden Luftverkehrs

2.3.1 Energieverbrauch des Luftverkehrs in Deutschland nach den getankten Mengen

In den letzten zehn Jahren sind die vom zivilen Luftverkehr getankten Mengen an Turbinenkraftstoff um durchschnittlich jährlich 5 %, insgesamt um drei Viertel auf 5,4 Mio. t gestiegen²⁶ (**Tabelle 2.4**). Dies entspricht 4,1 % des Gesamtabsatzes von Mineralölprodukten in Deutschland.

Tabelle 2.4: Inlandsabsatz¹⁾ von Flugbetriebsstoffen in Tsd. Tonnen

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Flugbenzin ²⁾			558	359	313	281	162	80	114	27	26	22
davon Zivilbedarf	44	41	42	50	61	50	55	39	28	27	26	22
Militärbedarf			516	309	252	231	107	41	86	0	0	0
Flugturbinenkraftstoff			4003	4.59	5.000	5.166	4.848	5.096	5.316	5.796	5.804	5.936
davon Zivilbedarf	3.086	3.316	3.452	3.85	4.173	4.503	4.441	4.785	5.036	5.235	5.429	5.689
Militärbedarf			551	731	827	663	407	311	280	561	375	247

¹⁾ Ab 1987 gesamtdeutsche Werte.
²⁾ Einschließlich leichtem Flugturbinenkraftstoff.
 Quellen: Mineralöl-Zahlen; Bundesamt für Wirtschaft.

2.3.2 Verkehrsnachfrage im Luftverkehr

Der deutsche Luftverkehr ist relativ gut dokumentiert²⁷. Zweierlei ist allerdings zu beachten:

- Erhoben wird bei der Ankunft von Passagieren aus dem Ausland nur die Streckenherkunft, nicht der Ausgangspunkt der Reise; Anschlussflüge (zu Inlands- oder Auslandsflughäfen) werden als neue Reise gezählt.
- Die Spannweite des gewerblichen Luftverkehrs reicht von Linienflügen in Großraumflugzeugen bis hin zu Taxiflügen von Kleinlandeplätzen. Das Statistische

²⁶ In Deutschland getankte Mengen.

²⁷ Statistisches Bundesamt div. Jahrgänge.

Bundesamt weist nur für "ausgewählte Flugplätze"²⁸ relativ detaillierte Angaben aus, während auf den sonstigen Flugplätzen z. B. nur die zusteigenden Fluggäste ohne Angabe von Strecken- und Endzielen gezählt werden.

Die Zusammenstellung in **Tabelle 2.5** gibt einen Überblick über die diversen Einzelsegmente des Luftverkehrs, die – abhängig von der Fragestellung - zu unterschiedlich abgegrenzten Aufkommenszahlen aggregiert werden können.

Tabelle 2.5: Einzelsegmente des Passagieraufkommens in Tsd. Passagieren 1995

		Angaben des Statistischen Bundesamtes
(1)	17876	Einsteiger auf ausgewählten Flugplätzen mit Streckenziel im Inland
(2)	1008	Einsteiger auf den übrigen Flugplätzen
(3)	376	darunter Einsteiger, die in (1) bereits enthalten sind
(4)	16	Rundflugpassagiere auf ausgewählten Flughäfen
(5)	77	Rundflugpassagiere auf den übrigen Flugplätzen
(6)	204	Inlandspassagiere, die Umsteiger von einem Inlandsflug sind
(7a)	2184	Inlandspassagiere, die ihr Endziel im Ausland haben
(7b)	2164	Inlandspassagiere, die aus dem Ausland umsteigen
(8)	36384	Einsteiger ins Ausland
(9)	36726	Aussteiger aus dem Ausland
(10)	797	Durchgangsverkehr; Passagiere im Transitverkehr ohne Unterbrechung der Reise in Deutschland
		abgeleitete Aufkommenswerte
		Streckenzielaufkommen (Berührprinzip)
(11)	18508	Innerdeutsch, (1) + (2) ohne (3)
(12)	91618	gesamt, (11) + (8) + (9)
		Quellverkehr (Standortprinzip)
(13)	13863	Innerdeutsch, (11) ohne Rundflüge (4), (5), ohne Umsteiger (6), (7)
(14)	50227	gesamt, (13) plus (8)
		Verkehrsaufkommen (Berührprinzip)
(15)	13863	Innerdeutsch, wie (13)
(16)	87750	gesamt, (13) plus (8), (9) und (10)

Ungünstiger als zum Personenverkehr ist die Datenlage zum Frachtverkehr (**Tabelle 2.6**). Die Angaben des Statistischen Bundesamtes seit 1993 sind streckenzielbezogen, ohne Angaben zur Art der transportierten Güter. Das Statistische Bundesamt hat allerdings eine Aufbereitung der Außenhandelsstatistik nach Warengruppen zur Verfügung gestellt (**Tabelle 2.7**), die eine weitere Aufschlüsselung des Luftfrachtverkehrs ermöglicht.

²⁸ Berlin mit 3 Flughäfen (Tegel, Tempelhof und Schönefeld), Bremen, Dresden, Düsseldorf, Erfurt, Frankfurt, Hamburg, Hannover, Köln/Bonn, Leipzig, München, Münster/Osnabrück, Nürnberg, Saarbrücken, Stuttgart.

Tabelle 2.6: Frachtverkehr auf deutschen Flugplätzen - in Tsd. t

	Versand Luftfracht	Einladung ¹⁾			
		gesamt	Linie	Frachter	ins Inland
1985	360,4	555,4	497,1	244,4	64,7
1990	461,0	718,4	625,6	305,9	88,9
1995	612 ²⁾	942,1	800,0	450,0	82,0
1996	666 ²⁾	1000,0	845,6	487,3	96,6
	Empfang Luftfracht	Ausladung ¹⁾			
		gesamt	Linie	Frachter	aus Inland
1985	235,6	401,8	355,1	157,5	64,7
1990	489,0	729,5	631,4	320,0	88,9
1995	518 ²⁾	870,1	733,8	437,1	82,0
1996	533 ²⁾	912,9	764,2	463,1	96,6
¹⁾ einschließlich der Umladungen.					
²⁾ Werte der Außenhandelsstatistik.					
Quelle: Statistisches Bundesamt.					

Tabelle 2.7: Einfuhr und Ausfuhr 1995 im Luftverkehr

Nr. der Systematik des Int. Warenverzeichnisses (SITC Rev.3)		Einfuhr Menge (t)	Wert (DM/kg)	Ausfuhr Menge (t)	Wert (DM/kg)
0	Nahrungsmittel und lebende Tiere	32.278	9	11.353	16
00	Lebende Tiere (ausgenommen Fische usw.)	519	30	1.492	32
01	Fleisch und Zubereitungen von Fleisch	2.096	15	628	7
02	Milch und Milcherzeugnisse; Vogeleier	533	14	2.601	7
03	Fische usw., Zubereitungen davon	5.189	20	286	93
04	Getreide und Getreideerzeugnisse	355	4	834	5
05	Gemüse und Früchte	22.255	4	732	7
06	Zucker, Zuckerwaren und Honig	129	7	952	8
07	Kaffee, Tee, Kakao, Gewürze, Waren daraus	630	28	1.751	20
08	Tierfutter (ausgenommen ungemahlenes Getreide)	186	8	670	15
09	Verschiedene genießbare Waren und Zubereitungen	386	22	1.399	20
1	Getränke und Tabak	2.711	9	7.140	26
11	Getränke	2.068	7	4.071	16
12	Tabak und Tabakerzeugnisse	642	15	3.069	38
2	Rohstoffe (ausgen. Nahrungsm. u. mineral. Brennstoffe)	35.461	30	28.065	10
21	Häute, Felle und Pelzfelle, roh	114	95	259	65
22	Ölsaaten und ölhaltige Früchte	44	4	20	5
23	Rohkautschuk (einschl. synthetischer Kautschuk)	275	10	573	3
24	Kork und Holz	1.102	1	6.369	0
25	Papierhalbstoffe und Papierabfälle	172	2	714	1
26	Spinnstoffe und Spinnstoffabfall	823	15	1.134	5
27	Düngemittel, roh; mineralische Rohstoffe	312	409	9.853	14
28	Erze und Mineralabfälle	3.148	172	5.227	6
29	And. Rohstoffe tier. und pflanzl. Ursprungs	29.473	13	3.919	22
3	Mineral. Brennstoffe, Schmiermittel usw.	199	12	6.673	1
32	Kohle, Koks und Briketts	20	5	94	1
33	Erdöl, Erdölerzeugnisse und verwandte Waren	178	7	6.487	1
34	Gas	1		92	1
4	Tierische und pflanzliche Öle, Fette und Wachse	98	9	503	5
41	Tierische Öle und Fette	5	9	61	7
42	Pflanzliche Fette und fette Öle, roh usw.	30	17	162	5
43	Tier. oder pflanzl. Fette und Öle, verarb. Wachse usw.	63	6	279	4
5	Chemische Erzeugnisse a.n.g.	28.341	122	88.355	97
51	Organische chemische Erzeugnisse	3.429	189	8.943	197
52	Anorganische chemische Erzeugnisse	2.625	62	6.921	45
53	Farbstoffe, Gerbstoffe und Farben	1.974	47	12.630	30
54	Medizinische und pharmazeutische Erzeugnisse	3.853	418	11.898	344
55	Etherische Öle usw., Putzmittel usw.	2.208	27	8.588	55
56	Düngemittel (ausgen. solche der Gruppe 272)	37	3	270	3
57	Kunststoffe in Primärformen	4.367	15	13.954	9
58	Kunststoffe in anderen Formen als Primärform	4.682	32	8.071	26
59	Andere chemische Erzeugnisse und Waren	5.167	127	17.082	72
6	Bearbeitete Waren vorw. nach Beschaffenheit	81.191	50	91.242	52
60	Waren für vollst. Fabrikationsanl. Kap. 69, 70, 72, 73, 76	0		441	54
61	Leder, Lederwaren und zugerichtete Pelzf.	2.612	60	1.541	90
62	Andere Kautschukwaren	8.336	26	6.898	39
63	Kork- und Holzwaren (ausgenommen Möbel)	5.821	4	1.663	13
64	Papier und Pappe; Papierhalbstoffwaren usw.	10.308	6	7.940	13
65	Garne, Gewebe, and. fertiq. Spinnstofferg.	25.334	40	18.508	45
66	Waren aus nichtmetall. mineral. Stoffen	6.430	117	14.876	61
67	Eisen und Stahl	3.237	21	6.277	11
68	NE- Metalle	3.130	234	6.378	112
69	Andere Metallwaren	15.984	64	26.720	63
7	Maschinen- u. elektrotechn. Erz. u. Fahrzeuge	175.402	252	291.348	154
70	Waren für vollst. Fabrikationsanl. Kap. 84, 85, 87	0		3.251	100
71	Kraftmaschinen und -ausrüstungen	11.046	287	24.584	117
72	Arbeitsmaschinen für besondere Zwecke	9.577	103	44.891	93
73	Metallbearbeitungsmaschinen	2.781	146	12.016	97
74	Maschinen, Apparate usw. für verschiedene Zwecke	25.755	73	72.161	79
75	Büromaschinen, automat. Datenverarbeitungsmaschinen	39.663	248	13.168	281
76	Geräte für Nachrichtentechnik usw.	18.186	203	12.596	332
77	Andere elektr. Maschinen, Apparate, Geräte usw.	48.311	399	64.588	265
78	Straßenfahrzeuge (einschl. Luftkissenfahrzeuge)	13.638	42	37.909	37
79	Andere Beförderungsmittel	6.446	671	6.185	702
8	Verschieden Fertigwaren	161.823	91	83.246	158
80	Waren für vollst. Fabrikationsanl. Kap. 90, 94				
81	Vorgefertigte Gebäude, sanitäre Anlagen usw.	1.141	45	2.505	54
82	Möbel und Teile, Bettenausstattung usw.	3.036	113	3.884	36
83	Reiseartikel, Handtaschen usw.	6.264	46	949	221
84	Bekleidung und Bekleidungszubehör	83.265	49	4.104	237
85	Schuhe	8.630	35	2.787	52
86	Andere Mess-, Prüfinstrumente usw.	13.668	277	17.669	350
87	Fotografische Apparate usw.: Uhrmacherwaren	8.435	271	6.714	274
88	Verschieden bearbeitete Waren	37.385	96	44.484	78
9	Waren und -verkehrsvorgänge, a.n. erfasst	266	4920	3.959	267
	Insgesamt	517.769	133	611.883	120

Quellen: Statistisches Bundesamt; Berechnungen des DIW.

Die Verkehrsleistungen werden in der Luftverkehrsstatistik grundsätzlich nach den Großkreisentfernungen berechnet und nach dem Territorialprinzip, also für den Luftraum innerhalb Deutschlands ausgewiesen (**Tabelle 2.8**).

Tabelle 2.8: Aufkommen und Leistung im deutschen Luftverkehr

	Pass. Mio.	Flüge Tsd.	Fracht Tsd. t	Leistg. ¹⁾ PkmMrd	Leistg. ²⁾ PkmMrd	Flug- leistg *) Mio.km	Fracht- leistung Mrd Tkm
(1)	13,86	868	.	5,8	5,8	258	.
(2)	4,37	in (1)
(3)	36,38	437	860	96,7	9,2	710	4,74
(4)	36,38	437	860	106,1	9,2	.	.
(5)	36,73	438	788	106,1	9,3	720	4,45
(6)	0,80	.	43

1) Gesamt Quelle-Ziel. - 2) über Deutschland (Territorialprinzip).
 Quellen: Statistisches Bundesamt, Berechnungen des DIW.

Standortprinzip

- (1) Quelle und Endziel in Deutschland,
- (2) Quelle und Streckenziel in Deutschland, aber Weiterflug nach/aus dem Ausland,
- (3) Flug von deutschen Flughäfen ins Ausland bis zum ersten Landeort (Streckenziel),
- (4) Flug von deutschen Flughäfen ins Ausland bis zum Endziel (Berührprinzip),
- (5) zusätzlich Ankünfte aus dem Ausland,
- (6) Durchgangsverkehr, direkte Umsteiger bzw. Umladungen Ausland-Ausland auf deutschen Flughäfen.

Die Zahl der Flugbewegungen wird ebenfalls unterschiedlich für den nichtgewerblichen (Flugplätze) und den gewerblichen Verkehr in der Unternehmensstatistik erfasst (**Tabelle 2.9**).

Tabelle 2.9: Starts von deutschen Flughäfen 1995 in Tsd.

Nichtgewerblicher Flugbetrieb	
Motorflugzeuge bis 2 t einmotorig	1 230
Motorflugzeuge bis 2 t zweimotorig	21
übrige Motorflugzeuge	95
Hubschrauber, Luftschiffe	76
Motorsegler	391
Segelflugzeuge	874
Ultraleichtflugzeuge	157
gesamt	2 845
Gewerblicher Flugbetrieb	
bis 2 t Startgewicht	425
2 - 5,7 t	82
5,7 - 14 t	52
14 - 20 t	121
über 20 t	604
Hubschrauber, sonst. Luftfahrzeuge	52
gesamt	1337
<i>Quelle:</i> Statistisches Bundesamt.	

Die **Ergebnistabellen 2.10** und **2.11** zeigen die regionale Struktur des Luftverkehrs 1995. Im grenzüberschreitenden Luftverkehr überwiegen bei den Passagieren die innereuropäischen Ziele, vorwiegend im Mittelmeerraum. Bei der Luftfracht hat dagegen Asien den höchsten Anteil.

Tabelle 2.10: Grenzüberschreitender Luftverkehr von deutschen Flughäfen 1995

	Passagiere			Starts Tsd.	Leistung		Fracht	
	Strecken- ziel- passagiere Tsd.	End- ziel- passagiere Tsd.	Differenz Tsd.		Pkm Mill.	Flugkm Mill.	Einldg. Tsd. t	Ausldg Tsd. T
Die wichtigsten Ziele (nach Zahl der Streckenpassagiere)								
Großbritannien	3.278	3.001	277	45	2.088	29	46	49
Türkei	3.231	3.226	6	27	6.020	50	13	16
Balearen	2.787	2.806	-19	17	3.556	22	0	0
Kanar.Inseln	2.628	2.635	-7	16	8.405	50	0	0
Griechenland	2.184	2.207	-23	17	3.365	26	11	6
Italien	1.798	1.769	29	31	1.730	30	19	19
USA Ostküste	1.739	1.648	90	10	10.730	64	133	123
Frankreich	1.666	1.533	133	34	766	16	14	17
Spanien Festld/ges	1.343	1.321	23	17	1.910	24	26	14
Schweiz	1.063	937	126	29	304	8	10	9
Österreich	906	850	56	26	561	16	11	6
Niederlande	868	524	344	17	319	6	4	4
Tunesien	850	852	-2	7	1.252	10	1	2
Portugal	826	850	-24	7	1.548	14	4	3
USA Florida	701	738	-37	4	5.445	28	40	43
Dänemark	566	305	261	14	385	10	12	8
Belgien	532	399	132	14	170	5	9	7
Rußland	524	526	-2	9	1.066	18	19	5
USA West	415	677	-262	1	3.873	13	11	14
Dom.Republik	342	344	-2	1	2.669	9	0	1
Schweden	334	453	-118	8	405	10	13	10
Thailand	319	352	-33	2	3.078	21	10	16
Japan	307	356	-49	1	2.927	12	38	27
Ägypten	304	308	-5	3	887	8	9	5
Israel	285	297	-12	2	840	6	24	25
Finnland	273	285	-12	5	420	7	5	2
Ungarn	267	262	4	5	222	4	4	1
Summen								
Europa	27.425	26.370	1.055	384	36.598	397	249	190
Afrika	1.850	1.957	-108	14	6.108	42	44	40
Amerika	4.417	5.048	-631	23	32.852	165	251	239
Asien	2.631	2.826	-195	16	20.114	105	262	263
Australien/Ozeanien	60	154	-94	0	1.032	1	8	3
Insgesamt:	36.383	36.355		437	96.706	710	813	734
Nachrichtlich: Angaben der ICAO								
Europa	12.330				10.513			
Afrika	342				1.702			
Amerika	3.403				24.812			
Asien	1.668				12.800			
Insgesamt:	17.743				49.827			

Quellen: Statistisches Bundesamt, Berechnungen des DIW.

Tabelle 2.11: Innerdeutscher Luftverkehr 1995

		Aufkommen			Starts Tsd.	Leistung	
		Strecken- ziel- passagiere Tsd.	End- ziel- passagiere Tsd.	Differenz Tsd.		Pkm Mill.	Flugkm Mill.
Einsteiger in							
	Hamburg	1691	1374	317	27,9	754	11,5
	Hannover	474	274	200	15,8	166	3,3
	Bremen	352	243	109	11,9	136	3,8
	Düsseldorf	1933	1647	286	29,4	778	11,7
	Köln/Bonn	1140	987	153	30,5	453	10,8
	Frankfurt	3647	3479	167	40,8	1194	12,9
	Stuttgart	967	812	155	22,8	396	8,0
	Nürnberg	429	298	131	13,5	131	4,2
	München	2849	2515	334	41,1	1328	18,7
	Berlin	2773	2476	297	52,0	1242	20,4
	Saarbrücken	54	53	1	4,7	27	1,7
	MünstOsnabrück	159	131	28	11,0	55	2,8
	Leipzig	465	375	90	16,5	154	4,5
	Dresden	540	463	77	14,5	215	5,2
	Erfurt	27	26	1	4,0	8	1,1
	sonstige	376	355	21	31,9	150	12,8
zusammen		17876	15508	2368	368,4	7187	133,4
Aussteiger in							
	Hamburg	1681	1621	60	28,4	755	11,7
	Hannover	487	480	8	16,6	174	3,6
	Bremen	357	353	4	11,4	139	3,9
	Düsseldorf	1935	1776	159	29,6	796	12,0
	Köln/Bonn	1162	1129	34	28,9	463	10,2
	Frankfurt	3587	1871	1716	40,3	1177	12,8
	Stuttgart	976	957	20	23,1	397	8,0
	Nürnberg	429	426	4	13,7	132	4,4
	München	2873	2574	299	41,0	1304	18,3
	Berlin	2759	2719	41	52,7	1239	20,7
	Saarbrücken	55	54	1	4,9	28	1,7
	MünstOsnabrück	151	150	1	10,3	53	2,6
	Leipzig	470	461	9	16,4	157	4,7
	Dresden	540	532	8	14,7	214	5,1
	Erfurt	29	28	1	4,1	8	1,2
	sonstige	384	379	4	32,4	151	12,7
zusammen		17876	15508	2368	368,4	7187	0,0
Die wichtigsten Relationen (nach Zahl der Streckenpassagiere)							
von	nach						
Berlin	Frankfurt	725	525	199	5,6	314	2,4
Düsseldorf	München	655	598	57	7,9	318	3,8
Frankfurt	Hamburg	629	609	20	5,3	259	2,2
Frankfurt	München	598	555	43	5,6	192	1,8
Berlin	München	512	463	49	7,5	242	3,5
Berlin	Köln/Bonn	417	408	9	6,9	195	3,2
Berlin	Düsseldorf	399	378	21	6,0	190	2,9
Hamburg	München	365	326	38	4,4	232	2,8
Frankfurt	Düsseldorf	314	303	11	2,7	61	0,5
Berlin	Stuttgart	303	298	4	4,8	156	2,5
Quellen : Statistisches Bundesamt, Berechnungen des DIW.							

2.3.2.1 Entwicklung nach Reisezwecken

Bei der Unterscheidung nach Reisemotiv wird zwischen geschäftlichen und privaten Reisen unterschieden, letztere sind nach Urlaubs- und kürzeren Freizeitreisen²⁹ weiter differenziert (**Tab. 2.12**).

Zum Geschäfts- und Dienstreiseverkehr liegen für das Jahr 1992 Ergebnisse einer Befragung³⁰ vor. Von 5,04 Mio. Geschäftsreisenden in Deutschland nutzten 1,2 Mio. das Flugzeug. Die durchschnittliche Reishäufigkeit lag bei 9,3 Reisen, daraus ergaben sich 11,2 Mio. Geschäftsflugreisen für 1992. 2 Mio. Geschäftsreisen, also rd. ein Viertel der Auslandsreisen, entfällt auf ausländische Besucher oder in Deutschland lebende Ausländer. Die deutschen Geschäftsflugreisenden sind zu fast gleichen Teilen nur Inlandsreisende (420 Tsd.), nur im Ausland Reisende (400 Tsd.) oder sowohl im Inland als im Ausland Reisende (370 Tsd.).

Tabelle 2.12: Luftverkehrsaufkommen ¹⁾ in Deutschland nach Zwecken - Mio. Pass. –

	Innerdeutsch				Grenzüberschreitend				Insgesamt			
	Geschäft	Urlaub	Freizeit	Gesamt	Geschäft	Urlaub	Freizeit	Gesamt	Geschäft	Urlaub	Freizeit	Gesamt
1976	4,8	0,97	0,55	6,3	10,4	10,4	0,95	21,8	15,3	11,4	1,5	28,2
1980	5,3	1,19	0,59	7,1	11,6	15,0	0,67	27,2	16,9	16,2	1,3	34,3
1985	6,0	1,15	0,64	7,8	13,4	18,3	0,68	32,3	19,4	19,4	1,3	40,1
1986	6,3	1,18	0,62	8,1	13,4	19,2	0,62	33,2	19,7	20,4	1,2	41,3
1987	6,8	1,38	0,67	8,8	14,1	23,4	0,65	38,1	20,8	24,8	1,3	46,9
1988	7,3	1,29	0,71	9,3	16,7	24,1	0,78	41,6	24,0	25,4	1,5	50,9
1989	7,9	1,29	0,77	9,9	17,3	26,0	0,81	44,1	25,2	27,3	1,6	54,1
1990	9,1	1,32	0,81	11,2	19,9	28,7	0,93	49,6	29,0	30,0	1,7	60,8
1991	9,6	1,29	0,78	11,6	17,6	30,8	0,89	49,3	27,2	32,1	1,7	60,9
1992	10,3	1,14	0,77	12,3	18,4	37,8	1,05	57,2	28,8	38,9	1,8	69,5
1993	10,9	1,08	0,75	12,8	17,6	43,4	1,16	62,2	28,6	44,5	1,9	75,0
1994	11,0	0,96	0,74	12,7	16,7	50,2	1,34	68,2	27,7	51,1	2,1	80,9
1995	12,1	0,96	0,82	13,9	21,6	50,9	1,38	73,9	33,5	51,9	2,2	87,6

¹⁾ Quellverkehr einschl. Transit, ab 1991 gesamtdeutsche Werte.
 Quelle: Statistisches Bundesamt, F.U.R., Berechnungen des DIW.

²⁹ Privatreisen mit einer Dauer von 5 und mehr Tagen werden dem Urlaubsverkehr zugerechnet.

³⁰ SPIEGEL-Dokumentation: Geschäftsreisen 1994. Befragt wurden deutschsprachige Berufstätige*in Deutschland.

Zum *Urlaubsverkehr* wurden Befragungen von der Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen eV (F.U.R.)³¹ ausgewertet. Drei Effekte waren maßgeblich für das Wachstum des Urlaubsverkehrs mit dem Flugzeug (**Tab. 2.13**):

- Die steigende Reiseintensität (Bevölkerungsanteil, die im Jahr mindestens eine Urlaubsreise von 5 Tagen u. m. unternimmt, Spalte 1),
- die zunehmende Urlaubsreisehäufigkeit (Spalte 2) sowie
- der sich stetig zu Gunsten des Luftverkehrs verändernde Modal Split.

Tabelle 2.13: Entwicklung des Urlaubsreiseverhaltens

Jahr ¹⁾	Anteil ²⁾ der Reisenden	Anteil der Mehrfach Reisenden	Anteil der Verkehrsart an den Haupturlaubsreisen			
			Pkw	Flugzeug	Bus	Bahn
1960	28		38	1	16	42
1970	42		61	8	7	24
1980	58	9,7	59	16	8	16
1990	69	14,1	59	20	8	12
1992	71	16,1	55	26	11	7
1994	78	21,4	52	27	11	9
1995	78	19,0	52	28	10	8

¹⁾ Ab 1992 gesamtdeutsche Werte. ²⁾ Anteil an der deutschsprachigen Bevölkerung (14 Jahre und älter).
Quelle: F.u.R 95

³¹ F.U.R (1996).

Tabelle 2.14: Von Deutschland ausgehender Luftverkehr 1995 (Standortprinzip)

	Aufkommen					Leistung					Treib-
	Starts gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾			Luft- fracht- verkehr ²⁾	Flug-km gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾			Luft- fracht- verkehr ²⁾	stoffver- brauch
		Geschäft + Dienst	Privat	Gesamt			Geschäft + Dienst	Privat	Gesamt		
	Tsd.	Mio.	Mio.	Mio.	1000 t	Mio. km	Mrd. Pkm	Mrd. Pkm	Mrd. Pkm	Mrd. Tkm	Mrd. l
Innerdeutsch	867,6	12,1	1,8	13,9	x	258,3	5,1	0,7	5,8	x	0,66
Westeuropa ³⁾	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 ⁴⁾	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 ⁵⁾	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 ³⁾	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 ⁴⁾	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 ⁵⁾	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 skandinavische Länder, Österreich und Schweiz. – ⁴⁾ Einschließlich Serbien und Kroatien. – ⁵⁾ Einschließlich Australien und Ozeanien.

Quellen: Statistisches Bundesamt, TÜV-Rheinland, Berechnungen des DIW.

In **Tabelle 2.14** sind Aufkommen und Leistung für 1995 nach dem Standortprinzip zusammengefasst und ,nach Zielgebieten, gegliedert, ausgewiesen. Der Personenverkehr ist nach dem Endziel, Starts und Frachtverkehr sind nach dem Streckenziel zugeordnet. Bei einer Betrachtung nach dem Territorialprinzip (**Tabelle 2.15**) verändert sich die oben skizzierte Struktur erheblich.

Tabelle 2.15: Luftverkehr 1995 in Deutschland - Territorialprinzip, ohne Überflug

	Aufkommen					Leistung					Treibstoffverbrauch ^{*)}
	Starts gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾			Luft- fracht- verkehr ²⁾	Flug-km gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾			Luft- fracht- verkehr ²⁾	
	Tsd.	Mio.	Mio.	Mio.	1000 t	Mio. km	Mrd. Pkm	Mrd. Pkm	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 ³⁾	405,8	9,9	7,8	17,7	278	101,4	2,5	1,9	4,4	0,14	0,58
Südeuropa	274,0	3,3	27,3	30,5	135	68,5	0,8	6,8	7,6	0,07	0,52
Osteuropa ⁴⁾	87,8	3,1	1,4	4,5	62	22,0	0,8	0,3	1,1	0,03	0,17
Nordamerika	38,5	2,0	5,9	7,9	445	9,6	0,5	1,5	2,0	0,22	0,22
Mittelamerika	5,5	0,4	1,2	1,6	24	1,4	0,1	0,3	0,4	0,01	0,03
Südamerika	1,8	0,4	0,2	0,6	42	0,5	0,1	0,0	0,1	0,02	0,02
Afrika	28,7	0,4	3,5	3,9	85	7,2	0,1	0,9	1,0	0,04	0,09
Nahost	10,8	0,4	0,7	1,2	95	2,7	0,1	0,2	0,3	0,05	0,04
Asien, Übrige ⁵⁾	21,7	1,3	3,5	4,8	482	5,4	0,3	0,9	1,2	0,24	0,18
Gesamt	1742,2	33,4	53,2	86,6	1648	476,9	10,4	13,6	24,0	0,82	2,51
– Anteile der Zielregionen in % –											
Innerdeutsch	49,8	36,3	3,3	16,0	x	54,2	48,9	5,5	24,3	x	26,3
Westeuropa ³⁾	23,3	29,8	14,6	20,5	16,9	21,3	23,8	14,3	18,4	16,9	23,1
Südeuropa	15,7	9,8	51,3	35,3	8,2	14,4	7,8	50,1	31,8	8,2	20,5
Osteuropa ⁴⁾	5,0	9,3	2,6	5,2	3,8	4,6	7,5	2,5	4,7	3,8	6,8
Nordamerika	2,2	6,0	11,1	9,2	27,0	2,0	4,8	10,9	8,3	27,0	8,9
Mittelamerika	0,3	1,2	2,2	1,8	1,5	0,3	1,0	2,1	1,6	1,5	1,3
Südamerika	0,1	1,3	0,3	0,7	2,6	0,1	1,0	0,3	0,6	2,6	0,6
Afrika	1,6	1,3	6,5	4,5	5,2	1,5	1,1	6,4	4,1	5,2	3,5
Nahost	0,6	1,3	1,4	1,3	5,8	0,6	1,0	1,4	1,2	5,8	1,5
Asien, Übrige ⁵⁾	1,2	3,7	6,7	5,5	29,2	1,1	3,0	6,5	5,0	29,2	7,4
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

¹⁾ Ohne Transit (Überflug). – ²⁾ Einladung und Ausladung in Deutschland. – ³⁾ Einschließlich skandinavische Länder, Österreich und Schweiz. ⁴⁾ Einschließlich Serbien und Kroatien. – ⁵⁾ Einschließlich Australien und Ozeanien.
 Quellen: Statistisches Bundesamt, TÜV-Rheinland, Berechnungen des DIW.

2.4 Treibstoffverbrauch, CO₂- und NO_x-Emissionen des zivilen Luftverkehrs

2.4.1 Grundlagen

Bei der Diskussion von Treibstoffverbräuchen und Abgasemissionen des Verkehrs einer Region muss unterschieden werden zwischen den zwei Pfaden: „Statistiken“ und „Modellierung“. Die Energiestatistiken sind ein Abbild des Energieflussbildes der betrachteten Region. Sie geben in der Gesamtbilanz die verkauften Kraftstoffmengen für z. B. Haushalte, Industrie, Kleinverbraucher und für den Verkehr wieder und berücksichtigen die gesamte Energiekette einschließlich der Umwandlungsprozesse.³²

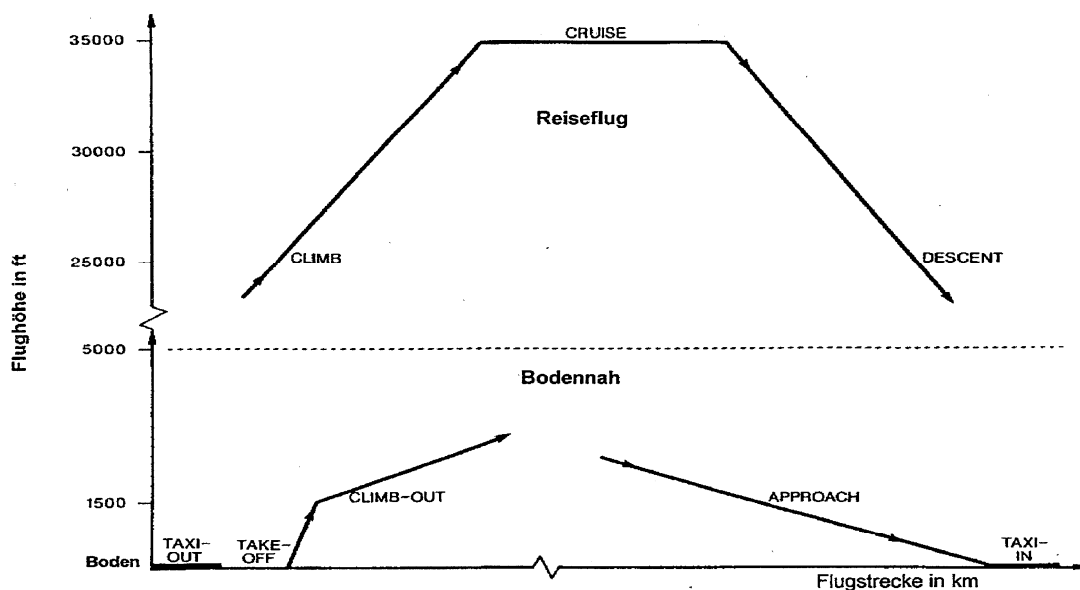
³² In den Energiestatistiken wird die verkaufte Kraftstoffmenge häufig mit „Kraftstoffverbrauch“ gleichgesetzt.

Üblicherweise werden der Treibstoffverbrauch und die Abgasemissionen des Flugverkehrs aus dem Produkt von Zeit (Verweilzeit) und dem mittleren Kraftstoffverbrauch respektive dem Emissionsfaktor berechnet, wenn diese für die jeweilige Flughöhe und die Betriebszustände der Flugzeugtypen bekannt sind. Dabei wird nach Instrumenten- und nach Sichtflug (General Aviation) unterschieden. Der Sichtflug umfasst im wesentlichen den nicht gewerblichen Flugbetrieb mit propellergetriebenen Flugzeugen bis 5,7 t Startmasse (Sportflugbetrieb). Er wird in diesem Vorhaben nur statistisch miterfasst.

Nach den **Instrumentenflugregeln** werden alle Flugzeuge im Linien- und Charterverkehr und im militärischem Transportverkehr betrieben, wobei letzterer in diesem Vorhaben unberücksichtigt bleibt.

Für eine detaillierte Treibstoffverbrauchs- und Emissionsberechnung wird häufig eine Unterteilung nach **bodennahem Bereich** und nach **Reiseflug** vorgenommen und nach den in der **Abb. 2.3** kenntlich gemachten idealisierten Flugzuständen unterschieden:

Abb.2.3: Aufteilung des Instrumentenflugverkehrs nach Flugzuständen



Während die ICAO-Standards den bodennahen Flugbetrieb bis 3 000 ft über Grund wiedergeben und ausreichend für die Beschreibung der Umweltbelastung im Flughafenbereich sind, ist für eine Gesamtbilanz des Flugverkehrs in einer betrachteten Region die Kenntnis des Energieverbrauchs und der Emissionen in Abhängigkeit von der Flughöhe notwendig. Da nur wenige Messwerte über flughöhenabhängige Treibstoffverbräuche und Emissionen veröffentlicht vorliegen, wird das Emissionsverhalten eines Triebwerks während einer gesamten Flugmission im Vergleich zum Verhalten am Boden üblicherwei-

se rechnerisch mit Hilfe von Korrelationsformeln abgeschätzt. Die für das jeweils betrachtete Triebwerk in den ICAO-Datenblättern abgelegten Werte in Verbindung mit thermodynamischen Triebwerksleistungsrechnungen bilden dabei die Ausgangsbasis.

In diesem Vorhaben werden komplette Flugmissionen auf der Grundlage der Flugbewegungen des Jahres 1995 abgebildet. Dazu werden die häufigst auftretenden Flugzeugmodelle mit Turbofan-Antrieb und deren typische Triebwerkspaarungen ermittelt. Je Modell-/Triebwerkspaarung werden dann 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 werden (siehe **Tabelle 2.16**).

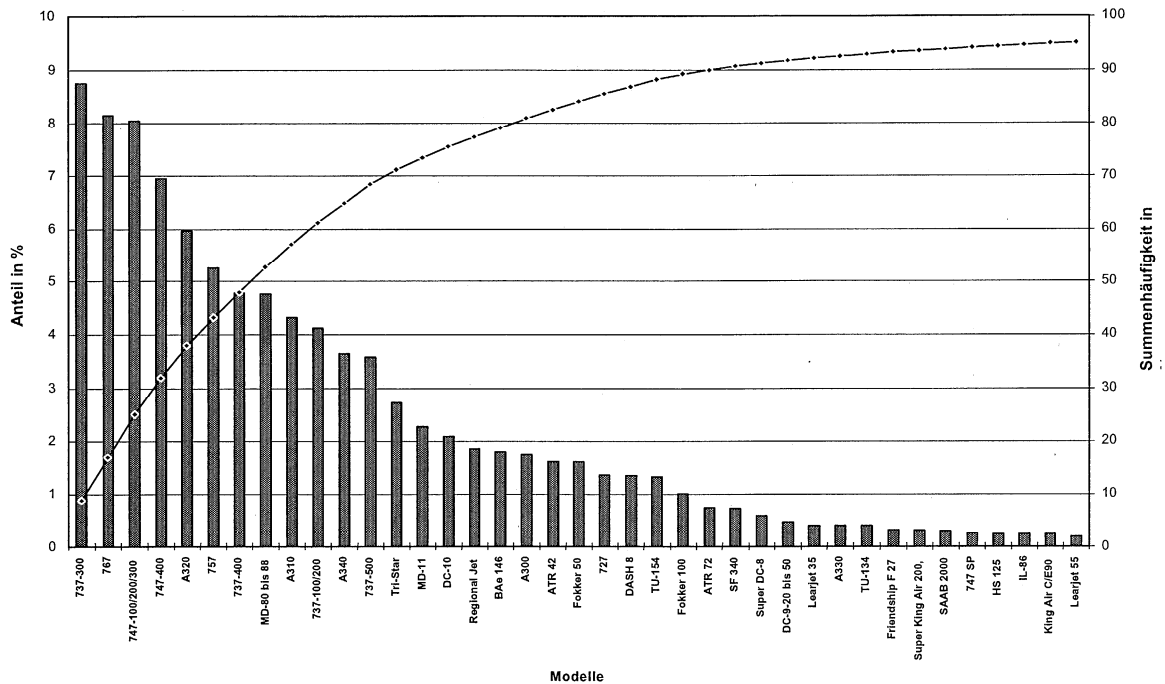
Die datentechnische Grundlage für die Hochrechnung auf die Jahreswerte 1995 sind die für vier ausgewählte Wochen (Kalenderwochen 12, 29, 41, 49) von der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) übermittelten Daten aller instrumentenkontrollierten zivilen Flugbewegungen über der Bundesrepublik Deutschland.

2.4.2 Ergebnisse

Aus diesen Datensätzen wurde eine gewichtete Hochrechnung auf den Jahresmittelwert 1995 unter besonderer Berücksichtigung des Anteils an Urlaubswochen vorgenommen.

Es zeigte sich, dass der innerdeutsche Flugverkehr, bezogen auf die Flugzeugtypen, in allen vier Wochen nahezu gleich ist. Der Verkehr mit dem Ausland wird stark von der Urlaubszeit geprägt, so dass die Ferienwochen des Jahres 1995 als Merkmal für die gewichtete Jahreshochrechnung herangezogen wurden. Die so berechneten Flugleistungen der häufigsten Flugzeugmodelle sind in der **Abb. 2.4** dargestellt. Deutlich wird, dass ca. 90 % der gesamten Flugleistungen von weniger als 25 Flugzeugmodellen erbracht werden. Einzelne Flugzeugmodelle erfuhren im Laufe der Zeit unter denselben Modellbezeichnungen wesentliche Veränderungen. Soweit diese Produktionsveränderungen die eingesetzte Triebwerkstechnologie betrifft, wurden diese Konfigurationen in den nachfolgenden Auswertungen im Hinblick auf eine Prognose des Emissionsverhaltens getrennt aufgeführt (z. B. die 737-Familie).

Abb. 2.4: Flugleistungsverteilung unterschiedlicher Flugzeugmodelle, Jahresmittelwert 1995 (ohne Überflug)



Die folgenden **Abb. 2.5** und **2.6** zeigen die Verteilung, getrennt nach innerdeutschem Verkehr und Auslandsverkehr. Berücksichtigt wurden Fluggeräte mit mehr als 5,7 t Startgewicht. Nach dem „Berührprinzip“ erfolgen über die Hälfte der innerdeutschen Flugleistungen mit nur vier Flugzeugmodellen, wobei hier die kleineren Modelle zum Einsatz kommen. Etwa. 45 % der gesamten Flugleistung werden von den verschiedenen Konfigurationen der 737-Familie erbracht. Aufgrund der großen Bandbreite der Fluggesellschaften, der Flugdistanzen und der Einsatzarten (z. B. Linie und Charter) verteilt sich die Flugleistung des Auslandsverkehrs auf eine Vielzahl unterschiedlicher Flugzeugmodelle.

Abb. 2.5: Flugleistungsverteilung unterschiedlicher Flugzeugmodelle, Jahresmittelwert 1995 (Innerdeutsch ohne Überflug)

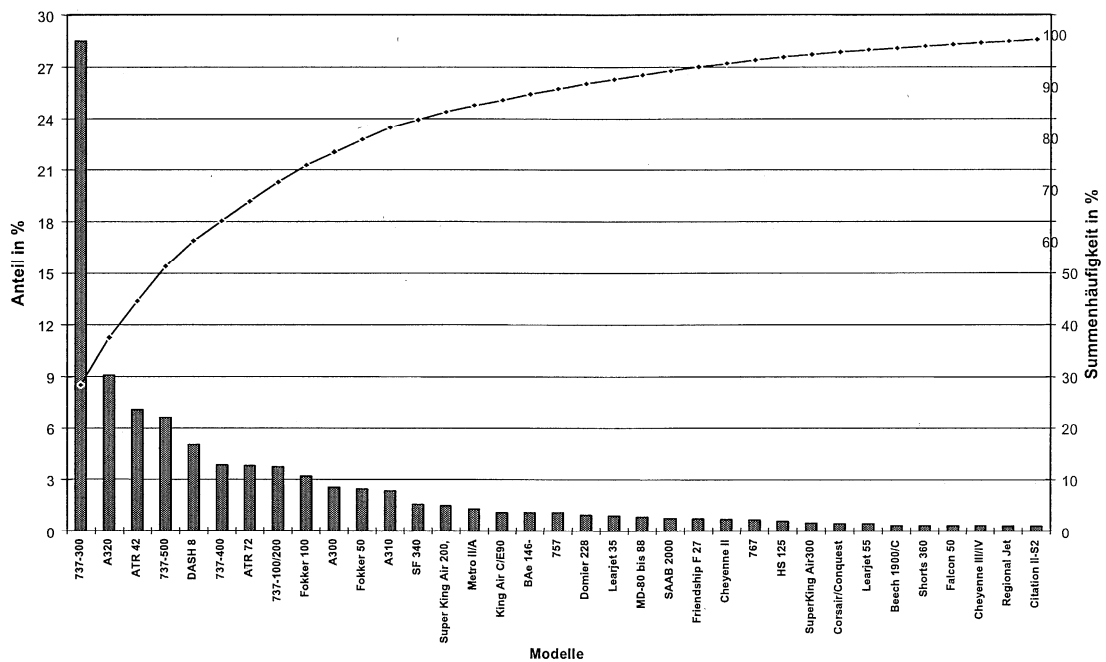
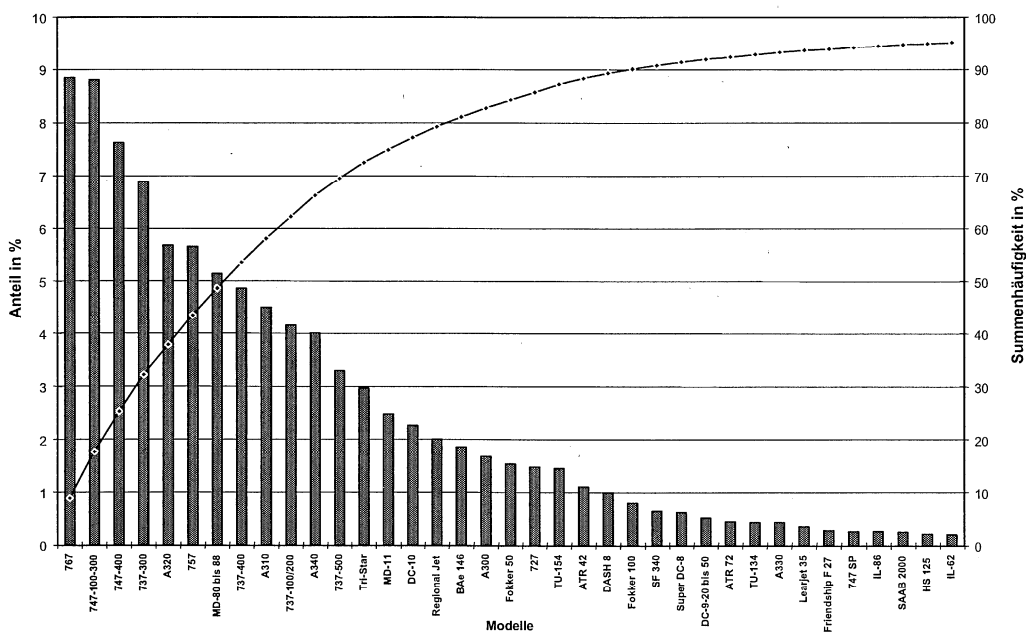


Abb. 2.6: Flugleistungsverteilung unterschiedlicher Flugzeugmodelle, Jahresmittelwert 1995 (Ausland ohne Überflug)

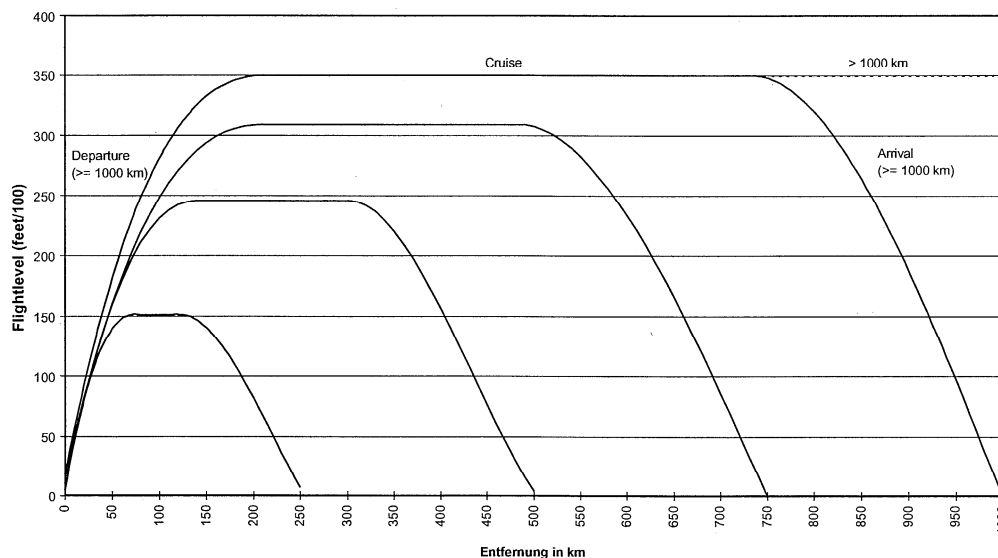


Zur Generierung typischer Flugprofile wurde die Flugbewegungsstatistik der DFS hinsichtlich der häufigsten Flugdistanzen ausgewertet. Aus der zur Verfügung gestellten Flugroutenstatistik wurden hier folgende 9 Fluglängenklassen festgelegt:

Klasse:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Länge (km)	250	500	750	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	>10.000

Die endgültige Auswertung des DFS-Datensatzes zeigte, dass es nicht gerechtfertigt ist, aus dem Datensatz des innerdeutschen Flugverkehrs die zunächst geplanten flugzeugmodell-spezifischen Flugprofile zu generieren. Es scheinen Vorgaben von Seiten der Flugsicherung, Flugleitstellen etc. die Flugrouten zu dominieren, so dass in der Praxis keine ausschließlich vom Flugzeugmodell bestimmten Flugprofile im innerdeutschen (und wahrscheinlich auch innereuropäischen) Luftraum statistisch nachweisbar sind. Aus dem Datensatz des innerdeutschen Flugverkehrs der ausgewählten vier Wochen konnten für alle Jets die endgültigen Flugprofile generiert werden, wie sie in der **Abb. 2.7** dargestellt sind.

Abb. 2.7: Mittlere Flugprofile für die Emissionsmodellierung



Diese Kurven ergeben sich aus kubischen Regressionen getrennt nach DEPARTURE und ARRIVAL für die Distanzklassen DKL 1 (bis 250 km), DKL 2 (250 bis 500 km), DKL 3 (500 bis 750 km) und DKL 4 (750 bis 1000 km und darüber). Der Kurvenbereich für CRUISE ergibt sich durch Schließen der Lücke zwischen dem jeweils letzten Punkt des

DEPARTURE- und dem ersten Punkt des ARRIVAL-Astes. Den Kurvenverläufen liegt ein statistisches Bestimmtheitsmaß zwischen 0.76 und 0.89 zugrunde, das als ausreichend angesehen werden kann.

Vom Institut für Antriebstechnik der DLR wurden die kompletten Flugmissionen mit den vorgegebenen Flugprofilen für die in der **Tabelle 2.16** zusammengestellten Flugzeugtypen modelltechnisch nachgebildet, die Energieverbräuche und Abgasemissionen berechnet und in einer bilateral abgestimmten Tabellenstruktur zur weiteren maschinellen Verarbeitung der Treibstoffverbrauchs- und Emissionshochrechnungen ausgegeben¹⁷. Auf dieser Grundlage konnten alle real im DFS-Datensatz erfassten Flüge wie folgt bei der Berechnung berücksichtigt werden:

Ausgehend von den Identifikationsmerkmalen Quell- und Zielflughafen konnten für den innerdeutschen Flugverkehr die Realdistanzen der einzelnen Destinationen erfasst werden. Für die Distanzen der Flüge mit Quell- bzw. Zielflughafen außerhalb der Bundesrepublik Deutschland wurde in Anlehnung an die zur Verfügung stehenden Veröffentlichungen das 1,25-fache der Großkreisdistanz angesetzt. Für die so ermittelten Entfernungen wurden die Energieverbräuche und Emissionen aus der DLR-Dat¹⁷ durch Interpolation berechnet. Die Vielfalt der Flugzeugtyp-/Triebwerkskombinationen der erfassten Flugbewegungen konnte unter Zugrundelegung der ICAO-Emissionsfaktorendatenbank unter Berücksichtigung der Merkmale Maximalschub und Bypassverhältnis abgebildet werden.

Tabelle 2.16: Ausgewählte Flugzeugtyp/Triebwerkskombinationen zur modelltechnischen Nachbildung kompletter Flugmissionen /DLR 1997/

Nr.	Flugzeug	Triebwerk	simuliert durch
1	B737-300	CFM56-3B1	CFM56-3B2 mit $F_{\infty}=89,4$ kN
2	MD80	JT8D-217C	JT8D-15 mit $F_{\infty}=92,7$ kN
3	A320-200	CFM56-5A1	CFM56-5C2 mit $F_{\infty}=111,2$ kN
4	B737-500	CFM56-3B1	CFM56-3B2 mit $F_{\infty}=89,4$ kN
5	B737-400	CFM56-3C1	CFM56-3B2 mit $F_{\infty}=104,6$ kN
6	B737-100/200	JT8D-15	
7	B757-200	RB211-535E4	RB211-524B mit $F_{\infty}=176,1$ kN
8	A310-300	CF6-80C2A2	CF6-80C2BIF mit $F_{\infty}=233,4$ kN
9	B747-100/200/300	CF6-50E2	
10a	B747-400	CF6-80C2BIF	
10b	B747-400	RB211-524G	RB211-524B mit $F_{\infty}=253$ kN
11	B767-300ER	PW4060	
12	DC9-50	JT8D-11	JT8D-15 mit $F_{\infty}=66,7$ kN
13	B727	JT8D-15	
14	Fokker 100	TAY MK620-15	TAY MK650-15 mit $F_{\infty}=61,6$ kN
15	TU 154	NK8-2U	
16	BAE 146-200	ALF 502R-5	
17	MD11	PW4460	
18	A340-300	CFM56-5C2	
19	L1011-250	RB211-524B	
20	DC10-30	CF6-50C2	
21	Learjet 55 C/LR	TFE731-2-2B	JT15-D5 mit $F_{\infty}=16,5$ kN
22	TU 134	D-30-III	JT8D-15 mit $F_{\infty}=66,7$ kN
23	BAC 1-11	SPEY MK511	SPEY MK555 mit $F_{\infty}=50,7$ kN
24	A330	PW4168	PW4460 mit $F_{\infty}=300$ kN
25	DC8	CFM56-2C5	CFM56-3B2 mit $F_{\infty}=97,9$ kN
26	IL 86	NK-86	
27	IL 62	NK-8-2U	

Auf der Basis der vorliegenden Flugzeugbewegungsstatistiken konnte in Verbindung mit den Emissionsberechnungen der DLR für die beschriebenen Abgrenzungen (Territorialprinzip und Standortprinzip) die Energieverbrauchs- und Emissionsberechnungen durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind in ausgewählter Strukturierung in den folgenden Tabellen und Abbildungen zusammengestellt.

Die **Tabelle 2.17** und die **Abb. 2.8 bis 2.10** enthalten die Berechnungsergebnisse nach dem Territorialprinzip. Berücksichtigt wurden die Flugbewegungen des innerdeutschen

Flugverkehrs, des rausgehenden und reinkommenden Flugverkehrs sowie des Überflugs, jeweils bis bzw. ab der deutschen Landesgrenze.

Die Berechnungen für den Überflugverkehr wurden unter Reiseflugbedingungen (CRUISE) durchgeführt. Im innerdeutschen Flugverkehr wurden komplette Flugemissionen berücksichtigt (einschließlich TAXI-Out und TAXI-In). Der rausgehende Flugverkehr schließt TAXI-Out mit ein und der reinkommende Verkehr beinhaltet den Flug ab Landesgrenze einschließlich TAXI-In.

Tabelle 2.17: Kerosinverbrauch, Stickstoffdioxid (NO₂) und Kohlendioxid-Emissionen (CO₂) des zivilen Flugverkehrs 1995, Territorialprinzip

	Kerosin	NO _x	CO ₂	NO _x
	t / Jahr	t / Jahr	t / Jahr	g/kg Kraftstoff
< 500 km				
Strahltrieb	971.731	15.165	3.060.953	15,61
Turboprop	111.491	942	351.197	8,45
Summe	1.083.222	16.107	3.412.149	14,87
500 km bis 800 km				
Strahltrieb	841.819	11.688	2.651.730	13,88
Turboprop	53.634	386	168.947	7,20
Summe	895.453	12.074	2.820.677	13,48
> 800 km				
Strahltrieb	71.226	1.002	224.362	14,07
Turboprop	1.788	14	5.632	7,83
Summe	73.014	1.016	229.994	13,92
Überflug				
Strahltrieb	1.473.214	16.979	4.640.624	11,53
Turboprop	39.438	242	124.230	6,14
Summe	1.512.652	17.221	4.764.854	11,38
Gesamt				
Strahltrieb	3.357.990	44.834	10.577.669	13,35
Turboprop	206.351	1.584	650.006	7,68
Summe	3.564.341	46.418	11.227.674	13,02

Die flughafenspezifischen Verweilzeiten für TAXI-In und TAXI-Out wurden aus den zur Verfügung stehenden Statistiken entnommen. Verbleibende Lücken konnten unter Einbeziehung vorhandenen Kartenmaterials und Generierung typischer Flughafengrößenklassen geschlossen werden.

Wie der **Tabelle 2.17** zu entnehmen ist, wurde eine Aufteilung der anfallenden NO_x- und CO₂-Emissionen nach den Distanzklassen <500 km, 500 km bis 800 km und >800 km und

eine Differenzierung nach Strahlantrieb und Turboprop vorgenommen. Die unter diesen Randbedingungen errechneten mittleren Emissionsindizes für NO_x liegen in den Bandbreiten von 11,4 bis 14,9 g/kg_{Kerosin}. CO₂ wurde unter der Voraussetzung vollständiger Verbrennung mit einem konstanten Faktor von 3154 g/kg_{Kerosin} aus dem Kerosinverbrauch berechnet. Aus dieser Tabelle wird deutlich, dass im Kurzstreckenverkehr die höchsten spezifischen NO_x-Emissionen mit ca. 15g/Kg Kraftstoff (bei Flugzeugen mit Strahlantrieb 15,6 g/Kg, bei Flugzeugen mit Turboprop 8,5 g/Kg) auftreten.

Die **Abb. 2.8** zeigt für das Territorium Deutschland die prozentuale Aufteilung der ausgewählten Emissionen auf die festgelegten Distanzklassen. Mit ausgewiesen sind die Anteile des Überflugverkehrs. Es ist erkennbar, dass 35 % der NO_x-Emissionen bei einer Flugdistanz bis zu 500 km anfallen. Bei den CO₂-Emissionen hat der Überflugverkehr einen Anteil von 43 %, die Distanzklasse <500 km einen Anteil von 30 % und die Distanzklasse zwischen 500 km und 800 km einen Anteil von 25 %.

Wählt man eine Klassierung nach ausgewählten Regionen, so ergeben sich die in der **Abb. 2.9** zusammengestellten Verteilungen.

Bezüglich des Überflugverkehrs ist aus der **Abb. 2.9** erkennbar, dass bei einem Flugleistungsanteil von 41 % in etwa gleiche Anteile an den NO_x-Emissionen (37 %) anfallen. Im innerdeutschen Verkehr errechnen sich bei einem Anteil von 17 % der Flugleistung etwa 16 % CO₂-Emissionen und 13 % NO_x-Emissionen.

Die Datengrundlage der DFS ermöglicht für das Analysejahr eine Auswertung der Jahresergebnisse, aufgeteilt nach in- und ausländischen Fluggesellschaften. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde eine Differenzierung nach deutschen, westeuropäischen und sonstigen Fluggesellschaften festgelegt (s. **Abb. 2.10**).

Abb. 2.8: Aufteilung der NO_x- und CO₂- Emissionen auf die Distanzklassen des Territorialprinzips, 1995

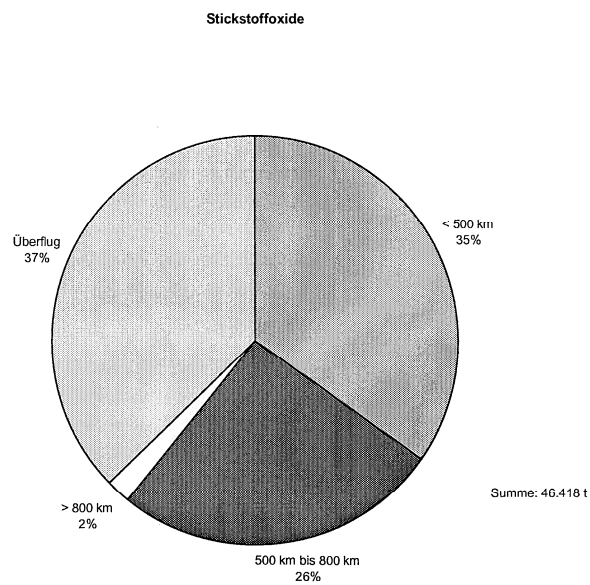
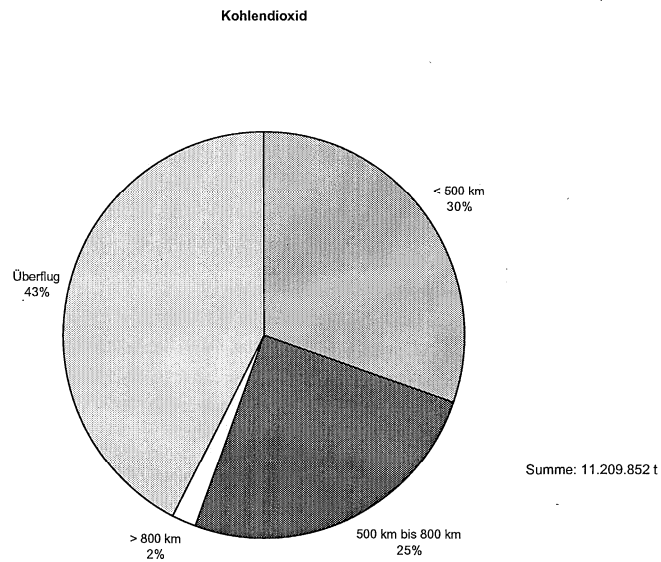


Abb. 2.9: Aufteilung der Flugleistungen, der NO_x- und CO₂- Emissionen auf ausgewählte Regionen, Territorialprinzip ohne Überflug, 1995

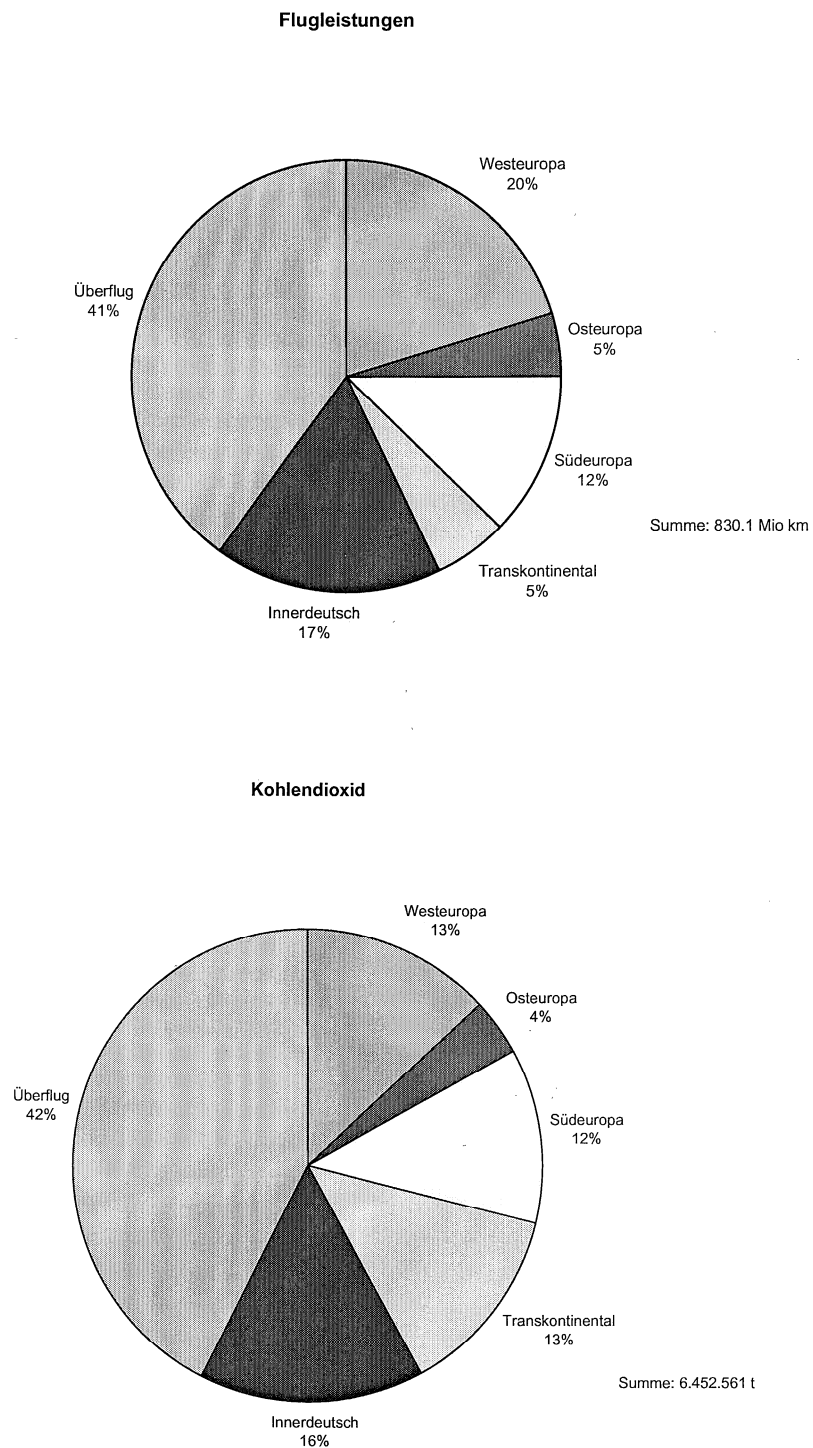


Abb. 2.9: Fortsetzung

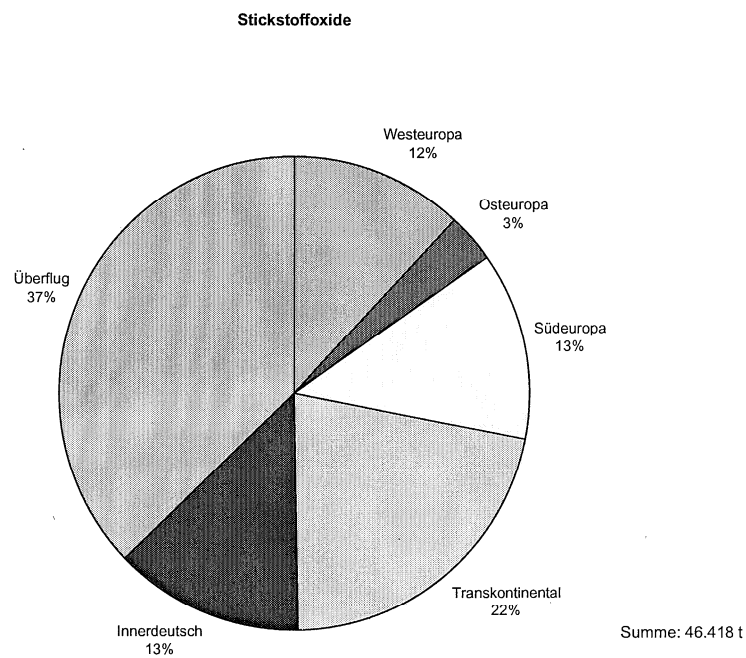


Abb. 2.10: Verteilung der Flugleistungen, der NO_x- und CO₂- Emissionen nach ausgewählten Fluggesellschaftsklassen, Territorialprinzip ohne Überflug, 1995

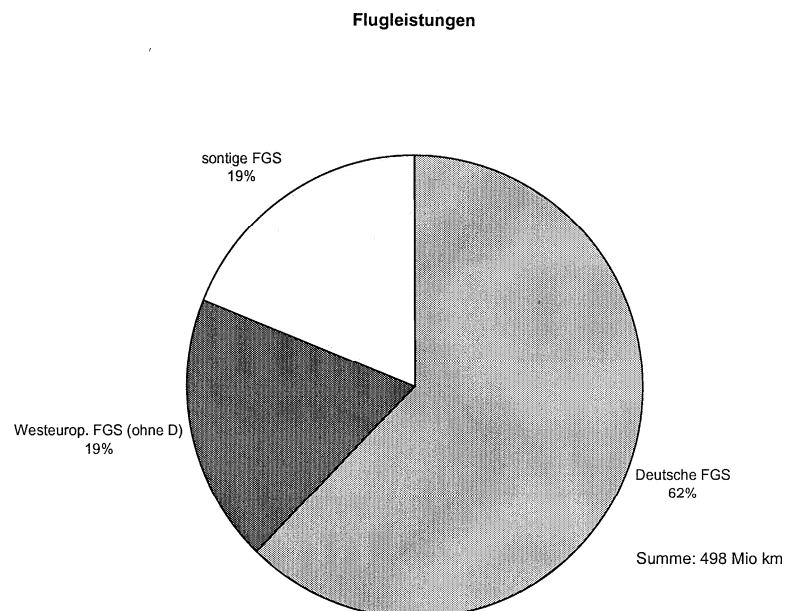
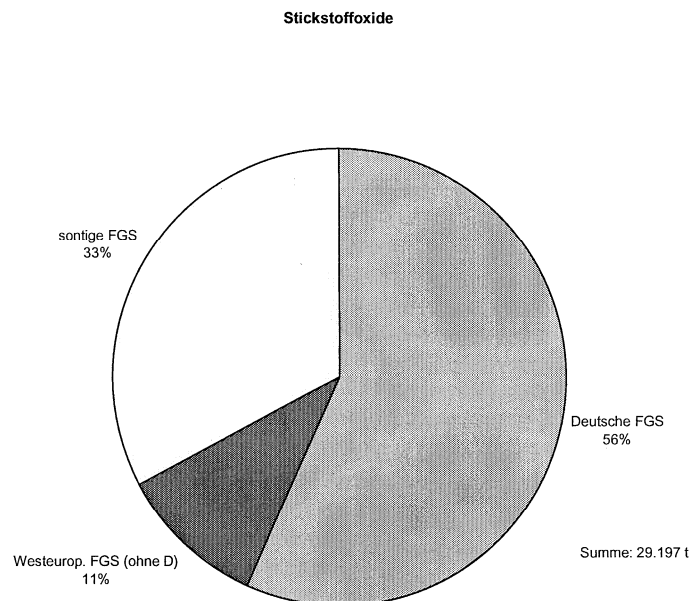
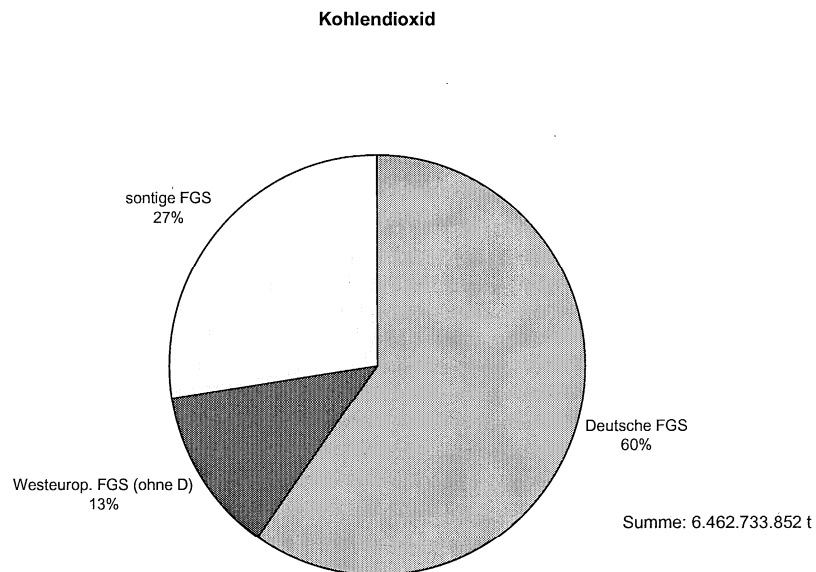


Abb. 2.10: Fortsetzung



Bleibt der Überflugverkehr unberücksichtigt, so haben die sonstigen, nicht in Westeuropa beheimateten Fluggesellschaften bei einem Flugleistungsanteil von 27 % einen überproportionalen Anteil von 33 % bei den NO_x – und 27 % bei den CO₂-Emissionen. Die deutschen Fluggesellschaften haben bei einem Flugleistungsanteil von 62 % einen Anteil von 60 % an den CO₂-Emissionen und 56 % an den NO_x-Emissionen.

Die Auswertungen nach dem Standortprinzip (innerdeutsch + outbound, ohne Überflug³³) führen in den Jahressummen 1995 zu den in der **Tabelle 2.18** zusammengestellten Ergebnissen, aufgeteilt nach den Distanzklassen³⁴ <800 km, 800 bis 2.500 km und >2.500 km. Als Mittelwerte aus den Jahressummen errechnen sich Emissionsindizes für den gesamten Flugverkehr von 12,7 g NO_x/kg_{Kerosin}, bei einer Bandbreite von 10,8 bis 13,55 g/kg_{Kerosin}.

Tabelle 2.18: 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				
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

Unter Zugrundelegung des Standortprinzips verteilen sich die ausgewählten Emissionen auf die Distanzklassen wie in der **Abb. 2.11** dargestellt. Bei den gewählten Klassenerweiten fallen die NO_x-Emissionen mit 73 % stark überproportional beim Langstreckenflug an. Auf die Kurzstreckenflüge (<800 km) entfallen 12 % NO_x-Emissionen. Die CO₂-Emissionen fallen zu 69 % bei Langstreckenflügen >2.500 km an. Die restlichen Anteile ergeben sich zu 19 % für die Kurzstreckenflüge und zu 17 % für die Mittelstrecke (800 km bis 2.500 km).

Die Aufteilung der ausgewählten Emissionen auf die vorab festgelegten Fluggesellschaftsgruppen sind für das Standortprinzip der **Abb. 2.12** zu entnehmen. Der Flugleis-

³³ Die weiteren Berechnungsrandbedingungen entsprechen denen des Territorialprinzips.

³⁴ Die für das Standortprinzip gewählten Distanzklassen weichen von denen des Territorialprinzips ab. Sie entsprechen den üblichen Einteilungen nach Kurz-, Mittel- und Langstrecke.

tungsanteil der deutschen Fluggesellschaften von 58 % wirkt sich mit in etwa gleichen Anteilen bei den CO₂-Emissionen (54 %) und den NO_x-Emissionen aus (52 %). Die nicht in Europa beheimateten Fluggesellschaften haben nach dem Standortprinzip einen Anteil von 33 % an den Flugleistungen, von 41 % an den CO₂ – und von 43 % an den NO_x-Emissionen.

Betrachtet man im Standortprinzip die Auswertungsergebnisse für die ausgewählten Regionen (**Abb. 2.13**), so führen die innerdeutschen Flugleistungsanteile von 14 % zu 9 % bzw. 8 % Kraftstoffverbrauch von CO₂. Der Transkontinentalflug hat einen 65 %-Anteil an den NO_x-Emissionen.

Wie sich die dargestellten Ergebnisse auf die Flugzeugtypen verteilen, ist in den folgenden **Tabellen 2.19 bis 2.23** auszugsweise auf der Grundlage der Auswertung für die vorab beschriebenen Regionen und das Standortprinzip zusammengestellt. (Sortiekriterien sind die Bewegungszahlen). Mit ausgewiesen sind die jeweiligen spezifischen CO₂- und NO_x-Werte, bezogen auf die zurückgelegte Strecke (km) bzw. je Sitz-km bei Annahme einer mittleren Sitzkapazität je Flugzeugmodell (siehe **Tabelle 2.24**).

Zunächst ist festzustellen, dass mit Ausnahme des Transkontinentalflugverkehrs (**Tabelle 2.23**) eine Variante des Flugzeugmodells B 737 die größte Bewegungshäufigkeit hat. So entfallen z. B. im innerdeutschen Flugverkehr (**Tab. 2.19**) auf das Modell B 737-300 ca. 23 % der Flugbewegungen und ca. 28 % der Flugleistungen. Diese haben einen CO₂- und NO_x-Anteil von ca. 32 % bzw. 29 %.

Abb. 2.11: Aufteilung der NO_x- und CO₂-Emissionen auf die Distanzklassen Standortprinzip, 1995

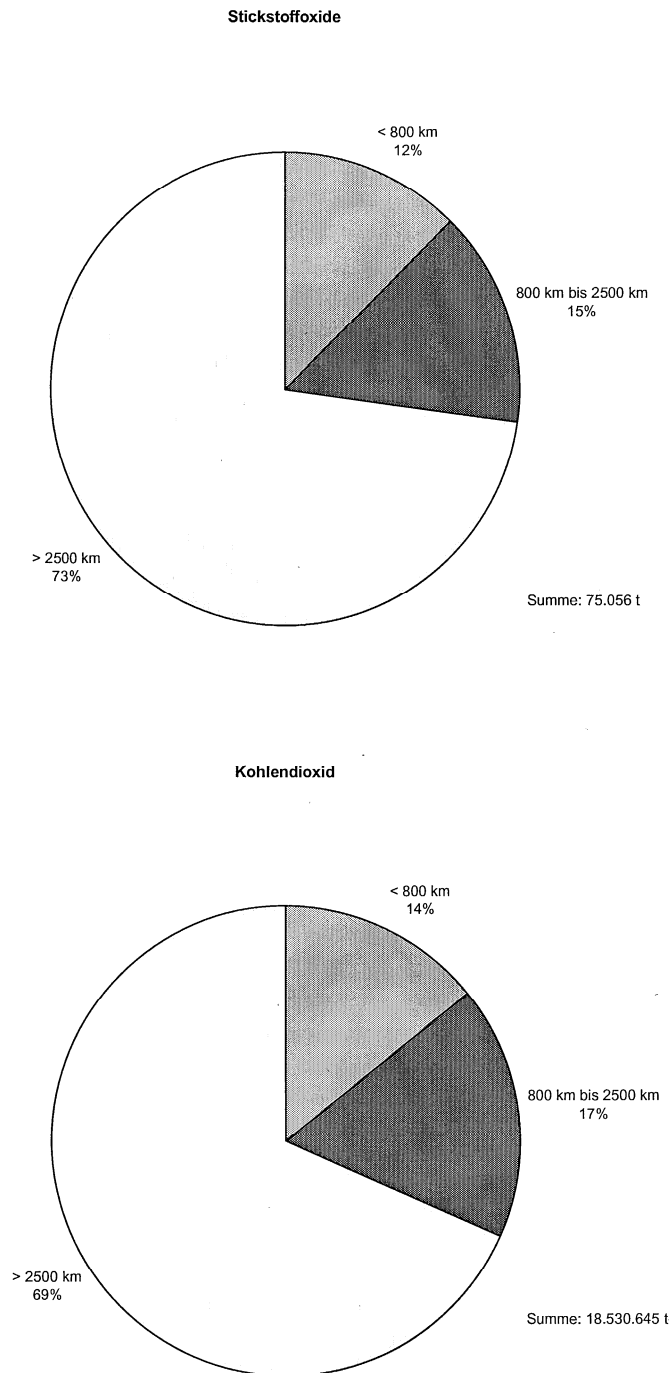


Abb. 2.12: Verteilung der Flugleistungen sowie der CO₂- und NO_x-Emissionen nach ausgewählten Fluggesellschaftsklassen, Standortprinzip, 1995

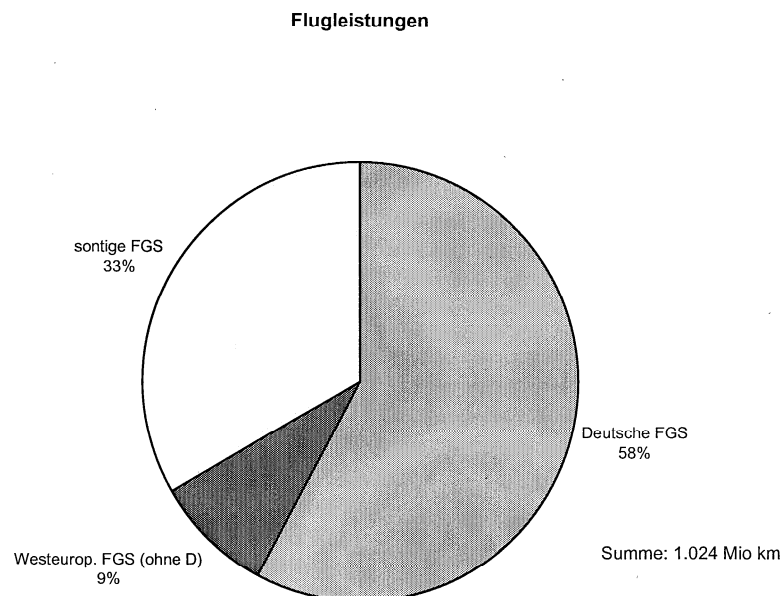
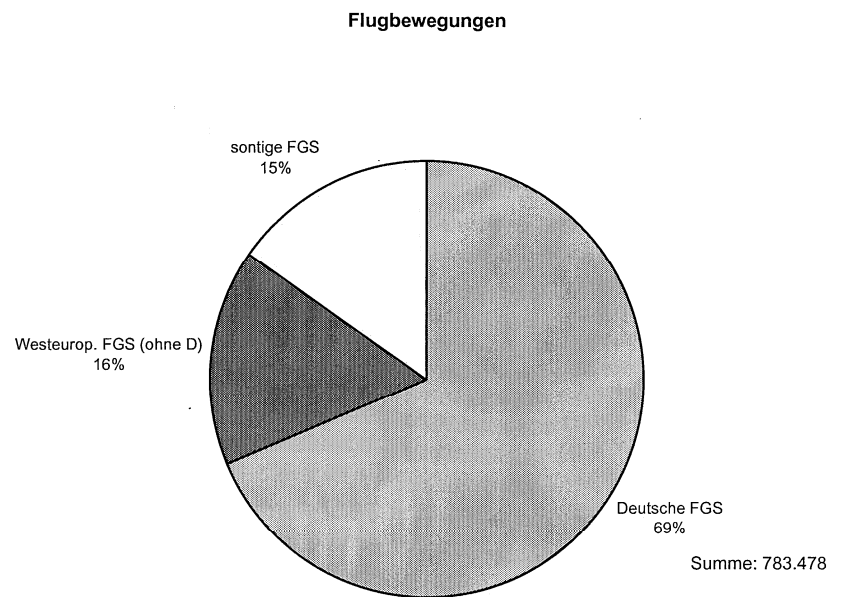


Abb. 2.12: Fortsetzung

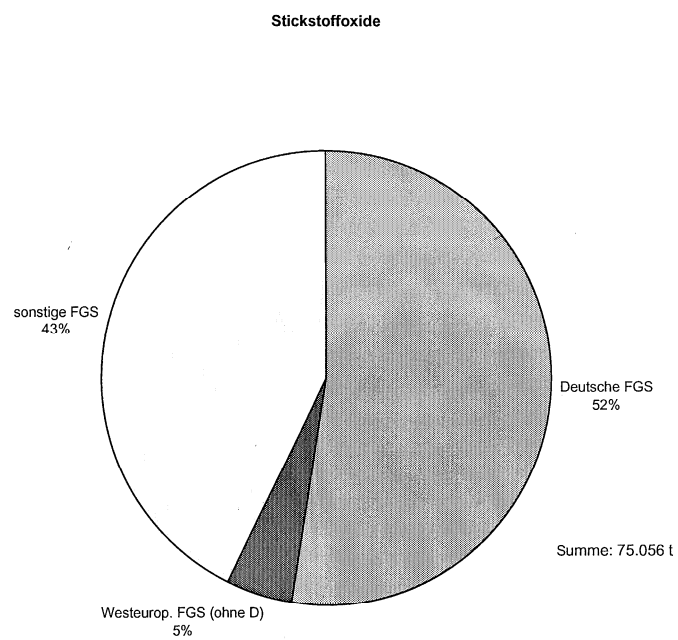
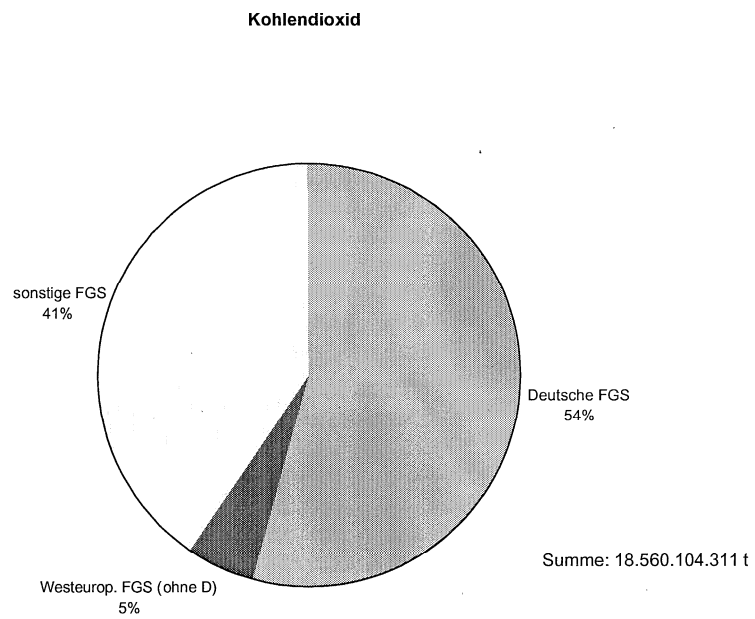


Abb. 2.13: Aufteilung der Flugleistungen, der CO₂- und der NO_x-Emissionen auf ausgewählte Regionen, Standortprinzip, 1995

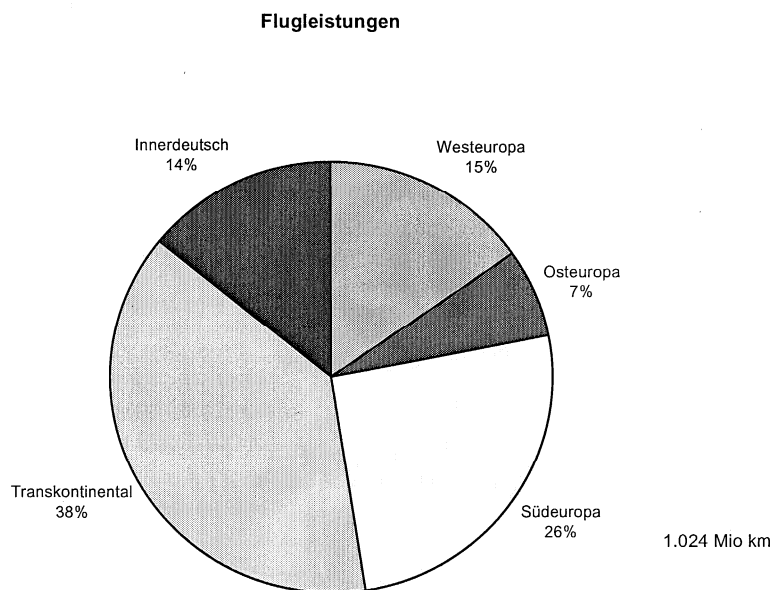
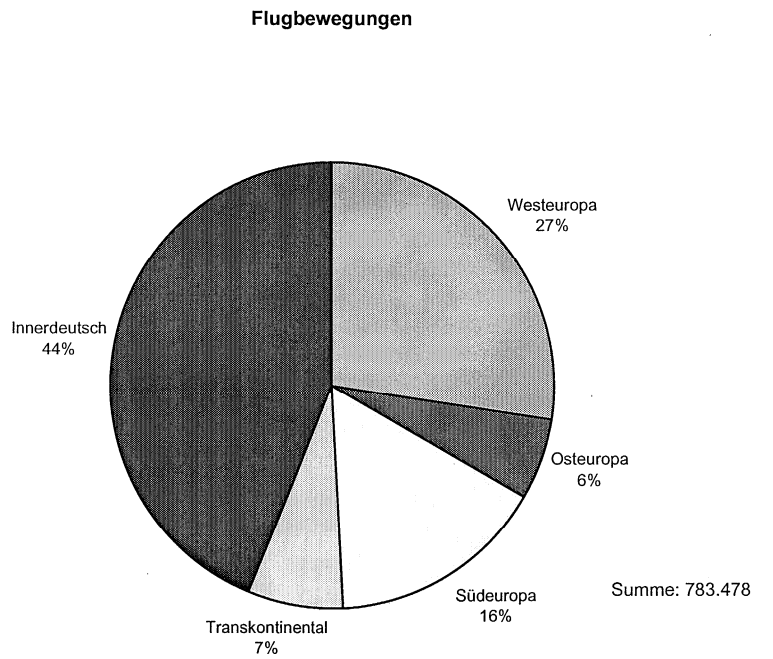


Abb. 2.13: Fortsetzung

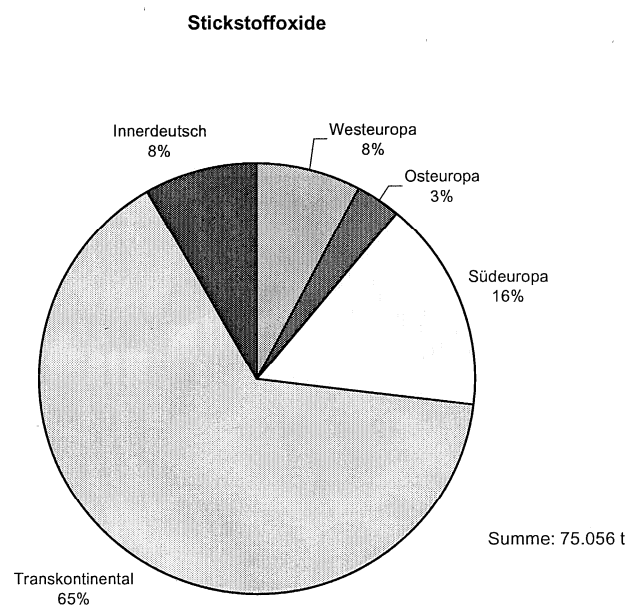
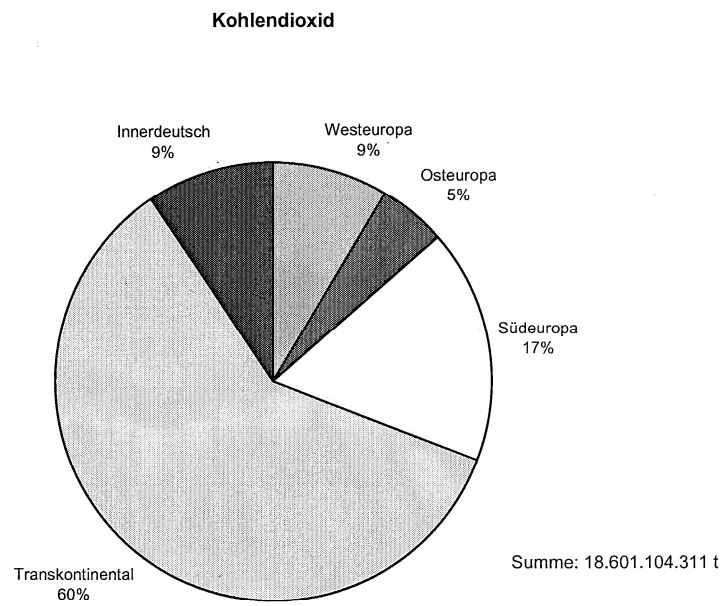


Tabelle 2.19: Innerdeutscher Flugverkehr (344 466 Flugbewegungen) - Anteile der häufigsten Flugzeugtypen, Standortprinzip, 1995

Modell	Anzahl Jahr	%	Flugleistung km/Jahr	%	Kerosin kg/Jahr	%	kg/km	l/Sitzkm	NOx kg/Jahr	%	g/km	g/Sitzkm	CO ₂ kg/Jahr	%	g/km	g/Sitzkm
737-300	79.784	23,2	40.857.455	28,4	176.386.287	31,7	4,3	0,037	1.774.268	28,8	43,4	0,31	555.616.805	31,7	13.599	0,12
Airbus A320	32.880	9,5	13.234.225	9,2	66.795.220	12,0	5,0	0,034	903.783	14,7	68,3	0,38	210.404.943	12,0	15.899	0,11
ATR 42	29.594	8,6	10.062.195	7,0	16.344.866	2,9	1,6	0,039	140.475	2,3	14,0	0,28	51.486.327	2,9	5.117	0,12
737-500	21.278	6,2	9.571.319	6,6	40.740.170	7,3	4,3	0,039	415.046	6,7	43,4	0,33	128.331.537	7,3	13.408	0,12
DASH 8 DHC-8	16.728	4,9	7.182.393	5,0	11.285.351	2,0	1,6	0,047	99.028	1,6	13,8	0,34	35.548.855	2,0	4.949	0,15
737-400	16.164	4,7	5.618.525	3,9	26.605.080	4,8	4,7	0,034	267.106	4,3	47,5	0,28	83.806.001	4,8	14.916	0,11
ATR 72	14.414	4,2	5.409.905	3,8	10.326.333	1,9	1,9	0,031	112.708	1,8	20,8	0,28	32.527.949	1,9	6.013	0,10
737-100/200	12.944	3,8	5.471.320	3,8	29.996.874	5,4	5,5	0,051	314.364	5,1	57,5	0,44	94.490.153	5,4	17.270	0,16
Fokker 50	11.334	3,3	3.596.193	2,5	7.350.121	1,3	2,0	0,041	81.569	1,3	22,7	0,38	23.152.882	1,3	6.438	0,13
Airbus A300	9.704	2,8	3.731.800	2,6	42.757.525	7,7	11,5	0,037	631.906	10,3	169,3	0,45	134.866.205	7,7	36.091	0,12
Airbus A310	9.428	2,7	3.465.885	2,4	29.611.418	5,3	8,5	0,037	326.984	5,3	94,3	0,34	93.275.968	5,3	26.913	0,12
Fokker 100	8.382	2,4	4.678.536	3,2	16.600.636	3,0	3,5	0,039	176.938	2,9	37,8	0,34	52.292.004	3,0	11.177	0,12
Super King Air 200,	5.794	1,7	2.150.771	1,5	1.471.625	0,3	0,7	0,103	8.161	0,1	3,8	0,47	4.835.617	0,3	2.155	0,32
Metro II/IA	4.988	1,4	1.841.871	1,3	1.333.509	0,2	0,7	0,044	11.356	0,2	6,2	0,31	4.200.553	0,2	2.281	0,14
SF 340	4.942	1,4	2.222.391	1,5	2.383.498	0,4	1,1	0,038	7.838	0,1	3,5	0,10	7.508.019	0,4	3.378	0,12
King Air C90	4.522	1,3	1.591.022	1,1	1.096.830	0,2	0,7	0,119	6.136	0,1	3,9	0,55	3.455.016	0,2	2.172	0,37
757,	4.242	1,2	1.621.143	1,1	12.681.458	2,3	7,8	0,039	207.070	3,4	127,7	0,53	39.883.592	2,3	24.602	0,12
Learjet 35	3.498	1,0	1.319.514	0,9	1.252.633	0,2	0,9	0,143	12.246	0,2	9,3	1,16	3.945.795	0,2	2.990	0,45
BAe 146	3.212	0,9	1.534.720	1,1	4.879.016	0,9	3,2	0,038	33.711	0,5	22,0	0,22	15.368.899	0,9	10.014	0,12
Domier 228	3.208	0,9	953.212	0,7	713.260	0,1	0,7	0,060	6.310	0,1	6,6	0,44	2.246.769	0,1	2.357	0,19
MD-80	3.024	0,9	1.201.474	0,8	7.574.971	1,4	6,3	0,044	91.306	1,5	76,0	0,44	23.861.160	1,4	19.860	0,14
Cheyenne II	2.916	0,8	978.499	0,7	680.561	0,1	0,7	0,105	3.861	0,1	3,9	0,49	2.143.767	0,1	2.191	0,33
Friendship F 27	2.890	0,8	1.047.765	0,7	2.287.688	0,4	2,2	0,051	6.151	0,1	5,9	0,11	7.206.217	0,4	6.878	0,16
767,	2.254	0,7	968.520	0,7	9.099.861	1,6	9,4	0,041	129.643	2,1	133,9	0,49	28.664.561	1,6	29.596	0,13
HS 125 Series 400	2.176	0,6	861.964	0,6	850.354	0,2	1,0	0,024	10.034	0,2	11,6	0,23	2.878.616	0,2	3.108	0,07
SAAB 2000	2.036	0,6	1.130.598	0,8	3.983.729	0,7	3,5	0,073	25.201	0,4	22,3	0,38	12.548.746	0,7	11.099	0,23
SuperKing Air300	2.018	0,6	685.108	0,5	775.880	0,1	1,1	0,059	3.873	0,1	5,7	0,25	2.444.021	0,1	3.567	0,19
Corsair	1.892	0,5	665.766	0,5	482.385	0,1	0,7	0,139	2.586	0,0	3,9	0,65	1.456.514	0,1	2.188	0,44
Learjet 55	1.754	0,5	620.200	0,4	653.540	0,1	1,1	0,115	7.696	0,1	12,4	1,13	2.058.653	0,1	3.319	0,36
Regional Jet	1.448	0,4	472.658	0,3	1.004.372	0,2	2,1	0,051	6.496	0,1	13,7	0,27	3.163.772	0,2	6.694	0,16
Shorts 360	1.374	0,4	481.412	0,3	555.289	0,1	1,2	0,039	2.750	0,0	5,7	0,16	1.749.160	0,1	3.633	0,12
Beech 1900/C	1.372	0,4	502.776	0,3	554.736	0,1	1,1	0,070	2.763	0,0	5,5	0,29	1.747.418	0,1	3.476	0,22
Cheyenne III/IV	1.332	0,4	475.697	0,3	443.968	0,1	0,9	0,112	2.288	0,0	4,8	0,48	1.398.498	0,1	2.940	0,35
Citation II-S2	1.268	0,4	450.400	0,3	370.744	0,1	0,8	0,165	2.449	0,0	5,4	0,91	1.167.844	0,1	2.593	0,52
Falcon 50	1.226	0,4	502.982	0,3	759.679	0,1	1,5	0,227	9.115	0,1	18,1	2,27	2.392.989	0,1	4.758	0,72
Merlin IVC, Metro III	1.204	0,3	431.788	0,3	315.081	0,1	0,7	0,044	2.692	0,0	6,2	0,31	992.505	0,1	2.299	0,14
Citation V	1.040	0,3	438.220	0,3	399.804	0,1	0,9	0,183	3.019	0,0	6,9	1,15	1.259.383	0,1	2.874	0,58
Conquest 11-441	964	0,3	346.724	0,2	250.479	0,0	0,7	0,174	2.147	0,0	6,2	1,24	789.010	0,0	2.276	0,55
Citation II-SP	950	0,3	347.436	0,2	284.329	0,1	0,8	0,164	1.883	0,0	5,4	0,90	895.638	0,1	2.578	0,52
727,	776	0,2	261.420	0,2	1.973.432	0,4	7,5	0,053	18.312	0,3	70,0	0,41	6.216.311	0,4	23.779	0,17
Learjet 31	756	0,2	276.663	0,2	261.998	0,0	0,9	0,143	2.566	0,0	9,3	1,16	825.295	0,0	2.983	0,45
Sonstige	12.750	3,7	4.835.374	3,4	21.846.884	3,9		13,314	290.258	4,7			68.817.683	3,9		
Gesamt Innerdeutsch	344.460	100	144.097.837	100	555.981.476	100		487,563	6.164.093	100			1.751.341.651	100		

Tabelle 2.20: Flugverkehr nach Westeuropa (214 562 Flugbewegungen) - Anteile der häufigsten Flugzeugtypen, Standortprinzip, 1995

Modell	Anzahl Jahr	Flugleistung km/Jahr	%	Kerosin kg/Jahr	%	kg/km	l/Sitzkm	NOx kg/Jahr	%	g/km	g/Sitzkm	CO ₂ kg/Jahr	%	g/km	g/Sitzkm
737-500	18.116	8,4	15.491.981	10,0	56.636.811	11,1	3,7	0,033	564.767	9,8	36,5	178.405.956	11,1	11516	0,11
Airbus A320	17.704	8,3	12.610.164	8,1	49.036.482	9,6	3,9	0,026	662.252	11,5	52,5	154.484.917	9,6	12249	0,08
Fokker 50	17.114	8,0	9.776.000	6,3	16.863.879	3,3	1,7	0,035	176.871	3,1	18,1	53.121.218	3,3	5434	0,11
MD-80	13.632	6,4	13.173.327	8,5	60.419.346	11,9	4,6	0,032	756.988	13,2	57,5	190.320.940	11,9	14447	0,10
737-300	13.622	6,3	11.903.271	7,7	41.980.636	8,2	3,5	0,030	408.814	7,1	34,3	132.239.003	8,2	11109	0,10
BAe 146	11.990	5,6	9.194.883	5,9	23.754.155	4,7	2,6	0,031	166.640	2,9	18,1	74.825.587	4,7	8138	0,10
Regional Jet	11.556	5,4	9.054.639	5,8	13.184.179	2,6	1,5	0,035	85.033	1,5	9,4	41.530.164	2,6	4587	0,11
DASH 8	11.428	5,3	6.836.431	4,4	10.536.097	2,1	1,5	0,046	94.436	1,6	13,8	33.188.705	2,1	4855	0,15
737-100/200	11.132	5,2	9.133.116	5,9	38.110.006	7,5	4,2	0,039	383.706	6,3	39,8	120.046.518	7,5	13144	0,12
SF 340	10.174	4,7	5.214.940	3,4	5.328.396	1,0	1,0	0,036	17.219	0,3	3,3	16.784.447	1,0	3219	0,11
ATR 42	6.868	3,2	4.276.823	2,8	6.032.483	1,2	1,4	0,034	48.848	0,9	11,4	19.002.320	1,2	4443	0,11
Fokker 100	6.152	2,9	4.234.322	2,7	13.419.771	2,6	3,2	0,034	145.738	2,5	34,4	42.272.277	2,6	9983	0,11
757, AII	5.608	2,6	5.173.001	3,3	29.649.326	5,8	5,7	0,029	465.322	8,1	90,0	93.395.378	5,8	18054	0,09
737-400	5.370	2,5	3.763.595	2,4	14.145.873	2,8	3,8	0,027	140.795	2,5	37,5	44.559.501	2,8	11871	0,09
ATR 72	3.550	1,7	2.169.324	1,4	3.638.610	0,7	1,7	0,027	37.452	0,7	17,3	11.461.622	0,7	5284	0,09
SAAB 2000	3.502	1,6	1.834.732	1,2	6.368.472	1,2	3,5	0,072	40.191	0,7	21,9	20.060.685	1,2	10934	0,23
727, AII	2.742	1,3	1.903.523	1,2	11.137.087	2,2	5,9	0,041	103.785	1,8	54,5	35.081.824	2,2	18430	0,13
Friendship F 27	2.324	1,1	1.362.668	0,9	2.647.217	0,5	1,9	0,045	7.013	0,1	5,1	8.338.733	0,5	6119	0,14
767,	2.290	1,1	1.582.818	1,0	14.517.477	2,8	9,2	0,040	328.843	5,7	207,8	45.730.052	2,8	28892	0,13
DC-9	2.244	1,0	2.602.390	1,7	10.471.709	2,1	4,0	0,032	102.681	1,8	39,5	32.985.884	2,1	12675	0,10
Electra	1.726	0,8	1.154.813	0,7	7.657.384	1,5	6,6	0,081	46.587	0,8	40,3	24.120.760	1,5	20887	0,25
Airbus A310	1.710	0,8	1.116.130	0,7	8.113.490	1,6	7,3	0,031	96.327	1,7	86,3	25.557.494	1,6	22898	0,10
King Air C30	1.592	0,7	834.297	0,5	523.621	0,1	0,6	0,108	2.749	0,0	3,3	1.649.406	0,1	1977	0,34
Airbus A300	1.508	0,7	1.159.592	0,7	10.156.316	2,0	8,8	0,028	155.170	2,7	133,8	31.992.395	2,0	27589	0,09
Super King Air 200,	1.496	0,7	846.756	0,5	527.977	0,1	0,6	0,094	2.743	0,0	3,2	1.663.127	0,1	1964	0,30
Fellowship F28	1.430	0,7	769.860	0,5	2.344.421	0,5	3,0	0,043	22.723	0,4	29,5	7.384.926	0,5	9593	0,14
Fokker 70	1.324	0,6	768.612	0,5	2.440.774	0,5	3,2	0,064	23.190	0,4	30,2	7.688.438	0,5	10003	0,20
EMB-120	1.302	0,6	708.189	0,5	959.766	0,2	1,4	0,054	7.424	0,1	10,5	3.023.263	0,2	4269	0,17
Cheyenne II	1.256	0,6	720.393	0,5	445.395	0,1	0,6	0,093	2.341	0,0	3,2	1.402.995	0,1	1948	0,29
HS 125 Series 400	1.230	0,6	952.208	0,6	748.052	0,1	0,8	0,019	8.572	0,1	9,0	2.356.363	0,1	2475	0,06
Learjet 35	1.186	0,6	820.437	0,5	628.058	0,1	0,8	0,115	5.939	0,1	7,2	1.978.383	0,1	2411	0,36
747-100/200/300	1.090	0,5	722.652	0,5	12.181.467	2,4	16,9	0,035	200.049	3,5	276,8	38.371.621	2,4	53098	0,11
Citation II-S2	1.042	0,5	621.596	0,4	413.535	0,1	0,7	0,134	2.705	0,0	4,4	1.302.636	0,1	2096	0,42
Citation V	1.006	0,5	666.647	0,4	517.163	0,1	0,8	0,156	3.868	0,1	5,8	1.629.064	0,1	2444	0,49
D 328	996	0,5	462.263	0,3	827.074	0,2	1,8	0,065	8.629	0,2	18,7	2.605.283	0,2	5636	0,21
One-Eleven	994	0,5	805.614	0,5	2.548.365	0,5	3,2	0,036	26.320	0,5	32,7	8.027.350	0,5	9964	0,11
Jetstream 31	874	0,4	545.988	0,4	351.561	0,1	0,6	0,043	2.823	0,0	5,2	1.107.416	0,1	2028	0,14
Shorts 360	774	0,4	398.915	0,3	417.793	0,1	1,0	0,035	1.968	0,0	4,9	1.316.048	0,1	3299	0,11
Metro II/A	746	0,3	416.238	0,3	276.719	0,1	0,7	0,040	2.265	0,0	5,4	871.664	0,1	2094	0,13
Learjet 55	734	0,3	522.610	0,3	426.089	0,1	0,8	0,089	4.945	0,1	9,5	1.342.182	0,1	2568	0,28
Challenger CL600	692	0,3	503.527	0,3	734.528	0,1	1,5	0,098	5.356	0,1	10,6	2.313.763	0,1	4595	0,31
Sonstige	12.736	5,9	8.679.342	5,6	2838.1461	5,6			394.812	6,9		89.401.603	5,6		
Gesamt Westeuropa	214.562	100	155.478.627	100	509499021	100			5.744.901	100		1.604.921.915	100		

Tabelle 2.21: Flugverkehr nach Südeuropa (122 862 Flugbewegungen) - Anteile der häufigsten Flugzeugtypen, Standortprinzip, 1995

Modell	Anzahl		Flugleistung km/Jahr	Kerosin		NOx		CO ₂	
	Jahr	%		kg/Jahr	%	kg/Jahr	%	kg/Jahr	%
737-400	14.632	11,9	38.070.545	11,6	3,1	1.038.373	8,8	370.624.798	11,6
737-300	14.236	11,6	33.653.360	10,2	3,1	960.127	8,1	327.091.544	10,2
MD-80	14.220	11,6	27.480.447	10,5	4,1	1.344.378	11,4	355.143.829	11,1
Airbus A320	11.686	9,5	23.401.598	8,9	3,1	918.170	7,8	229.795.667	7,2
757,	10.906	8,9	31.948.967	12,2	4,7	2.456.068	20,8	473.742.333	14,8
737-100/200	8.300	6,8	14.980.705	5,7	3,7	526.290	4,4	174.500.111	5,5
737-500	7.026	5,7	13.766.793	5,3	3,2	412.607	3,5	139.864.190	4,4
Airbus A310	5.216	4,2	14.843.143	5,7	3,2	920.554	7,8	266.352.167	8,3
BAe 146	4.158	3,4	5.814.610	2,2	2,2	84.986	0,7	40.347.000	1,3
Regional Jet	3.954	3,2	6.613.155	2,5	1,2	47.765	0,4	25.015.236	0,8
727,	3.618	2,9	7.764.508	3,0	5,5	415.364	3,5	134.608.648	4,2
ATR 42	3.370	2,7	3.327.370	1,3	1,4	35.964	0,3	14.338.439	0,4
Fokker 50	2.506	2,0	2.551.368	1,0	1,6	38.646	0,3	12.717.771	0,4
Airbus A300	1.582	1,3	3.812.890	1,5	6,8	413.369	3,5	81.815.321	2,6
767,	1.510	1,2	3.662.335	1,4	2,2	270.670	2,3	68.757.866	2,2
DASH 8 DHC-8	1.380	1,1	1.408.555	0,5	1,6	20.463	0,2	6.879.523	0,2
DC-10	1.320	1,1	3.985.590	1,5	8,7	477.871	4,0	109.210.201	3,4
Airbus A330	1.240	1,0	3.319.640	1,3	8,2	437.773	3,7	86.081.320	2,7
DC-9	978	0,8	1.161.437	0,4	2,6	33.766	0,3	12.252.108	0,4
MD-11	958	0,8	2.777.490	1,1	3,3	299.739	2,5	78.265.843	2,5
Fokker 100	936	0,8	1.932.573	0,7	2,6	48.172	0,4	15.571.367	0,5
Learjet 35	730	0,6	1.359.685	0,5	0,6	7.054	0,1	2.633.607	0,1
Tri-Star,	684	0,6	1.767.667	0,7	8,9	311.336	2,6	49.403.861	1,5
Friendship F 27	586	0,5	968.118	0,4	1,8	4.173	0,0	5.367.388	0,2
ATR 72	552	0,4	572.618	0,2	1,5	8.230	0,1	2.755.469	0,1
HS 125 Series 400	470	0,4	799.080	0,3	0,6	5.035	0,0	1.602.557	0,1
Learjet 55	436	0,4	741.163	0,3	0,7	5.189	0,0	1.570.708	0,0
TU-154	404	0,3	993.450	0,4	5,8	37.100	0,3	18.189.640	0,6
Super King Air 200,	340	0,3	432.118	0,2	0,6	1.074	0,0	768.656	0,0
Falcon 20F	288	0,2	360.375	0,1	1,1	1.183	0,0	1.275.785	0,0
Electra	284	0,2	273.705	0,1	6,3	9.919	0,1	5.447.307	0,2
747-100/200/300	264	0,2	534.325	0,2	13,0	99.565	0,8	21.800.157	0,7
SF 340	246	0,2	247.845	0,1	0,9	640	0,0	704.355	0,0
Hercules	222	0,2	307.673	0,1	6,2	10.386	0,1	5.981.743	0,2
Super DC-8	198	0,2	465.188	0,2	6,8	29.681	0,3	10.004.556	0,3
720B	190	0,2	437.413	0,2	6,5	16.764	0,1	8.982.246	0,3
Citation II-SP	180	0,1	311.378	0,1	0,5	913	0,0	507.174	0,0
Citation I	178	0,1	223.200	0,1	0,5	495	0,0	337.993	0,0
Citation II-S2	176	0,1	316.368	0,1	0,5	915	0,0	510.450	0,0
Falcon 50	156	0,1	172.328	0,1	1,1	2.102	0,0	597.892	0,0
Challenger CL600	152	0,1	234.440	0,1	1,2	1.946	0,0	879.790	0,0
Sonstige	2.394	1,9	3.896.080	1,5	1,0	76.117	0,6	31.201.572	1,0
Gesamt Südeuropa	122.862	100	261.691.290	100	100	11.830.930	100	3.193.496.184	100

Tabelle 2.22: Flugverkehr nach Osteuropa (47 458 Flugbewegungen) - Anteile der häufigsten Flugzeugtypen, Standortprinzip, 1995

Modell	Anzahl Jahr	Flugleistung km/Jahr	%	Kerosin			NOx			CO ₂		
				kg/Jahr	%	kg/km	kg/Jahr	%	g/Stzkm	kg/Jahr	%	g/km
737-300	5.488	9.358.400	13,4	29.750.097	10,2	3,2	274.760	10,7	29,4	93.712.806	10,2	10014
TU-154	4.898	11.460.915	16,4	66.375.166	22,9	5,8	413.961	16,1	36,1	209.081.772	22,9	18243
737-100/200	3.470	4.758.143	6,8	17.936.376	6,2	3,8	168.484	6,6	35,4	56.499.583	6,2	11874
737-500	3.400	4.123.510	5,9	14.393.025	5,0	3,5	258.358	10,0	49,1	45.338.028	5,0	10995
Airbus A320	3.256	5.263.120	7,5	18.313.897	6,3	3,5	19.688	0,8	10,7	57.688.774	6,3	10961
ATR 42	2.526	1.840.675	2,6	2.515.952	0,9	1,4	17.907	6,9	43,8	7.925.248	0,9	4306
TU-1341134AIB	2.486	4.060.505	5,8	17.295.725	6,0	4,3	20.071	8,8	16,1	54.481.534	6,0	13417
ATR 72	1.638	1.248.090	1,8	2.035.771	0,7	1,6	14.796	0,6	17,2	6.412.679	0,7	5138
Fokker 50	1.250	859.148	1,2	1.446.878	0,5	1,7	14.796	0,6	17,2	4.557.665	0,5	5305
Turboliet	1.164	559.585	0,8	353.436	0,1	0,6	1.922	0,1	3,4	1.129.072	0,1	2018
727	1.140	1.299.128	1,9	7.757.137	2,7	6,0	76.172	3,0	58,6	24.434.981	2,7	18809
Regional Jet	1.106	1.318.225	1,9	1.693.037	0,6	1,3	10.518	0,4	8,0	5.333.067	0,6	4046
Bae 146	1.040	1.197.288	1,7	2.760.889	1,0	2,3	19.344	0,8	16,2	8.696.801	1,0	7264
737-400	834	1.046.690	1,5	3.485.763	1,2	3,3	32.521	1,3	31,1	10.980.154	1,2	10490
Airbus A310	830	2.758.975	4,0	16.275.192	5,6	5,9	177.308	6,9	64,3	51.266.856	5,6	18582
YAK-42	756	1.117.865	1,6	3.228.738	1,1	2,9	41.533	1,6	37,2	10.170.526	1,1	9098
DASH 8 DHC-8	706	564.185	0,8	790.068	0,3	1,4	6.566	0,3	11,6	2.488.716	0,3	4411
DC-9	640	658.588	0,9	2.375.498	0,8	3,6	21.616	0,8	32,8	7.482.817	0,8	11362
IL-86	600	2.388.500	3,4	25.371.870	8,7	10,6	162.859	6,3	68,2	79.921.391	8,7	33461
AN-26	576	686.108	1,0	2.180.284	0,8	3,2	12.153	0,5	17,7	6.867.895	0,8	10010
Fokker 100	514	735.000	1,1	1.985.538	0,7	2,7	19.890	0,8	27,1	6.254.444	0,7	8509
Super King Air 200,	480	440.670	0,6	257.199	0,1	0,6	1.202	0,0	2,7	810.178	0,1	1839
One-Eleven	442	665.140	1,0	1.802.852	0,6	2,7	17.882	0,7	26,9	5.678.983	0,6	8538
Beech 1900/C	436	292.243	0,4	282.019	0,1	1,0	1.288	0,1	4,4	888.359	0,1	3040
YAK-40	430	548.518	0,8	537.839	0,2	1,0	4.778	0,2	8,7	1.694.194	0,2	3089
Learjet 35	410	542.570	0,8	355.593	0,1	0,7	3.126	0,1	5,8	1.120.116	0,1	2064
767	394	860.228	1,2	5.449.698	1,9	6,3	76.400	3,0	88,8	17.166.549	1,9	19956
IL-76	388	991.805	1,4	9.778.932	3,4	9,9	72.836	2,8	73,4	30.803.637	3,4	31058
Jetstream 31	356	167.270	0,2	111.569	0,0	0,7	949	0,0	5,7	351.443	0,0	2101
King Air C90	334	286.023	0,4	166.919	0,1	0,6	791	0,0	2,8	525.793	0,1	1838
IL-62	328	695.738	1,0	6.418.756	2,2	9,2	45.208	1,8	65,0	20.212.781	2,2	29052
DASH 7 DHC-7	322	189.175	0,3	389.134	0,1	2,1	1.821	0,1	9,6	1.225.772	0,1	6480
Merlin IVC	306	304.435	0,4	180.042	0,1	0,6	1.316	0,1	4,3	567.131	0,1	1863
Conquest 11-441	272	287.460	0,4	172.098	0,1	0,6	1.256	0,0	4,4	542.108	0,1	1886
Learjet 31	262	236.388	0,3	166.787	0,1	0,7	1.536	0,1	6,5	525.380	0,1	2223
ATP, Advanced	238	123.463	0,2	211.705	0,1	1,7	2.327	0,1	18,8	666.870	0,1	5401
Citation II-S2	238	164.325	0,2	108.276	0,0	0,6	687	0,0	4,2	334.769	0,0	2037
AN-24	228	378.038	0,5	1.170.226	0,4	3,1	6.303	0,2	16,7	3.686.211	0,4	9751
SuperKing Air300	208	171.088	0,2	162.571	0,1	1,0	712	0,0	4,2	512.097	0,1	2993
Airbus A300	196	1.076.025	1,5	7.224.177	2,5	6,7	96.780	3,8	89,9	22.756.157	2,5	21148
SAAB 2000	186	191.580	0,3	604.156	0,2	3,2	3.375	0,1	17,6	1.903.090	0,2	9934
Sonstige	2.706	3.879.855	5,6	16.378.865	5,6		159.103	6,2		51593424	5,6	
Gesamt Osteuropa	47.458	69.794.673	100	290.250.746	100		2.570.763	100		914.289.850	100	

Tabelle 2.23: Transkontinentaler Flugverkehr (54 130 Flugbewegungen) - Anteile der häufigsten Flugzeugtypen, Standortprinzip, 1995

Modell	Anzahl Jahr	Flugleistung km/Jahr	%	Kerosin		NOx		CO ₂	
				kg/Jahr	%	kg/Jahr	%	kg/Jahr	%
767,	8.632	74.356.757	18,9	455.388.905	12,9	5.397.685	11,1	1.434.475.050	12,9
747-100/200/300	8.256	68.627.818	17,5	867.689.288	24,6	12.565.265	25,8	2.733.221.258	24,6
747-400	6.116	71.156.335	18,1	897.113.585	25,5	11.396.304	23,4	2.825.907.793	25,5
AirbusA340	4.046	36.287.675	9,2	318.383.087	9,0	5.142.409	10,5	1.002.906.724	9,0
Airbus A310	3.360	20.130.423	5,1	118.224.452	3,4	1.266.733	2,6	372.407.025	3,4
Airbus A320	3.322	9.511.205	2,4	29.412.219	0,8	412.539	0,8	92.648.490	0,8
Tri-Star,	2.978	25.334.470	6,5	226.173.157	6,4	4.799.436	9,8	712.445.446	6,4
757,	2.474	11.009.465	2,8	50.153.880	1,4	838.586	1,7	157.984.721	1,4
DC-10	2.062	16.370.968	4,2	150.232.325	4,3	2.240.200	4,6	473.231.822	4,3
MD-11	1.940	19.780.495	5,0	190.318.683	5,4	2.195.255	4,5	599.503.850	5,4
Airbus A300	1.870	8.680.005	2,2	58.928.881	1,7	785.412	1,6	185.625.976	1,7
MD-80	1.768	4.974.090	1,3	18.622.187	0,5	213.092	0,4	58.659.890	0,5
737-100/200	1.456	3.407.180	0,9	10.895.073	0,3	94.720	0,2	34.319.480	0,3
737-400	1.028	2.144.098	0,5	6.888.900	0,2	59.910	0,1	21.070.035	0,2
737-300	840	1.900.155	0,5	5.835.161	0,2	54.479	0,1	18.380.757	0,2
Super DC-8	838	6.001.940	1,5	39.902.404	1,1	352.376	0,7	125.692.572	1,1
737-500	772	1.972.595	0,5	6.423.733	0,2	61.340	0,1	20.234.760	0,2
727,	754	2.085.055	0,5	11.049.084	0,3	100.878	0,2	34.804.615	0,3
707- Series	322	1.624.373	0,4	9.822.013	0,3	54.251	0,1	30.939.342	0,3
747 SP	288	2.711.340	0,7	32.400.841	0,9	535.178	1,1	102.062.649	0,9
AirbusA330	210	720.988	0,2	5.906.223	0,2	92.935	0,2	18.604.602	0,2
BAe 146	108	198.720	0,1	413.941	0,0	2.567	0,0	1.303.915	0,0
Gulfstream IV	102	949.803	0,2	1.984.133	0,1	17.211	0,0	6.250.018	0,1
Learjet 35	80	215.395	0,1	126.584	0,0	1.031	0,0	398.740	0,0
Falcon 50	78	281.078	0,1	262.129	0,0	2.556	0,0	825.706	0,0
Hercules	78	153.075	0,0	955.106	0,0	5.073	0,0	3.008.583	0,0
DC-8	76	514.570	0,1	3.339.151	0,1	18.086	0,0	10.518.327	0,1
IL-62	58	535.285	0,1	4.615.653	0,1	30.104	0,1	14.539.306	0,1
Citation III	46	151.628	0,0	94.463	0,0	928	0,0	297.559	0,0
Challenger CL600	36	156.353	0,0	171.472	0,0	1.106	0,0	540.137	0,0
Falcon 900	28	224.628	0,1	202.012	0,0	1.906	0,0	636.338	0,0
Gulfstream III	24	226.800	0,1	547.365	0,0	4.894	0,0	1.724.201	0,0
HS 125 Series 400	24	40.290	0,0	24.529	0,0	227	0,0	77.268	0,0
P 180 Avanti	18	51.233	0,0	44.830	0,0	174	0,0	141.214	0,0
Cheyenne III/IV	18	214.605	0,1	112.831	0,0	397	0,0	355.417	0,0
Learjet 55	18	59.333	0,0	36.823	0,0	362	0,0	115.994	0,0
One-Eleven	6	21.900	0,0	54.923	0,0	508	0,0	173.009	0,0
Sonstige	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Gesamt Transkontinental	54.130	392.782.120	100	3.522.550.028	100	48.746.113	100	11.096.032.588	100

Betrachtet man die Flugbewegungen in Richtung Osteuropa (**Tab. 2.22**); so fällt der im Vergleich zu den Flugbewegungen doppelt so hohe Anteil der TU-154 an den CO₂ - Emissionen auf.

Weitere, auszugsweise für den Transkontinentalflug (**Tab. 2.23**) diskutierte Ergebnisse zeigt das Beispiel der Flugzeugfamilie B 747, bestehend aus den Modellen 747-100/200/300 und 400. Bei einem aufsummierten Anteil von ca. 27 % an den Flugbewegungen des Transkontinentalflugverkehrs entfallen auf dieses Flugzeug in etwa 50 % der CO₂-Emissionen.

Bei den in den **Tabellen 2.19 bis 2.23** ausgewiesenen spezifischen Werten je km handelt es sich um Rechengrößen, die als Quotient aus den integralen Kraftstoffverbräuchen bzw. Emissionen und den Flugleistungen der einzelnen Flugzeugmodelle resultieren. Die Ergebnisse bilden die Ausgangsbasis für die Berechnung der in denselben Tabellen mit aufgeführten spezifischen Werte je Sitz-km. Zu ihrer Berechnung wurden die in der **Tabelle 2.24** zusammengestellten Anzahl Sitze je Flugzeugmodell herangezogen. Zur Interpretation dieser Ergebnisse wird darauf hingewiesen, dass die Sitzanzahl je Flugzeugmodell von Fluggesellschaft zu Fluggesellschaft variiert, was eine unmittelbare lineare Auswirkung auf diese Wertetabellen zur Folge hat.

Tabelle 2.24: Annahme über die Anzahl der Sitze je Flugzeugmodell

Modell	Anzahl der Sitze	Modell	Anzahl der Sitze
ATR 42	50	Airbus A 300	375
ATR 72	74	Airbus A 310	280
B 707-300 / 400 Series	195	Airbus A 320	180
B 727, All Series	171	Airbus A 330	440
B 737-100 / 200 Series	130	Airbus A 340	440
B 737-400	168	Fokker 100	111
B 737-300	140	Friendship F 27	52
B 737-500	132	Fellowship F 28	85
B 747-100 / 200 / 300 Series	587	Fokker 50	60
B 757, All Series	239	Gulfstream I	10
B 767, All Series	275	Gulfstream III	19
One-Eleven, All Series	107	Gulfstream IV	19
Jetstream 31	18	HS 125 Series 400	50
Bae 146-100 / 200 / 300	101	HS 748 / 2B, Andover	62
ATP, Advanced	270	IL-18	122
Beech 1900	19	IL-62 / 62M-MK	186
Super King Air 300	23	IL-86	350
Super King Air 350	8	Tri-Star, All Series	400
King Air 90	7	Electra	99
Beech Jet 400	15	Learjet 24	8
Cessna 208	14	Learjet 25	10
Crosair / Conquest	6	Learjet 31	8
Conquest 11-441	5	Learjet 35	8
Citation I	6	Learjet 55	11
Citation I-SP	6	Learjet 60	11
Citationjet 525	6	MD-11	398
Citation II-S2	6	MD-80	172
Citation II-SP	6	MU-2	8
Cessna 560	6	Diamond 1 / 1A	10
Citation V	6	MU-300	10
Citation III	6	Turbolet L410, L410 A	19
Challenger CL 600 / 601	18	Cheyenne III / IV, 400 SL	10
Regional Jet	50	Ceyenne II	8
Convair 580	56	F 406	8
Dornier 228-100 / 200	15	Caravelle IIINI / 10	99
Falcon 10	7	SN 601 Corvette	12
Falcon 20 F	8	SAAB 2000	58
Falcon 20 G / 20 GF	8	SF 340	34
Falcon 50	8	Shorts 330-200 / UTTI	30
Falcon 900	8	Shorts 360	36
DC-10, All Series	360	Merlin II A / B	20
Super DC-8, All Series	258	Merlin IV C, Metro III	20
DC-9	152	TU-134	80
DASH 7 DHC-7	50	TU-15 / 154 M	180
DASH 8 DHC-8	40	YAK-40	32
Brasilia EMP-120 / HH	30	YAK-42	120

3 Prognose der Nachfrage

3.1 Vorbemerkungen und Grundannahmen

Die Trendprognose des Luftverkehrs ist kein eigenständiges Ziel dieser Untersuchung. Soweit als möglich werden 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) / Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) vorgelegte Langfristprognose des Luftverkehrs in Deutschland.³⁵ 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 wird deshalb zusätzlich auf aktuelle Langfristprognosen der Flugzeughersteller (wie Airbus, Boeing, McDonnell Douglas) und internationaler Organisationen (wie ICAO, ATAG) zurückgegriffen.

Das Referenz-Szenario bzw. die Trendprognose skizziert eine Verkehrsentwicklung unter der Annahme, dass der heutige rechts-, verkehrs- und preispolitische Rahmen für den zivilen Luftverkehr im wesentlichen unverändert bleibt. Die sich gegenwärtig konkret abzeichnenden und erkennbaren Veränderungen relevanter Einflussgrößen - wie weitere Liberalisierung des EU-Luftverkehrs - werden allerdings miteinbezogen. Implizit wird auch unterstellt, dass die Flughafen- und Flugsicherungskapazitäten der Nachfrageentwicklung angepasst werden.

Auf die künftige Luftverkehrsnachfrage wirken eine Vielzahl von Einflussfaktoren ein, wie

- die Bevölkerungszahl,
- die Entwicklung des Bruttosozialprodukts, des Außenhandels, des privaten Verbrauchs, der Zahl der Urlaubstage,
- die politischen und verkehrspolitischen Rahmenbedingungen,
- die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Kerosin-Angebot und Preise),
- die gesellschaftliche Akzeptanz des Luftverkehrs (zunehmendes Umweltbewußtsein),
- die Strategien der Luftverkehrsgesellschaften (Drehkreuzproblematik) und der Flughäfen (Start- und Landegebühren),

³⁵ DFS und DLR (1997).

- die Konkurrenz der Landverkehrsträger (Preis- und Reisezeitrelationen),
- die Implementierung neuer Verkehrssysteme und -technologien (Transrapid),
- neue Telekommunikationstechniken und
- der ordnungspolitische Rahmen.

Viele der oben genannten Einflussbereiche entziehen sich weitgehend einer prognoserelevanten eindeutigen quantitativen Identifikation und können der Trendprognose vereinfachend nur als qualitative Prämissen und Arbeitshypothesen vorgegeben werden.

Das gilt insbesondere für die ökologischen Implikationen des Luftverkehrs (Klima, Luftschadstoffe, Fluglärm). Da nicht zu erwarten ist, dass bis 2010/2020 etwa durch eine andere Antriebstechnik der Flugzeuge (z. B. Substitution von Kerosin durch Wasserstoff oder drastisch verringerte Lärmemissionen) das Luftverkehrsimago erheblich verbessert werden kann, dürften hier leicht restriktive Einflüsse für das Luftverkehrswachstum wirksam werden.

Die Konkurrenzsituation zu anderen Verkehrsträgern ist schwer abzuschätzen. Das auf EU-Ebene im Aufbau befindliche europäische (Bahn-) Hochgeschwindigkeitsnetz dürfte ähnlich wie ein Flughafenausbau auf zunehmende gesellschaftliche Akzeptanzprobleme stoßen. Die aktuellen Diskussionen über den Transrapid (Kosten, Flächeninanspruchnahme, Geräuschemissionen) seien hierfür als Beleg genannt. Bis 2010/2020 dürften deshalb nicht alle der längerfristig geplanten Hochgeschwindigkeitsstrecken realisiert sein. Auf den Interkontinental-Verkehr werden die Schnellbahneffekte nicht durchschlagen; im nationalen und inner-europäischen Luftverkehr sind demgegenüber Auswirkungen zu erwarten.

Die zunehmende weltweite Liberalisierung des Luftverkehrs hat zu einem starken Druck auf die Luftverkehrstarife geführt, die das Luftverkehrswachstum erheblich begünstigt haben. Es wird unterstellt, dass die Liberalisierung des Luftverkehrsmarktes weiter voranschreitet und der Druck auf die Luftverkehrstarife anhält. Die preisliche Wettbewerbssituation des Luftverkehrs gegenüber der Bahn und dem Auto dürfte sich zumindest nicht verschlechtern.

Ungewiss sind auch die Zusammenhänge zwischen Luftverkehr einerseits und dem Vorhandensein bzw. der Einführung neuer Telekommunikationstechniken andererseits. Insgesamt ist das Wachstum der Luftverkehrsleistungen auch als ein Ergebnis der zunehmenden räumlichen und funktionalen Differenzierung in Wirtschaft und Gesellschaft, der zunehmenden Konzentration von Produktion und Handel sowie der steigenden EU- bzw. Weltmarktorientierung mit entsprechenden beschaffungs- und absatzseitigen Konsequenzen zu sehen, ein Prozess, der durch neue Telekommunikationstechniken erheblich begünstigt, wenn nicht sogar überhaupt erst induziert wurde. Es wird hier angenommen, dass neue Telekommuni-

kationstechniken daher eher eine stimulierende Wirkung auf die geschäftliche Luftverkehrsnachfrage haben. Bei den Privatreisen (Urlaub, Erholung, Ausflug) sind Substitutionseffekte nicht zu erwarten.

3.2 Aktuelle Langfristprognosen des Luftverkehrs

In den neunziger Jahren wurde eine Vielzahl von Langfristprognosen vorgelegt, die ausnahmslos ein weiteres stürmisches Wachstum des gewerblichen Luftverkehrs (Passagier- und Luftfrachtverkehr) erwarten lassen. Die prognostizierten jahresdurchschnittlichen Veränderungsraten für den Passagierluftverkehr der nächsten zwei Jahrzehnte liegen alle in einer Bandbreite von 4 % bis 6 %. Die Veränderungsraten für das erste Jahrzehnt (bis etwa 2005) werden durchweg höher als für das zweite Jahrzehnt (2005 bis etwa 2015) eingeschätzt. Für den Luftfrachtverkehr wird ein noch stärkeres Wachstum erwartet. Hier liegen die prognostizierten jährlichen Wachstumsraten in einer Marge zwischen 5,5 % und 7 %. Während im Passagierluftverkehr - durchschnittlicher jährlicher Zuwachs 5 % - demnach in etwa 14 Jahren mit einer Verdoppelung des Verkehrsaufkommens gerechnet werden kann, ist dies im Luftfrachtverkehr schon nach etwa 12 Jahren (6 % p. a.) der Fall.

Die einzelnen Prognosen sind in **Tabelle 3.1** (Passagierluftverkehr) und in **Tabelle 3.2** (Luftfrachtverkehr) mit einigen relevanten Eckdaten aufgeführt. Im folgenden werden nur die Hauptcharakteristika kurz skizziert.

Zwei Prognosen erstrecken sich ausschließlich auf Deutschland. Die Prognose von DFS/DLR³⁶, die eine wesentliche Grundlage für die Trendprognose im Rahmen dieses Vorhabens ist, knüpft im Passagierluftverkehr an die Reisenachfrage im Linien- und Charterluftverkehr der deutschen Verkehrsflughäfen an. Auf sie wird im nächsten Abschnitt ausführlicher eingegangen.

³⁶ Vgl. DFS/DLR, a.a.O.

Tabelle 3.1: Langfristprognosen des Passagierluftverkehrs

Schätzung von	Referenz- gebiet	Referenz- jahr	Referenz- größe	Anmerkungen	Durchschn. Wachstumsrate pro Jahr		
DFS/DLR 1997 ¹⁾	Deutschland ²⁾	1995	Personenverkehrsauf- kommen (Standort- prinzip)	Flugreisen insgesamt Innerdeutsche Flugreisen Grenzüberschreitende F.: - Europa - Interkont Gr.-üb. Geschäftsreisen Gr.-üb. Privatreisen: - Urlaubsreisen - Sonstige Privatreisen Insgesamt Inland Ausland: - Europa - Interkont	<u>1995 - 2010</u>		
					3,7 %		
					2,6 %		
					3,9 %		
					3,8 %		
					4,0 %		
					5,1 %		
					3,2 %		
					3,2 %		
					3,2 %		
					3,3 %		
					2,3 %		
					3,8 %		
					3,6 %		
					4,2 %		
BVWP 1992	Deutschland ³⁾	1988	Verkehrsaufkommen Verkehrsleistung ⁴⁾	Szenario „F“ Szenario „G“ Szenario „H“ Szenario „F“ Szenario „G“ Szenario „H“	<u>1988 - 2010</u>	<u>1988 - 2010 Deutschland⁵⁾</u>	<u>1988 - 2010 Ausland⁶⁾</u>
					Insgesamt	3,3 %	
					3,5 %	2,5 %	3,7 %
					2,8 %	3,8 %	3,1 %
					3,8 %		3,9 %
					4,1 %		
					3,3 %		
					4,4 %		
Airbus 1997	weltweit	1996	Passagier- kilometer	Insgesamt Ausgewählte Relationen: - Intra Europe - Domestic Europe - Europe – USA - Europe – Asia - Charter insgesamt	<u>1996 - 2006</u>	<u>2006 - 2016</u>	<u>1996 - 2016</u>
					5,9 %	4,6 %	5,2 %
						5,1 %	5,6 %
						5,1 %	5,6 %
					6,1 %	4,8 %	5,3 %
					5,8 %	7,4 %	8,1 %
					8,7 %	4,2 %	5,4 %
					6,3 %		
Airbus 1998	weltweit	1997	Passagier- kilometer	Insgesamt Ausgewählte Relationen: - Intra Europe - Domestic Europe - Europe – USA - Europe – Asia - Charter insgesamt	<u>1997 - 2007</u>	<u>2007 - 2017</u>	<u>1997 - 2017</u>
					5,3 %	4,8 %	5,0 %
						4,3 %	
					5,3 %	5,1 %	4,8 %
					4,9 %	4,2 %	5,0 %
					4,9 %	6,0 %	4,6 %
					6,8 %	4,0 %	6,4 %
					6,1 %		5,0 %
Boeing 1997	weltweit	1996	Passagier- kilometer	Insgesamt - Kurzstrecken - Langstrecken Ausgewählte Relationen: - Europe – Europe - Europe – North America - Europe – Asia ⁷⁾	<u>1996 - 2006</u>	<u>2006 - 2016</u>	<u>1996 - 2016</u>
					5,5 %	4,4 %	4,9 %
					5,4 %	4,4 %	4,8 %
					5,6 %		5,0 %
						3,7 %	
					5,0 %	3,1 %	4,4 %
					4,3 %	5,4 %	3,7 %
					6,8 %		6,1 %
Boeing 1998	weltweit	1997	Passagier- kilometer	Insgesamt - Kurzstrecken - Langstrecken Ausgewählte Relationen: - Europe – Europe - Europe – North America - Europe – Asia ⁷⁾	<u>1997 - 2007</u>	<u>2007 - 2017</u>	<u>1997 - 2017</u>
					5,0 %	4,8 %	4,9 %
					4,8 %	5,0 %	4,8 %
					5,4 %		5,2 %
						4,1 %	
					4,2 %	3,6 %	4,1 %
					3,6 %	5,9 %	3,6 %
					6,8 %		6,4 %

Fortsetzung Tabelle 3.1: Langfristprognosen des Passagierluftverkehrs

Schätzung von	Referenz- gebiet	Referenz- jahr	Referenz- größe	Anmerkungen	Durchschn. Wachstumsrate pro Jahr		
					<u>1993 - 2003</u>	<u>2003 - 2013</u>	<u>1993 - 2013</u>
McDonnell Douglas 1994	weltweit (ohne GUS)	1993	Passagier- kilometer	Insgesamt (ohne GUS) - Linienflug (ohne GUS) Ausgew. Linienflughaupt- routen: - Intra-Europe (o. GUS) - North Atlantic - Europe - Far East	5,9 %	5,6 %	5,7 % 5,8 % 4,1 % 4,0 % 6,5 %
ICAO-WG4 1995	weltweit	1991	Passagier- kilometer	Linienflugverkehr insges.: - international: - Intra-Europe ⁸⁾ - North Atlantic - Europe ⁸⁾ – Asia/Pac. - Inlandsflugverkehr: - Europe ⁸⁾ - Deutschland	<u>1991 - 2000</u> 5,4 % 6,0 % 5,1 % 4,5 % 8,2 % 4,3 % 3,5 % 5,0 %	<u>2000 - 2015</u> 4,8 % 5,5 % 4,4 % 4,5 % 6,4 % 4,3 % 3,5 % 3,9 %	<u>1991 - 2015</u> 5,0 % 5,8 % 4,7 % 4,5 % 7,1 % 4,3 % 3,5 % 4,3 %
NATO ⁹⁾ 1994, zitiert in ICAO- WG4 1995	weltweit	1991	Passagier- kilometer	Linienflugverkehr ges.: - Intra Europe - Europe - North America - Europe - Asia		<u>1991 - 2015</u> 6,3 % 4,5 % 4,5 % 7,8 %	
		1990	Passagier- kilometer	Charterflugverkehr ges.		<u>1990 - 2015</u> c.a. 3 %	
ANCAT ¹⁰⁾ 1994, zitiert in ICAO- WG4 1995	weltweit	1992	Passagier- kilometer	Linienflugverkehr ges.: - Intra Europe - Europe - North America - Europe - Asia		<u>1992 - 2015</u> 5,5 % 4,8 % 4,8 % 6,8 %	
AERO-Modell (Center for Energy Con- serv. + Envi- ronmental Technology)	weltweit	1992	Passagier- kilometer	Linienflugverkehr ges.: - Intra-EU - North America - EU - EU - Asia - EU - Other Europe Charterflugverkehr ges.	<u>1992 - 2005</u> 5,0 % 4,6 % 4,4 % 5,4 % 5,0 % 4,8 %	<u>2005 - 2015</u> 5,4 %	<u>1992 - 2015</u> 5,2 %
ICAO ¹¹⁾ 1998	weltweit	1995	Passagier- kilometer	Linienflugverkehr insges.: bei BIP-Wachstum jhrl. 2,9 % 2,0 % 3,5 %	<u>1995 - 2000</u> 5,0 % 4,2 % 3,7 %	<u>2000 - 2005</u> 3,9 % 3,2 % 2,7 %	<u>2005 - 2010</u> 5,6 % 5,3 % 4,9 %
IATA 1994, beauftragt von ATAG ¹²⁾	Nordamerika	1993	Passagiere	USA - Atlantik	<u>1993 - 2000</u> 4,9 %	<u>2000 - 2005</u> 6,3 %	<u>2005 - 2010</u> 5,9 % <u>1993 - 2010</u> 5,6 %
¹⁾ Engpassfreies Referenzszenario (mit Schnellbahn-Effekten). - ²⁾ Flugreisen in sowie von und nach Deutschland im Linien- und Charterverkehr. - ³⁾ Ohne Durchgangsverkehr und Ausland-Ausland-Umsteiger auf bundesdeutschen Flughäfen. - ⁴⁾ Territorialleistung Deutschland, ohne Streckenanteile im Ausland. - ⁵⁾ Binnen- und Quellverkehr Deutschland. - ⁶⁾ Quellverkehr Ausland ohne Durchgangsverkehr und Ausland-Ausland-Umsteiger. - ⁷⁾ Northeast, Southeast and Southwest Asia. - ⁸⁾ Europa schließt Osteuropa und die Russische Föderation mit ein. - ⁹⁾ Prognose wurde von Boeing in Kooperation mit McDonnell Douglas entwickelt. - ¹⁰⁾ Basiert auf einer Prognose des UK Department of Trade and Industry. - ¹¹⁾ Prognose der Forecasting and Economic Support Group (FESG) des ICAO Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP) im Auftrag des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) der UN. - ¹²⁾ Air Transport Action Group. Quellen: Diverse (s. o.), Zusammenstellung des DIW.							

Tabelle 3.2: Langfristprognosen des Luftfrachtverkehrs

Schätzung von	Referenz-gebiet	Referenz-jahr	Referenz-größe	Anmerkungen	Durchschn. Wachstumsrate pro Jahr		
DFS/DLR 1997 ¹⁾	Deutschland	1995	Aufkommen (1000 t) Starts und Landungen	Luftfracht Luftpost Luftfracht Luftpost	<u>1995-2010</u> 5,5 % 3,3 % 3,6 % 2,3 %		
Boeing, Airbus sowie Avmark Economist, zitiert bei DFS/DLR 1997	weltweit	o. J.	Tkm	Luftfracht	<u>o. Angabe der Zeitspanne</u> 6,6 % bis 7,0 %		
Boeing 1997	weltweit	1996	Tkm	Luftfracht	<u>1996 - 2006</u> 6,6 %	<u>2006 - 2016</u> 6,6 %	<u>1996 - 2016</u> 6,6 %
Boeing 1998	weltweit	1997	Tkm	Luftfracht	<u>1997 - 2007</u> 6,0 %	<u>2007 - 2017</u> 6,8 %	<u>1997 - 2017</u> 6,4 %
McDonnell Douglas 1994	weltweit (ohne GUS ²⁾)	1993	Tkm	Luftfracht (ohne GUS ²⁾) - in Frachtflugzeugen - in Passagierflugzeugen - national - international	<u>1993 - 2013</u> 7,3 % 7,8 % 6,8 % 5,0 % 7,8 %		
AERO-Modell (Center for Energy Conserv. + Environmental Technology)	weltweit	1992	Tkm	Luftfracht	<u>1992 - 2005</u> 5,8 %	<u>2005 - 2015</u> 6,3 %	<u>1992 - 2015</u> 6,0 %
¹⁾ Engpassfreies Referenzszenario. - ²⁾ Ohne Flüge innerhalb der GUS. Quellen: Diverse (s.o.), Zusammenstellung des DIW.							

Die Prognoseberechnungen für die BVWP '92³⁷ wurden für drei Szenarien durchgeführt, die sich hinsichtlich der Nutzerkosten und der ordnungspolitischen Rahmenbedingungen unterscheiden. Im Szenario „H“, dem Bezugsfall, wurde für das Passagieraufkommen der deutschen Verkehrsflughäfen eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (2010/1988) von 3,8 % (DFS/DLR: 3,3 % für 2010/1995) ermittelt. Das grenzüberschreitende Luftverkehrsaufkommen wurde in seiner Entwicklung ähnlich wie bei DFS/DLR eingeschätzt, während für

³⁷ Vgl. Intraplan/IVT (1991).

den innerdeutschen Verkehr ein erheblich stärkeres Wachstum erwartet wurde (BVWP '92: 3,8 % p. a.; DFS/DLR: 2,3 % p. a. 2010/1995). Offensichtlich haben die Schnellbahneffekte (Substitution von Flug- durch Bahnreisen) in den Prognosen von DFS/DLR eine wesentlich größere Berücksichtigung gefunden.

Von den übrigen Luftverkehrsprognosen sind insbesondere die von Airbus³⁸, Boeing³⁹ sowie der ICAO⁴⁰ hervorzuheben. Diese weisen jeweils für diverse Flugrelationen (weltweit) Wachstumsraten im Passagierluftverkehr bis 2015/2016 aus. Obwohl für einzelne Relationen/Destinationen durchaus unterschiedliche Perspektiven gesehen werden, sind die erwarteten mittleren jährlichen Steigerungsraten für die Verkehrsleistungen des Weltluftverkehrs (Airbus 1997/2016: 5,2 %; Boeing 1997/2016: 4,9 %; ICAO 1992/2015: 5,0 %) fast identisch. Für den innereuropäischen Luftverkehr („Intra Europe“) wird die künftige Entwicklung allerdings unterschiedlich (Airbus: 5,6 %; Boeing: 4,4 %; ICAO: 4,7 %) beurteilt. Dies gilt auch für die Relationen zwischen Europa und Nordamerika (5,3 %; 3,7 %; 4,5 %). Überdurchschnittlich wachsend wird in allen Prognosen der Verkehr von Europa nach Asien (8,1 %; 6,1 %; 7,1 %) eingeschätzt.

Luftfrachtverkehrsprognosen liegen weitaus weniger zahlreich und auch weniger differenziert vor (**Tabelle 3.2**). Die DFS/DLR orientiert sich bei der Schätzung des Wachstums bis 2010 an den Prognosen von Boeing, Airbus und Avmark Economist, die weltweit eine Zunahme des Luftfrachtverkehrs von durchschnittlich 6,6 % bis 7 %, gemessen in Tonnenkilometern (Tkm), erwarten.

McDonnell Douglas⁴¹ schätzt die mittlere jährliche Zunahme der Verkehrsleistungen geringfügig höher (7,3 %) als die anderen Gesellschaften ein.

Sofern die Prognosen differenziert für einzelne Zeitabschnitte vorliegen, besteht in einem Punkt Übereinstimmung: Sättigungstendenzen werden zwar noch von keinem gesehen, gleichwohl schwächt sich das Wachstum des Weltluftverkehrs langfristig ab.

³⁸ Vgl. Airbus Industrie (1997, 1998, 1999).

³⁹ Vgl. Boeing (1997, 1998, 1999).

⁴⁰ Vgl. ICAO (1995).

⁴¹ Vgl. McDonnell Douglas (1995).

3.2.1 Trend-Szenario des Luftverkehrs 2010 und 2020

3.2.1.1 Beschreibung der Prognose von DFS/DLR

Die Verkehrsnachfrageprognose von DFS/DLR ist unter der Prämisse der Engpassfreiheit erstellt worden. Sie ist ein Teilergebnis bzw. ein Modul eines integrierten Prognoseprozesses, in dem u. a. auch Aussagen zum sonstigen gewerblichen und nicht-gewerblichen Luftverkehr auf den deutschen Verkehrsflughäfen, zur langfristigen Entwicklung des Überflugverkehrs Deutschlands, der Flugbewegungen (Starts und Landungen auf deutschen Verkehrsflughäfen) sowie der langfristigen Entwicklungspotenziale der Kapazitäten der Flughäfen und des Luftraums gemacht werden.

Nach ersten Berechnungen von DFS/DLR reichen die Status-Quo-Kapazitäten der Flughäfen nicht aus, um den erwarteten Nachfrageanstieg aufzunehmen. Das gilt für Frankfurt und Düsseldorf schon im Jahre 2010, längerfristig mit Sicherheit aber auch für München, Hamburg und Stuttgart.

Die engpassfreie Referenzprognose von DFS/DLR ist vierstufig aufgebaut:

1. Nachfrage nach Luftverkehrsleistungen, gemessen in Flugreisen (innerdeutsch und grenzüberschreitend);
2. Passagieraufkommen der Flughäfen und insgesamt;
3. Flugbewegungen (Passagierverkehr, sonstiger Verkehr einschl. Fracht- und Postflüge, Überflugverkehr);
4. Aufkommen - Kapazität - Vergleich (Flughäfen und Luftraum).

Die Nachfrageprognosen (im Linien- und Charterverkehr) erfolgen auf Basis relativ homogener Marktkomponenten. Es sind dies die Fahrtzwecke (Geschäfts-, Urlaubs- und sonstige Privatreisen) und Verkehrsrelationen (innerdeutsch und grenzüberschreitend - Europa- und Interkontinentalverkehr). Die Bestimmung des innerdeutschen Luftverkehrs (87 % Geschäftsreisen) im Jahre 2010 erfolgt auf Basis eines makroökonomischen Regressionsansatzes, in dem die Entwicklung der Erwerbstätigen und die des Bruttoinlandsproduktes (BIP) die maßgeblichen Einflussfaktoren sind. Bei den grenzüberschreitenden Geschäftsreisen werden zusätzlich noch die Entwicklung in einzelnen Wirtschaftsbranchen und die künftige Exporttätigkeit berücksichtigt. Die Prognose der grenzüberschreitenden Privatreisen (differenziert nach Urlaubs- und sonstigen Privatreisen) basiert auf Zeitreihen zum Urlaubsreiseverhalten

sowie der weiteren wirtschaftlichen und demographischen Entwicklung (Reiseintensität von Bevölkerungsgruppen).

Die verwendeten Leitdaten (Bevölkerungszahl 2010: 82,6 Mio.; mittlere jährliche Wachstumsrate für das BIP 1993/2010: 2,7 %) sind nur für die wichtigsten Eckdaten dokumentiert: Das DIW hat 1997 eine Schätzung der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung bis zum Jahr 2010⁴² vorgelegt, in dem die Perspektiven für die Bevölkerungszahl (82,5 Mio.) und das BIP (2000/1994: 2,5 %; 2010/2000: 2,2 %) ähnlich eingeschätzt werden.

Die übrigen Prognoseprämissen von DFS/DLR - wie verkehrspolitische Entwicklung, Liberalisierung der Luftverkehrsmärkte, Luftverkehrstarife, Kerosinpreise - decken sich weitgehend mit den Grundannahmen, die in Abschnitt 3.1.1 skizziert wurden. Zu den von DFS/DLR bis 2010 berücksichtigten Schnellbahneffekten (Substitution von Flug- durch Bahnreisen) ist allerdings eine Anmerkung zu machen. Ohne Schnellbahneffekte wird für die innerdeutschen Flugreisen eine mittlere jährliche Wachstumsrate von 3,8 %, mit Schnellbahneffekten von 2,6 % prognostiziert. Hierbei sind offensichtlich alle von der DB AG bis 2010 - durch Neu- und Ausbau - geplanten Reisezeitverkürzungen als realisiert unterstellt. In aller Regel wird jedoch der Zeitplan für derartige Maßnahmen nicht eingehalten, so dass die mittlere jährliche Wachstumsrate im „engpassfreien Referenz-Szenario“ in jedem Fall eine Untergrenze für die Trendentwicklung darstellen dürfte.

Die grenzüberschreitenden Geschäftsreisen nehmen nach DFS/DLR zwischen 1995 und 2010 um durchschnittlich 5,1 % p. a. und zwischen 2010 und 2015 um 3,1 % zu. Bei den grenzüberschreitenden Privatreisen liegen die Wachstumsraten für beide Zeiträume bei 3,2 % bzw. 2,1 %. Auch im grenzüberschreitenden Luftverkehr mit Ziel in Europa werden Schnellbahneffekte unterstellt. Nach Bereinigung um diese Effekte ergibt sich für die grenzüberschreitenden Flugreisen insgesamt bis 2010 ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 3,9 %, wobei die Zunahme im Europa-Verkehr etwas schwächer als im Interkontinental-Verkehr eingeschätzt wird. Das Passagieraufkommen der deutschen Verkehrsflughäfen resultiert bei DFS/DLR aus einer Aufteilung der Quelle-Ziel-Reiseströme in direktfliegende und umsteigende Passagiere.

⁴²Vgl. Gornig (1997) In dieser Untersuchung werden ein optimistisches Integrations- und ein pessimistisches Restriktions-Szenario vorgestellt. Die Aussagen beziehen sich auf das Integrations-Szenario.

Der Luftfrachtverkehr wurde von DFS/DLR wegen der unzureichenden Datenlage mittels vereinfachender Schätzverfahren abgeleitet. Die prognostizierte mittlere Wachstumsrate bis 2010 (5,5 % p. a.) für den Luftfrachtverkehr, die sich an den weltweiten Prognosen von Boeing, Airbus und Avmark Economist orientiert, erscheinen vor dem Hintergrund der bisher realisierten Luftfrachtentwicklung in Deutschland plausibel.

Per Saldo wird im Rahmen dieses Vorhabens davon ausgegangen, dass die Größenordnung des von DFS/DLR prognostizierten Luftverkehrsaufkommens - sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr - nach wie vor aktuell ist. Die Wachstumsraten werden deshalb weitgehend unverändert in die weiteren Berechnungen übernommen.

3.2.1.2 Annahmen und Ergebnisse für das Trend-Szenario

Passagierluftverkehr

Die Prognose bis 2010 erfolgt fahrtzweckspezifisch (Geschäfts-, Urlaubs- und sonstige Privatreisen) für die Komponenten „innerdeutscher“ und „grenzüberschreitender“ Verkehr in enger Anlehnung an die Prämissen, Rahmenbedingungen und Annahmen, die auch von DFS/DLR⁴³ zugrunde gelegt worden sind. Für den Zeitraum 2010 bis 2020 werden zusätzlich aktuelle Schätzungen internationaler Luftverkehrsorganisationen und von Flugzeugherstellern herangezogen (vgl. Abschnitt 3.1.2). Deren Prognosen bis etwa 2015/2016 werden über Plausibilitätsannahmen bis 2020 fortgeschrieben. Es ist hier nochmals darauf hinzuweisen, dass das Trend-Szenario nur unter der Prämisse der Engpassfreiheit auf den deutschen Verkehrsflughäfen und im deutschen Luftraum Gültigkeit hat. Darüber hinaus sind zusammengefasst folgende Grundannahmen von Bedeutung:

- die freie Verkehrsmittelwahl ist auch künftig gewährleistet;
- es werden keine Strukturbrüche in der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung erwartet;
- zusätzliche fiskalische Maßnahmen (wie Mineralölbesteuerung des Kerosins) werden im Trend nicht erwartet;
- die Planungen der DB AG und der EU, Teile des Eisenbahnnetzes auf Hochgeschwindigkeitsniveau aufzurüsten und die bedeutenden Verkehrsflughäfen daran anzuschließen, werden weitgehend realisiert;

⁴³ Vgl. DFS/DLR, a.a.O.

- die Installierung neuartiger Verkehrstechnologien (wie Transrapid) in einem prognose-relevanten Ausmaß wird nicht erwartet;
- die Liberalisierung des Luftverkehrs auf nationaler und europäischer Ebene wird fortgesetzt;
- die heutigen Tarif- bzw. Kostenrelationen zwischen Flugzeug, Bahn und Pkw bleiben im wesentlichen unverändert,
- das Reiseverhalten der Ostdeutschen wird sich langfristig dem der Westdeutschen an-gleichen.

Insgesamt wird im Trendverlauf ohne Berücksichtigung möglicher Engpässe bei den Flug-häfen die Zahl der Flugpassagiere bis 2010 auf rund 150 Mio. (72 % gegenüber 1995) und bis 2020 auf 200 Mio. (128 %) ansteigen. Das entspricht mittleren jährlichen Wachstumsr-aten von 3,7 % bzw. 2,9 % (**Tabelle 3.3**).

Tabelle 3.3: Entwicklung des Aufkommens im Passagierluftverkehr nach Fahrtzwecken bis 2010 und 2020 (Trend-Szenario)

	Geschäfts- und Dienstreisen	Privat- reisen	Insgesamt
Aufkommen in Mio.1)			
		– Innerdeutsch –	
1995	12,1	1,8	13,9
2010	18,3	2,1	20,4
2020	22,5	2,3	24,9
		– Grenzüberschreitend –	
1995	21,6	52,3	73,9
2010	45,6	84,8	130,4
2020	68,7	106,6	175,4
		– Insgesamt –	
1995	33,7	54,1	87,8
2010	63,9	86,9	150,8
2020	91,3	109,0	200,2
Durchschn. Wachstumsrate in % pro Jahr¹⁾			
		– Innerdeutsch –	
1995 - 2010	2,8	1,1	2,6
2010 - 2020	2,1	1,1	2,0
1995 - 2020	2,5	1,1	2,4
		– Grenzüberschreitend –	
1995 - 2010	5,1	3,3	3,9
2010 - 2020	4,2	2,3	3,0
1995 - 2020	4,7	2,9	3,5
		– Insgesamt –	
1995 - 2010	4,4	3,2	3,7
2010 - 2020	3,6	2,3	2,9
1995 - 2020	4,1	2,8	3,4
Veränderung in %¹⁾			
		– Innerdeutsch –	
1995 - 2010	51	19	47
2010 - 2020	23	11	22
1995 - 2020	86	32	79
		– Grenzüberschreitend –	
1995 - 2010	111	62	76
2010 - 2020	51	26	35
1995 - 2020	218	104	137
		– Insgesamt –	
1995 - 2010	89	61	72
2010 - 2020	43	25	33
1995 - 2020	171	102	128
¹⁾ Werte gerundet.			
Quellen: DFS/DLR (bis 2010); Airbus; Boeing; ICAO; Berechnungen des DIW.			

Die Entwicklung im innerdeutschen Verkehr wird entsprechend der bisherigen Entwicklung (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 der unterschiedlichen 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 %).

Luftfrachtverkehr

Die Prognose des Luftfrachtverkehrs erfolgt analog dem Vorgehen beim Passagierluftverkehr. Die Entwicklung bis 2010 wird auf Basis der Annahmen von DFS/DLR geschätzt. Beim Luftpostverkehr wird für den gesamten Zeitraum (1995-2020) eine Stagnation unterstellt. Das Luftpostaufkommen ist keine aus einem makroökonomischen Prognoseverfahren abgeleitete Größe, sondern eine Trendfortschreibung, die der Entwicklung der letzten Jahre Rechnung trägt.

Tabelle 3.4: Entwicklung des Luftfracht- und Luftpostverkehrs¹⁾ bis 2010 und 2020 (Trend-Szenario)

	Luftfracht				Luftpost	Fracht
	Verkehr inner- halb Deutsch- lands	Verkehr mit dem Ausland	Durchgangs- Verkehr	Insgesamt	Insgesamt	Insgesamt
	– Verkehrsaufkommen in 1000 t –					
1980	73,3	642,6	38,3	754,2	106,8	861,0
1990	88,9	1270,1	48,7	1407,7	170,8	1578,5
1991					191,0	
1992	83,1	1275,0	38,9	1397,0	202,8	1599,8
1993	73,5	1355,6	42,2	1471,3	209,2	1680,5
1994	70,6	1547,0	48,4	1666,0	212,3	1878,3
1995	82,0	1648,2	43,1	1773,3	219,4	1992,7
1996	96,6	1719,8	42,3	1858,7	208,8	2067,5
2010	118,8	3785,6	54,5	3958,9	210,0	4168,9
2020	139,2	6405,3	59,2	6603,7	210,0	6813,7
	– Durchschnittliche Wachstumsrate in % pro Jahr –					
1995 - 2010	2,5	5,7	1,6	5,5	x	5,0
2010 - 2020	1,6	5,4	0,8	5,3	x	5,0
1995 - 2020	2,1	5,6	1,3	5,4	x	5,0
	– Veränderung in % –					
1995 - 2010	45	130	26	123	x	109
2010 - 2020	17	69	9	67	x	63
1995 - 2020	70	289	37	272	x	242
Bis 1990 Früheres Bundesgebiet, ab 1991 Deutschland.						
Quellen: Statistisches Bundesamt; DFS/DLR; Boeing; Berechnungen des DIW.						

Beim Luftfrachtaufkommen (ohne Luftpost) wird bis 2010 eine mittlere jährliche Veränderungsrate von 5,5 % und zwischen 2010 und 2020 eine von 5,3 % erwartet (**Tabelle 3.4**). Gegenüber 1995 ist im Jahre 2020 fast mit einer Vervierfachung des Aufkommens zu rechnen, bis 2010 mit knapp einer Verdreifachung. Entsprechend der bisherigen Entwicklung wird der Verkehr innerhalb Deutschlands (Versand und Empfang im Inland) deutlich schwächer wachsend als der grenzüberschreitende Verkehr eingeschätzt. Der ohnehin geringe Anteil des Binnenverkehrs am gesamten Luftfrachtverkehr dürfte von 5 % auf 2 % zurückgehen.

Unter Berücksichtigung des Postverkehrs ist für das gesamte Frachtaufkommen eine mittlere jährliche Steigerungsrate von 5 % zu erwarten.

3.2.2 Trend-Szenario des Luftverkehrs 2010 und 2020 - Zusammenfassung

Um die Entwicklung der Verkehrsleistungen zu bestimmen und Szenariorechnungen zu den Maßnahmewirkungen durchführen zu können, sind die Aufkommenswerte der Trendprognose den Zielflughäfen zugeordnet worden. Zugleich ergibt sich so die Aufteilung des Verkehrs nach dem Standortprinzip. Je tiefer regional differenziert werden muss, um so größer werden aber auch die Unsicherheiten. Es ist kaum vorhersehbar, welches in 10 oder 20 Jahren die bevorzugten Reiseziele sein werden. Die prognostischen Aussagen nach Zielregionen sind also wesentlich unschärfer und weniger abgesichert als die zur gesamten Verkehrsleistung.

Aus der Nachfrageschätzung für Güter und Passagiere sind die Flugzeugbewegungen⁴⁴ abgeleitet worden. Dabei sind Annahmen zur Entwicklung der mittleren Flugzeuggröße und der mittleren Auslastung getroffen worden. Nach DFS/DLR und weltweit auch nach der Boeing-Prognose bleiben beide Größen im Passagierverkehr im Trend weitgehend konstant⁴⁵. 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 Mio. im Jahr 2020. Unterdurchschnittlich ist die Zunahme im innerdeutschen Verkehr: Während 1995 zwei von drei in Deutschland gestarteten Flugzeugen ein innerdeutsches Ziel ansteuern, hat in den Prognosejahren fast jeder zweite Start das Ziel im Ausland.

Die folgende **Tabelle 3.5** weist die Ergebnisse in der Abgrenzung nach dem Standortprinzip aus; daran anschließend zeigt **Tabelle 3.6** die Werte in der Abgrenzung nach dem Territorialprinzip.

⁴⁴ In der Betrachtung nach dem Standortprinzip sind nur die Starts in Deutschland relevant.

⁴⁵ Airbus erwartet allerdings eine Zunahme der durchschnittlichen Flugzeuggrößen, vor allem im asiatischen Raum.

Tabelle 3.5: Von Deutschland ausgehender Luftverkehr 2010 und 2020 (Standortprinzip)

	Aufkommen					Leistung					Treib- stoffver- brauch
	Starts gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾		Luft- fracht- verkehr ²⁾	Flug-km gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾		Luft- fracht- verkehr ²⁾			
	Tsd.	Mio.	Mio.	Mio.	Tsd. t	Mio. km	Mrd. Pkm	Mrd. Pkm	Mrd. Pkm	Mrd. Tkm	
– 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.

Tabelle 3.6: Luftverkehr 2010 und 2020 in Deutschland nach dem Territorialprinzip, ohne Überflug

	Aufkommen					Leistung					Treibstoffverbrauch
	Starts gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾		Luft- fracht- verkehr ²⁾	Flug-km gesamt	Passagierluftverkehr ¹⁾		Luft- fracht- verkehr ²⁾			
	Tsd.	Mio.	Mio.	Mio.	Tsd. t	Mio. km	Mrd. Pkm	Mrd. Pkm	Mrd. Pkm	Mrd. Tkm	
– 2010 –											
Innerdeutsch	1219,5	18,3	2,1	20,4	x	360,1	7,7	0,9	8,6	x	0,88
Westeuropa ³⁾	707,2	19,8	10,8	30,5	553	176,8	4,9	2,7	7,6	0,28	0,88
Südeuropa	391,8	6,5	36,4	42,9	268	98,0	1,6	9,1	10,7	0,13	0,67
Osteuropa ⁴⁾	290,5	6,9	8,8	15,7	123	72,6	1,7	2,2	3,9	0,06	0,28
Nordamerika	78,8	4,8	11,2	16,0	1018	19,7	1,2	2,8	4,0	0,51	0,38
Mittelamerika	13,9	1,0	3,0	3,9	55	3,5	0,2	0,7	1,0	0,03	0,07
Südamerika	4,4	1,0	0,3	1,4	97	1,1	0,3	0,1	0,3	0,05	0,03
Afrika	51,2	1,0	5,7	6,7	195	12,8	0,3	1,4	1,7	0,10	0,13
Nahost	26,3	1,0	1,8	2,8	218	6,6	0,2	0,4	0,7	0,11	0,07
Asien, Übrige ⁵⁾	55,9	3,6	7,8	11,5	1258	14,0	0,9	2,0	2,9	0,63	0,36
Gesamt	2839,7	63,9	87,9	151,8	3785	765,1	19,1	22,3	41,4	1,89	3,74
– 2020 –											
Innerdeutsch	1427,0	22,6	2,3	24,9	x	426,1	9,5	1,0	10,5	x	1,00
Westeuropa ³⁾	909,8	26,6	12,6	39,2	871	227,5	6,7	3,2	9,8	0,44	1,09
Südeuropa	472,5	8,7	42,7	51,5	427	118,1	2,2	10,7	12,9	0,21	0,77
Osteuropa ⁴⁾	422,0	12,1	10,3	22,5	211	105,5	3,0	2,6	5,6	0,11	0,38
Nordamerika	108,5	7,2	14,7	21,9	1722	27,1	1,8	3,7	5,5	0,86	0,54
Mittelamerika	20,9	1,8	4,0	5,8	93	5,2	0,5	1,0	1,5	0,05	0,09
Südamerika	8,6	2,0	0,5	2,5	181	2,1	0,5	0,1	0,6	0,09	0,06
Afrika	79,3	1,7	8,7	10,4	338	19,8	0,4	2,2	2,6	0,17	0,20
Nahost	33,8	1,4	2,2	3,7	372	8,5	0,4	0,6	0,9	0,19	0,10
Asien, Übrige ⁵⁾	113,6	7,0	10,8	17,8	2190	28,4	1,7	2,7	4,5	1,10	0,56
Gesamt	3596,0	91,3	108,9	200,2	6405	968,4	26,7	27,6	54,3	3,20	4,78
– Änderung 2010 zu 1995 in % –											
Innerdeutsch	41	51	18	47	x	39	51	17	47	x	33
Westeuropa ³⁾	74	99	38	72	99	74	99	38	72	99	51
Südeuropa	43	99	33	40	99	43	99	33	40	99	30
Osteuropa ⁴⁾	231	123	542	251	99	231	123	542	251	99	62
Nordamerika	104	140	89	102	129	104	140	89	102	129	71
Mittelamerika	155	135	155	150	129	155	135	155	150	129	101
Südamerika	141	132	129	131	129	141	132	129	131	129	92
Afrika	79	129	64	72	129	79	129	64	72	129	51
Nahost	143	129	142	137	129	143	129	142	137	129	86
Asien, Übrige ⁵⁾	158	192	121	139	161	158	192	121	139	161	96
Gesamt	63	92	65	75	130	60	84	64	73	130	49
– Änderung 2020 zu 1995 in % –											
Innerdeutsch	64	87	31	80	x	65	87	30	80	x	52
Westeuropa ³⁾	124	168	62	121	213	124	168	62	121	213	87
Südeuropa	72	168	57	68	218	72	168	57	68	218	50
Osteuropa ⁴⁾	380	291	653	402	242	380	291	653	402	242	120
Nordamerika	181	259	148	176	287	181	259	148	176	287	141
Mittelamerika	283	346	243	270	286	283	346	243	270	286	183
Südamerika	368	370	202	327	328	368	370	202	327	328	250
Afrika	176	275	151	165	295	176	275	151	165	295	125
Nahost	213	243	203	218	291	213	243	203	218	291	159
Asien, Übrige ⁵⁾	425	458	206	271	355	425	458	206	271	355	205
Gesamt	106	174	105	131	289	103	156	103	126	289	91

¹⁾ Ohne Transit (Überflug). – ²⁾ Einladung und Ausladung in Deutschland. – ³⁾ einschließlich skandinavische Länder, Österreich und Schweiz. – ⁴⁾ Einschließlich Serbien und Kroatien. – ⁵⁾ Einschließlich Australien und Ozeanien.

Quellen: DLR, Boeing, ICAO, TÜV-Rheinland, Berechnungen des DIW.

¹⁾ Ohne Transit (Überflug). – ²⁾ Einladung und Ausladung in Deutschland. – ³⁾ einschließlich skandinavischer Länder, Österreich und Schweiz. – ⁴⁾ Einschließlich Serbien und Kroatien. – ⁵⁾ Einschließlich Australien und Ozeanien.
 Quellen: DLR, Boeing, ICAO, TÜV-Rheinland, Berechnungen des DIW.

3.3 Treibstoffverbrauch, CO₂- und NO_x-Emissionen

3.3.1 Einflussgrößen auf den mittleren spezifischen Treibstoffverbrauch und die spezifischen CO₂- und NO_x- Emissionen, Reduktionspotenziale

Die im Rahmen dieses Vorhabens für das Jahr 2020 abzuschätzenden Treibstoffverbräuche, CO₂- und NO_x-Emissionen des zivilen Luftverkehrs werden u.a. auch durch die Veränderung der Verkehrsleistung (s. Kap 3.2) und durch die technologische Weiterentwicklung der Fluggeräte und den damit zusammenhängenden spezifischen Werten beeinflusst. Von ausschlaggebender Bedeutung sind dabei folgende Größen:

- die Weiterentwicklung der Triebwerke,
- die Weiterentwicklung des Flugzeugkörpers,
- der Einsatz alternativer Energien und
- die Flottendurchdringung neuer Technologien.

In den letzten Jahrzehnten haben sich die spezifischen Energieverbräuche und die spezifischen Abgasemissionen von Strahltriebwerken durch ständige Verbesserung des Triebwerkswirkungsgrades wesentlich verändert. Höhere Drücke und größere Temperaturen in den Brennkammern führten zu einer Reduzierung des Treibstoffverbrauchs und einer damit einhergehenden Erhöhung der NO_x-Emissionen. Während die Verringerung des spezifischen Treibstoffverbrauchs unmittelbar über niedrigere direkte Betriebskosten kontinuierlich vorangetrieben wird, kann die Reduktion der Abgasemissionen bisher im wesentlichen nur über die Zulassungsvorschriften der ICAO und vereinzelt über abgasemissionsbezogene Landegebühren beeinflusst werden.

Die für die Triebwerkszulassung vorgeschriebenen Abgasemissionsgrenzwerte werden auf internationaler Ebene durch die ICAO festgelegt. Sie gelten für alle Strahltriebwerke mit einem Startschub von mehr als 26,7 kN Nennleistung und beschreiben die Zulassungsgrenzen für die Schadstoffe Rauch, Kohlenmonoxid (CO), unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) und Stickstoffoxide (NO_x als Summe aus NO und NO₂). Grundlage zur Beurteilung der Emissionswerte sind die im Annex 16 Band II genannten Messverfahren und der standardisierte Start-Lande-Zyklus (LTO-Cycle). In diesem Start-Lande-Zyklus wurden für typische Bewegungsoperationen folgende Triebwerkslastpunkte ermittelt:

			Verweilzeiten (Min.)
Take-off	100 %	Nennleistung	0,7
Climb	85 %	Nennleistung	2,2
Approach	30 %	Nennleistung	4,0
Taxi/Leerlauf	7 %	Nennleistung	26,0

Unter Einhaltung atmosphärischer Prüfstandsbedingungen und unter Verwendung festgelegter Kerosin-Spezifikationen werden mit Hilfe von lastpunktspezifischen Verweilzeiten Referenzemissionen ermittelt, die in sogenannte charakteristische Werte umgerechnet werden. Diese berücksichtigen die stochastische Streuung der Messwerte, wobei mit steigender Anzahl von durchgeführten, für die Emissionszulassung maßgebende Triebwerkstests die Messwerteerhöhung durch Umrechnungsfaktoren abnimmt. Üblicherweise werden 1 bis 3 Tests durchgeführt und die daraus ermittelten charakteristischen Werte den Grenzwerten vergleichend gegenübergestellt.

Für die in diesem Vorhaben relevanten Strahltriebwerke gelten zur Zeit folgende **Grenzwerte** (jeweils bezogen auf die Nennleistung):

Kohlenwasserstoffe (HC): 19,6 g/kN

Kohlenmonoxid (CO): 118 g/kN

Stickstoffoxide (NO_x als NO₂):

bis 1995/1999

$(40 + 2 \pi_{00})$ g/kN

ab 1996/2000

$(32 + 1,6 \pi_{00})$ g/kN

Ruß (Smoke-Number) $83,6 (F_{00})^{-0,274}$

maximal 50,0

dabei bedeuten

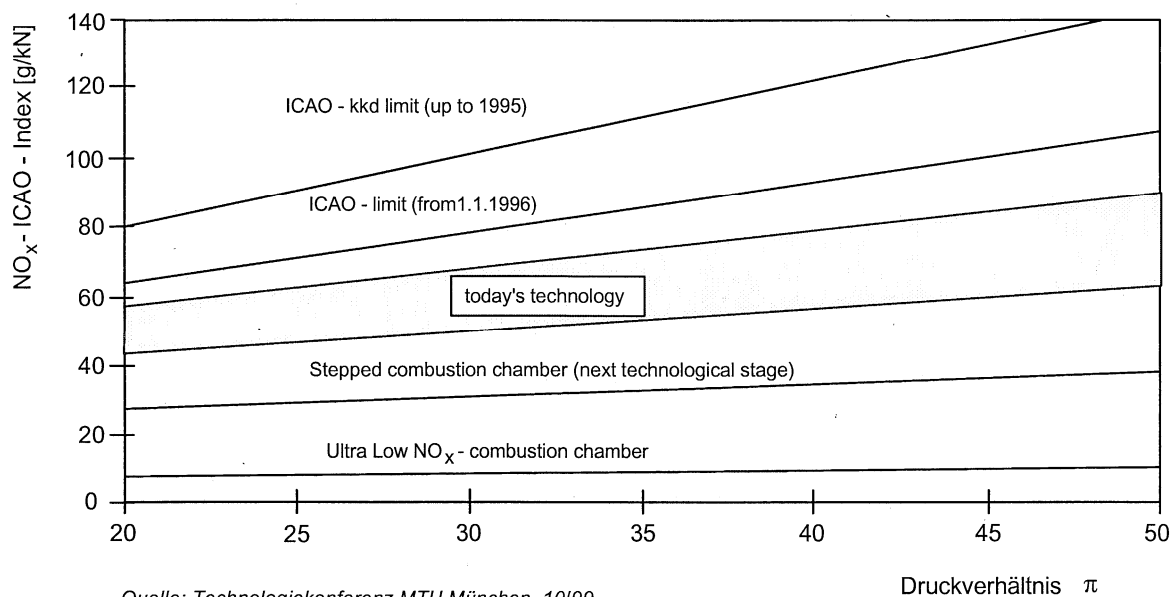
π_{00} : Druckverhältnis zwischen Verdichter-Auslaß und -Einlaß bei Nennleistung

F_{00} : Nennleistung des Triebwerks bei normalen atmosphärischen Bedingungen
(Seehöhe) in kN

Wie zu erkennen ist, sind die Grenzwerte für CO und HC unabhängig vom Triebwerksdruckverhältnis (Druckverhältnis zwischen Verdichter-Auslaß und –Einlaß) während für den NO_x -Grenzwert eine Abhängigkeit vom Druckverhältnis gegeben ist.

In **Abb. 3.1** sind die bis 1995 und ab 1996 gültigen ICAO-Grenzwerte beispielhaft für Stickoxide dargestellt und den Emissionen der heute produzierten Triebwerkstechnologie vergleichend gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass beide Grenzwerte deutlich unterschritten werden, d. h. für die heutige Technologie stellen die Grenzwerte lediglich eine Orientierung dar. Dennoch ist davon auszugehen, dass aufgrund des wirtschaftlichen Druckes der Luftfahrtsgesellschaften und unter Einbeziehung des Kyoto-Beschlusses die Triebwerkshersteller auf eine weitere Senkung des Treibstoffverbrauchs und eine deutliche Reduzierung der NO_x -Emissionen hinarbeiten müssen. Da beide Phänomene miteinander verknüpft sind, wird im folgenden die Entwicklung gemeinsam betrachtet.

Abb. 3.1: Entwicklung der NO_x -Emissionen im LTO-Zyklus bei zukünftigen Brennkammer-Konzepten



Der aktuellste Stand der Grenzwertdiskussion ist niedergelegt in dem sogenannten CAEP IV – Vorschlag, der hinsichtlich einer wirksamen Vorschrift formell noch von der ICAO angenommen werden muss. Dieser Beschluss sieht Grenzwerte vor, die für Triebwerke mit einem Druckverhältnis < 30 und einem Schub > 89 kN gelten. Für die „kleineren“ Triebwerke ist eine lineare Umrechnung auf den augenblicklichen Grenzwert (CAEP II Grenzwert) vorgesehen, da davon ausgegangen wird, dass für diese Triebwerke Technologien zur NO_x -Reduktion schwieriger zu entwickeln sind. Sollte der Vorschlag umgesetzt werden, so würde damit die zweite NO_x -Grenzwertabsenkung seit der 1. Festlegung durch die ICAO in Kraft

treten. Dies könnte als deutliche Signalwirkung hinsichtlich der zu entwickelnden Technologien zur NO_x -Reduktion angesehen werden, da sich für derzeitige Triebwerke der Abstand der charakteristischen Werte zum CAEP IV Limit deutlich verringern würde.

Bezüglich zukünftiger Grenzwertentwicklungen ist davon auszugehen, dass charakteristische Werte auch für den Reiseflug eingeführt werden, die das gesamte Fluggerät - bestehend aus Triebwerk und Flugzeugkörper - berücksichtigen.

Im Reiseflug wird der Treibstoffverbrauch des Flugzeugs vom schubabhängigen Brennstoffverbrauch des installierten Triebwerks und vom Flugzeuggewicht beeinflusst. Dabei wird der schubspezifische Treibstoffverbrauch durch den thermischen und den Vortriebswirkungsgrad bestimmt. Durch Einsatz von Keramikwerkstoffen und der damit zusammenhängenden möglichen Erhöhung der Turbineneintrittstemperatur könnten Verbesserungspotenziale des thermischen Wirkungsgrades von 10% bis 15 % erreicht werden. Durch eine Reduktion des Gondelwiderstandes und einem gleichzeitig verbesserten Fan-Wirkungsgrad können die für den gesamten Vortriebswirkungsgrad erreichbaren Verbesserungen bis zu 10% geschätzt werden.

Der Trend zu immer höheren Druckverhältnissen und Turbineneintrittstemperaturen führt zu einem stetigen Anstieg der spezifischen NO_x -Emissionen während des Verbrennungsvorgangs. Da die Gemischbildung in der Brennkammer entscheidend ist für die Abgaszusammensetzung, sind hier Konzepte in der Entwicklung, die eine Homogenisierung der Brennstoffverteilung in der Primärzone bewirken. Dadurch wird die Verbrennungstemperatur abgesenkt und die Bildung überhitzter Zonen, die sog. „hot spots“ vermieden. Außerdem werden ein- und mehrstufige Konzepte mit Mager- oder Fett-Mager-Verbrennung entwickelt. In Deutschland arbeiten die beiden Triebwerkshersteller MTU und BMW Rolls Royce im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprogrammes „Schadstoffe in der Luftfahrt, Triebwerkstechnologie“ im Leitkonzept „Engine 3 E“ (Efficiency, Environment, Economy) an der Aufgabe, die Vorbereitung der Technologiebasis der Triebwerke der Zukunft zu entwickeln. Zielsetzung des Leitkonzepts „Engine 3E“ ist es, ein Triebwerk mit 20 % weniger Brennstoffverbrauch und ca. 30 % der heutigen NO_x -Emissionen bis zum Jahr 2010 zu entwickeln und dies in einem gemeinsamen Kerntriebwerk zu demonstrieren. Das Konzept setzt auf einer emissionsarmen Brennkammer auf, verknüpft mit sehr hohen Nebenstrom- und Gesamtdruckverhältnissen, hohen Turbineneintrittstemperaturen und Komponentenwirkungsgraden sowie dem Einsatz neuer Werkstoffe zur Gewichtsreduzierung.

Die Gesamtleistung der Triebwerke resultiert aus dem Vortrieb durch die heißen Gase aus der Brennkammer und dem Schub des um das Kerntriebwerk geführten Nebenstroms. Bei Triebwerken der heutigen Technologie liegt das Nebenstromverhältnis (Luft im Nebenstrom /

Luft im Kerntriebwerk) bei ca. 7, in Einzelfällen bei bis zu 10. Eine weitere Erhöhung würde zu noch größeren Außendurchmessern des Triebwerkes und damit zu größeren Umfangsgeschwindigkeiten am Fan an der Lufteintrittsseite führen. Dieser Umfangsgeschwindigkeit sind sowohl werkstoffbedingt als auch aus Lärmschutzgründen Grenzen gesetzt. Um dennoch den Vortrieb aus dem Nebenstrom zu erhöhen, arbeiten die Triebwerkshersteller an der Entwicklung von sogenannten Propfans, die eine Kombination aus Strahltriebwerk und Turboprop darstellen, jedoch aufgrund ihrer Profilgestaltung sehr hohe Wirkungsgrade bei den heutigen Reisegeschwindigkeiten ermöglichen.

Dazu zeichnet sich folgende Entwicklung ab:

Zunächst werden einstufige Mantelpropfans mit Getriebe entwickelt, die zu Advanced Ducted Fan (ADP) als Leitkonzept zukünftiger Triebwerksprojekte führen. Diese Konzepte, die von der Motoren- und Turbinen-Union (MTU) zusammen mit dem amerikanischen Triebwerkshersteller Pratt & Whitney (PW) untersucht wurden, weisen folgende Vorteile auf:

- deutlich reduzierter Brennstoffverbrauch,
- niedrige Lärmemissionen,
- geringe Abgasemissionen sowie
- reduzierte Betriebskosten.

Zur ADP-Serienproduktion sind jedoch noch neue Technologien zu entwickeln hinsichtlich Getriebe, Verstellfan, schnelllaufendem Niederdrucksystem und leichter widerstandsarmer Gondeln.

Der Mantelpropfan wird mit einem Nebenstromverhältnis von 21,8 betrieben. Eine weitere Erhöhung des Nebenstroms ist durch eine dritte (gegenläufige) Fanstufe im sogenannten CR-Mantelpropfan (CRISP) in der Entwicklung. Mit beiden Propfans könnten die Brennstoffverbräuche und die NO_x-Emissionen mit herkömmlichen Brennkammern um bis zu 25 % reduziert werden. Es ist jedoch nicht zu erwarten, dass diese Technologie innerhalb des Prognosezeitraums die Serienreife erlangt; deshalb wird diese Entwicklung bei der weiteren Prognose nicht berücksichtigt.

Entscheidend für den Energieverbrauch des Flugzeuges ist daneben auch das Flugzeuggewicht und der Luftwiderstand (aerodynamische Güte). Das Flugzeuggewicht selbst setzt sich zusammen aus dem Gewicht des leeren Flugzeugs, dem Gewicht des mitgeführten Treibstoffs und der Nutzlast (Passagiere, Gepäck und Fracht). Durch Einführung neuer Werkstoffe wird sich das Eigengewicht der Zelle um ca. 8 % bis 10 % mit direkter Auswirkung auf den

Treibstoffverbrauch reduzieren lassen. Durch Laminarisierung der Umströmung der Flügelprofile, z. B. mit Grenzschichtabsaugung und „aktiver“ Oberfläche wird langfristig mit einem Einsparungspotenzial von ca. 15 % bis 20 %, bezogen auf den heutigen Treibstoffverbrauch, gerechnet.

Im Hinblick auf eine mögliche Umweltentlastung wird heute häufig der Einsatz *alternativer Energien* im Verkehrsbereich diskutiert. Hierzu gehört neben CNG (Compressed Natural Gas) und flüssigem Methan (LCH_4) auch langfristig der Einsatz flüssigen Wasserstoffs (LH_2). Wasserstoff hat den Vorteil, dass bei der Verbrennung kein Kohlendioxid (CO_2) entsteht, dafür aber ca. 2,5 mal mehr Wasserdampf als bei der Verbrennung von Kerosin. Bei der Verbrennung von Methan entstehen ähnliche Mengen CO_2 und H_2O wie bei der Kerosinverbrennung. Methan hat vergleichsweise den Vorteil niedriger NO_x -Emissionen, alle anderen Abgaskomponenten treten bei diesen beiden alternativen Kraftstoffen nur in geringen Spuren auf und können bei der Betrachtung vernachlässigt werden. Denkt man an langfristige Perspektiven, so hat Wasserstoff im wesentlichen den Vorteil der niedrigen CO_2 -Emissionen bei höherem Wasserdampfanteil, dessen Schädlichkeit noch von Atmosphärenforschern abgeschätzt werden muß. Der CO_2 -Vorteil bei der H_2 -Verbrennung relativiert sich jedoch bei der Betrachtung der gesamten Kette und ist nur voll auszuschöpfen bei nuklearer Wasserstoffherstellung, während die CO_2 -Emission bei der heute üblichen Herstellung aus Erdgas und Kohle die einschließlich der vorgelagerten Prozesse höher ist als die bei der Kerosin-Verbrennung. Die Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff sind nicht zuletzt von der zukünftigen Preisgestaltung konventioneller Energien abhängig sowie von der jeweiligen Verfügbarkeit. In der Antriebsforschung wird davon ausgegangen, dass Wasserstoff frühestens in 50 Jahren konkurrenzfähig auf den Markt kommt, so dass erst langfristig über das Konzept wasserstoffgetriebener Flugzeuge entschieden werden dürfte.

3.3.2 Ergebnisdarstellung der Trendprognose 2020

Die realen Umweltauswirkungen der vorab skizzierten technischen Entwicklungspotenziale der Einzelkomponenten sind abhängig von dem Zeitpunkt, an dem diese neuen Technologien die repräsentative Flugzeugflotte „durchdringen“. Dabei spielen zum einen die zu erwartenden Flottenveränderungen aufgrund von gesetzlichen Vorschriften eine Rolle, zum anderen können über Kaufoptionen der wichtigsten Fluggesellschaften Abschätzungen vorgenommen werden. Für die Trendentwicklung sind stichwortartig folgende Veränderungen berücksichtigt,

- Zugrundelegung des für die EU verbindlichen Zeitplans über das Inkrafttreten der Abgasgesetzgebung entsprechend ANNEX16, Volume II⁴⁶
- Flottendurchdringung der in Auftrag gegebenen Flugzeugtypen der häufigsten Fluggesellschaften (in Order“⁴⁷)
- Auswirkung der Bonusliste des Bundesministeriums für Verkehr⁴⁸
- Weltweit einheitliche Technikstandards (keine Unterschiede mehr im Vergleich zu den osteuropäischen Herstellern)
- Potenzialabschätzungen aus veröffentlichten Forschungsvorhaben⁴⁹
- Veränderte Häufigkeitsverteilungen der AzB-Gruppen⁵⁰

Auf der Basis der technischen Randbedingungen und den im Kap.3.2 beschriebenen Verkehrsnachfragedaten wurden die Treibstoffverbräuche, die CO₂- und die NO_x-Emissionen im Trend bis zum Jahr 2020 berechnet. Dabei wurde unterstellt, dass alle Fluggeräte, die aufgrund der 'Bonusliste' nicht mehr eingesetzt werden dürfen, bis 2020 ausgetauscht sind. Diese wurden ersetzt durch neuestes Fluggerät mit ähnlicher Leistung und ähnlichem Einsatzzweck, das bereits in Einsatz ist oder in absehbarer Zeit auf den Markt kommen wird. Bei diesem Ersatz wird die Anzahl der Sitzplätze geringfügig erhöht. Daneben wurde darauf geachtet, dass sich die Altersverteilung der Flugzeugflotte im Jahre 2020 gegenüber 1995 nicht wesentlich ändert, d.h. neben dem zuvor beschriebenen Austausch wurde so weit als möglich eine kontinuierliche Verjüngung berücksichtigt.

Konsistent zu den Verkehrsnachfrageszenarien werden regional unterschiedliche Veränderungsraten betrachtet. Daher werden die Ergebnisse der Analyse 1995 (Kap. 2.4.2) zunächst nach Verkehrsregionen geordnet und nach dem Standortprinzip in **Tab. 3.7** bzw. nach dem Territorialprinzip **Tab. 3.10** dargestellt.

⁴⁶ ICAO 1993.

⁴⁷ EXXON 1996.

⁴⁸ BMV / BMU 1997.

⁴⁹ AERONOX 1995; POLINAT 1995; BMBF 1997.

⁵⁰ AzB: Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen.

Tabelle 3.7: Kraftstoffverbrauch und Emissionen für die Analyse 1995 nach Verkehrsregionen (Standortprinzip).

	Absolut			Spezifisch	
	Kraftst.	CO ₂	NO _x	NO _x	Kraftst.
	t/Jahr	t/Jahr	t/Jahr	g/kg Kraftst.l	l/100 Pkm
Innerdeutsch	555.988	1.751.364	6.164	11,1	12,1
Westeuropa	509.499	1.604.922	5.745	11,3	11,5
Südeuropa	1.013.808	3.193.496	11.831	11,7	4,6
Osteuropa	290.251	914.290	2.571	8,9	11,2
Transkontinental	3.522.550	11.096.033	48.746	13,8	6,3
Gesamt	5.892.097	18.560.106	75.057	12,3	6,6

Der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen der Tendprognose sind nach den beiden Abgrenzungskriterien in den **Tabellen 3.8** und **3.11** dargestellt, die prozentuale Veränderung zwischen Analyse und Trend 2020 ist aus den **Tabellen 3.9** bzw. **3.12** ersichtlich. Die Veränderung der Flugleistung, der Verkehrsleistung und der gesamten Emissionen ist außerdem in den **Abb. 3.2** und **3.3** dargestellt.

Im Vergleich zu 1995 wird sich die Verkehrsleistung (Pkm) bis 2020 nach dem Standortprinzip um den Faktor 2,7 erhöhen, die Flugleistung (Flug-km) steigt um den Faktor 2,25, die CO₂-Emissionen und damit auch der Kraftstoffverbrauch um ca. 2,2 und die NO_x-Emissionen um den Faktor von ca. 2,1. Aus den unterschiedlichen Steigerungsraten wird die Veränderung der Auslastungsgrade, des spezifischen Verbrauchs und der spezifischen NO_x-Emissionen zwischen 1995 und 2020 deutlich.

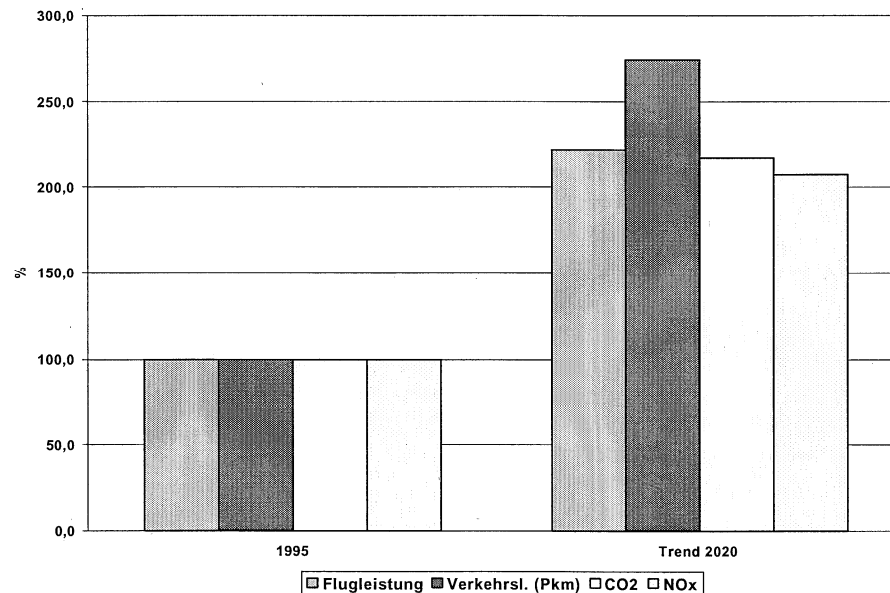
Tabelle 3.8: Kraftstoffverbrauch und Emissionen für den Trend 2020 nach Verkehrsregionen (Standortprinzip)

	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

Tabelle 3.9: Prozentuale Veränderung des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen zwischen 1995 und 2020 (Standortprinzip)

	Absolut			Spezifisch	
	Kraftst.	CO2	NOx	NOx	Kraftst.
Innerdeutsch	141	141	159	112	79
Westeuropa	141	141	150	106	64
Südeuropa	131	131	131	100	78
Osteuropa	254	254	309	122	59
Nordamerika	187	187	179	96	68
Mittelamerika	395	395	334	84	106
Südamerika	211	211	202	96	49
Afrika	195	195	187	96	70
Nahost	121	121	115	94	38
Asien und übrige	398	398	346	87	110
Gesamt	217	217	207	96	79

Abb. 3.2: Prozentuale Veränderung der Flugleistung, der Verkehrsleistung und der Emissionen zwischen 2020 und 1995 (Standortprinzip)



Die entsprechenden Vergleiche nach dem Territorialprinzip zeigen Tab. 3.12 und Abb. 3.3. Hiernach ist die Flugleistung um den Faktor 2,1 höher, die Verkehrsleistung um ca. 2,3, während sich der Kraftstoffverbrauch (bzw. CO₂) und die NO_x-Emissionen etwa verdoppeln.

Da beim Territorialprinzip definitionsgemäß nur die Emissionen über Deutschland betrachtet werden, treten sowohl bei den absoluten als auch bei den spezifischen Emissionswerten regional starke Unterschiede auf (s.Tab. 3.11). Bei fast allen Starts zu Langstrecken-Zielen überwiegt über Deutschland der Flugzustand Climb out mit relativ hohen Emissionen. Außerdem wird bei diesen Flügen großes Fluggerät bei hoher Auslastung eingesetzt. Am deutlichsten wird dies bei den Flügen nach Nord- und Südamerika, deren spezifischen NO_x Emissionen etwa doppelt so hoch sind wie beim innerdeutschen Flugverkehr.

Entsprechend den Verkehrsprognosen wird es beim Wachstum der Verkehrsleistung und damit auch beim Kraftstoffverbrauch regional deutliche Unterschiede geben. Am geringsten wird der innerdeutsche Flugverkehr anwachsen, mit den größten Zuwachsraten für die Zielregionen Mittelamerika, Asien und Osteuropa zu rechnen.

Tabelle 3.10: Kraftstoffverbrauch und Emissionen für die Analyse 1995 nach Verkehrsregionen (Territorialprinzip)

	Absolut			Spezifisch	
	Kraftstoff	CO ₂	NO _x	NO _x	Kraftst.
	t/Jahr	t/Jahr	t/Jahr	g/kg Kraftst.	l/100 Pkm
Innerdeutsch	555.988	1.751.364	6.164	11,1	11,9
Westeuropa	469.676	1.479.480	5.553	11,8	13,3
Südeuropa	417.166	1.314.073	5.989	14,4	6,8
Osteuropa	139.016	437.902	1.500	10,8	15,5
Nordamerika	158.190	498.299	3.867	24,4	10,0
Mittelamerika	13.754	43.326	313	22,8	4,4
Südamerika	13.677	43.082	328	24,0	11,6
Afrika	70.867	223.232	1.221	17,2	9,0
Nahost	63.646	200.484	1.226	19,3	27,4
Asien und übrige	149.686	471.512	3.037	20,3	15,6
Gesamt ohne Überflug	2.051.668	6.462.753	29.197	14,2	10,7
Überflug	1.512.674	4.764.922	17.221	11,4	
Gesamt mit Überflug	3.564.341	11.227.674	46.418	13,0	

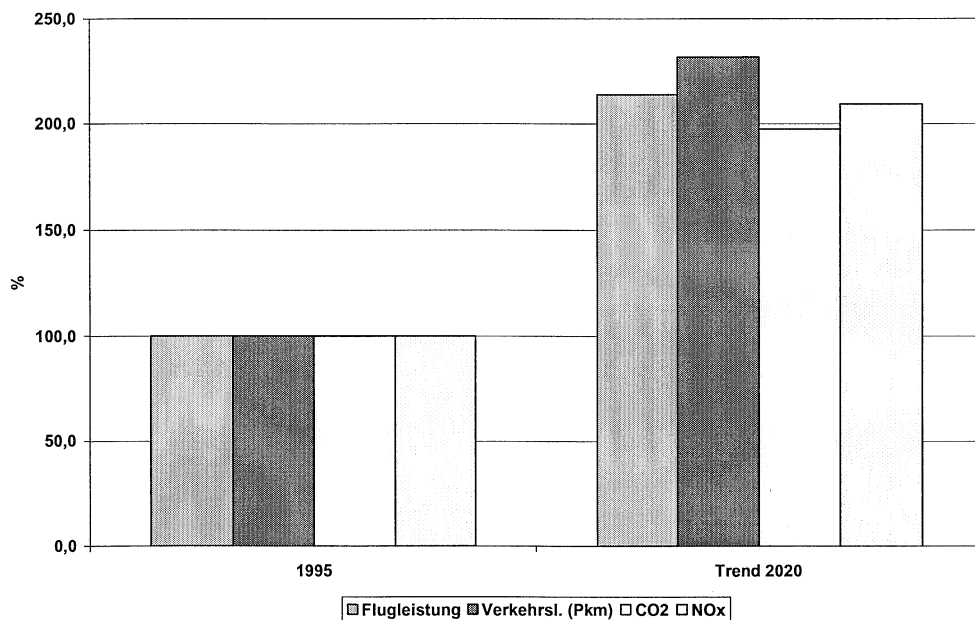
Tabelle 3.11: Kraftstoffverbrauch und Emissionen für den Trend 2020 nach Verkehrsregionen (Territorialprinzip)

	Absolut			Spezifisch	
	Kraftstoff	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	839.200	2.643.481	10.396	12,4	10,7
Südeuropa	709.774	2.235.790	10.224	14,4	6,9
Osteuropa	460.277	1.449.871	5.825	12,7	10,2
Nordamerika	370.280	1.166.383	8.788	23,7	8,4
Mittelamerika	55.810	175.802	1.092	19,6	4,8
Südamerika	35.648	112.292	819	23,0	7,1
Afrika	167.432	527.410	2.845	17,0	8,1
Nahost	105.021	330.817	1.963	18,7	14,3
Asien und übrige	521.538	1.642.846	9.448	18,1	14,6
Gesamt ohne Überflug	4.050.665	12.759.593	61.174	15,1	9,3
Überflug	2.972.711	9.364.038	30.655	10,3	
Gesamt mit Überflug	7.023.363	22.123.606	91.829	13,1	

Tabelle 3.12: Prozentuale Veränderung des Kraftstoffsverbrauchs und der Emissionen zwischen 1995 und 2020 (Territorialprinzip)

	Absolut		Spezifisch		
	Kraftst.	CO2	NO _x	NO _x	Kraftst.
Innerdeutsch	141	141	159	112	79
Westeuropa	179	179	187	105	81
Südeuropa	170	170	171	100	101
Osteuropa	331	331	388	117	66
Nordamerika	234	234	227	97	85
Mittelamerika	406	406	348	86	110
Südamerika	261	261	250	96	61
Afrika	236	236	233	99	89
Nahost	165	165	160	97	52
Asien und übrige	348	348	311	89	94
Gesamt ohne Überflug	197	197	210	106	87
Überflug	197	197	178	91	

Abb. 3.3: Prozentuale Veränderung der Flugleistung, der Verkehrsleistung und der Emissionen zwischen 2020 und 1995 (Territorialprinzip)



4 Abschätzung der Wirkungen von Maßnahmen zur Minderung der Emissionen des zivilen Luftverkehrs

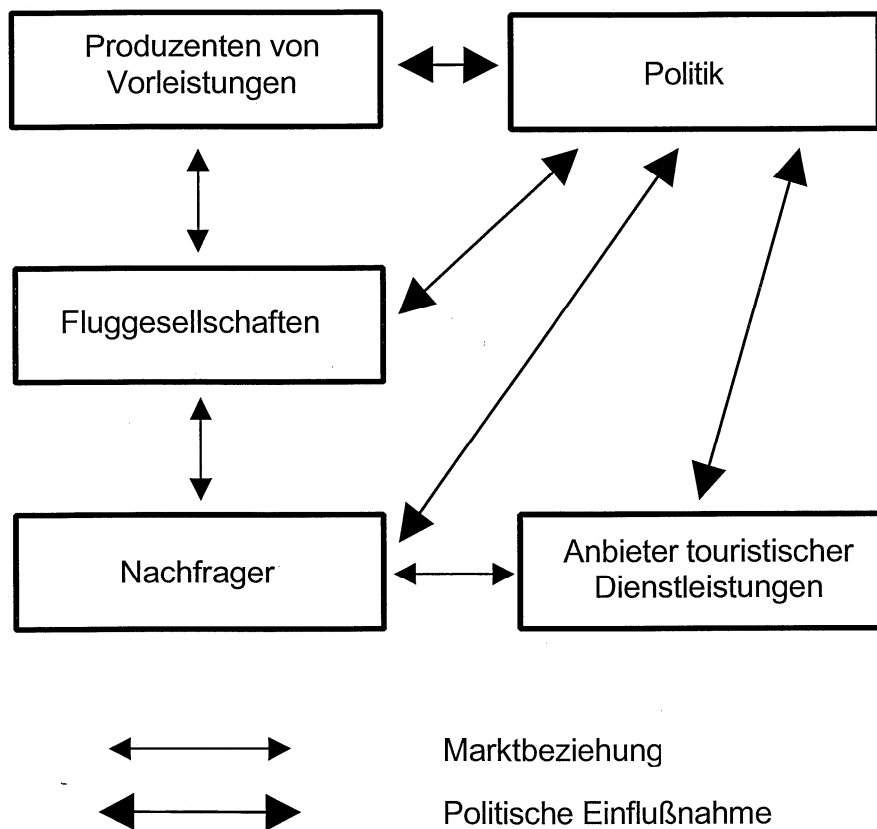
4.1 Erwägung von Maßnahmen

4.1.1 Vorüberlegungen zu den betrachteten Maßnahmen

Die Verminderung der vom Luftverkehr bewirkten Emissionen kann grundsätzlich durch den Einsatz emissionsärmerer Technik, durch operative Änderungen (Flughöhen, Flugrouten, Auslastungssteigerung etc.) sowie durch die Verminderung der Nachfrage nach Leistungen des Luftverkehrs erreicht werden. Maßnahmen und Instrumente zur Beeinflussung der Emissionen steuern diese Determinanten je nach Typ und Ausgestaltung in unterschiedlicher Weise an. Da ökonomische Instrumente in der Regel differenziertere Reaktionen ermöglichen, werden ordnungsrechtliche Maßnahmen die sich, wie etwa Emissionsgrenzwerte für Flugzeuge nur auf die Technik auswirken, im Rahmen dieses Projektes nicht betrachtet. Gleichwohl kommen zur Unterstützung der hier betrachteten Maßnahmen grundsätzlich auch ordnungsrechtliche Ansätze im Bereich der Technik und des Betriebs in Frage.

Prinzipiell können die in **Abb. 4.1** bezeichneten Akteursgruppen Adressaten politischer Maßnahmen zur Begrenzung der Emissionen des Luftverkehrs sein. Bei der Einführung politischer Maßnahmen nehmen diese Akteursgruppen durch die Art und Intensität ihrer Reaktionen auf deren Wirkungen Einfluss.

Abb. 4.1: Hauptakteure im Handlungsfeld Luftverkehr und Emissionen



Quelle: WI

Als Adressaten der Maßnahmen sind die folgenden Akteursgruppen potenziell betroffen:

- Die Vorleistungslieferanten, die durch die Beschaffenheit und die Preise der von ihnen gelieferten Vorleistungen Einfluss auf die Umweltauswirkungen des Luftverkehrs bzw. auf die ökonomischen Wirkungen bei anderen Adressaten nehmen. Anzusprechen sind in diesem Falle die Mineralölindustrie, die Hersteller von Flugzeugen, die Flughäfen sowie die Flugsicherung.
- Die Fluggesellschaften können durch Veränderungen an dem eingesetzten Fluggerät sowie durch operative Änderungen den durch fiskalische Maßnahmen verursachten Kostensteigerungen begegnen und die Umweltauswirkungen ihrer wirtschaftlichen Aktivitäten begrenzen.
- Die Nachfrager von Leistungen des Luftverkehrs, die durch ihre Nachfrage zu den vom Luftverkehr verursachten Umweltschäden beitragen. Dies sind im Personenverkehr die Reisenden sowie die Touristikunternehmen und die Unternehmen als Nachfrager von

geschäftlichen Flugreisen. Im Güterverkehr sind es die Unternehmen als Verlader oder Spediteure.

- Die den Nachfragern von Leistungen des Luftverkehrs nachgelagerten Anbieter komplementärer Dienstleistungen, wie z.B. das Hotelgewerbe, sind vielfach auf den Luftverkehr als Absatzvoraussetzung angewiesen. Sie werden bestrebt sein, wirtschaftlich negative Auswirkungen von Maßnahmen auf ihre Geschäftstätigkeit zu begrenzen.

4.1.2 Ordnungspolitische Maßnahmen

Aufgrund des nicht auf technische Maßnahmen fokussierten Projektansatzes werden Emissionsstandards als ordnungspolitische Maßnahmen im Rahmen dieses Projektes nicht weiter verfolgt.

Eine ordnungsrechtliche Maßnahme mit relativ großer Eingriffstiefe wäre die Einschränkung des Kurzstreckenverkehrs. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei Relationen mit Distanzen bis 500 km bzw. bis 800 km Alternativen zum Luftverkehr vorhanden sind. Die Reaktionen der Nachfrager auf einen generellen Ausschluss von Flügen dieser Distanzklassen würden in der Verlagerung vor allem zugunsten der Hochgeschwindigkeitsbahnen und in einem gewissen Umfang auch in der Reduzierung der Reisetätigkeit bestehen. 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.

Von allen Flugpassagieren nach und von Deutschland (jeweils vom letzten Startflugplatz aus bzw. bis zum nächsten Landeflugplatz) fliegen etwa 27 % Strecken bis 500 km und etwa 40 % bis 800 km; von allen Reisenden (vom Ausgangs- bis zum Zielflugplatz) sind es etwa 22 % bis 500 km und etwa 35 % bis 800 km. Von allen gewerblichen Starts betreffen jedoch rd. 44 % solche Kurzstrecken bis 500 km, bzw. sogar rd. 63 % Kurzstrecken bis 800 km; für die Landungen gilt aufgrund der hohen Symmetrie des Luftverkehrs ähnliches. Für die mit diesen Kurzstreckenverkehren verbundenen Passagierkilometer ist es dagegen ein viel geringerer Anteil, bis 500 km etwa im Bereich von 3 - 4 %, sowie bis 800 km etwa von 7 – 8 % aller Passagierkilometer. Bei den Energieverbräuchen und Schadstoffemissionen ist ein gegenüber den Passagierkilometern wegen des erhöhten Energiebedarfs beim Start und im Steigflug ein erhöhter Anteil anzunehmen. Die Klimabelastungen sind dagegen im Vergleich zu Energieverbrauch und Emissionen etwas unterproportional anzusetzen, da die Verbrauchs- und Emissionsanteile in den aus Klima-

gesichtspunkten besonders zu beachtenden Flughöhen mit sinkenden Flugdistanzen ebenfalls sinken.

Hinsichtlich der Passagierkilometer können durch diese Maßnahmen offenbar nur bescheidene Reduktionen erzielt werden. Auch bei den Energieverbräuchen und Emissionen, sowie in der Folge bei den Klimabelastungen ist lediglich eine beschränkte Minderung anzunehmen. Für die Zukunftszustände 2010 und 2020 sind entsprechend dem Luftverkehrswachstum zwar nicht grundsätzlich andere Proportionalitäten zu erwarten, jedoch um etwa den Faktor 2 bzw. 3 erhöhte Absolutgrößen. Dies macht die erzielbaren Verbrauchs- und Belastungsreduktionen zwar weiterhin zu einer, bezogen auf den dann erwarteten Luftverkehr, nachrangigen, gemessen an den gegenwärtigen Verbräuchen und Emissionen, jedoch durchaus spürbaren Größe.

Auswirkungen einer Streichung des Kurzstreckenluftverkehrs auf die anderen Bereiche des gewerblichen Luftverkehrs wären nicht in erheblichem Umfang zu erwarten. Auswirkungen auf andere Verkehrsträger wären insofern zu erwarten, als mehr oder weniger große Teilumfänge des betroffenen Kurzstreckenluftverkehrs auf andere Verkehrsträger ausweichen würden, insbesondere auf die Schiene. Unter Berücksichtigung der gegenzurechnenden Belastungen infolge von Verkehrsverlagerungen wäre somit aus einer Limitierung des Kurzstreckenverkehrs eine mäßige Reduktion des Energieverbrauchs und der Klimabelastungen und eine deutliche Entlastung der Flugplätze von gewerblichen Verkehrsvorgängen zu erwarten.

Aufgrund der mit der Ausgestaltung der Maßnahme verbundenen Unwägbarkeiten, der rechtlichen Problematik (z.B. Entschädigungszahlung) und des innerhalb Europas ohnedies bestehenden Trends zum Ersatz der teilweise unrentablen Kurzstreckenflüge durch Bahnverkehre im Zuge des Ausbaus der Hochgeschwindigkeitsbahnen, wird die ordnungsrechtliche Begrenzung der Kurzstreckenflüge nicht weiter verfolgt.

Ebenfalls im Bereich des Ordnungsrechtes könnte ein nach ökologischen Belangen verändertes Verfahren zur Vergabe von Slots in Erwägung gezogen 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 Koordinator⁵¹. Bei der derzeit anstehenden Reform des Vergabeverfahrens spielen vor allem wettbewerbsrechtliche Fragen eine Rolle. Die Vergabe

⁵¹ Vgl. Ulrich, C.: Die Flugplankoordination in der Bundesrepublik Deutschland. Bisherige Verfahren, Möglichkeiten und Grenzen, in: Drittes Luftverkehrsforum der DVWG. Auf dem Prüfstand: Die Verfahrensregelungen für die Vergabe von Start- und Landzeiten (Slots) bei Kapazitätsengpässen an Flughäfen (Schriftenreihe der DVWG B 189), Bergisch Gladbach 1996, S. 17-54.

von Slots könnte neben anderen Kriterien an die ökologischen Eigenschaften des zur Verwendung vorgesehenen Flugzeugtyps geknüpft werden. Hiermit würde als Zielsetzung die Minderung der spezifischen Emissionen verfolgt. Wegen der gegenwärtig unvollständigen Erfassung der Flugbewegungen durch das Verfahren der Slotvergabe (nur Flughäfen, die als „vollständig koordiniert“ gelten), ist die Slotvergabe ohne Ausweitung auf alle Flughäfen nicht geeignet. Aufgrund der Möglichkeit, die spezifischen Emissionen auch mittels anderer Maßnahmen zu beeinflussen (Abgaben, freiwillige Vereinbarung), wird die ökologische Slotvergabe nicht weiter berücksichtigt.

4.1.3 Fiskalische Maßnahmen

Fiskalische Instrumente der Umweltpolitik folgen dem Verursacherprinzip, wonach der Verursacher für die von ihm bewirkten Umweltbeeinträchtigungen einstehen soll. Es wird aber in aller Regel keine Kompensation der Schäden verfolgt, sondern im Vordergrund stehen die Lenkungseffekte, mittels derer dem Eintritt von Umweltschädigungen vorgebeugt werden soll.

Die hier betrachteten Abgaben sind solche auf Kerosin und Emissionen. Von den Abgaben können zunächst technische und sonstige operative Optimierungen erwartet werden. Sofern die zusätzlichen Kosten aus den Abgaben nicht durch technische oder operative Maßnahmen aufgefangen werden können und auf die Nachfrager zu überwälzen sind, entstehen auch nachfragedämpfende Wirkungen. Zur näheren Beschreibung der in diesem Vorhaben untersuchten fiskalischen Maßnahmen vergleiche Kap. 4.4.

4.1.4 Soft-Policy-Maßnahmen

Soft-Policies gehören zur Kategorie der weichen Maßnahmen und können z.B. fiskalische oder ordnungsrechtliche Instrumente ersetzen oder ergänzen. Soft-Policies entsprechen dem umweltpolitischen Kooperationsprinzip. Das Kooperationsprinzip soll die freiwillige, aber dennoch breite Beteiligung der relevanten Akteure sicherstellen und aus deren Kooperation Wirkungen ermöglichen, die ansonsten nicht zu erzielen wären oder die nur mittels solcher Maßnahmen erreichbar wären, die ihrerseits keine politische Mehrheit fänden. Zudem ermöglichen Soft-Policies die Initiierung eines intensiveren öffentlichen Diskurses über das zu lösende Problem sowie der politischen Maßnahmen zu dessen Lösung. Soft-Policies können somit u.U. auch die Akzeptanz von Maßnahmen mit größerer Eingriffsintensität verbessern.

Innerhalb der Soft-Policies ist zu unterscheiden zwischen freiwilligen Vereinbarungen und Public-Awareness-Maßnahmen. Freiwillige Vereinbarungen zwischen wirtschaftlichen und staatlichen Akteuren sollen Schädigungen der Umwelt durch technische Verbesserungen sowie Reduktion oder Ersatz der eingesetzten Ressourcen entgegenwirken. Public-Awareness-Maßnahmen zielen primär auf das Bewusstsein der Reisenden und damit auf die Nachfrage.

Selbstverpflichtungserklärungen

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. vorhanden, bedarf jedoch der branchenweiten Stärkung. Freiwillige Vereinbarungen könnten grundsätzlich ein neues Verständnis für konsensorientierte Politikinstrumente im Umweltbereich eröffnen, wobei ihr komplementärer Einsatz zu anderen Politikinstrumenten besonders wirksam sein kann⁵². Bei der Festlegung von freiwilligen Vereinbarungen wäre darauf zu achten, dass bestimmte Voraussetzungen wie die stringente Festlegung und Quantifizierung von Zielen, eine rechtliche Bindung erhalten sowie das Monitoring von Entwicklungen und die Sanktionierung von Zielverfehlungen gewährleistet werden.

Innerhalb des hier betrachteten Umsetzungszeitraumes könnte eine europaweit eingeführte Selbstverpflichtungserklärung dazu dienen, während des Zeitraums der Einführung bis zur vollen Entfaltung der fiskalischen Maßnahmen (2002 bis 2010) einen zusätzlichen emissionsreduzierenden Effekt zu erzielen. Als Bezugsbasis ist der Ausstoß von CO₂ und NO_x pro Personenkilometer (Tonnenkilometer werden entsprechend umgerechnet) durchschnittlich über die gesamte Flotte geeignet. Die Fluggesellschaften können diese spezifischen Emissionen sowohl auf technischem Wege, d.h. durch die beschleunigte Modernisierung ihrer Flugzeugflotten als auch durch weitere Verbesserungen bei der Auslastung erreichen.

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 die Umsetzung allerdings erheblich. Aus diesem Grund wird von einer

⁵² In einem Assessment-Workshop der DLR und des Umweltbundesamtes in Köln-Porz am 19.06.1997 wurde dieses Instrument als besonders geeignet zur Senkung der spezifischen Emissionen bewertet.

weiteren Behandlung der Selbstverpflichtungserklärung als Maßnahme zur Reduzierung der Emissionsbelastung abgesehen.

Public-Awareness-Maßnahmen

Informationen zu den Auswirkungen des Fliegens können einen Beitrag zur Aufklärung und Bewusstseinsbildung leisten. Im Bereich des Tourismus beschränkt sich dies bisher meist auf die Umweltauswirkungen am Reiseziel, das Thema Verkehr allgemein und Luftverkehr im besonderen spielt hierbei bislang eine unbedeutende Rolle⁵³ Denkbar wäre, dass gemeinsam mit Umweltverbänden und öffentlichen Meinungsträgern (BMU, Tourismusverbänden, Freizeitindustrie) eine abgestimmte Strategie entwickelt wird, um Informationen über die Umweltauswirkungen des Fliegens zu vermitteln. Entsprechendes Material sollte regelmäßig aktualisiert werden und sich an eine breite Öffentlichkeit richten.

Kampagnen für weniger häufiges Fliegen und nähere Reiseziele stellen ein weiteres Feld dar. Im Falle von Flugferntreisen entstehen pro Reise besonders hohe Emissionen. Ein geeigneter Ansatzpunkt ist daher die Häufigkeit von Fernreisen mit dem Ziel, zugunsten der Umwelt die Zeitabstände zwischen den einzelnen Reisen zu verlängern und die zurückgelegten Distanzen zu verringern. Bei anderen Verkehrsträgern ist es mittlerweile üblich, Kampagnen für umweltfreundliche Fortbewegungsarten durchzuführen, ohne dass dies als Einschränkung der persönlichen Freiheit aufgefasst wird.

Ein weiterer möglicher Schwerpunkt von Public-Awareness-Maßnahmen ist die Information über Alternativangebote zu Flugreisen. Alternativangebote zum Fliegen und zu Reisezielen, die bislang mit dem Flugzeug erreicht werden, betreffen z. B. Urlaubs- und Geschäftsreisen mit umweltschonenderen Verkehrsmitteln oder touristische Reiseziele, die mit umweltschonenderen Verkehrsmitteln erreicht werden können.

Außerdem ist die Bilanzierung des Reisens im Hinblick auf Energieverbrauch und Emissionen von Bedeutung und kann etwa in der Veranschaulichung der Klimafolgen des Reisens durch Angabe der CO₂-Mengen für die jeweilige Reise und die Bezugnahme auf individuelle Emissionsbudgets verbunden werden. Denkbar ist in diesem Zusammenhang auch eine Kennzeichnungspflicht von Tickets und Gütern hinsichtlich der wichtigsten Emissionen.

⁵³ Seitens der großen Reiseveranstalter bietet TUI als einziges Unternehmen in seinen Katalogen einen Überblick über die zur Zeit benutzten Fluggeräte sowie weitere Informationen zu Treibstoffverbrauch und Emissionen an.

4.2 Beschreibung des Maßnahmenbündels

4.2.1 Auswahl der Maßnahmen

Wegen der Komplexität der Wirkungen von Maßnahmenbündeln ergibt sich vor dem Hintergrund eines Stabilisierungsziels, z.B. CO₂-Emissionen auf dem Niveau von 1995, eine gewisse Unsicherheit bei der Maßnahmenausgestaltung. Aufgrund der im Trend starken Wachstumsstimuli im Luftverkehr wird davon ausgegangen, dass zur Erreichung des Stabilisierungsziels eine Kombination aus mehreren der betrachteten Einzelmaßnahmen erforderlich ist und auf stärker und komplementär wirkende Ausprägungen zurückgegriffen werden muss. Die Erreichung des Stabilisierungsziels mittels des im weiteren beschriebenen Maßnahmenbündels kann mithin nicht sichergestellt werden.

Die ausgewählten Maßnahmen zeichnen sich durch unterschiedliche Eingriffstiefen aus. Eine größere Eingriffstiefe geht dabei mit einer höheren Wirkungssicherheit einher. Entsprechend lassen sich die Maßnahmen des vorgeschlagenen Maßnahmenbündels wie folgt gliedern:

- Abgaben auf Kerosin sowie auf die Emissionen differenziert nach Reiseflug und LTO-Cycle zur Beeinflussung der operativen Bedingungen und der Nachfrage. Die Präferenz für diese Instrumente leitet sich aus der größeren ökologischen Effektivität dieser Abgabetypen gegenüber etwa einer Abgabe auf Flugtickets oder einer aufkommensneutralen Emissionsabgabe ab⁵⁴. Neben der Verbesserung der technischen und sonstigen operativen Bedingungen und der Minderung der spezifischen Emissionen soll im Maße der fortgewälzten Kostensteigerungen die Nachfrage beeinflusst werden.
- Eine freiwillige Vereinbarung zum spezifischen Schadstoffausstoß flankiert mit Rückflüssen aus der Emissionsabgabe, z.B. für Verschrottungsprämien für veraltete Fluggeräte.
- Public Awareness-Maßnahmen zur zusätzlichen Beeinflussung der Nachfrage im Sinne einer Bewusstseinsänderung.

Angenommen wird, dass sämtliche Maßnahmen europaweit eingeführt werden.

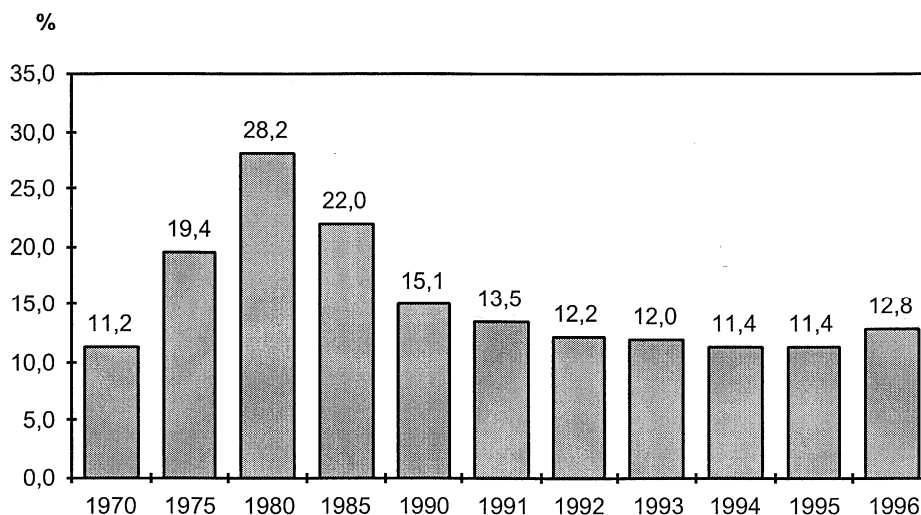
⁵⁴ vgl. Michaelis, L.: Special Issues in Carbon/Energy Taxation: Carbon Charges on Aviation Fuels, Paris 1997, S. 32; ICAO Focal Point on Charges: Emission Charges and Taxes in Aviation, The Hague 1998, S. 66; Bleijenberg, A.N., Wit, R.C.N.: A European Environmental Aviation Charge. Feasibility Study, Delft 1998, S.56.

4.2.2 Ausgestaltung von Kerosinsteuer und Emissionsabgaben

4.2.2.1 Zur Bedeutung des Kerosinpreises im Luftverkehr

Der Kerosinpreis war in der Vergangenheit - ähnlich dem Rohölpreis – großen Schwankungen unterworfen. Entsprechend variierten die Anteile der Kerosinkosten an den Gesamtkosten der Fluggesellschaften (**Abbildung 4.2**). Der Treibstoffverbrauch hat im Vergleich zu anderen Verkehrsträgern einen hohen Stellenwert, weil das beim Flug mitgeführte Kerosin insbesondere im Langstreckenverkehr erhebliche Anteile am maximalen Startgewicht ausmachen kann und damit deutlich zu Lasten der Nutzlast geht. Fluggerät mit relativ hohen spezifischen Treibstoffverbräuchen findet sich vornehmlich bei relativ kapitalschwachen und wenig profitablen Luftfahrtgesellschaften, sowie teilweise im reinen Frachtbetrieb.⁵⁵

Abb. 4.2: Anteil des Treibstoffs und der Schmierstoffe an den Gesamtkosten der Linienfluggesellschaften (weltweite Durchschnitte)



Quelle: ICAO

Die gegenwärtigen Kerosinpreise werden fast ausschließlich von den Abgabepreisen der Mineralölunternehmen bestimmt, da auf Kerosin grundsätzlich keine Mineralölsteuer erhoben wird. Mehrwertsteuer wird nur dann erhoben, wenn die Luftverkehrsunternehmen

⁵⁵ vgl. Tjon, F.: Wirtschaftlichkeitsanalyse von Luftverkehrsunternehmungen, Berlin 1997, S. 186.

überwiegend im Inland tätig sind. Die Preise für Kerosin sind räumlich differenziert und stark vom Dollarkurs und von den jeweils im Einzelfall ausgehandelten Konditionen abhängig.⁵⁶ Mangels Verfügbarkeit anderer Zeitreihen werden im folgenden Preise vom US-amerikanischen Markt als Grundlage für die Darstellung der Entwicklung der Kerosinpreise für den Zeitraum 1978 bis 1995 gewählt⁵⁷ und auf der Basis von jahresdurchschnittlichen Wechselkursen der Deutschen Bundesbank⁵⁸ in DM umgerechnet.

Prognostische Abschätzungen der Kerosinpreise liegen praktisch nicht vor. Die Entwicklung der Kerosinbasispreise wird daher in Anlehnung an die erwartete Entwicklung beim Weltmarktpreis für Rohöl geschätzt. Die Projektion setzt auf den entsprechenden Untersuchungen von Prognos auf.⁵⁹ Dabei ist der wie oben dargestellt ermittelte Ausgangswert des Kerosinpreises für 1995 an den Index des Rohölpreises gekoppelt worden.

4.2.2.2 Ausgestaltung von Kerosinsteuer und Emissionsabgabe

Betrachtet wird die europaweite Einführung einer Abgabe auf Kerosin ab dem Jahr 2002 in einer moderaten und einer hohen Ausprägung. Die Kerosinsteuer wird bei den Mineralölunternehmen erhoben und damit vor dem Abflug wirksam. Mit Beginn des Jahres 2002 bis einschließlich des Jahres 2010 wird jährlich auf den Kerosinpreis pro Liter ein Betrag von nominal DM 0,08 (DM 0,43) aufgeschlagen, was bis 2010 einen Preisanstieg auf nominal insgesamt DM 1,10 (DM 4,25) ausmacht. Anschließend werden diese Steuerbeträge bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes (2020) mit jährlich 2 Prozent beaufschlagt, um den realen Preis und damit die Anreizwirkungen abzusichern.

Natürlich handelt es sich insbesondere bei der hohen Ausprägung bis 2010 um einen idealisierten Verlauf. Denkbar wäre etwa die für 2010 vorgesehenen Beträge mittels einer Charakteristik zu erreichen, die in den ersten Jahren geringere Steigerungen der Abgabebeträge vorsieht und die im weiteren Verlauf durch höhere jährliche Aufschläge bis zum Jahr 2010 die gleiche Abgabenhöhe realisiert. Dadurch könnte den Akteuren in der Anfangsphase mehr Zeit gegeben werden, sich auf die preislichen Veränderungen einzustellen. Zur Darstellung der Entwicklung des Kerosinpreises und der Steuerbeträge sowie des sich jeweils ergebenden Gesamtpreises für Kerosin entsprechend den vorgeschlage-

⁵⁶ vgl. Doganis, R.: *Flying off Course. The Economics of International Airlines*, 2nd Edition London/New York 1995, S. 137ff. Pompl, W.: *Luftverkehr. Eine ökonomische Einführung*, 2. Aufl., Berlin 1991, S. 74.

⁵⁷ Davis, S. C., McFarlin, D. N.: *Transportation Energy Data Book: Edition 16*. Oak Ridge National Laboratory, 1996, Table 2.25.

⁵⁸ Deutsche Bundesbank: *Devisenkursstatistik*, Statistisches Beiheft zum Monatsbericht der Deutschen Bundesbank 5, Nr. 2, 1998 S. 10f.

⁵⁹ Eckerle, K. u. a.: *Energierreport II. Die Energiemärkte im zusammenwachsenden Europa - Perspektiven bis zum Jahr 2020*, Gutachten im Auftrag des BMWi, Stuttgart 1996, S. 109ff.

nen Einführungscharakteristiken vergleiche **Tabellen 4.1** und **4.2** sowie **Abbildungen 4.3** und **4.4**.

Angenommen wird überdies die europaweite Einführung von Abgaben auf die vom Luftverkehr verursachten Emissionen von Luftschadstoffen ab dem Jahr 2002. Die Abgabe setzt sich aus zwei Komponenten zusammen. Neben einer aufkommensneutralen Abgabe auf die Emissionen des LTO-Cycle wird analog zur Kerosinsteuer in moderater und hoher Ausprägung eine Abgabe erhoben, die sich aus einem auf die CO₂-Emissionen bezogenen Betrag und einem auf NO_x bezogenen Betrag zusammensetzt.

4.2.2.3 Entwicklung von Kerosinpreis, Kerosinsteuer und Emissionsabgabe

Aufgrund der angenommenen Ausgestaltungsvarianten bei Kerosinsteuer und Emissionsabgabe ergibt sich für die quantitative Entwicklung dieser Abgaben und den Gesamtpreis für Kerosin in nominaler Betrachtung in Deutschland folgendes Bild (siehe Tabelle 4.1 und Abb. 4.3). Die Zahlenangaben sind wegen der Unsicherheiten bei der Entwicklung des Rohölpreises, des Dollarkurses und der unterstellten Inflationsraten als Größenordnungen zu verstehen. Zudem ist für die Emissionsabgabe anzumerken, dass diese anhand des Ausstoßes an CO₂ und NO_x bemessen wird; allein aus Gründen der Anschaulichkeit bezieht die folgende Darstellung die zu erwartenden Abgabenhöhen auch für die Emissionsabgabe auf den Liter Kerosin. Dabei muß beachtet werden, dass die Minderung der NO_x-Emissionen unabhängig vom Treibstoffverbrauch verfolgt werden kann und diese je nach den gewählten technischen Maßnahmen zur Minderung des Treibstoffverbrauches auch ansteigen können.

Tabelle 4.1: Entwicklung von Kerosinpreis, Kerosinsteuer und Emissionsabgabe in Deutschland (nominal)

DM pro Liter (nominal)	1980	1985	1990	1995	2000	2002	2005	2010	2015	2020
Kerosinpreis	0,42	0,62	0,33	0,20	0,24	0,27	0,30	0,38	0,49	0,63
Kerosinsteuer niedrig						0,08	0,32	0,72	0,79	0,88
Kerosinsteuer hoch						0,43	1,72	3,87	4,27	4,72
Emissionsabgabe niedrig						0,08	0,32	0,72	0,79	0,88
Emissionsabgabe hoch						0,43	1,72	3,87	4,27	4,72
Gesamtpreis bei niedriger Ausprägung						0,35	0,62	1,10	1,28	1,51
Gesamtpreis bei hoher Ausprägung						0,70	2,02	4,25	4,76	5,35

Quelle: WI Berechnungen

Tabelle 4.2: Entwicklung von Kerosinpreis, Kerosinsteuer und Emissionsabgabe in Deutschland (real - Preisstand 2000)

DM pro Liter (real)	1980	1985	1990	1995	2000	2002	2005	2010	2015	2020
Kerosinpreis	0,70	0,86	0,43	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	0,36	0,42
Kerosinsteuer niedrig						0,08	0,29	0,59	0,59	0,59
Kerosinsteuer hoch						0,41	1,56	3,19	3,17	3,17
Emissionsabgabe niedrig						0,08	0,29	0,59	0,59	0,59
Emissionsabgabe hoch						0,41	1,56	3,19	3,17	3,17
Gesamtpreis bei niedriger Ausprägung						0,33	0,57	0,90	0,95	1,01
Gesamtpreis bei hoher Ausprägung						0,67	1,83	3,50	3,53	3,59

Quelle: WI Berechnungen

Der Kerosinbasispreis erreicht innerhalb des Projektionszeitraumes bis zum Jahr 2020 nominal etwa die Höhe, die er zeitweilig in der ersten Hälfte der achtziger Jahre hatte. Bei den niedrigen Ausprägungen von Kerosinsteuer und Emissionsabgabe wird nominal ein gegenüber dem Niveau des Kerosinpreises von 1985 um rund 80 % und um rund 140 % höherer Gesamtpreis einschließlich dieser Abgaben im Jahr 2010 bzw. 2020 erreicht. Im Falle der hohen Ausprägungen wird 2010 ein gegenüber 1985 um rund 590 % höheres Preisniveau bewirkt, der Zuwachs gegenüber 1985 beträgt 2020 rund 760 %.

In Tabelle 4.2 und in Abbildung 4.4 werden die realen Preise für den Zeitraum von 1978 bis 1997 dargestellt, unter Verwendung des Indexes der allgemeinen Lebenshaltungskosten⁶⁰ und danach unter Annahme einer jährlichen Inflationsrate von 2 Prozent deflationiert und auf den (hypothetischen) Preisstand des Jahres 2000 bezogen.

⁶⁰ Deutsche Bundesbank: 50 Jahre Deutsche Mark. Monetäre Statistiken 1948 - 1997 (CD-ROM), München 1998.

Abb. 4.3: Kerosinbasispreis und Preise einschließlich der Abgaben (nominal)

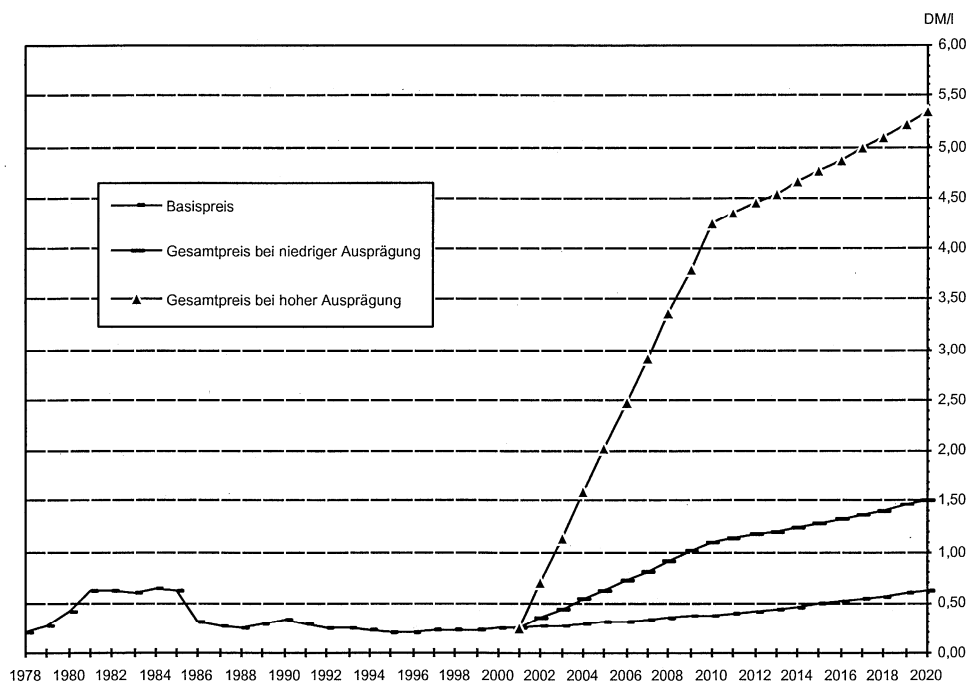
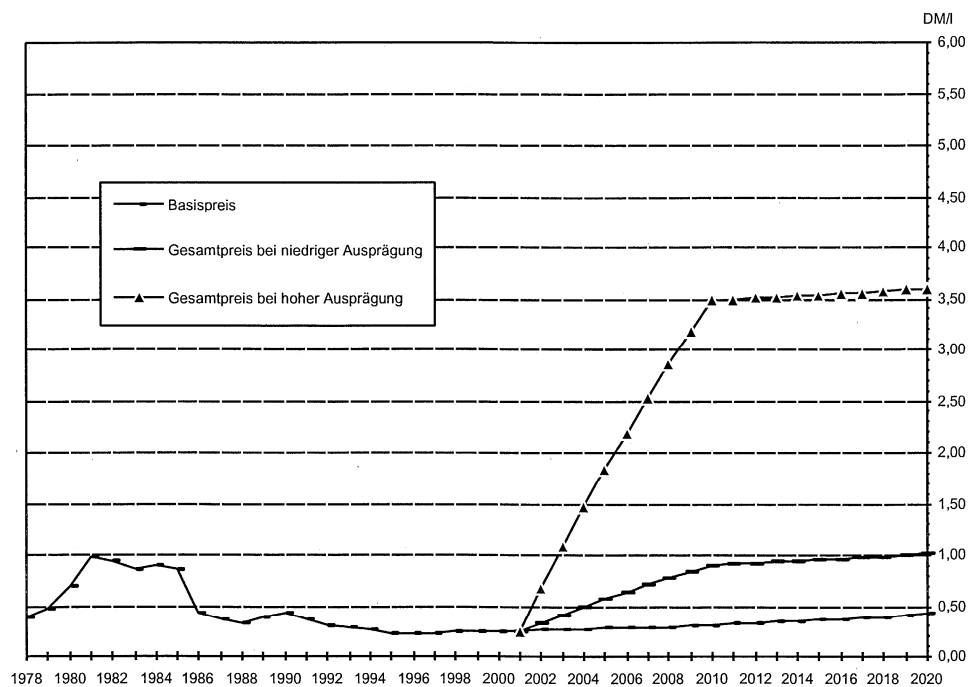


Abb. 4.4: Kerosinbasispreis und Preise einschließlich der Abgaben (real)



Bei den niedrigen Ausprägungen von Kerosinsteuer und Emissionsabgabe wird real ein gegenüber dem Niveau des Kerosinpreises von 1985 um rund 5 % und um rund 18 % höherer Gesamtpreis einschließlich dieser Abgaben im Jahr 2010 bzw. 2020 erreicht. Im Falle der hohen Ausprägungen wird 2010 real ein gegenüber 1985 um rund 307 % höheres Preisniveau bewirkt, der Zuwachs gegenüber 1985 beträgt 2020 rund 319 %.

Die im Falle der Kerosinsteuer und der Emissionsabgabe bewirkten Kostenanstiege bei der Kerosinverwendung bis 2010 erscheinen bei realer Betrachtung deutlich weniger steil. Nach 2010 sichert die Kompensation des allgemeinen Preisanstiegs die reale Höhe der Abgaben ab; geringfügige weitere Zunahmen des Kerosinpreises einschließlich der Abgaben gehen allein auf die projizierte geringe Zunahme des realen Kerosinpreises zurück. Im Falle der hohen Ausprägung der Emissionsabgabe erreichen die Abgabensätze real pro kg CO₂ im Jahr 2010 einen Betrag in Höhe von DM 0,63 und je kg NO_x in Höhe von DM 0,15.

4.2.3 Sonstige flankierende Maßnahmen

Zu den flankierenden Maßnahmen zählen vor allen die Public-Awareness-Maßnahmen, die im folgenden in ihren unterschiedlichen Varianten dargestellt werden und immer als komplementäre Maßnahmen zu den fiskalischen und oder ordnungspolitischen Maßnahmen zu verstehen sind.

Information zu den Auswirkungen des Fliegens

Als Informationsmaßnahme wird im Kontext des vorliegenden Projektes unterstellt, dass eine abgestimmte Strategie gemeinsam mit Umweltverbänden und öffentlichen Meinungsträgern (BMU, Tourismusverbänden, Freizeitindustrie) entwickelt wird, um differenzierte Informationen über die Umweltauswirkungen des Fliegens zu vermitteln. Die Informationen sollen regelmäßig aktualisiert werden und sich an eine breite Öffentlichkeit richten. Bestandteil der Informationskampagne sollen Hinweise auf Alternativangebote sein, zu denen dann auch Umweltbilanzen gehören (s. u.).

Kampagnen für selteneres Fliegen und nähere Reiseziele

Auf Flugfernrreisen entfallen spezifisch (d. h. pro Reise) besonders hohe Emissionen. Ein geeigneter Ansatzpunkt zur Thematisierung und Ansatz zu Verhaltensänderungen ist die Häufigkeit von Fernreisen. Die Argumente wären dergestalt zu entwickeln, zugunsten der Umwelt auf die Problematik der Fernreisen hinzuweisen. Allerdings wäre hierzu ein längerer Prozess erforderlich, der mit einer Reihe von Public-Awareness-Maßnahmen einher

ginge. Bei vergleichbaren Öffentlichkeitsmaßnahmen im Luftverkehr wäre dies zu berücksichtigen.

Es wird unterstellt, dass eine langfristig angelegte Öffentlichkeitsarbeit mit den Schwerpunkten Reisehäufigkeit und Reisedistanzen durchgeführt wird, welche die Umweltauswirkungen thematisiert und - gemeinsam mit dem nachfolgenden Ansatz - Alternativvorschläge präsentiert.

Alternativangebote zum Fliegen und zu Reisezielen, die bislang mit dem Flugzeug erreicht werden, sind mit verschiedenen Schwerpunkten denkbar:

- zu Urlaubs- und Geschäftsreisen mit umweltschonenderen Verkehrsmitteln
- zu einer Auswahl an touristischen Alternativzielen, die mit umweltschonenderen Verkehrsmitteln erreicht werden können.

Unterstellt wird in diesem Bereich eine abgestimmte Public-Awareness-Strategie mit einer verbesserten Darstellung alternativer Verkehrsangebote⁶¹, die alle Akteure – Anbieter, Vermittler und Nachfrager von Reisen – einschließt.

Des weiteren könnten die Public-Awareness-Maßnahmen um eine Deklaration von Energieverbräuchen und Emissionen (Energiebilanzen und Energie-Rucksack) ergänzt werden.

4.3 Rechtliche Bewertung

Im folgenden soll untersucht werden, ob die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Emissionsminderung mit deutschem, europäischem und internationalem Recht vereinbar sind.

⁶¹ Anfang 1998 haben sich kleine und mittlere Reiseveranstalter im "Forum anders reisen" zusammengeschlossen, über 100 Reiseveranstalter haben bis jetzt eine Aufnahme beantragt. Das Ziel ist, sowohl umwelt- als auch sozialverträgliche Reiseformen anzubieten. Dazu wurde ein Kriterienkatalog entwickelt, der explizit den Transport zum Reiseort einbezieht und neben umweltschonenden Reisearten auch Flugreisen Kriterien zuordnet. Das innovative Element besteht darin, Reiseverkehr und Flugreisen zu thematisieren und über einen Kriterienkatalog eine Bewertung von Alternativen zu ermöglichen.

4.3.1 Kerosinsteuer

In Deutschland ist Kerosin bisher von der Mineralölsteuer gem. § 4 (1)(2) MinÖlStG befreit. Dieses Gesetz könnte jedoch auf nationaler Ebene geändert werden.

4.3.1.1 Vereinbarkeit mit Verfassungsrecht

Für die Prüfung der Verfassungsmäßigkeit ist zunächst eine Einordnung der Kerosinsteuer in die verfassungsrechtlich anerkannten Abgabetypen – Steuern, Sonderabgaben und Gebühren - erforderlich. In Betracht kommt selbstverständlich primär, dass die Kerosinsteuer eine Steuer im Rechtssinne ist.

Das Grundgesetz verwendet den Begriff Steuer in den Artikeln 105 ff. GG, definiert diesen aber nicht. Es ist jedoch anerkannt, dass es an die Definition in der Abgabenordnung (AO) anknüpft.⁶² Gem. § 3,1 AO sind Steuern

"einmalige oder laufende Geldleistungen, die nicht eine Gegenleistung für eine besondere Leistung darstellen und von einem öffentlich-rechtlichen Gemeinwesen zur Erzielung von Einnahmen allen gleichmäßig auferlegt werden, bei denen der Tatbestand zutrifft, an den das Gesetz die Leistungspflicht knüpft."

Typisch ist für die Steuer also, dass der Grund für die Abgabenerhebung nicht in einer Gegenleistung der öffentlichen Hand zugunsten des Abgabenschuldners besteht. Vielmehr muss die Absicht der Einnahmeerzielung gegeben sein⁶³ Inzwischen ist allerdings anerkannt, dass die Steuer nicht nur Finanzierungsfunktion, sondern auch Lenkungsfunktion haben kann. So hat das Bundesverfassungsgericht festgestellt, dass "die Steuer in der modernen Industriegesellschaft zwangsläufig auch zum zentralen Lenkungsinstrument geworden ist".⁶⁴ Der Zweck, Einkünfte für die Bestreitung allgemeiner Staatsaufgaben zu erzielen, wird dabei zu einem Zweck neben dem Lenkungszweck. Dass eine Steuer nicht vorrangig Einnahmen erzielt, sondern das Verhalten der Bürger lenken soll, ist unter dem Aspekt des verfassungsrechtlichen Steuerbegriffs unproblematisch, solange sie überhaupt nur Ertragsrelevanz aufweist.⁶⁵

⁶² zuletzt BVerfGE 67, 256.

⁶³ BVerfGE 36,66,70.

⁶⁴ BVerfGE 55,274,299.

⁶⁵ BVerfGE 96, 272,277.

„Nur wenn die steuerliche Lenkung nach Gewicht und Auswirkung einer verbindlichen Verhaltensregel nahekommt, die Finanzfunktion der Steuer also durch eine Verwaltungsfunktion mit Verbotscharakter verdrängt wird, bietet die Besteuerungskompetenz keine ausreichende Rechtsgrundlage (...). Gleiches gilt, wenn das Aufkommen nicht zur Finanzierung von Gemeinlasten verwendet werden soll“⁶⁶

Die hier vorgeschlagene Kerosinsteuer ist hiernach in der Tat auch Steuer im Rechtssinn, weil sie nicht für eine Gegenleistung geschuldet wird, sondern auf staatliche Einnahmeerzielung und daneben auf die Beeinflussung des Verbrauchsverhaltens gerichtet ist.

Soweit es die Zulässigkeit dieser Steuer angeht, ist – dies ist eine rechtsdogmatische crux des Abgabenrechts, die hier nicht aufgelöst werden kann – erneut auf die Anforderungen zu rekurrieren, die bereits in die Definition der Steuer eingeflossen sind. Dies bedeutet, dass die als Steuer klassifizierte Abgabe jedenfalls auch der staatlichen Einnahmeerzielung dienen muss, was mit der begrifflichen Einordnung ja bereits bejaht wurde. Daneben muss eine kompetenzrechtliche Basis für den Bund vorliegen. Auch dies ist zu bejahen, denn der Bund besitzt nach Art. 105 Abs. 2 GG die konkurrierende Gesetzgebungskompetenz für Steuern. Dies gilt nach Art. 105 Abs. 2a GG nicht für örtliche Verbrauchs- und Aufwandsteuern, die hier aber nicht in Frage stehen. Vom Typus her würde es sich bei der Kerosinsteuer um eine überörtliche Verbrauchssteuer handeln. Deren Aufkommen steht nach Art. 106 Abs. 1 Nr. 2 GG dem Bund zu.

Man könnte noch erwägen, ob es eine Rolle spielt, dass die Mineralölsteuer ja zu einem Teil zur Finanzierung von Straßen dient, während Luftstraßen keine Kosten verursachen und Flughäfen aus Start- und Landegebüren u. ä. finanziert werden. Der spezifische Verwendungszweck bei der Mineralölsteuer ist jedoch für deren Steuereigenschaft eher hinderlich (es wäre nicht abwegig, sie insoweit als Gebühr aufzufassen) und nicht etwa konstitutiv. Finanzverfassungsrechtlich wäre die Erhebung einer Steuer ohne spezifischen Verwendungszweck also gerade systemkonform. Allenfalls könnte man ein Problem der Ungleichbehandlung zwischen Straßen- und Luftverkehr sehen, insofern der Straßenverkehr Straßenkosten verursacht, der Luftverkehr dagegen nicht. Eine Ungleichbehandlung muss jedoch verneint werden, weil der Sachzweck der Kerosinsteuer, soweit er besteht, auf die Lenkung des Verbrauchsverhaltens bezogen ist, nicht etwa auf den gedachten Bau einer Luftstraße. Der gleiche Sachzweck ist aber durchaus auch in der Mineralölsteuer enthalten, denn auch sie soll den Verbrauch beeinflussen.

⁶⁶ BVerfGE 98, 106, 118

Zusammenfassend bestehen also keine verfassungsrechtlichen Bedenken gegen eine Kerosinsteuer.

4.3.1.2 Vereinbarkeit mit Gemeinschaftsrecht

Heranzuziehen ist vor allem die Richtlinie 92/81 EWG.⁶⁷ Nach Art. 8 Abs. 1 lit. b dieser Richtlinie ist der gewerbliche Flugzeugverkehr von Verbrauchssteuern für „Mineralöllieferungen zur Verwendung als Kraftstoff für die Luftfahrt mit Ausnahme der privaten nicht gewerblichen Luftfahrt“ zu befreien. Diese Vorgabe hat die Bundesrepublik durch § 4 MinÖlStG umgesetzt. Die Steuerbefreiung gilt sowohl für Inlandsflüge wie für den grenzüberschreitenden Verkehr. Die Erhebung einer Kerosinsteuer im Sinne des Vorschlags dieses Gutachtens würde deshalb gegen EU-Recht verstoßen. Die genannte Vorschrift der Richtlinie müsste geändert werden. Eine solche Änderung wird auch durch die Richtlinie selbst nahegelegt. Denn Art. 8 Abs. 7 schreibt vor, dass der Rat auf Grund eines bis Ende 1997 vorzulegenden Berichts der Kommission die Befreiung überprüfen soll, und zwar ausdrücklich auch im Hinblick auf die durch die Steuerbefreiung verursachten externen Kosten und die Auswirkungen auf die Umwelt.

Der Bericht der Kommission⁶⁸ stellt fest, es bestehe „Handlungsbedarf, da Emissionen durch den Luftverkehr einen immer größeren Anteil des Aufkommens an verschiedenen Luftschadstoffen ausmachen“. Die Kommission zieht daraus die Konsequenz, dass die Verbrauchssteuer auf Mineralöl auch auf Flugkerosin erstreckt werden solle, macht dies aber davon abhängig, dass „die internationale Rechtssituation es der Gemeinschaft gestattet, eine solche Steuer auf alle Fluggesellschaften anzuwenden, also auch auf Fluggesellschaften aus Drittländern“. Es ist unverständlich, wo die Kommission hier ein Hindernis sieht. Die folgende Analyse des internationalen Rechts wird zeigen, dass die EG (ebenso wie die Bundesrepublik) nicht gehindert ist, eine allgemeingültige Verbrauchssteuer auf die Bunkerung von Kerosin in ihrem Hoheitsgebiet einzuführen.

4.3.1.3 Vereinbarkeit mit internationalem Recht

Heranzuziehen ist hier vor allem das Abkommen über den internationalen zivilen Luftverkehr (Chicagoer Abkommen –ChA-). Es wurde von über 180 Staaten unterzeichnet, dar-

⁶⁷ Richtlinie 92/81 des Rates zur Harmonisierung der Struktur der Verbrauchssteuern auf Mineralöle, ABl. 316/92 S. 12.

⁶⁸ Kom(96) 549 endg.

unter alle EU-Mitgliedsstaaten.⁶⁹ Ziel des Abkommens, das 1949 in Kraft trat, ist die Förderung des Luftverkehrs. Einen Umweltschutzbezug gibt es, wie bereits oben erwähnt, nur insofern, als Anhang 16 des Abkommens Bestimmungen zur Lärm- und Abgasemissionsbegrenzung enthält. Jedoch betreffen diese Bestimmungen nur Technikstandards. Sie sehen keine ökonomischen Instrumente zur Abgasreduzierung vor.⁷⁰

Hinsichtlich der Erhebung einer Kerosinsteuer haben Art. 15 ChA und Art. 24 ChA Bedeutung.

Artikel 24 (a) Satz 2 ChA lautet:

"Treibstoffe, Schmieröle, Ersatzteile, übliche Ausrüstungsgegenstände und Bordvorräte, die sich bei Ankunft in dem Hoheitsgebiet eines anderen Vertragsstaats an Bord eines Luftfahrzeugs eines Vertragsstaats befinden und beim Verlassen des Hoheitsgebiets des anderen Staates an Bord geblieben sind, sind von Zollabgaben, Untersuchungsgebühren oder ähnlichen staatlichen oder örtlichen Abgaben und Gebühren befreit."

„Ähnliche Abgaben“ sind ebenso wie die sprachlichen pendants „similar duties“ und „autres droits“ jeweils Oberbegriffe für verschiedene Kategorien von Zahlungsverpflichtungen. Sie decken auch Steuern mit ab. Dementsprechend wäre eine Kerosinsteuer unzulässig, wenn sie auf dasjenige Kerosin erhoben würde, das sich bei Ankunft auf einem deutschen Flughafen an Bord befindet und auch nicht ausgeladen wird.

Nicht unzulässig wäre nach dem Wortlaut der zitierten Bestimmung dagegen die im vorliegenden Gutachten vorgeschlagene Kerosinsteuer auf die Lieferung (Anbordnahme) von Kerosin. Nun hat der ICAO-Rat allerdings am 14. Dezember 1993 den Beschluss gefasst, dass auch Treibstoff, der nach Landung zum Zwecke des Verbrauchs während des Fluges an Bord genommen wird („taken on board for consumption during the flight“) von Steuern befreit sein soll.⁷¹ Die EU-Mitgliedsstaaten haben dem Beschluss anscheinend zugestimmt; die EG hatte Beobachterstatus.⁷² Hieraus kann jedoch entgegen der Annahme der EG-Kommission⁷³ keine völkerrechtliche Verbindlichkeit des Beschlusses des ICAO-Rates abgeleitet werden. Zwar können Ratsbeschlüsse nach Zustimmung oder nach Ablauf einer opting-out-Frist verbindlich werden, doch gilt dies nur für Richtlinien zu den in Art. 37 aufgeführten technischen Angelegenheiten, wobei die Richtlinien in Annexe

⁶⁹ vgl. KOM (96) 549 endg., vom 14.11.1996, S.8.

⁷⁰ Leiferl/ Pastowski/Wilkinson/Winter, Transport Emission User Charges, S.35.

⁷¹ ICAO's Policies on Taxation, in the Field of International Air Transport, Doc 8632-C/968, Section (2).

⁷² So die Aussage im Bericht der Kommission aufgrund von Art. 8 Abs. 6 der RL 92/81/EWG, Kom(96) 549 endg. S. 8)

⁷³ Sie spricht in Kom(96) 549 S. 9 von einer „internationalen Verpflichtung“.

zu der Konvention aufzunehmen sind.⁷⁴ Weder gehört aber ein Beschluss des Rates über Steuern zu den in Art.37 aufgeführten Angelegenheiten, noch ist in dem Beschluss überhaupt von einer Richtlinie die Rede; konsequenterweise ist der Beschluss dann auch nicht in einen Annex aufgenommen worden. Deshalb bleibt es bei dem Ergebnis, dass die Einführung einer nationalen Kerosinsteuer nicht gegen Art.24 ChA verstoßen würde.

Weiterhin ist Artikel 15 Abs. 3 Satz 2 ChA zu beachten. Er lautet:

"Die Vertragsstaaten erheben keine Gebühren, Taxen oder sonstigen Abgaben für ihr Hoheitsgebiet lediglich für das Recht der Durchreise, Einreise oder Ausreise eines Luftfahrzeugs eines Vertragsstaats oder der an Bord befindlichen Personen oder Güter."

Mit den „sonstigen Abgaben“ wird hier nur im deutschen Text der Oberbegriff für verschiedene Unterkategorien einschließlich Steuern verwendet, während die englische und französische Fassung mit „other charges“ bzw. „autres redevances“ auch enger als Abgaben mit Ausgleichscharakter für Vorteilszuwendungen verstanden werden könnte. Die Frage ist durch einen Beschluss des ICAO-Rates im ersteren Sinne interpretiert worden.⁷⁵ Dies ist als Hinweis anzusehen, kann aber nicht als verbindliche Interpretation gelten, weil der Rat zu einer solchen nur im Rahmen seiner Streitschlichtungsfunktion befugt ist, während er ausserhalb der förmlichen Streitschlichtung nur ermächtigt ist, Angelegenheiten zu beraten („consider“, „examiner“).⁷⁶ Selbst wenn aber der weitere Begriff zugrundegelegt würde, wäre Art. 15 Abs. 3 ChA auf die hier diskutierte Kerosinsteuer aus einem anderen Grunde nicht anwendbar. Die Bestimmung verbietet Abgaben nämlich lediglich für das Recht der Durchreise (...). Die Kerosinsteuer wird aber für einen ganz anderen Tatbestand erhoben, nämlich den Verbrauch des Kerosins. Demnach ist sie mit dem hier vorgeschlagenen Zuschnitt mit dem ChA vereinbar.

Neben dem ChA gibt es jedoch eine Vielzahl bilateraler Abkommen, die ausdrücklich auch die Erhebung von Steuern auf den in einem Vertragsstaat an Bord genommenen Kraftstoff untersagen. Soweit die Bundesrepublik Vertragsstaat solcher Abkommen ist, müsste sie für eine Änderung sorgen, um die Kerosinsteuer erheben zu können. Die Mühseligkeit dieses Vorgehens ist ein weiterer Grund dafür, dass die Kerosinsteuer besser auf EG-Ebene eingeführt wird. Dann würde das entsprechende EG-Recht den zwischen Mitgliedsstaaten abgeschlossenen bilateralen Abkommen vorgehen und die Aus-

⁷⁴ Abeyratne, ZLW 1992, 387, 389 f.

⁷⁵ In ICAO Council Resolution of 14. 12. 1993 heißt es: „The expression ‘customs and other duties’ shall include ... duties and taxes of all kinds...“ S. im gleichen Sinn Mendes de Leon/ Mirmina, J. of Air Law and Commerce 1997, 791, 797.

⁷⁶ Art. 84 ChA. Ebenso Abeyratne, ZLW 1992, 387, 393.

schlussklauseln für die Kerosinsteuer verdrängen. Im Hinblick auf bilaterale Abkommen zwischen Mitgliedsstaaten und Drittstaaten träte dieser Effekt für die älteren Verträge zwar nicht ein⁷⁷, aber die Dinge sind auch hier insofern im Umbruch, als die EG eine Kompetenz zum Abschluss von EG-weiten Abkommen mit Drittstaaten besitzt, auf deren Wahrnehmung die Kommission seit Jahren drängt. Solche Verträge würden, wenn sie die Einführung einer Kerosinsteuer möglich machen, den entgegenstehenden Verträgen vorgehen.

Zusammenfassend ergibt sich, dass die Einführung einer Kerosinsteuer durch die Bundesrepublik mit dem ChA vereinbar wäre, nicht aber mit den meisten ihrer bilateralen Luftverkehrsabkommen. Diese müssten entsprechend geändert werden. Die Anpassung der bilateralen Abkommen würde erleichtert, wenn die EG selbst eine Kerosinsteuer einführen und die Möglichkeit hierzu auch in EG-weiten Abkommen mit Drittstaaten absichern würde.

4.3.2 Emissionsabgabe

Es wird unterstellt, dass eine Abgabe auf die Emissionen von Luftfahrzeugen durch Bundesgesetz eingeführt wird. Zu prüfen ist, ob ein solches Gesetz verfassungs-, gemeinschafts- und völkerrechtlich Bestand hat.

4.3.2.1 Vereinbarkeit mit Verfassungsrecht

Die verfassungsrechtlichen Maßstäbe sind unterschiedlich, je nachdem, welcher Typus von Abgabe vorliegt. Deshalb ist zunächst zu untersuchen, welchem Typus die Emissionsabgabe zuzuordnen ist.

In Betracht kommt zunächst die Steuer. Es wurde bereits oben dargelegt, dass die Steuer durch die Merkmale der Voraussetzungslosigkeit (d.h. des Fehlens einer Gegenleistung seitens der öffentlichen Hand) und des Zwecks der Einnahmeerzielung gekennzeichnet ist, wobei neben diesen Zweck auch Sachzwecke wie insbesondere eine Verhaltenslenkung treten können.

Die Emissionssteuer entspricht diesen Merkmalen nicht. Selbst wenn man berücksichtigt, dass Steuern auch Lenkungs- oder andere Sachzwecke (z. B. Zecke des Vorteilsausgleichs) verfolgen können, dürfen diese Zwecke die Abgabe doch nicht dominieren. So

⁷⁷ Vgl. Art. 307 Abs. 1 EGV.

hat das BVerfG bei der Prüfung der baden-württembergischen und hessischen Wasserentnahmeabgabe (sog. Wasserpfennig) angenommen, dass es sich dabei wegen der Gegenleistungsabhängigkeit um eine nicht-steuerliche Abgabe handele, obwohl das Aufkommen durchaus auch der Einnahmeerzielung diene.⁷⁸

Eine Einordnung als Steuer widerspräche auch der Begrifflichkeit, die in internationalen Abkommen und Organisationen, insbesondere der ICAO, gebräuchlich ist. Man unterscheidet auch dort zwischen Abgaben, die primär der staatlichen Einnahmeerzielung dienen – sie werden englisch als *taxes* bezeichnet – und solchen, die Ausgleich für eine Gegenleistung oder einen angerichteten Schaden sind – sie heißen englisch *charges*.⁷⁹ Emissionsabgaben werden meist als *emission charges* bezeichnet. Unter diesem Aspekt wäre es verwirrend, wenn das deutsche Recht, ohne selbst zwingend dazu veranlasst zu sein, die Emissionsabgabe als Steuer ansehen würde.

Ist die Emissionsabgabe somit keine Steuer, so fällt sie in die Kategorie der nicht-steuerlichen Abgaben. Das BVerfG hat unter ihnen seit der Entscheidung vom 10.12.1980 scharf zwischen Vorzugslasten (Gebühren und Beiträgen) und Sonderabgaben unterschieden. Dabei ergab sich die methodologische *crux*, dass die Kriterien der begrifflichen Einordnung dieselben wie die der Zulässigkeit waren. In der Wasserpfennig-Entscheidung vermeidet das Gericht dagegen eine Katalogisierung nach Begrifflichkeiten. Sein Ausgangspunkt ist vielmehr, dass jede nicht-steuerliche Abgabe eine Bedrohung des Steuerstaatsprinzips sei, d.h. des Prinzips, dass sich der Staat möglichst aus Steuern finanzieren solle. Hieraus folgert es, dass sich nicht-steuerliche Abgaben auf eine besondere sachliche Legitimation stützen müssen. Sodann zählt es vier mögliche Legitimationsgründe auf. Diesen korrespondieren zwar bestimmte Bezeichnungen des jeweiligen Abgabetyps, doch ist die Namensgebung Folge, nicht Ausgangspunkt der Typologie. Die vier Rechtfertigungsgründe sind die folgenden⁸⁰:

- (1) Die Abgabe stellt einen Ausgleich für den aus einer öffentlichen Leistung gewonnenen Vorteil dar; (sie wird allgemein als Vorzugslasten bezeichnet);
- (2) Die Abgabe beruht auf der Inanspruchnahme eines ausdrücklichen Kompetenztitels (wie Art. 74 Abs. 1 Nr. 12 GG), der auf die Regelung der Finanzierung der in ihm bezeichneten Sachaufgabe bezogen ist;

⁷⁸ BVerfG v. 7. 11. 1995, E 93, 319, 346.

⁷⁹ Vgl. Abeyratne, *Air and Space Law* 1995, 51 f.

⁸⁰ BVerfGE 93, 319, 343 f.

- (3) Die Abgabe zieht Personen, die in spezifischer Sachnähe zu einer Sachaufgabe stehen, zu deren Finanzierung heran; sie wird - auch vom BVerfG - als Sonderabgabe bezeichnet;
- (4) Die Abgabe hat eine Antriebs- und/ oder Ausgleichsfunktion; (nach der früheren Rechtsprechung fiel sie ebenfalls in die Kategorie der Sonderabgaben, während sie nach der neuen Linie vielleicht eigenständig bezeichnet werden kann, und zwarnahe-liegenderweise als Lenkungs- bzw. Ausgleichsabgabe).

Welchen Legitimationstyp das Gericht für den Wasserpfeennig heranzieht, ist nicht ganz eindeutig, doch ergibt sich aus dem Zusammenhang, dass es den vierten Typ der Lenkungs- und Ausgleichsabgabe im Auge hat.⁸¹ Die sachliche Legitimation (die sozusagen die Aushöhlung des Steuerstaatsprinzips vermeiden hilft) findet es in der Abschöpfung des Sondervorteils derjenigen, die ein öffentliches Gut wie das Wasser nutzen. Daneben deutet es an, dass auch eine Lenkungsfunktion eine sachliche Legitimation darstellen könne.⁸²

Den Rechtfertigungsgrund der Vorteilsabschöpfung präzisiert das Gericht dann weiter dahin, dass die Höhe der Abgabe den Wert der öffentlichen Leistung nicht übersteigen dürfe. Offen bleibt, ob Ausgleichsabgaben nur für erlaubnispflichtige Nutzungen (so verhielt es sich mit dem Wasserpfeennig) zulässig sind, d.h. für solche Umweltgüter, die einem Bewirtschaftungsregime unterworfen sind, oder ob sie auch auf nicht bewirtschaftete Umweltgüter erstreckt werden könnten.

Wendet man diesen neuesten Stand der Abgabenrechtsprechung auf die Emissionsabgabe an, so ergibt sich:

Als Abgabe nicht-steuerlicher Art bedarf die Emissionsabgabe einer besonderen Rechtfertigung vor dem steuerstaatlichen Grundsatz, dass sich der Staat grundsätzlich aus Steuern finanzieren und bei der Erschließung weiterer Einnahmequellen zurückhalten soll. Von den denkbaren, vom BVerfG anerkannten Legitimationsgründen kommen die Fälle (2) (die für einen spezifischen Sachzweck ausdrücklich vorgesehene Sonderfinanzierung) und (3) (die Sonderabgabe eines einer Sachaufgabe nahestehenden Personenkreises) nicht in Betracht. Bleiben die Kandidaten (1) (Ausgleich für eine staatliche Gegenleistung) und (4) (Verhaltenslenkung und/oder Ausgleich).

⁸¹ Dies ist in der Literatur zum genannten Urteil sehr umstritten. Viele bevorzugen die Zuordnung zur Gebühr und nehmen das Urteil als eines, das das Konzept der Gebühr erweitert. So Murswiek, *Natur und Recht* 1994, 170 ff. Ausführlich dazu und mit gleicher Lösung zuletzt Sacksowski, 8. Kapitel.

⁸² BVerfGE 93, 319, 345.

Eine Entscheidung zwischen (1) und (4) ist nicht unbedingt nötig, dient aber der Klarheit und soll deshalb auch hier erfolgen. Da im Fall (1), der die Gebühr kennzeichnet, es traditionell eine Dienstleistung oder ein Produkt der Verwaltung ist, für die etwas bezahlt wird, bedürfte es einer Ausweitung oder Ausdifferenzierung des Typus, um die Inanspruchnahme von Umweltgütern mit zu erfassen. Damit würde der Gebührenbegriff jedoch an Prägnanz verlieren. Deshalb liegt es näher, auf den Fall (4) zurückzugreifen. Dieser ist noch offen für eine sinnvolle Ausgestaltung in die Richtung der Inanspruchnahme öffentlicher Güter, und er hat den Vorteil, dass bei ihm die Kombination mit dem Lenkungszweck systematisch angelegt ist, während sie bei der Gebühr nur als Abweichung vom Normalfall der reinen Kompensation für Gegenleistungen verortet werden könnte.

Ist die Emissionsabgabe somit ein Fall einer Rechtfertigung mit dem Ausgleichs- und Lenkungszweck (der die Bezeichnung der Abgabe als Lenkungs- und Ausgleichsabgabe anbietet), so ist nach den konkreteren Anforderungen dieses Rechtfertigungstypus zu fragen.

Wie geschildert, war im Wasserpfennigurteil offengelassen worden, ob gefordert werden müsse, dass die Nutzung des Umweltgutes erlaubnispflichtig gemacht worden ist, mit der Folge, dass die Abgabe als Kompensation für die Nutzungsgestattung erscheint, oder ob auch die faktische Inanspruchnahme eines solchen Gutes als öffentliche Leistung angesehen werden kann. Im Fall der Abgabe für Luftverkehrsemissionen sind zwar Genehmigungspflichten für die Zulassung von Luftfahrzeugen vorgesehen, bei denen gemäß den ICAO-Anforderungen auch das Emissionsverhalten geprüft wird, aber als Gestattung von Luftverschmutzung kann dies nicht gelten. Wir haben es also mit einer faktischen Nutzung der Luft als Trägermedium für Abgase zu tun. Es scheint ziemlich sicher, dass das BVerfG auch diese Variante als Rechtfertigungsgrund ansehen würde. Denn bereits im Wasserpfennig-Fall war es so, dass für die Wasserentnahme zwar eine Erlaubnis eingeholt werden musste, die Berechnung des Entgelts aber nach der faktischen Entnahme (einschließlich der die Erlaubnis übersteigenden) erfolgte.

Eine weitere Anforderung des BVerfG bei Ausgleichsabgaben ist, dass die Abgabe „den Wert der öffentlichen Leistung nicht übersteigt“. Denn:

„Andernfalls würde die Abgabe insoweit – wie die Steuer – „voraussetzungslos“ erhoben. Sie diente dann nicht mehr nur der Abschöpfung eines dem Abgabeschuldner zug e-

wandten Vorteils, sondern griffe zugleich auf seine allgemeine Leistungsfähigkeit im Blick auf die Finanzierung von Gemeinlasten zu.“⁸³

Was dieser „Wert“ der öffentlichen Leistung sein könnte, ist allerdings noch unklar. Das BVerfG scheint den Wert des Vorteils auf Seiten des Vorteilsnehmers im Auge zu haben. Aber ist dies der Preis, den der Markt hergibt? Oder die Kosten, die die Beschaffung des Rohstoffs verursacht (dann schlosse sich ein Zirkel, weil der Preis für das Wasser durch den Preis für das Wasser bestimmt würde)? Wenn es hier noch vieles nachzuarbeiten gibt, so gilt dies erst recht für solche Fälle, in denen der Ausgleich nicht der Vorteilsabschöpfung dient, sondern der Wiedergutmachung eines Schadens, der mit der öffentlichen Leistung verbunden ist. Dies trat beim Wasserpfennig noch nicht in den Vordergrund, stände aber spätestens dann an, wenn Grundwasserabsenkungen und damit Gefährdungen des Naturhaushalts zu befürchten wären. Im Fall der Abgabe auf Luftverkehrsemissionen besteht dieser Schaden in der Beeinflussung des Klimas und der Zerstörung der Ozonschicht. Unterstellt man, dass solche Schädigungen sozusagen als negativer Wert der öffentlichen Gegenleistung angesetzt werden könnte – es spricht nichts dagegen, dass das BVerfG dies akzeptieren würde – so könnte angenommen werden, dass die hier vorgeschlagenen Abgabesätze das enorme Ausmaß der zu betrachtenden Schäden (selbst noch wenn sie durch einen Unsicherheitsfaktor dividiert würden) keineswegs überschreiten.

Ein anderer, vielleicht näherliegender Begründungsstrang geht vom Lenkungszweck der Emissionsabgabe aus. Das BVerfG hatte einen solchen Zweck nur en passant als möglichen Rechtfertigungsgrund erwähnt.⁸⁴ In der Entscheidung zu dem wohl deutlichsten Fall einer Lenkungsabgabe - der Schwerbehindertenabgabe – hatte das Gericht früher bereits eine Richtung angezeigt, nämlich das Vorliegen eines gewichtigen öffentlichen Sachinteresses, das die Lenkung trägt und die Effektivität der Lenkungsmaßnahme.⁸⁵ Allerdings hatte das Gericht diese Kriterien (neben der Erforderlichkeit und Angemessenheit) im Rahmen der Prüfung der Grundrechtsmäßigkeit der Abgabe verwendet. Man könnte sie jedoch auf den Rahmen der finanzverfassungsrechtlichen Rechtfertigung übertragen.

Geht man so vor, so wäre für die hier vorgeschlagene Emissionsabgabe zu fragen, ob sie ein gewichtiges öffentliches Interesse verfolgt und zu dessen Erreichung geeignet ist. Der Schutz des Klimas und der Ozonschicht ist ohne Zweifel ein solches Interesse. Und dass die Abgabe auch effektiv ist, wird in Kapitel 6 dieses Gutachtens nachgewiesen.

⁸³ BVerfGE 93, 319, 347.

⁸⁴ BVerfGE 93, 319, 345: Es kann dahinstehen, ob dies bereits aus der Lenkungsfunktion dieser Abgaben folgt“.

Zusammenfassend ist daher festzustellen, dass die Emissionsabgabe unter finanzverfassungsrechtlichen Gesichtspunkten nicht zu beanstanden wäre.

Die erörterte sachliche Legitimation der Abgabe ist zugleich auch Rechtfertigungsgrund für den Eingriff in die Berufsausübungsfreiheit der Luftverkehrsunternehmen sowie – unter dem Gesichtspunkt des Gleichheitssatzes – für die Differenzierung der Behandlung von Abgabeschuldnern und allgemein Steuerpflichtigen. Deshalb liegt auch ein Grundrechtsverstoß nicht vor.

Schließlich ist auch eine Gesetzgebungskompetenz des Bundes gegeben. Sie folgt aus Art. 74 Abs. 1 Nr. 24 GG (Kompetenz zur Luftreinhaltung).

4.3.2.2 Vereinbarkeit mit dem Gemeinschaftsrecht

In Betracht zu ziehen sind gemeinschaftsrechtliche Vorschriften zur allgemeinen Dienstleistungsfreiheit (Art. 49) und zum Abgabenrecht (umweltrechtliche Abgaben nach Art. 175, das Diskriminierungsgebot gem. Art. 90 und die Harmonisierungskompetenz gem. Art. 93 EGV).

4.3.2.2.1 Allgemeine Dienstleistungsfreiheit

Da die Emissionsabgabe an eine Dienstleistung (den Lufttransport) geknüpft ist, kommt eine Verletzung der allgemeinen gemeinschaftsrechtlichen Dienstleistungsfreiheit (Art. 49 EGV) in Betracht. Luftverkehr gehört jedoch zum Verkehr im allgemeinen und ist deshalb nach Art. 51 EGV von den Bestimmungen zur Dienstleistungsfreiheit ausgenommen. Dennoch wird angenommen, dass der Verkehr den Grundsätzen der Dienstleistungsfreiheit unterliegt.⁸⁶ Dies würde bedeuten, dass Beschränkungen der Dienstleistungsfreiheit nicht (oder nur unter sehr hohen Voraussetzungen) diskriminierend sein dürfen, und dass sie im öffentlichen Interesse gerechtfertigt sein müssen. Die Emissionsabgabe ist jedoch nicht diskriminierend, weil sie gleichermaßen auf Flüge inländischer und ausländischer Betreiber erhoben werden soll, und ihr Zweck des Umweltschutzes ist auch ein legitimes öffentliches Interesse.

4.3.2.2.2 Abgabenrecht

Denkbar wäre zunächst eine Kollision mit dem Abgabenrecht, das auf die umweltrechtlichen Kompetenzgrundlagen des EGV (Art. 175 Abs. 2) gestützt ist. In Betracht zu ziehen

⁸⁵ BVerfG v. 26. 5. 1981, E 57, 139, 158 ff.

⁸⁶ Dies wird aus dem Urteil des EuGH zur Verkehrspolitik vom 22.5.1985, Rs. 13/83, Slg. 1985, 1603 ff. abgeleitet. Vgl. Frohnmeyer in Grabitz/ Hilf, EGV Art. 94 Rdnr. 19.

ist hier die gemeinschaftsrechtliche CO₂-Abgabe.⁸⁷ Sie ist jedoch noch nicht geltendes Recht.

Das abgabenrechtliche Diskriminierungsverbot nach Art. 90 EGV bestimmt, dass Waren aus anderen Mitgliedsstaaten weder unmittelbar noch mittelbar mit höheren inländischen Abgaben belastet werden dürfen als gleichartige inländische Produkte. „Abgaben“ umfassen dabei Steuern wie auch nicht-steuerliche, mit Gegenleistungen verbundene Abgaben.⁸⁸ Wegen der Produktbezogenheit dieser Vorschrift⁸⁹ fällt eine Luftverkehrsabgabe, die an Emissionen anknüpft, jedoch schon tatbestandlich nicht unter die Anwendung von Art. 90 EGV n.F.⁹⁰ Im übrigen diskriminiert die Emissionsabgabe nicht zwischen ausländischen und inländischen Tatbeständen.

Die Harmonisierungskompetenz nach Art. 93 EGV verleiht der Gemeinschaft die Befugnis, die „Umsatzsteuern, die Verbrauchssteuern und sonstigen indirekten Steuern“ zu harmonisieren. Der Begriff der Steuern in Art. 93 ist enger als der der Abgaben in Art. 90. Er umfasst nicht die parafiskalischen Abgaben⁹¹, denn „Steuern“ sind im Gemeinschaftsrecht ähnlich wie im deutschen Recht definiert als „Geldleistungen, die ein steuererhebungsberechtigtes Gemeinwesen zum Zwecke der Erzielung von Einnahmen ohne Gegenleistung erhebt.“⁹² Die Emissionsabgabe könnte also nicht von Gemeinschaftssekundärrecht, das auf Art. 95 gestützt würde, erfasst werden. Dementsprechend gehört sie auch nicht zum Anwendungsbereich der bereits erörterten Richtlinie 92/81 des Rates zur Harmonisierung der Verbrauchssteuern auf Mineralöle: „Verbrauchssteuern“ decken Emissionsabgaben nicht mit ab, für letztere gilt somit das Befreiungsgebot der Richtlinie nicht.

Dieses Ergebnis könnte allerdings durch das Urteil des EuGH vom 10. Juni 1999⁹³ in Zweifel gestellt werden. In dieser Entscheidung ging es um die in Schweden von 1988 bis 1996 erhobene Abgabe auf inländische Flüge. Diese bestand aus zwei Komponenten, nämlich eine Krone pro kg verbrauchten Treibstoffs und 12 Kronen pro kg emittierten CO₂ und NO_x. Die Bezugsdaten der Abgabe wurden nicht nach der Realität des Einzelfalles

⁸⁷ KOM (97)9 endg., vom 26.3.97, S.1.

⁸⁸ Sie werden auch als parafiskalische Abgaben bezeichnet. Voß in Grabitz/Hilf, EGV, Art. 95 Rdnr. 21; Als Beispiel s. den Beitrag zu einem Fonds zur Förderung der Landwirtschaft, EuGH v.22.3.1977, Rs. 78/76, Slg. 1977, 595.

⁸⁹ Klein/ Wolffgang, EGV, Art. 95 Rdnr. 14.

⁹⁰ Breuer, DVBl. 1992, S. 495.

⁹¹ Voß in Grabitz/ Hilf, EGV Art. 95 Rdnr. 21.

⁹² Voß in Grabitz/ Hilf, EGV, vor Art. 95 Rdnr. 2.

⁹³ Rs. C-346/97 (Braathens Sverige AB), noch nicht in Slg.

gemessen, sondern auf der Basis von Durchschnittswerten für bestimmte Flugzeugtypen und Flüge berechnet.

Generalanwalt Fennelly unterschied in seinen Schlussanträgen zwischen einer echten Verbrauchssteuer und einer auf Emissionsvermeidung zielenden Abgabe, die sozusagen nur zum Schein auf den Verbrauch bezogen wird, weil dieser die Emissionen indiziert. Nur die erste werde vom Verbot des Art. 8 Abs. 1 lit. b erfasst RL 92/81. Die letzte falle dagegen nicht in den Anwendungsbereich des genannten Verbots, wobei er freilich nicht ganz klar macht, ob diese Kompetenzreserve aus Art. 3 Abs. 2 der Rahmenrichtlinie der RL 92/81, der Ratsrichtlinie 92/12/EWG, resultiert, die „andere indirekte Steuern für besondere Zwecke“ ausnimmt, oder ob die Emissionsabgabe von vornherein gar nicht in den Anwendungsbereich der Verbrauchssteuerrichtlinien 92/12 und 92/81 fällt. Wichtiges Kriterium sei dabei, ob die Abgabe „genuinely and significantly advance an environmental object“ (im Fall: „of encouraging the use of less polluting aircraft“⁹⁴). Der Generalanwalt meinte, es komme den nationalen Stellen zu zu entscheiden, welcher Fall vorliege.⁹⁵

Legt man die Auffassung des Generalanwalts zugrunde, so verstößt die hier diskutierte Emissionsabgabe nicht gegen das genannte Verbot, weil ein genuine and significant advancement of an environmental goal gegeben ist.

Der Gerichtshof verfolgt in seinem Urteil dagegen einen etwas anderen Ansatz. Er fragt nicht nach Zwecken, sondern „kausal“ nach dem Tatbestand, auf den die Abgabe bezogen werde. Dies sei der Verbrauch von Kerosin. Daran ändere auch nichts, dass letztlich die Emission erfasst und mit einer Abgabe belegt werden solle, denn die Emission sei untrennbar Resultat des Verbrauchs von Kerosin:

„Moreover, ... there is a direct and inverseable link between fuel consumption and the polluting substances referred to in the 1988 Law which are emitted in the course of such consumption, so that the tax at issue, as regards both the part calculated by reference to the emissions of hydrocarbons and nitric oxide and the part determined by reference to fuel consumption, which relates to carbon dioxide emissions, must be regarded as levied on consumption of the fuel itself for the purposes of Directives 92/12 and 92/81.“⁹⁶

Die hier vorgeschlagene Emissionsabgabe soll ähnlich wie die schwedische Abgabe zwar die Emission kontrollieren, wird aber nach dem Kerosinverbrauch berechnet. Insofern

⁹⁴ Schlussanträge vom 12. 11. 1999, Nr. 29.

⁹⁵ Schlussanträge vom 12. 11. 1999, Nr. 15.

⁹⁶ Urteil vom 10. 6. 1999, Nr. 23.

würde sie wohl ebenfalls unter das Verdikt des EuGH fallen.

Das Urteil des EuGH gibt Anlass zu Kritik. Es stellt sich einseitig auf die Position der Herstellung gleicher Bedingungen im Binnenmarkt und dehnt die in dieser Tradition stehenden Verbrauchssteuerrichtlinien auf Tatbestände aus, die aus völlig anderen Politikzielen, nämlich dem Umweltschutz, her motiviert sind. Der Generalanwalt hatte diese Problematik erkannt und eine entsprechende Unterscheidung vorgeschlagen. Allerdings hätte er klarer machen können, dass eine Emissionsabgabe gar nicht erst in den Anwendungsbereich der Verbrauchssteuerrichtlinien fällt, also nicht einmal der Kompetenzreserve für indirekte Steuern nach Art. 3 Abs. 2 RL 92/12 bedarf. Denn bei ihr handelt es sich nicht um eine Steuer, sondern um eine nicht-steuerliche Abgabe.

Der EuGH verfolgt dagegen einen Ansatz, der auffällig technizistisch an den Zusammenhang von Emission und Kerosinverbrauch anknüpft. Nach dieser Logik dürfte auch keine Start- und Landegebuhr für Flugzeuge erhoben werden, weil ein Flugzeug nicht starten und landen kann, ohne Kerosin zu verbrauchen. Der Ansatz ist blind für die jeweils verfolgten Politikziele und damit juristisch-methodisch nicht *lege artis*.

Eine primärrechtskonforme Auslegung hätte dreierlei hinzugefügt: Zum einen den Blick in die Rechtsgrundlage des Art. 93 (ex 99) EGV: er hätte gezeigt, dass Regelungen für Emissionsabgaben auf diese Grundlage gar nicht gestützt werden dürfen, und dementsprechend auch nicht Regelungen, die entsprechende nationale Maßnahmen präkludieren (Grundlage wäre vielmehr Art. 175 (ex 130s) EGV). Zum anderen hätte die Integrationsklausel des Art. 6 (ex 3c, ex 130r) EGV herangezogen werden müssen, die verlangt, dass die Erfordernisse des Umweltschutzes bei der Festlegung und Durchführung der anderen Gemeinschaftspolitiken einzubeziehen sind. Drittens ist es unter dem Gesichtspunkt der Subsidiarität angreifbar, dass eine Richtlinie, die einen begrenzten Steuertatbestand erfasst (nämlich die Verbrauchssteuer auf Kerosin), so weit ausgelegt wird, dass die nationale Gesetzgebung zu allen anderen finanziellen Instrumente ausgeschlossen wird, sobald sie nur entfernt mit dem Verbrauch von Kerosin zu tun haben.

Trotz dieser möglichen Kritik ist hinzunehmen, dass das Urteil nun einmal vorliegt. Wollte man auf nationaler Ebene dennoch eine Emissionsabgabe einführen, blieben drei Wege:

Eine Änderung der RL 92/81 in die Wege leiten, die für die Emissionsabgabe explizit eine Rückausnahme von dem Verbot vorsieht.

Die Emissionsabgabe so ausgestalten, dass die Verbindung zum Kerosinverbrauch gelöst wird, etwa in der Art, dass auf die geflogenen Kilometer eine Abgabe erhoben wird, die

allein nach der Anreizwirkung für die Luftverkehrsunternehmen und Dienstleistungskonsumenten kalkuliert wird.

An der vorgeschlagenen Abgabe festhalten und ein neues Verfahren vor dem EuGH in Kauf nehmen, in dem versucht wird, auf der Grundlage der oben skizzierten Argumentation den EuGH zum Überdenken seiner Position zu bewegen.

Art. 23 EGV verbietet, auf den Warenaustausch zwischen den Mitgliedsstaaten Ein- und Ausfuhrzölle oder Abgaben zollgleicher Wirkung zu erheben. Auch diese Bestimmung ist produktbezogen und deshalb nicht auf Emissionsabgaben anwendbar.

4.3.2.3 Vereinbarkeit mit dem Völkerrecht

Da die hier vorgeschlagene Emissionsabgabe aus Anlass der Landung eines Flugzeugs auf einem deutschen Flughafen erhoben werden soll, stellt sich die Frage der Vereinbarkeit mit Art. 15 Abs. 1 und 2 ChA, die die Benutzung von Flughäfen regeln. Die Vorschrift lautet:

„Jeder Flughafen in einem Vertragsstaat, der den inländischen Luftfahrzeugen zur öffentlichen Benutzung zur Verfügung steht, steht vorbehaltlich der Bestimmungen des Artikels 68 unter einheitlichen Bedingungen gleicherweise den Luftfahrzeugen aller anderen Vertragsstaaten offen...

Alle Gebühren die von einem Vertragsstaat für die Benutzung der Flughäfen und Luftfahrteinrichtungen durch Luftfahrzeuge eines anderen Vertragsstaats erhoben werden oder deren Erhebung von einem Vertragsstaat zugelassen wird, dürfen

a) ...

b) für Luftfahrzeuge, die im planmäßigen internationalen Fluglinienverkehr verwendet werden, nicht höher sein als die Gebühren, die inländische Luftfahrzeuge, die in einem gleichartigen internationalen Fluglinienverkehr verwendet werden, bezahlen würden.“

Absatz 1 enthält ein Diskriminierungsverbot hinsichtlich der Bedingungen, unter denen Flugplätze benutzt werden dürfen. Dieses Verbot ist in einer Schiedsgerichtsentscheidung so ausgelegt worden, dass es nicht nur gegen formale, sondern auch gegen faktische Ungleichbehandlung schützt.⁹⁷ Im vorliegenden Fall der Emissionsabgabe liegt jedoch keine formale oder auch nur faktische Diskriminierung vor. Alle Flughafenutzer werden

⁹⁷ S. den Schiedsspruch im US-UK – Streit über Heathrow – Flughafengebühr, dargestellt bei Mendes de Leon, *Air and Space Law* 1997, 1313, 133 f.

nur für die tatsächlich geflogene Strecke belastet. Dass dies diejenigen stärker trifft, die überwiegend Langstreckenflüge durchführen, liegt in der Sache und hat keinen diskriminierenden Charakter.

Über den Nichtdiskriminierungsgrundsatz hinaus ist aus Art. 13 Abs. 2 ChA eine Art Äquivalenzprinzip abgeleitet worden. Die Abgabe müsse „cost-related“ sein. Dies sei bei Emissionsabgaben, die über die messbare Belastung des Flughafenbereichs hinausgehen, nicht der Fall:

„Proposals have been made with a view to imposing what could be called „punitive damages“ on airlines in order to prevent them from operating severely damaging aircraft, or to reduce the operation of „normally“ polluting aircraft. It seems that the imposition of such „punitive damages“ would not meet the criterion of „cost-related“, although environmentally conscious policy makers promote the adoption of a balanced approach.“⁹⁸

Es mag richtig sein, für Art. 13 Abs.2 ChA eine solche Anforderung der „cost-relatedness“ zu stellen. Denn die Vorschrift regelt die Zulässigkeit von Abgaben (in der englischen Fassung: charges, in der deutschen: Gebühren) für die Benutzung der Flughäfen etc. Unrichtig ist es jedoch, daraus abzuleiten, dass auch solche Abgaben unter diese Anforderung fallen, die nur aus Anlass der Flughafenbenutzung, aber für einen ganz anderen Zweck als die Benutzung erhoben werden.

Eine bestimmte Sorte von solchen anderen Abgaben, nämlich die Abgabe für Verkehrsrechte, wird in Art. 13 Abs.3 Satz 2 ChA erfasst. Er wurde bereits oben zitiert:

"Die Vertragsstaaten erheben keine Gebühren, Taxen oder sonstigen Abgaben für ihr Hoheitsgebiet lediglich für das Recht der Durchreise, Einreise oder Ausreise eines Luftfahrzeugs eines Vertragsstaats oder der an Bord befindlichen Personen oder Güter."

Wie bereits ausgeführt, deckt der Ausdruck „Abgaben“ auch solche nicht-steuerlicher Art, etwa auch eine Lenkungs- oder Ausgleichsabgabe. Das Verbot des Art.15 Abs. 3 ChA bezieht sich aber nur auf solche Abgaben, die lediglich für das Recht der Durchreise ...“ erhoben werden. Nicht verboten sind danach zum Beispiel Gebühren für die Personenkontrolle. Ein solcher anderer Grund, der über den bloßen Verkehrsvorgang hinausweist, ist die Umweltbelastung durch Emissionen.⁹⁹ Zwar hat man diese zur Zeit des Vertragschlusses sicherlich noch nicht im Auge gehabt, aber es ist gerade der Sinn abstrahieren-

⁹⁸ Mende de Leon, Air and Space Law 1997, 131, 135.

⁹⁹ Ebenso Winter (1996) S 125 f.; Mendes de Leon/ Mirmina, J.of Air Law and Commerce, 1997, 794. Anderer Ansicht Mendes de Leon, Air and Space Law 1997, 136, der aber die Gegenleistungsbeziehung, die Art.15 Abs.3 Satz 2 ChA zwischen Abgabe und Verkehrsrecht herstellt, übersieht.

der Formulierungen wie der zitierten, dass sie neue historische Phänomene in sich aufnehmen können. Dabei darf der Sinn freilich nicht verkehrt werden. Das ist aber auch nicht der Fall, denn der Zweck der Vorschrift war darauf gerichtet zu verhindern, dass die Vertragsstaaten ihre Luft- und Landeshoheit als Geldquelle benutzen und dabei womöglich ihre eigene Wirtschaft protegieren. Die Emissionsabgabe hat damit nichts zu tun.

Im Ergebnis ist die Einführung der hier vorgeschlagenen Emissionsabgabe also mit dem Chicagoer Abkommen vereinbar. Dieses Ergebnis wird auch durch die Stellungnahmen des ICAO-Rates bestätigt. Der Rat hat sich zwar wiederholt gegen Emissionsabgaben ausgesprochen, und noch die ICAO-Konferenz von 1994 hat beschlossen, dass

*„the imposition of taxes on the sale or use of international air transport was an impediment to the sound economical and orderly development of international air transport operations.“*¹⁰⁰

Doch sind diese Stellungnahmen bereits dem Wortlaut nach bloße politische Empfehlungen. Sie besitzen nicht den potentiell verbindlichen Charakter, den Richtlinien oder streitschlichtende Interpretationen des ICAO-Rates annehmen können.

Es liegt auf der Hand, dass statt nationaler Maßnahmen eine weltweite Einführung von Emissionsabgaben (vielleicht in Verbindung mit einer Speisung der Global Environmental Facility aus dem Aufkommen) weniger wettbewerbshindernd wäre. Die Aussichten eines weltweiten Vorgehens sind jedoch nicht vielversprechend. Die Sachverständigenkommission des ICAO-Rates, die für die Ausarbeitung von umweltpolitischen Vorschlägen eingesetzt worden ist, das Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP), ist seit vielen Jahren damit beauftragt, Vorschläge zu Emissionsabgaben zu entwickeln. Trotz wiederholter Versicherungen, man gehe an die Arbeit¹⁰¹, hat CAEP bisher jedoch keine Vorschläge vorgelegt. Durch diese Kombination aus Inanspruchnahme der Regelungskompetenz und Nichthandeln, die nun schon Jahre währt, wird der Prozess nur aufgehalten. Dies sollte Anlass sein zu überlegen, die entsprechenden internationalen Schritte in den Rahmen der Konventionen und Organisationen zum Umweltschutz, insbesondere der Klimakonvention, zu verlegen.¹⁰² Daneben erscheinen jedoch auch regionale Maßnahmen wegen ihres Potenzials, vorbildlich zu wirken, als angebracht. In Betracht kommt

¹⁰⁰ Zitiert bei Mendes de Leon/ Mirmina, J. of Air Law and Commerce 1997, 791, 808.

¹⁰¹ Zuletzt in einer Erklärung der ICAO von März 1999.

¹⁰² Vgl. zu der Frage des Forums Winter (1996) S.124 f.; für ein Umweltabkommen im ICAO-Rahmen dagegen Mendes de Leon, Air and Space Law 1997, 131, 140.

dabei die hier diskutierte Maßnahme auf deutscher Ebene, aber auch eine solche auf EG-Ebene. Die Kompetenz dafür wäre mit Art. 175 EGV gegeben.

4.3.2.4 Soft Policy - Maßnahmen

Soweit die hier vorgeschlagenen soft policy – Maßnahmen vom Bund ausgehen sollen, bedarf es einer Verwaltungskompetenz. Für den Luftverkehr ist diese nach Art. 87d GG als bundeseigene Kompetenz gegeben. Sie gehört auch nicht zu den Kompetenzen, die durch das Luftverkehrsgesetz den Ländern als Auftragsangelegenheit übertragen worden ist.

Soweit die Maßnahmen zu einem Eingriff in die Grundrechte führen, ist zudem eine gesetzliche Grundlage erforderlich. Ein Eingriff setzt nicht immer voraus, dass die Maßnahme eine rechtliche Regelung enthält, z. B. aus einem Verwaltungsakt besteht. Vielmehr können auch „faktische“ Maßnahmen, z.B. solche informierender Art, einen Eingriff darstellen. Die Maßnahme muss hierfür aber in bestimmter Weise qualifiziert sein. Welche Merkmale vorliegen müssen, ist noch nicht abschließend geklärt. Nach dem Stand der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts ist darauf abzustellen, ob die staatliche Äußerung spezifisch auf die Beeinträchtigung einer Grundrechtsposition eines Betroffenen zielt¹⁰³ oder, wenn diese Gezieltheit nicht gegeben ist, ob die Äußerung schwerwiegende Folgen für den Betroffenen haben kann und dies in Kauf genommen worden sind.¹⁰⁴ Dies ist z.B. für gezielte Warnungen vor dem Kauf eines Produktes anzunehmen.

Die hier vorgeschlagenen Maßnahmen betreffen den ganzen Sektor der Luftverkehrsunternehmen. Sie zielen nicht auf einzelne von ihnen, und es sind auch keine schwerwiegenden Folgen in Sicht. Davon auszunehmen ist lediglich die Kennzeichnungspflicht für Flugscheine und Güter. Für sie wäre eine gesetzliche Grundlage erforderlich.

4.4 Wirkung der Maßnahmen und des Maßnahmenbündels

Betrachtet werden alternativ (vergl. Abschn. 4.2.2):

- Eine moderate Kerosinsteuer, deren 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 Ke-

¹⁰³ BVerwGE 71, 183 ff.

¹⁰⁴ BVerwGE 90 112 ff.

rosinpreis 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 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).
- Ein Maßnahmenbündel, das sowohl die Einführung der hohen Emissionsabgabe als auch der Kerosinsteuer in der niedrigen Variante im Zeitraum 2002 bis 2010 unterstellt.

Für die Quantifizierung der Wirkung ist auf folgende gemeinsame Rahmenbedingungen der Einführung hinzuweisen. Die Umsetzung in der EU ist nur denkbar, wenn die Gefahren der Umweltbelastung und einer möglichen Klimaveränderung der Bevölkerung bewusst sind, also eine durch Öffentlichkeitsarbeit unterstützte Akzeptanz der Maßnahmen unterstellt werden kann (vergl. Kap. 4.2). Weiterhin ist allen Maßnahmen gemeinsam, dass die gesamte Flugstrecke in und außerhalb Europas berücksichtigt wird, sei es beim Tanken, also vor dem Start in Europa, oder bei der Abgabeerhebung, also bei der Landung. Die Maßnahmen treffen alle Fluggesellschaften im Verkehr mit Europa, nicht nur die europäischen Gesellschaften. Weiter wird angenommen, dass über entsprechende EU-Abkommen die Einführung im gesamten Europa gewährleistet ist, in der Europäischen Union und in den benachbarten europäischen Ländern (z.B. Polen, Schweiz). Nur so können Ausweichreaktionen der Passagiere und Fluggesellschaften weitgehend vermieden werden¹⁰⁵. Lediglich die Rechnungen zur Wirkung erfolgen nur für Deutschland, um den Unterschied zur Trend-Entwicklung aufzuzeigen.

Schließlich hat die Verwendung der erhobenen Abgabe bzw. Steuer Auswirkungen auf den Erfolg der Maßnahmen. Wenn die erhobene Kerosinsteuer den einzelnen Ländern der jeweiligen Betankungsorte zugutekommt, ergeben sich dem Ziel der Emissionsminde-

¹⁰⁵ Auf Ausweichreaktionen bei Fernstrecken wird noch eingegangen.

rung entgegengerichtete Effekte. Jeder Flughafen würde national zu einer bedeutenden Steuerquelle; die Länder, die auf einen Ausbau verzichten, wären benachteiligt. Daher wird unterstellt, dass die Kerosinsteuer der allgemeinen EU-Verwendung zufällt. Die Emissionsabgabe ist zweckgebunden. Es wird angenommen, dass diese Beträge, in der hohen Variante allein aus Deutschland ab 2010 rd. 30 Mrd. DM jährlich, im weitesten Sinne Maßnahmen zugeführt werden, die die Emissionen des Luftverkehrs verringern. Neben der Forschungsförderung können hierzu z.B. auch Verschrottungsprämien für altes Fluggerät gehören.

4.4.1 Vorgehensweise, Modellbeschreibung

Um die Vielfalt der möglichen Reaktionen angemessen berücksichtigen zu können, wird eine Hierarchie der Anpassungsmöglichkeiten gebildet. Im Modell wird zunächst die Kostenhöhung unter unveränderten Rahmenbedingungen berechnet. Dann werden die Reaktionsmöglichkeiten betrachtet, die verbrauchs- oder emissionsmindernd wirken. Hierzu gehören organisatorische Maßnahmen (z.B. Vermeidung von Warteschleifen), vor allem aber eine erhöhte Auslastung der Flugzeuge und der Einsatz verbrauchsärmeren Fluggeräts. Weiterhin sind über den Trend hinausgehende kostensenkende Maßnahmen der Fluggesellschaften zu berücksichtigen. Hierzu gehören etwa eine Reduzierung des Service, zusätzliche Einsparungen bei den Personalkosten, im Vertrieb etc. Beide Maßnahmebereiche verringern den Anstieg der Preise, wie sie letztlich von den Passagieren und Frachtkunden zu zahlen sind. Die Reaktionen der Kunden der Fluggesellschaften auf die Maßnahmen (Preiselastizitäten) werden dann im letzten Schritt geschätzt. Die Maßnahmebereiche sind nicht unabhängig voneinander zu sehen, wie es modelltypisch ideal wäre. Tatsächlich wird sich am Markt ein Gleichgewicht zwischen Internalisierung der Kosten durch die Fluggesellschaften, Weitergabe an die Kunden und deren Nachfragereaktion einstellen. Um dies aufzunehmen, sind iterativ die Reaktionsparameter variiert worden, wobei auch die Rückwirkungen zwischen den Maßnahmebereichen (z.B. erhöhte Abschreibungen bzw. Leasingkosten bei vorzeitigem Einsatz verbrauchsärmeren Fluggeräts) zu berücksichtigen waren.

Die Schätzung der Reaktionsparameter ist mit Unsicherheiten behaftet, da empirische Ergebnisse für derart tiefe Eingriffe in das Preisgefüge weitgehend fehlen. Daher sind zusätzlich umfangreiche Sensitivitätsrechnungen (Minimal-, Maximalvariante) durchgeführt worden¹⁰⁶. Die Maßnahmen ändern die Ticketpreise nicht prozentual gleich, sondern streckenabhängig sehr unterschiedlich (abhängig von Verbrauch, Auslastung etc). Es

¹⁰⁶ Ergänzungsband des DIW.

werden daher Hauptmärkte gebildet, für die alle Parameter variiert werden. Die jeweiligen Ergebnisse für diese Hauptmärkte werden dann auf die einzelnen Relationen unter Berücksichtigung bestimmter Kriterien (Anteil Geschäftsverkehr, Entfernung, Auslastung/Flugfrequenz, Durchschnittsverbrauch im Trend) verteilt. Bei der Bildung der Hauptmärkte wird neben der Unterteilung des Passagierverkehrs nach Geschäfts-, Dienstreisen und privaten Reisen nach Reiseweiten und nach Zieeregionen unterschieden. So werden Urlauberverflüge unter anderen Rahmenbedingungen durchgeführt als Linienflüge, bei denen die Fluggesellschaften eine Dreiteilung zwischen Geschäftsreisenden, die zum großen Teil mit flexiblen Full-Fare-Tickets reisen, privaten Reisenden mit ermäßigten Tickets und dem Frachtanteil vornehmen. Es erfolgt eine Differenzierung nach fünf Hauptmärkten:

- Innerdeutsch
- Europa Linienflug
- Europa Touristik
- Interkont 7000 km (z.B. Atlantik)
- Interkont 10.000 km (z. B. Fernost)

Zunächst wurden aus verfügbaren Daten zu den Kosten je Sitzkilometer¹⁰⁷ und bekannten Kostenbestandteilen (Kerosin, Landegebühr) für eine typische Maschine, Fluggesellschaft und Relation die mittleren Kosten je Flug geschätzt. Aus der Gegenüberstellung zu den möglichen Einnahmen zur Deckung wurden plausible Ticketpreisentwicklungen für den Trend und die Maßnahmenszenarien abgeleitet.

4.4.2 Annahmen zur Entwicklung der Reaktionskomponenten

Die hier beschriebenen Annahmen beziehen sich auf über den Trend hinausgehende Reaktionen der Akteure im Luftverkehr. Bereits im Trend ist, teilweise bedingt durch die weitere Liberalisierung, von weiteren Kostensenkungsanstrengungen der Fluggesellschaften auszugehen, die zu weiter sinkenden Ticketpreisen führen. Die preislichen Maßnahmen werden diese Bemühungen verstärken.

Die Möglichkeiten der Fluggesellschaften, auf Preiserhöhungen zu reagieren, lassen sich in zwei Gruppen unterteilen. Zum einen werden die Fluggesellschaften versuchen, den Verbrauch je Personenkilometer zusätzlich zu verringern, zum anderen können die Flug-

¹⁰⁷ Vgl. Exkurs Kostenstrukturen der Fluggesellschaften im DIW-Berichtsband.

gesellschaften verstärkt Anstrengungen unternehmen, allgemein die Kosten zu senken und damit die Ticketpreise nicht so stark steigen zu lassen. Zu den erstgenannten Maßnahmen gehören Strategien zur besseren Auslastung der Sitzplätze und operationelle und andere technische verbrauchsmindernde Maßnahmen im weitesten Sinne.

Auslastung

Die maximal mögliche betriebliche Auslastung wird durch zwei Faktoren begrenzt. Zum einen gibt es saisonale Schwankungen, die täglich (Morgen-, Abendspitze) und/oder wöchentlich auftreten und/oder im Jahresverlauf schwanken und damit zwangsläufig zeitweise zu nur gering ausgelasteten Maschinen führen. Zum anderen ergibt sich eine Auslastung unter 100 % daraus, dass Passagiere, insbesondere Geschäftsreisende, flexible Tickets nutzen möchten. Durch Überbuchung und andere Strategien (Stand-by-Passagiere) versuchen die Fluggesellschaften, diese Ausfälle gering zu halten. Die hierzu eingesetzten Verfahren werden sich im Trend weiter verfeinern; von Fluggesellschaften werden 80 % als erreichbare Auslastungs-Obergrenze im normalen Linienbetrieb genannt.

Am niedrigsten war die Auslastung der Maschinen 1995 mit 44 % im innereuropäischen Linienverkehr, auf Langstrecken-Linienflügen war die Auslastung mit 68 % deutlich höher. Die höchste Auslastung hatten mit 79 % die im Urlaubsverkehr eingesetzten Maschinen.¹⁰⁸ Bei Einführung der Maßnahmen wird eine Verbesserung der Auslastung zwischen 3 und 8 Prozentpunkten erwartet.

Verbrauchsminderung

Eine Verringerung des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs wird vor allem durch den Einsatz von verbrauchsgünstigem Fluggerät im Verkehr mit Europa zu erwarten sein. Dies verbessert zwar nicht unbedingt weltweit die Emissionsbilanz des Luftverkehrs (nur wenn alte Maschinen stillgelegt werden), wohl aber die Emissionsergebnisse für den von Deutschland ausgehenden Luftverkehr.

Zu erwarten ist, dass die Fluggesellschaften deutliche Signale zur forcierten Entwicklung verbrauchsärmerer Maschinen geben. Insbesondere bei der Emissionsabgabe, wenn entsprechende Forschungsgelder zur Verfügung gestellt werden, sind daher weit über die Trendentwicklung hinausgehende Verminderungen beim spezifischen Verbrauch zu erwarten. Hinzu kommt eine Verstärkung des Upgrading bez. Re-Engineering, d.h. der Umrüstung und Verbesserung von in Betrieb befindlichen älteren Maschinen.

¹⁰⁸ Schätzwerte des DIW, u.a. nach Angaben von Fluggesellschaften.

Zu den nichttechnischen Maßnahmen zur Kerosineinsparung gehören die verstärkte Nutzung der kürzesten Route, die Vermeidung der Triebwerksnutzung auf dem Flugfeld etc. Bei den jetzigen Langstrecken-Flugzeugtypen liegt das Optimum des spezifischen Verbrauchs bei 7000 km Flugweite, bei längeren Strecken steigt der spezifische Verbrauch wegen der hohen beim Start mitzuführenden Treibstoffmenge wieder an. Bei einem starken Anstieg der Kerosinpreise würde der Anteil von Non-Stop-Langstreckenverbindungen sicher zurückgehen, der Anteil der Flüge mit Zwischenlandung wieder ansteigen.

Reaktionen auf administrativ erhöhte Kosten der Fluggesellschaften

Bereits in der Vergangenheit haben die meisten Fluggesellschaften als Folge des zunehmenden Wettbewerbs sich verstärkt um Kostensenkungen bemüht, auch im Trend wird diese Entwicklung weiter anhalten. Wenn der Luftverkehr durch die Maßnahmen verteuert wird, werden die Gesellschaften, um nicht Kunden zu verlieren, diese Bemühungen intensivieren. Wenn man die europäischen Gesellschaften mit den Kostenstrukturen nordamerikanischer Fluggesellschaften vergleicht, sind Potenziale durchaus vorhanden,.

Elastizitäten, Reaktion der Kunden

In der Ökonomie werden vielfach die Elastizitäten als Kenngrößen für die Abhängigkeit einer Größe von der Entwicklung einer Einflussgröße verwendet. Die Elastizität ist das Verhältnis der relativen (prozentualen) Änderung der Nachfrage zur relativen Änderung der Einflussgröße (hier der Preis). Eine Elastizität von -1,5 würde also bedeuten, dass eine Zunahme des Preises für Flugtickets um 2 % eine 3 %ige Verminderung der Nachfrage im Vergleich zum Vorjahr bewirkt. Auch für diese Untersuchung sind aus der Literaturanalyse Preiselastizitäten analysiert und letztlich Werte gesetzt worden. Die Annahme der zeitlich unveränderten Gültigkeit ist problematisch und nur bei kleinen jährlichen Änderungen der Einflussgrößen zu vertreten. Bei den Maßnahmen werden jedoch stetige Kostenerhöhungen über einen Zehnjahreszeitraum betrachtet, die bei den hohen Ausprägungen den Extrapolationsrahmen verlassen, für den empirische Werte vorliegen können. Zudem ändert sich auch das Umfeld. Bei der hohen Kerosinsteuer etwa ist davon auszugehen, dass auch die anderen Verkehrsarten entsprechend belastet werden.

Die in der Literatur angegebenen Elastizitätsmaße sind also für diese Untersuchung nur bedingt geeignet, sie sind auch abhängig von den unterschiedlichen Möglichkeiten der Kompensation, etwa durch Reduzierung der Aufenthaltskosten, kürzere Reisen, und andere Ziele; sie sind mithin kaum übertragbar und zu verallgemeinern. Einige sind sich alle

Autoren, dass der Geschäftsverkehr weniger stark auf Preiserhöhungen reagiert als der private Verkehr.

Wegen der skizzierten Problematik sind die Elastizitätswerte aus der Literatur durch Betrachtung des Urlaubsbudgets von privaten Haushalten¹⁰⁹ und Expertenschätzungen zur Reaktion ergänzt worden, es wurden auch hier Sensitivitätsrechnungen mit sehr unterschiedlichen Werten durchgeführt. Noch schwieriger ist die Situation für die Luftfracht: auch hier sind die (wenigen) Informationen aus der Literatur aufbereitet und durch eigene Schätzungen ergänzt worden.

Tabelle 4.3: Annahmen zur Preiselastizität im Geschäftsverkehr

		moderate Kerosinsteuer		hohe Kerosinsteuer		moderate Emissionsabg.		hohe Emissionsabg.		Maßnahmen- bündel	
Markt		2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Innerdt.	Min.	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
	Mittl.	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20
	Max.	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50
Europa Linie	Min.	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
	Mittl.	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15
	Max.	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50
Europa Charter	Min.	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
	Mittl.	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10
	Max.	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
Interkont. - 7000 km	Min.	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
	Mittl.	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10
	Max.	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
Interkont. - 10000 km	Min.	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
	Mittl.	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10
	Max.	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30

Quelle: Berechnungen und Schätzungen des DIW.

Tabelle 4.4: Annahmen zur Preiselastizität bei Privatreisen

		moderate Kerosinsteuer		hohe Kerosinsteuer		moderate Emissionsabg.		hohe Emissionsabg.		Maßnahmen- bündel	
Markt		2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Innerdt.	Min.	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90
	Mittl.	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20
	Max.	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20
Europa Linie	Min.	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90
	Mittl.	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10
	Max.	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10	-1,10
Europa Charter	Min.	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70
	Mittl.	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80
	Max.	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
Interkont. 7000 km	Min.	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70
	Mittl.	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80
	Max.	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00

¹⁰⁹ Vgl. Berichtsband des DIW, Exkurs Kapitel 5.2.1

Interkont.	Min.	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70
10000 km	Mittl.	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80
	Max.	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00

Quelle: Berechnungen und Schätzungen des DIW.

4.4.3 Ergebnisse nach Hauptmärkten

Anhaltspunkt für die sich ergebenden Erhöhungen der Ticketpreise sind die nach den Reaktionen der Fluggesellschaften verbleibenden Kostensteigerungen, die an den Endkunden weitergegeben werden müssen. Die direkten Kostensteigerungen ergeben sich aus den zu zahlenden höheren Kerosinpreisen und/oder höheren Landegebühren. Bei den Reaktionen waren auch die anderen Kostenelemente ggf. zu modifizieren. So bedeutet eine höhere Auslastung auch eine um die personenbezogenen Gebührenanteile erhöhte Landegebühr der Maschine und geringfügig höheren Verbrauch. Bei Minderung des Durchschnittsverbrauchs aus dem Einsatz neuen Fluggeräts sind die Abschreibungssätze bei den sonstigen Flugkosten erhöht worden. Betrachtet werden jeweils die Kosten für einen Hin- und Rückflug.

Tabelle 4.5: Durchschnittliche Ticketkosten mit und ohne Anpassungsreaktionen in DM (real)

			Trend		moderate Kerosinsteuer		hohe Kerosinsteuer		moderate E-missionsabg.		hohe Emissionsabg.		Maßnahmen-bündel	
Markt		1995	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Innerdeutsch	ohne	327	303	279	355	326	583	533	354	326	585	534	637	581
	mit				346	317	550	491	344	315	547	489	587	546
Europa Linie	ohne	1090	865	829	1062	1009	1927	1802	962	917	1399	1318	1596	1499
	mit				1030	978	1715	1591	1024	972	1681	1560	1708	1583
Europa Charter	ohne	434	425	416	522	508	947	909	472	461	688	664	785	756
	mit				516	507	849	814	513	503	846	811	899	854
Interkont. - 7 000 km	ohne	2266	2117	2011	2324	2201	3233	3032	2321	2197	3240	3038	3447	3227
	mit				2284	2146	2898	2729	2277	2139	2891	2721	2988	2854
Interkont. - 10 000 km	ohne	2565	2438	2585	2840	2980	4605	4712	2833	2973	4619	4725	5021	5120
	mit				2781	2897	4359	4217	2766	2880	4345	4200	4692	4493
Quelle: Berechnungen und Schätzungen des DIW.														

Quelle: Berechnungen und Schätzungen des DIW.

Im innerdeutschen Verkehr zeigen die Modellrechnungen, dass bis zum Jahr 2010 die Preise im Trend um 10 Prozent sinken werden, bis 2020 sogar um 15 Prozent. Die Einführung der moderaten Kerosinsteuer sorgt lediglich dafür, dass das Preisniveau von 1995 in etwa gehalten wird. Damit ergibt sich, dass keine hohe Verlagerung des innerdeutschen Luftverkehrs auf die Schiene durch eine moderate Kerosinsteuer zu erwarten ist. Gleiches gilt für die moderate Emissionsabgabe. Bei den hohen Ausprägungen und dem Maßnahmenbündel würde sich das innerdeutsche „Durchschnittsticket“ von DM 327 auf bis zu DM 546 verteuern. Da der Geschäftsverkehr mit niedriger Preiselastizität über-

wiegt, 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. Ursachen hierfür sind u.a. die Vielzahl der angeflogenen europäischen Zielflughäfen und die (noch) nicht durch Allianzen verbundenen unterschiedlichen Fluggesellschaften, die ihre Knoten (London, Amsterdam, Brüssel, Paris, Zürich, Wien) von Deutschland aus mit eigenen Zubringerflügen füttern. Die prognostizierte Zunahme der Passagierzahlen und eine Verringerung der Vielfalt der Gesellschaften wird im Trend eine deutliche Erhöhung der Auslastung und damit eine Verringerung der Kosten und des spezifischen Verbrauchs bewirken. So sinkt im Trend der Preis für ein Durchschnittsticket von DM 1000 in 1995 auf DM 865 in 2010. Durch die Maßnahmen wird diese Entwicklung umgekehrt, der Ticketpreis steigt z.B. beim „Maßnahmenbündel“ auf über DM 1700. Damit wird das Verkehrswachstum zwar um rd. 25 % abgeschwächt, bezogen auf 1995 ergibt sich bis 2010 noch eine Passagierzunahme um mehr als die Hälfte, bis 2020 mehr als eine Verdoppelung.

Tabelle 4.6: Sensitivitätsrechnung – Verkehrsaufkommen in Mill. Passagiere

Markt		Trend		moderate Kerosinsteuer		hohe Kerosinsteuer		moderate Emissionsabg.		hohe Emissionsabg.		Maßnahmenbündel	
		2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Innerdeutsch	Min.			18,1	22,1	13,8	17,1	18,1	22,2	13,9	17,2	13,2	16,0
	Mittl.	19,7	24,1	19,2	23,5	16,9	21,0	19,2	23,5	16,9	21,0	16,8	20,6
	Max.			19,6	24,0	18,6	22,9	19,6	24,0	18,7	22,9	18,6	22,8
Europa Linie	Min.			20,3	27,3	13,7	18,9	20,4	27,4	13,7	19,0	13,3	18,4
	Mittl.	23,1	30,9	21,6	29,0	17,0	23,6	21,6	29,1	17,1	23,8	17,2	23,8
	Max.			22,8	30,5	19,0	26,1	22,8	30,5	19,1	26,2	18,9	26,1
Europa Charter	Min.			17,9	21,3	10,4	12,8	18,0	21,5	10,4	12,8	9,6	12,0
	Mittl.	21,4	25,7	19,2	23,1	13,8	16,9	19,3	23,2	13,8	16,9	13,5	16,7
	Max.			19,9	23,8	14,6	18,0	20,0	23,9	14,7	18,1	14,4	17,8
Interkont. 7.000 km	Min.			14,3	20,6	11,2	16,5	14,3	20,6	11,3	16,5	11,1	16,3
	Mittl.	15,4	22,2	15,1	21,8	13,3	19,4	15,1	21,9	13,4	19,4	13,4	19,3
	Max.			15,6	22,4	13,7	19,8	15,6	22,5	13,7	19,8	13,8	20,0
Interkont. 10.000 km	Min.			5,2	8,3	3,6	6,1	5,2	8,3	3,6	6,1	3,5	6,1
	Mittl.	5,7	8,9	5,4	8,6	4,3	7,1	5,5	8,6	4,3	7,2	4,2	7,0
	Max.			5,7	9,1	4,6	7,6	5,7	9,1	4,6	7,6	4,5	7,6

Quelle: Berechnungen und Schätzungen des DIW.

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 für die Fluggesellschaften die Möglichkeiten gering, die Preissteigerungen auszugleichen. Zudem sind U-

laubsreisende im Vergleich zu Geschäftsreisenden preissensibler, so dass das Aufkommen bei den Maßnahmen mit drastischer Verteuerung nicht um 2/3 zunimmt, sondern bei dem Wert von 1995 (rd. 15 Mio.) bis 2020 stagniert.¹¹⁰

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

4.4.4 Ergebnisse nach Maßnahmebereichen

Die Einführung der moderaten Kerosinsteuer sorgt in allen Hauptmärkten 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 an. Dies gilt in verstärkter Form für den Charterverkehr, der bereits heute einen geringen spezifischen Verbrauch aufweist. Insgesamt wird bei der Einführung der moderaten Kerosinsteuer, d.h. einer Steuer in Höhe des Satzes für Dieseltreibstoff, das Verkehrsaufkommen nur um fünf Prozent geringer wachsen als im Trend.

Dagegen sind bei der hohen Kerosinsteuer nach der Modellrechnung bis 2010 durchaus Erfolge bei der Drosselung des Zuwachses des Kraftstoffverbrauchs zu erwarten, die Zunahme des Kraftstoffverbrauchs (im Trend beträgt die Zunahme vier Fünftel) würde auf ein Fünftel gegenüber 1995 reduziert. Dies ergibt sich überwiegend aus der Minderung des spezifischen Verbrauchs, die Verkehrsleistung wächst um vier Fünftel (im Trend nahezu Verdoppelung). Wegen des zu erwartenden Tankerings sind diese Modellergebnisse jedoch nicht realistisch.

In den Rahmenannahmen zu den Maßnahmen wird unterstellt, dass Tankering innerhalb Europas durch entsprechende Abkommen ausgeschlossen wird. Für die Schweiz und die osteuropäischen (künftigen EU-) Länder erscheint dies auch möglich, für außereuropäische Länder kaum. Damit entstehen Anreize zum Tankering mit Langstreckenmaschinen,

¹¹⁰ Nicht in der Modellrechnung, sondern erst in den Endtabellen sind etwa 250.000 Passagiere in 2010 und 300.000 Urlauber in 2020 enthalten, die an Stelle eines Fernurlaubs einen vergleichsweise preiswerten Mittelmeerurlaub wählen.

wie eine Beispielrechnung für eine Boeing 747 zeigt. In der Rechnung werden die gesamten Flugkosten bei hoher und niedriger Kerosinsteuer für einen Langstreckenflug zwischen Südostasien und Europa (Hin- und Zurück) in drei Varianten berechnet (vgl. **Tab. 4.7**).

Tabelle 4.7: Beispielrechnung zum Tankering mit Langstreckenflugzeugen

Vergleich Treibstoffkosten auf einer Langstrecke mit und ohne Zwischenlandung				Hin- und Rückflug	
B747-400 (CF6-80C2B1F)					
Nutzlast	t	52			
Pass.		387			
maxStartgewicht	t	394,6			
maxLandegew.	t	285,8			
Leergewicht	t	188,6			
Tankkapazität	l	215.000			
Verbrauch nach Streckenlänge				ohne Tankering	mit Tankering
Strecke	km	10.000	7.000	4.000	4.000
Verbrauch	l	149.966	99.638	55.711	59.000
ohne Steuer					
Kerosinpreis		0,31	DM / l		
Treibstoffkosten		gesamt	je Pass.		
Non-Stop	DM	92.979	240		
mit Zwischenlandung	DM	95.316	249		
gesamte Flugkosten *)					
Non-Stop	DM	662.979	1.713		
mit Zwischenlandung **)	DM	723.316	1.869	eine Zwischenlandung	
Kerosinsteuer niedrig					
KerosinpreisWeltmarkt		0,31	DM / l		
KerosinpreisEuropa		0,90	DM / l		
Treibstoffkosten		gesamt	je Pass.		
Non-Stop	DM	181.459	469		
mit Zw.landung o. Tankering	DM	129.186	334		
mit Zw.landung m. Tankering.	DM	97.336	252		
gesamte Flugkosten *)					
Non-Stop	DM	751.459	1.942		
mit Zw.landung o. Tankering	DM	755.186	1.954	Zw.landung auf Rückflug	
mit Zw.landung m. Tankering	DM	781.336	2.019	Zw.landung auf Hin- u. R.	
Kerosinsteuer hoch					
KerosinpreisWeltmarkt		0,31	DM / l		
KerosinpreisEuropa		3,49	DM / l		
Treibstoffkosten		gesamt	je Pass.		
Non-Stop	DM	569.872	1.473		
mit Zw.landung o. Tankering	DM	273.477	707		
mit Zw.landung m. Tankering	DM	97.336	252		
gesamte Flugkosten *)					
Non-Stop	DM	1.139.872	2.945		
mit Zw.landung o. Tankering	DM	900.477	2.327	Zw.landung auf Rückflug	
mit Zw.landung m. Tankering.	DM	781.336	2.019	Zw.landung auf H.- u. R.	
*) Gesamtkosten einschl. Landegebühren, Abschreibung, Personal.					
**) Zusatzkosten für Landung mit 57 000 DM angesetzt.					
Quellen: TÜV Rheinland, DLR, Berechnungen des DIW.					

Betrachtet werden ein Non-Stop-Flug und Flüge mit Zwischenlandung rd. 4000 km von Europa entfernt, etwa in Abu Dhabi. Technisch limitierender Faktor ist nicht die Zuladungsmöglichkeit (Tankkapazität oder Gesamtgewicht), sondern das zulässige Landegewicht. Die technischen Grenzen erlauben die Einfuhr von 50 – 60 000 Liter Kerosin steuerfrei nach Europa, die bei der hohen Kerosinsteuer einen Preisvorteil von DM 3,10 je Liter bedeuten, DM 0,60 je Liter in der niedrigen Ausprägung. Bezogen auf einen Passagier würden die Kosten bei hoher Steuer von DM 2.945 Non-Stop auf DM 2.019 mit Zwischenlandung und Tankering sinken. In dieser Beispielrechnung sind die zusätzlichen Kosten für Zwischenlandung, Umweg, höhere Personaldienstzeiten etc. enthalten. Diese Zusatzkosten würden beim niedrigen Steuersatz die Einsparung überwiegen, der Flug mit Zwischenlandung und Tanken wäre geringfügig teurer als der Flug Non-Stop.

Zwar existiert auf den Atlantik-Strecken diese Ausweichmöglichkeit durch Zwischenlandung nicht; durch Änderung der Flugzeugumläufe könnten die Vorteile des Tankerings jedoch auch auf innereuropäische Strecken übertragen werden. Statt des Einsatzes neuen, verbrauchsarmen Fluggeräts, wie im Modell unterstellt, würden Langstreckenmaschinen mit außerhalb Europas getanktem Kerosin eingesetzt. Aus diesem Grund ist die europäische Einführung einer Kerosinsteuer nur bis zu einem Satz von DM 0,60 bis 0,70 je Liter sinnvoll, die Maßnahme hohe Kerosinsteuer nicht zu empfehlen.

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 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 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 ähnlich wie im Trend zunehmen. Neues Fluggerät und technisch-organisatorische 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 hohe Emissionsabgabe bestimmt. Auch bei der Bündelung der Maßnahmen wird die Verkehrsleistung bis 2010 um die Hälfte, bis 2020 um mehr als das Doppelte zunehmen.

Zusammenfassung

Insgesamt wird durch die Maßnahmen die Zunahme der Nachfrage im Luftverkehr 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 keine Alternative gibt, ist die Reaktion der Kunden (Preiselastizität) nur schwach ausgeprägt. So wachsen die Verkehre auf den Fernstrecken überproportional, lediglich auf den Urlauberverhältnissen nach Südeuropa wäre unter den Prämissen des Maßnahmenbündels ein leichter Rückgang der Urlauberszahlen zu verzeichnen. Der zweite Grund liegt darin, dass die preissteigernde Wirkung der Maßnahmen durch Auffangreaktionen, vor allem durch eine über den Trend hinausgehende Reduzierung des spezifischen Verbrauchs je Tonne Nutzlast gedämpft wird. Im Saldo ergibt sich für den Treibstoffverbrauch und damit den CO₂-Ausstoß eine wesentlich bessere Bilanz als bei der Nachfrage, 2010 wird fast der Wert von 1995 erreicht. Dabei ist die Wirkung vor allem auf die hohe Emissionsabgabe zurückzuführen. Die Effekte des Maßnahmenbündels und der hohen Emissionsabgabe allein unterscheiden sich kaum. 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. Um das ursprünglich gesetzte Ziel, die Emissionen auf den Stand von 1995 zu stabilisieren, wären weitere einschneidende Maßnahmen nötig.

Tabelle 4.8: Maßnahmewirkung im Personenverkehr (Standortprinzip)

	1995	Trend		moderate Kerosinsteuer		hohe Kerosinsteuer *)		moderate Emissionsabg.		hohe Emissionsabg.		Maßnahmen-bündel	
		2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Passagiere in Mio.													
Innerdeutsch	13,88	20,42	24,93	19,88	24,33	15,99	21,67	19,91	24,37	16,01	21,70	15,84	21,25
Westeuropa	8,86	15,26	19,62	14,43	18,61	12,14	15,93	14,46	18,65	12,18	15,98	12,09	15,91
Südeuropa	15,27	21,45	25,73	19,21	23,07	13,91	17,09	19,30	23,17	13,96	17,15	13,66	16,90
Osteuropa	2,24	7,86	11,23	7,27	10,50	5,73	8,64	7,29	10,53	5,75	8,66	5,68	8,60
Nordamerika	3,97	8,02	10,97	7,72	10,65	6,46	9,12	7,74	10,68	6,47	9,14	6,40	9,01
Mittelamerika	0,79	1,96	2,90	1,85	2,78	1,42	2,27	1,86	2,79	1,42	2,28	1,38	2,23
Südamerika	0,29	0,68	1,25	0,66	1,23	0,62	1,16	0,66	1,23	0,62	1,17	0,62	1,16
Afrika	1,96	3,36	5,19	3,26	5,08	2,82	4,40	3,27	5,09	2,82	4,41	2,82	4,37
Nahost	0,58	1,38	1,84	1,35	1,82	1,20	1,63	1,35	1,82	1,21	1,63	1,21	1,62
Asien, übrige	2,40	5,74	8,91	5,47	8,60	4,82	7,69	5,48	8,62	4,83	7,70	4,80	7,62
Gesamt	50,24	86,12	112,5	81,10	106,6	65,12	89,59	81,32	106,9	65,27	89,80	64,51	88,67
Personenkilometer in Mrd.													
Innerdeutsch	5,84	8,59	10,50	8,37	10,25	6,97	9,13	8,38	10,26	6,98	9,14	6,91	8,96
Westeuropa	5,53	9,50	12,20	8,98	11,57	7,54	9,89	9,00	11,59	7,57	9,92	7,51	9,87
Südeuropa	27,60	38,74	46,34	34,64	41,46	24,79	30,35	34,79	41,65	24,87	30,45	24,32	29,99
Osteuropa	3,23	9,36	13,99	8,72	13,17	7,02	11,05	8,74	13,20	7,04	11,09	6,97	11,02
Nordamerika	29,05	58,73	80,48	56,45	78,03	46,83	66,48	56,60	78,24	46,91	66,61	46,30	65,66
Mittelamerika	6,52	16,21	24,21	15,18	23,01	11,75	18,96	15,23	23,08	11,78	19,00	11,47	18,61
Südamerika	3,03	7,01	12,97	6,83	12,74	6,38	12,06	6,84	12,76	6,38	12,07	6,35	12,00
Afrika	6,78	12,62	18,81	12,14	18,28	10,63	16,05	12,18	18,33	10,65	16,09	10,63	15,94
Nahost	1,91	4,53	6,09	4,44	6,02	3,98	5,42	4,45	6,03	3,99	5,42	3,99	5,39
Asien, übrige	22,48	52,94	81,58	50,30	78,52	44,40	70,22	50,46	78,76	44,47	70,34	44,25	69,65
Gesamt	111,9	218,2	307,1	206,0	293,0	170,2	249,6	206,6	293,9	170,6	250,1	168,6	247,0

*) Rechnung unter der Prämisse, dass Tankering verhindert wird

Quelle: Berechnungen des DIW.

Tabelle 4.9: Maßnahmewirkung im Luftfrachtverkehr (Standortprinzip)

	1995	Trend		moderate Kerosinsteuer		hohe Kerosinsteuer*)		moderate Emissionsabg.		hohe Emissionsabg.		Maßnahmen- bündel	
		2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Fracht in Mio. t													
Westeuropa	0,137	0,274	0,417	0,237	0,364	0,136	0,215	0,239	0,367	0,139	0,220	0,140	0,221
Südeuropa	0,057	0,114	0,178	0,099	0,155	0,057	0,091	0,099	0,156	0,058	0,094	0,058	0,094
Osteuropa	0,013	0,027	0,042	0,023	0,036	0,013	0,021	0,023	0,037	0,014	0,022	0,014	0,022
Nordamerika	0,224	0,512	0,867	0,490	0,838	0,390	0,679	0,492	0,841	0,391	0,681	0,386	0,669
Mittelamerika	0,012	0,027	0,044	0,025	0,041	0,017	0,031	0,025	0,042	0,017	0,031	0,017	0,030
Südamerika	0,019	0,043	0,082	0,040	0,077	0,028	0,058	0,040	0,077	0,028	0,058	0,027	0,056
Afrika	0,041	0,095	0,161	0,090	0,155	0,070	0,124	0,090	0,155	0,071	0,124	0,069	0,122
Nahost	0,041	0,094	0,160	0,092	0,157	0,078	0,133	0,092	0,158	0,078	0,133	0,078	0,132
Asien, übrige	0,243	0,600	1,050	0,566	1,002	0,427	0,786	0,568	1,006	0,428	0,788	0,419	0,771
Gesamt	0,788	1,786	3,000	1,662	2,826	1,216	2,138	1,669	2,838	1,223	2,151	1,208	2,117
Frachtleistung in Mrd. Tkm													
Westeuropa	0,089	0,177	0,270	0,154	0,236	0,088	0,139	0,155	0,238	0,090	0,142	0,091	0,143
Südeuropa	0,086	0,172	0,269	0,149	0,235	0,085	0,138	0,150	0,236	0,087	0,142	0,088	0,142
Osteuropa	0,020	0,041	0,064	0,035	0,056	0,020	0,033	0,036	0,056	0,021	0,034	0,021	0,034
Nordamerika	1,542	3,527	5,957	3,363	5,737	2,644	4,616	3,375	5,758	2,650	4,629	2,614	4,545
Mittelamerika	0,104	0,238	0,394	0,221	0,370	0,155	0,277	0,222	0,372	0,156	0,278	0,150	0,269
Südamerika	0,190	0,434	0,820	0,402	0,770	0,282	0,575	0,404	0,774	0,283	0,577	0,273	0,559
Afrika	0,269	0,615	1,025	0,581	0,980	0,441	0,770	0,583	0,984	0,442	0,772	0,433	0,755
Nahost	0,137	0,312	0,529	0,304	0,518	0,257	0,437	0,305	0,520	0,257	0,438	0,258	0,434
Asien, übrige	2,007	4,877	8,416	4,574	7,992	3,372	6,172	4,592	8,026	3,381	6,192	3,290	6,035
Gesamt	4,444	10,393	17,742	9,783	16,894	7,345	13,158	9,821	16,963	7,368	13,205	7,217	12,918
Quelle: Berechnungen des DIW.													
*) Rechnung unter der Prämisse, dass Tankering verhindert wird													

Tabelle 4.10: Maßnahmewirkung - Treibstoffverbrauch (Standortprinzip)

	1995	Trend		moderate Kerosinsteuer		hohe Kerosinsteuer*)		moderate Emissionsabg.		hohe Emissionsabg.		Maßnahmen-Bündel	
		2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Verbrauch in Mrd. L													
Innerdeutsch	0,66	0,88	1,00	0,80	0,90	0,62	0,75	0,80	0,89	0,62	0,75	0,56	0,69
Westeuropa	0,61	0,92	1,14	0,82	1,02	0,62	0,77	0,81	1,01	0,61	0,76	0,55	0,68
Südeuropa	1,21	1,58	1,80	1,34	1,53	0,86	0,99	1,33	1,52	0,85	0,98	0,78	0,88
Osteuropa	0,35	0,46	0,65	0,40	0,57	0,29	0,43	0,40	0,56	0,29	0,42	0,26	0,38
Nordamerika	1,65	3,01	3,97	2,56	3,55	1,97	2,78	2,54	3,51	1,95	2,76	1,82	2,48
Mittelamerika	0,28	0,59	0,79	0,49	0,69	0,36	0,53	0,48	0,69	0,36	0,52	0,33	0,47
Südamerika	0,17	0,34	0,58	0,29	0,53	0,26	0,46	0,29	0,52	0,26	0,46	0,25	0,42
Afrika	0,37	0,63	0,87	0,54	0,77	0,43	0,62	0,53	0,77	0,43	0,62	0,40	0,56
Nahost	0,13	0,26	0,34	0,23	0,31	0,18	0,25	0,23	0,30	0,18	0,25	0,17	0,22
Asien, übrige	1,63	3,38	4,86	2,84	4,33	2,40	3,60	2,82	4,29	2,38	3,56	2,25	3,25
Gesamt	7,04	12,05	15,99	10,31	14,20	8,00	11,19	10,23	14,07	7,92	11,06	7,38	10,04

*) Rechnung unter der Prämisse, dass Tankering verhindert wird

Quelle: Berechnungen des DIW.

Tabelle 4.11: Maßnahmewirkung im Personenverkehr (Territorialprinzip)

	1995	Trend		moderate Kerosinsteuer		hohe Kerosinsteuer *)		moderate Emissionsabg.		hohe Emissionsabg.		Maßnahmenbündel	
		2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
		Passagiere in Mio.											
Innerdeutsch	13,88	20,42	24,93	19,88	24,33	15,99	21,67	19,91	24,37	16,01	21,70	15,84	21,25
Westeuropa	17,72	30,53	39,23	28,86	37,22	24,29	31,86	28,92	37,30	24,36	31,96	24,19	31,82
Südeuropa	30,54	42,89	51,46	38,43	46,14	27,83	34,18	38,59	46,34	27,92	34,29	27,32	33,80
Osteuropa	4,48	15,72	22,47	14,54	20,99	11,47	17,27	14,58	21,05	11,51	17,33	11,36	17,21
Nordamerika	7,94	16,03	21,93	15,45	21,31	12,91	18,23	15,49	21,36	12,94	18,27	12,79	18,03
Mittelamerika	1,57	3,92	5,81	3,70	5,55	2,84	4,54	3,71	5,57	2,85	4,55	2,77	4,45
Südamerika	0,59	1,36	2,51	1,32	2,46	1,24	2,33	1,33	2,46	1,24	2,33	1,23	2,32
Afrika	3,91	6,72	10,39	6,51	10,16	5,64	8,80	6,53	10,18	5,65	8,82	5,64	8,74
Nahost	1,16	2,75	3,68	2,70	3,63	2,41	3,26	2,70	3,64	2,41	3,27	2,41	3,24
Asien, übrige	4,80	11,47	17,82	10,93	17,19	9,64	15,37	10,97	17,24	9,66	15,40	9,61	15,25
Gesamt	86,59	151,82	200,23	142,32	188,98	114,25	157,51	142,73	189,53	114,53	157,91	113,17	156,10
Personenkilometer in Mrd.													
Innerdeutsch	5,84	8,59	10,50	8,37	10,25	6,97	9,13	8,38	10,26	6,98	9,14	6,91	8,96
Westeuropa	4,43	7,63	9,81	14,43	18,61	12,14	15,93	14,46	18,65	12,18	15,98	12,09	15,91
Südeuropa	7,64	10,72	12,86	19,21	23,07	13,91	17,09	19,30	23,17	13,96	17,15	13,66	16,90
Osteuropa	1,12	3,93	5,62	7,27	10,50	5,73	8,64	7,29	10,53	5,75	8,66	5,68	8,60
Nordamerika	1,98	4,01	5,48	7,72	10,65	6,46	9,12	7,74	10,68	6,47	9,14	6,40	9,01
Mittelamerika	0,39	0,98	1,45	1,85	2,78	1,42	2,27	1,86	2,79	1,42	2,28	1,38	2,23
Südamerika	0,15	0,34	0,63	0,66	1,23	0,62	1,16	0,66	1,23	0,62	1,17	0,62	1,16
Afrika	0,98	1,68	2,60	3,26	5,08	2,82	4,40	3,27	5,09	2,82	4,41	2,82	4,37
Nahost	0,29	0,69	0,92	1,35	1,82	1,20	1,63	1,35	1,82	1,21	1,63	1,21	1,62
Asien, übrige	1,20	2,87	4,46	5,47	8,60	4,82	7,69	5,48	8,62	4,83	7,70	4,80	7,62
Gesamt	24,02	41,44	54,32	69,59	92,57	56,10	77,05	69,79	92,84	56,24	77,25	55,57	76,38

Quelle: Berechnungen des DIW.

*) Rechnung unter der Prämisse, dass Tankering verhindert wird

*) Rechnung unter der Prämisse, dass Tankering verhindert wird

Quelle: Berechnungen des DIW.

Tabelle 4.12: Maßnahmewirkung im Luftfrachtverkehr (Territorialprinzip)

	1995	Trend		moderate Kerosinsteuer		hohe Kerosinsteuer *)		moderate Emissionsabg.		hohe Emissionsabg.		Maßnahmen-bündel	
		2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Fracht in Mio. t													
Westeuropa	0,278	0,553	0,871	0,480	0,760	0,275	0,448	0,483	0,766	0,281	0,459	0,283	0,462
Südeuropa	0,135	0,268	0,427	0,232	0,373	0,133	0,220	0,234	0,376	0,136	0,225	0,137	0,227
Osteuropa	0,062	0,111	0,211	0,097	0,185	0,055	0,109	0,097	0,186	0,057	0,111	0,057	0,112
Nordamerika	0,445	1,018	1,722	0,974	1,664	0,777	1,351	0,977	1,669	0,779	1,354	0,770	1,332
Mittelamerika	0,024	0,055	0,093	0,051	0,087	0,036	0,065	0,051	0,088	0,036	0,065	0,035	0,063
Südamerika	0,042	0,097	0,181	0,090	0,170	0,063	0,127	0,090	0,171	0,063	0,128	0,061	0,124
Afrika	0,085	0,195	0,338	0,186	0,325	0,145	0,260	0,186	0,326	0,145	0,260	0,143	0,255
Nahost	0,095	0,218	0,372	0,212	0,365	0,179	0,308	0,212	0,366	0,180	0,309	0,180	0,306
Asien, übrige	0,482	1,258	2,190	1,185	2,088	0,887	1,630	1,189	2,096	0,890	1,636	0,869	1,597
Gesamt	1,648	3,774	6,405	3,506	6,017	2,550	4,518	3,521	6,044	2,566	4,548	2,534	4,478
Frachtleistung in Mrd. Tkm													
Westeuropa	0,139	0,277	0,435	0,240	0,380	0,137	0,224	0,241	0,383	0,141	0,229	0,142	0,231
Südeuropa	0,067	0,134	0,214	0,116	0,187	0,067	0,110	0,117	0,188	0,068	0,113	0,068	0,113
Osteuropa	0,031	0,056	0,106	0,048	0,092	0,028	0,054	0,049	0,093	0,028	0,056	0,028	0,056
Nordamerika	0,223	0,509	0,861	0,487	0,832	0,388	0,675	0,489	0,835	0,389	0,677	0,385	0,666
Mittelamerika	0,012	0,028	0,046	0,026	0,044	0,018	0,033	0,026	0,044	0,018	0,033	0,017	0,032
Südamerika	0,021	0,048	0,091	0,045	0,085	0,032	0,064	0,045	0,086	0,032	0,064	0,030	0,062
Afrika	0,043	0,098	0,169	0,093	0,162	0,072	0,130	0,093	0,163	0,073	0,130	0,071	0,128
Nahost	0,048	0,109	0,186	0,106	0,182	0,090	0,154	0,106	0,183	0,090	0,154	0,090	0,153
Asien, übrige	0,241	0,629	1,095	0,592	1,044	0,444	0,815	0,595	1,048	0,445	0,818	0,434	0,799
Gesamt	0,824	1,887	3,203	1,753	3,008	1,275	2,259	1,760	3,022	1,283	2,274	1,267	2,239
Quelle: Berechnungen des DIW.													
*) Rechnung unter der Prämisse, dass Tankering verhindert wird.													

Tabelle 4.13: Maßnahmewirkung - Treibstoffverbrauch (Territorialprinzip)

	1995	Trend		moderate Kerosinsteuer		hohe Kerosinsteuer *)		moderate Emissionsabg.		hohe Emissionsabg.		Maßnahmen-Bündel	
		2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Verbrauch in Mrd. L													
Innerdeutsch	0,660	0,877	1,001	0,804	0,900	0,623	0,754	0,796	0,891	0,617	0,746	0,564	0,689
Westeuropa	0,580	0,877	1,087	0,779	0,967	0,589	0,736	0,772	0,958	0,578	0,722	0,526	0,650
Südeuropa	0,515	0,671	0,771	0,573	0,655	0,369	0,430	0,569	0,650	0,366	0,426	0,338	0,380
Osteuropa	0,171	0,277	0,377	0,243	0,332	0,176	0,249	0,241	0,329	0,173	0,243	0,157	0,219
Nordamerika	0,224	0,409	0,539	0,348	0,482	0,268	0,379	0,345	0,478	0,266	0,375	0,247	0,338
Mittelamerika	0,033	0,071	0,093	0,058	0,082	0,043	0,062	0,058	0,081	0,042	0,061	0,039	0,055
Südamerika	0,016	0,032	0,055	0,028	0,050	0,025	0,044	0,028	0,050	0,025	0,044	0,024	0,040
Afrika	0,087	0,140	0,196	0,120	0,175	0,094	0,138	0,119	0,173	0,093	0,137	0,087	0,123
Nahost	0,037	0,073	0,095	0,063	0,085	0,050	0,070	0,063	0,085	0,049	0,069	0,046	0,062
Asien, übrige	0,185	0,388	0,564	0,327	0,504	0,275	0,418	0,325	0,499	0,272	0,414	0,257	0,377
Gesamt	2,507	3,815	4,778	3,343	4,231	2,513	3,280	3,315	4,193	2,481	3,237	2,285	2,934
Quelle: Berechnungen des DIW.													
*) Rechnung unter der Prämisse, dass Tankering verhindert wird.													

4.5 Berechnung der Emissionsminderungen bei Einführung des Maßnahmenbündels und der Einzelmaßnahmen

4.5.1 Maßnahmenbündel

Grundlage für die Berechnung der Emissionsminderung bei der Einführung des Maßnahmenbündels und der Einzelmaßnahmen sind zum einen die Emissionen im Trend 2020 und deren regionale Verteilung (Kap. 3.3.2), zum anderen die Auswirkungen dieser Maßnahmen auf die Verkehrsleistungen, dargestellt in den Tabellen 4.3 - 4.8.

Bei der Berechnung der Emissionen im Maßnahmenbündel wurde unterstellt, dass die Fluggeräte in Zukunft stärker ausgelastet sind, wobei diese höhere Auslastung für die verschiedenen Flugregionen getrennt bestimmt wurde. Bei den technischen Verbesserungsmöglichkeiten wurde davon ausgegangen, dass sich durch Maßnahmen am Flugzeugkörper eine Reduzierung des spezifischen Verbrauchs um ca. 8 % erreichen lässt. Im Falle der gleichzeitigen Einführung von Kerosinsteuer und Emissionsabgabe wird unterstellt, dass sich das durchschnittliche Flottenalter durch schnelleren Austausch des Fluggerätes gegenüber dem heutigen Zustand reduzieren wird. Dieses wirkt sich neben dem spezifischen Verbrauch vor allem auf die spezifische NO_x-Emissionen im Take off und Climb aus, unterstellt wird eine Reduzierung von ca. 15 %.

Aufgrund der unterschiedlichen Flugzeugflotten in den betrachteten Verkehrsregionen ergibt sich auch ein differenziertes Reduktionspotenzial.

Wie sich der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen nach dem Standortprinzip entwickeln werden, ist in den **Tabellen 4.14** und **4.15** dargestellt.

Tabelle 4.14: Kraftstoffverbrauch und Emissionen nach Einführung des Maßnahmenbündels 2020 (Standortprinzip)

	Absolut			Spezifisch	
	Kraftstoff	CO ₂	NO _x	NO _x	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

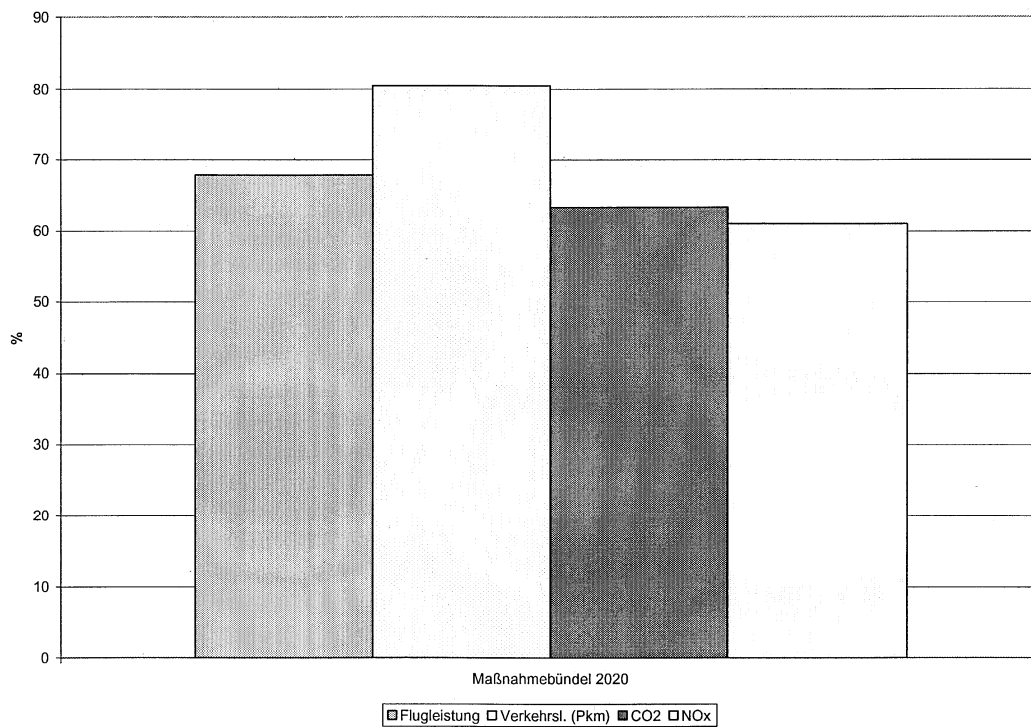
Das Maßnahmenbündel wirkt sich auf die Verkehrsregionen unterschiedlich aus, das größte Reduktionspotenzial ergibt sich für den Flugverkehr nach Osteuropa, das geringste auf den Langstrecken nach Südamerika und für den Westeuropa–Verkehr.

Die Wirkung des Maßnahmenbündels auf die Flugleistung, Verkehrsleistung und Emissionen ist grafisch in **Abb. 4.5** dargestellt. Die unterschiedliche Balkenhöhe bei der Flugleistung und der Verkehrsleistung ergibt sich aus der Verbesserung des Auslastungsgrades der Fluggeräte. Die NO_x-Emissionen werden gegenüber dem Trend um ca. 40 % durch die dargestellten Maßnahmen reduziert werden können, bei der Flugleistung ist eine Verminderung von ca. 33 % zu erwarten.

Tabelle 4.15: Minderung des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen durch das Maßnahmenbündel (Trend 2020 = 100 % aus Tab. 3.8) nach dem Standortprinzip

	Absolut			Spezifisch	
	Kraftstoff	CO ₂	NOx	NOx	Kraftst.
Innerdeutsch	68	68	62	91	78
Westeuropa	75	75	68	91	92
Südeuropa	53	53	48	91	82
Osteuropa	42	42	38	91	54
Nordamerika	73	73	71	97	90
Mittelamerika	71	71	69	97	92
Südamerika	85	85	83	97	92
Afrika	68	68	65	96	80
Nahost	55	55	52	95	62
Asien und übrige	58	58	56	97	68
Gesamt	63	63	61	96	79

Abbildung 4.5: Minderung der Flugleistung, Verkehrsleistung und der Emissionen durch das Maßnahmenbündel, Standortprinzip (Trend 2020 = 100 %)



Die Wirkung des Maßnahmenbündels nach dem Territorialprinzip ist aus den **Tabellen 4.16** und **4.17** sowie der **Abbildung 4.6** ersichtlich. Aufgrund der gleichen Reduktionsphilosophie ergeben sich hier bei Gesamt ohne Überflug ähnliche Veränderungen wie nach dem Standortprinzip.

Die Flugleistung im Überflug wird überwiegend im Flugzustand Cruise mit relativ geringer spezifischer Triebwerksleistung abgewickelt, in diesem Flugzustand wird der geringste Einfluss der verbesserten Triebwerke erwartet. Im Gesamtbereich mit Überflug ist daher die Verminderungsrate geringer als ohne Überflug, dies wird auch in der Abb. 4.6 deutlich.

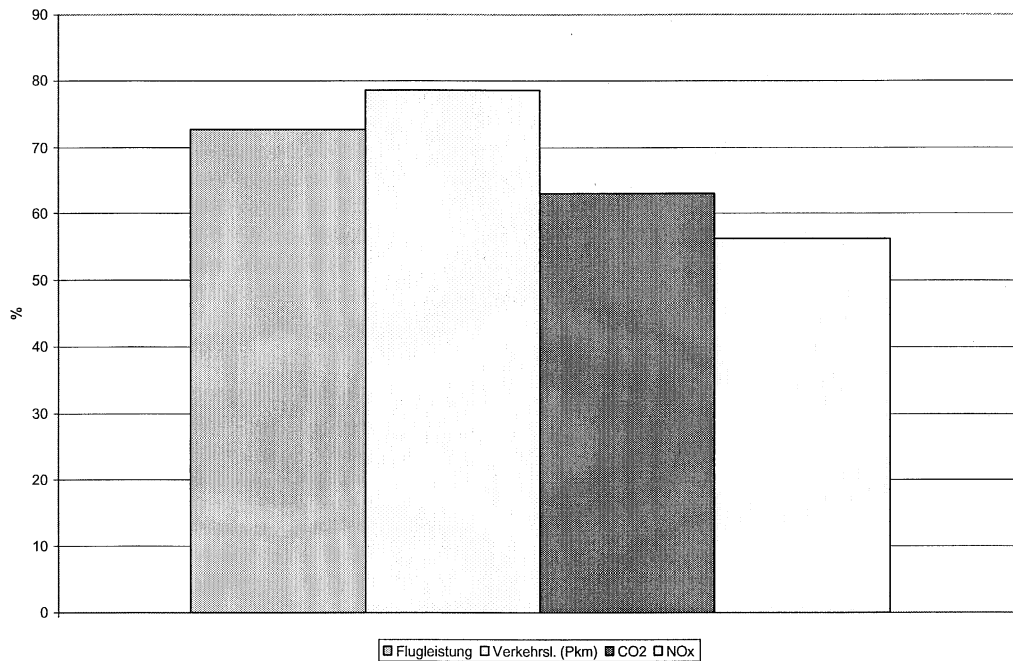
Tabelle 4.16: Kraftstoffverbrauch und Emissionen nach Einführung des Maßnahmenbündels 2020 (Territorialprinzip)

	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	626.232	1.972.631	6.874	11,0	9,8
Südeuropa	377.431	1.188.908	4.814	12,8	5,6
Osteuropa	194.597	612.980	2.177	11,2	5,7
Nordamerika	271.673	855.772	5.658	20,8	7,5
Mittelamerika	39.327	123.879	676	17,2	4,4
Südamerika	30.314	95.488	610	20,1	6,5
Afrika	114.026	359.182	1.713	15,0	6,5
Nahost	57.846	182.214	958	16,6	8,9
Asien und übrige	303.849	957.122	4.899	16,0	10,0
Gesamt	2.551.334	8.036.703	34.373	13,5	7,5

Tabelle 4.17: Minderung des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen durch das Maßnahmenbündel (Trend 2020 = 100 % aus Tab. 3.10) nach dem Territorialprinzip-

	Absolut			Spezifisch	
	Kraftstoff	CO ₂	NO _x	NO _x	Kraftst.
Innerdeutsch	68	68	62	90	80
Westeuropa	75	75	66	89	92
Südeuropa	53	53	47	89	81
Osteuropa	42	42	37	88	55
Nordamerika	73	73	64	88	89
Mittelamerika	70	70	62	88	91
Südamerika	85	85	74	88	92
Afrika	68	68	60	88	81
Nahost	55	55	49	89	63
Asien und übrige	58	58	52	88	68
Gesamt ohne Überflug	63	63	56	89	80
Überflug	74	74	74	100	
Gesamt + Überflug	68	68	62	92	

Abbildung 4.6: Minderung der Flugleistung, Verkehrsleistung und der Emissionen durch das Maßnahmenbündel 2020 (Trend 2020 = 100 %) nach dem Territorialprinzip



4.5.2 Einzelmaßnahmen

4.5.2.1 Kerosinsteuer

Emissionsseitig bewertet wurde der Einfluss der zuvor beschriebenen Einzelmaßnahmen „hohe Kerosinsteuer“ auf den Prognosehorizont 2020. Unterstellt wurde dabei, dass die Einführung der Kerosinsteuer vor allem die Entwicklung verbrauchsgünstigeren Fluggeräts vorantreiben wird. Außerdem werden die Fluggesellschaften die Auslastung ihrer Fluggeräte erhöhen. Mit über den Trend hinausgehenden Reduzierungspotenzialen einzelner Schadstoffkomponenten wird nicht gerechnet. Die Ergebnisse nach dem Standort- und dem Territorialprinzip zeigen die **Tabellen 4.18 bis 4.20** und die **Abbildung 4.7**.

Da sich der Einfluss der Kerosinsteuer in etwa gleich auf beide Abgrenzungskriterien auswirken wird, wurde der Bezug zum Trend 2020 für beide Kriterien gemeinsam in **Tabelle 4.20** und **Abb. 4.6** dargestellt.

Insgesamt würden sich der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen durch Einführung der Kerosinsteuer in hoher Ausprägung um ca. 30 % verringern lassen. Die regionalen Unterschiede liegen ähnlich wie bei der Bewertung des Maßnahmenbündels; auch hier wird das größte Potenzial auf den Strecken nach Osteuropa erwartet.

Tabelle 4.18 Kraftstoffverbrauch und Emissionen nach Einführung der hohen Kerosinsteuer 2020 (Standortprinzip)

	Absolut			Spezifisch	
	Kraftstoff	CO ₂	NOx	NOx	Kraftst.
	t	t	t	g/kg Kraftst.	l/100 Pkm
Innerdeutsch	590.053	1.858.668	7.340	12,4	8,1
Westeuropa	561.910	1.770.017	6.714	11,9	7,1
Südeuropa	784.596	2.471.479	9.180	11,7	3,2
Osteuropa	327.171	1.030.588	3.521	10,8	3,7
Nordamerika	2.161.638	6.809.158	30.343	14,0	4,1
Mittelamerika	473.455	1.491.383	5.199	11,0	3,1
Südamerika	335.695	1.057.438	4.398	13,1	3,5
Afrika	496.946	1.565.380	6.088	12,3	3,9
Nahost	206.731	651.201	2.728	13,2	4,8
Asien und übrige	2.894.804	9.118.631	33.146	11,5	5,2
Gesamt	8.832.998	27.823.943	108.656	12,3	4,4

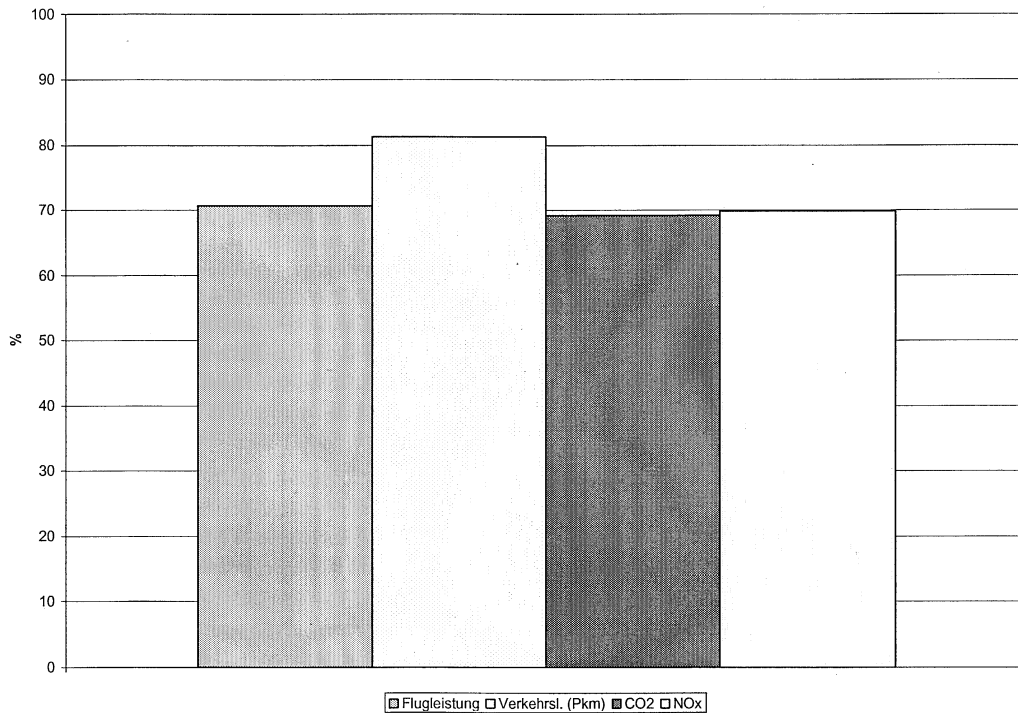
Tabelle 4.19: Kraftstoffverbrauch und Emissionen nach Einführung der hohen Kerosinsteuer 2020 (Territorialprinzip)

				Spezifisch	
	Kraftstoff	CO ₂	NO _x	NO _x	Kraftst.
	t	t	t	g/kg Kraftst.	l/100 Pkm
Innerdeutsch	590.053	1.858.668	7.340	12,4	8,1
Westeuropa	654.281	2.060.985	8.105	12,4	10,3
Südeuropa	420.898	1.325.829	6.063	14,4	6,2
Osteuropa	203.766	641.861	2.579	12,7	5,9
Nordamerika	295.495	930.809	7.013	23,7	8,1
Mittelamerika	39.861	125.561	780	19,6	4,4
Südamerika	31.768	100.070	730	23,0	6,8
Afrika	126.607	398.813	2.151	17,0	7,2
Nahost	66.985	211.004	1.252	18,7	10,3
Asien und übrige	336.836	1.061.033	6.102	18,1	11,0
Gesamt	2.766.550	8.714.633	42.115	15,2	8,0

Tabelle 4.20: Minderung des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen nach Einführung der hohen Kerosinsteuer (Trend 2020 = 100 %), Standort- und Territorialprinzip

	Kraftstoff	CO ₂	NO _x
Innerdeutsch	75	75	75
Westeuropa	78	78	78
Südeuropa	59	59	59
Osteuropa	44	44	44
Nordamerika	80	80	80
Mittelamerika	71	71	71
Südamerika	89	89	89
Afrika	76	76	76
Nahost	64	64	64
Asien und übrige	65	65	65
Gesamt	69	69	70

Abbildung 4.7: Minderung der Veränderung der Flugleistung, der Verkehrsleistung und der Emissionen nach Einführung der hohen Kerosinsteuern (Trend 2020.= 100 %), Standort- und Territorialprinzip



4.5.2.2 Emissionsabgabe

Auch bei der Einzelmaßnahme der Emissionsabgabe wird der Einfluss der hohen Ausprägung auf die Gesamtemissionen und den Kraftstoffverbrauch bewertet. Dabei wurde unterstellt, dass die Reaktion der Flugzeugindustrie auf diese Maßnahme vor allem auf eine Reduzierung der spezifischen NOx - Emissionen zielen wird. Kraftstoffsparende Impulse über die Trendentwicklung hinaus werden nicht erwartet.

Kraftstoffverbrauch und Jahresemissionen nach Einführung der hohen Emissionsabgabe zeigen die **Tabellen 4.21 bis 4.23** und die **Abbildung 4.8** für beide Abgrenzungskriterien.

Tabelle 4.21: Kraftstoffverbrauch und Emissionen nach Einführung der hohen Emissionsabgabe 2020 (Standortprinzip)

	Absolut			Spezifisch	
	Kraftstoff	CO ₂	NOx	NOx	Kraftst.
	t	t	t	g/kg Kraftst.	l/100 Pkm
Innerdeutsch	581.296	1.831.082	6.790	11,7	7,9
Westeuropa	586.351	1.847.007	6.578	11,2	7,4
Südeuropa	793.701	2.500.157	8.728	11,0	3,3
Osteuropa	370.058	1.165.682	3.742	10,1	4,2
Nordamerika	2.188.944	6.895.175	30.112	13,8	4,1
Mittelamerika	495.355	1.560.367	5.331	10,8	3,3
Südamerika	352.696	1.110.993	4.529	12,8	3,7
Afrika	502.092	1.581.591	5.967	11,9	3,9
Nahost	200.988	633.112	2.546	12,7	4,6
Asien und übrige	2.903.213	9.145.121	32.577	11,2	5,2
Gesamt	8.974.695	28.270.288	106.898	11,9	4,5

Tabelle 4.22: Kraftstoffverbrauch und Emissionen nach Einführung der hohen Emissionsabgabe 2020 (Territorialprinzip)

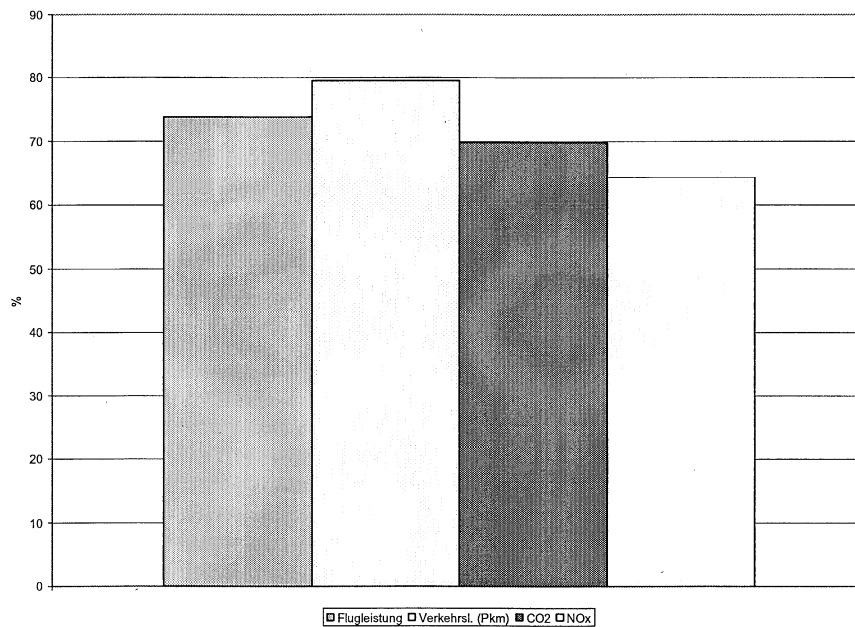
				Spezifisch	
	Kraftstoff	CO ₂	NO _x	NO _x	Kraftst.
	t	t	t	g/kg Kraftst.	l/100 Pkm
Innerdeutsch	581.296	1.831.082	6.790	11,7	8,0
Westeuropa	683.682	2.153.598	7.751	11,3	10,7
Südeuropa	425.658	1.340.822	5.592	13,1	6,2
Osteuropa	230.743	726.839	2.663	11,5	6,7
Nordamerika	299.228	942.568	6.432	21,5	8,2
Mittelamerika	41.521	130.793	737	17,7	4,6
Südamerika	33.092	104.239	688	20,8	7,1
Afrika	127.918	402.943	1.980	15,5	7,3
Nahost	65.324	205.772	1.114	17,1	10,0
Asien und übrige	338.034	1.064.808	5.577	16,5	11,0
Gesamt	2.826.496	8.903.461	39.324	13,9	8,2

Die Wirkung der Einzelmaßnahme Emissionsabgabe wird in der Höhe in etwa gleich eingeschätzt wie die Einführung der Kerosinsteuer, allerdings treten deutliche Unterschiede in der Bewertung der einzelnen Verkehrsregionen auf. Für den innerdeutschen Verkehr ist die Wirkung auf den Kraftstoffverbrauch ähnlich, bei den NO_x-Emissionen naturgemäß höher einzustufen. Für den Verkehr nach Osteuropa wird die Emissionsabgabe in ihrer Wirkung deutlich schwächer als die Kerosinsteuer eingeschätzt, für diesen Verkehr ist das Verbrauchsminderungspotenzial im Trend dominierend. Bei den Verkehren nach Nordamerika und Asien, die nach dem Standortprinzip den größten Anteil ausmachen, ist die Wirkung der Emissionsabgabe in etwa identisch mit derjenigen der Kerosinsteuer, was auf den besseren technologischen Stand der Fluggeräte zurückzuführen ist.

Tabelle 4.23: Minderung der Flugleistung, der Verkehrsleistung und der Emissionen nach Einführung der hohen Emissionsabgabe (Trend 2020 = 100 %), Standort- und Territorialprinzip

	Kraftstoff	CO ₂	NO _x
Innerdeutsch	74	74	69
Westeuropa	81	81	76
Südeuropa	60	60	56
Osteuropa	50	50	47
Nordamerika	81	81	79
Mittelamerika	75	75	73
Südamerika	94	94	92
Afrika	76	76	74
Nahost	62	62	60
Asien und übrige	65	65	64
Gesamt	70	70	69

Abbildung 4.8: Minderung der Flugleistung, der Verkehrsleistung und der Emissionen nach der Einführung der hohen Emissionsabgabe (Trend 2020 = 100 %), Standort- und Territorialprinzip



5 Vergleich mit anderen Studien

In verschiedenen anderen Studien sind ähnliche preisliche Maßnahmen wie in diesem Vorhaben untersucht worden. Insbesondere sind die Anwendungen des niederländischen AERO-Modells¹¹¹ und eine Studie der Universität Linz für den österreichischen Flugverkehr¹¹² zu nennen. Das AERO-Modell ist für das niederländische Verkehrsministerium (Dutch Civil Aviation Department) von MVA Consultancy, Dutch National Aerospace Laboratory und Resource Analysis entwickelt worden. Das AERO-Modell setzt sich aus neun Submodellen zusammen, ergänzt durch eine Softwareoberfläche (shell) zur Bedienung. In der CE-Studie, die von der niederländischen Stiftung Natur und Umweltschutz (Stichting Natuur en Milieu) und der European Federation for Transport and Environment (T&E) initiiert worden ist und von der EU DG XI, den Niederlanden, Norwegen, Deutschland, Dänemark und Österreich finanziert wurde, werden fünf Abgabeoptionen betrachtet. Die Untersuchung unter Federführung von Resource Analysis (RA) für die Europäische Gemeinschaft bewertet fünf Varianten einer EU-weiten Besteuerung des Flugkraftstoffs. Weltweite Rechnungen sind mit der FPC-Studie und für den IPCC-Report durchgeführt worden.

In der österreichischen Studie werden insgesamt 12 Szenarien definiert und in ihrer Wirkung quantifiziert. Diese Szenarien unterscheiden sich in der Abgabenhöhe, dem räumlichen Geltungsbereich, und in der Abgabeform (Kerosinsteuer, Emissionsabgabe, LTO-Abgabe oder Flugticketabgabe). Jeweils umgerechnet auf den Treibstoffverbrauch reicht die Spannweite der Annahmen von DM 0,18 bis 0,40 je Liter. Ein wesentlicher Unterschied der österreichischen Untersuchung zu der hier für Deutschland vorgenommenen Rechnung liegt darin, dass die Abgaben territorial abgegrenzt erhoben werden sollen, d.h. je nach Szenario nur die über Österreich, dem europäischen Wirtschaftsraum bzw. einschließlich Osteuropa¹¹³ emittierten Schadstoffe Bemessungsgrundlage sind. Langstreckenflüge sind dadurch relativ geringer belastet als Mittelstrecken, während bei der Abgrenzung unserer Untersuchung (gesamte Betankungsmenge bei Kerosinsteuer bzw. gesamte Emissionen des Fluges bei emissionsabhängiger Landegebühr) besonders die Langstreckenflüge verteuert werden. Ein weiterer definitorischer Unterschied liegt in der kurzfristigen Betrachtung. In der österreichischen Studie wird untersucht, wie sich die

¹¹¹ Vgl. CE (1998), RA (1999), IPCC (1999), FPC (1998); Darstellung des AERO-Modells jeweils im Anhang.

¹¹² Schneider (1999).

¹¹³ In den umfassendsten Szenarien werden entsprechende Abkommen mit Osteuropa unterstellt.

Einführung von pretialen Maßnahmen in 1994 für die Jahre 1994 bis 1996 ausgewirkt hätte.

In verschiedenen niederländischen Studien werden die langfristigen Wirkungen von Maßnahmen untersucht. In CE (1998) werden fünf Abgabemodelle bis 2025 im Vergleich zum Trend betrachtet; RA (Resource Analysis, 1999) hat die Prognosejahre 2005 und 2015. Die Abgabesätze in den Abgabevarianten bei CE entsprechen DM0,18 bis 0,72 je Liter Treibstoff, RA hat im Auftrag der Europäischen Kommission mit einer Kerosinsteuer von 245 ECU je 1000 l Treibstoff gerechnet. Auch die beiden internationalen Studien, FPC (1998) und IPCC (1999), ebenfalls mit dem Prognosejahr 2015, untersuchen Abgabesätze (0,15 bis 0,30 US\$ je kg Treibstoff), die den von uns betrachteten „moderaten“ Szenarien (moderate Emissionsabgabe, moderate Kerosinsteuer) entsprechen.

Neben der Ausgestaltung der untersuchten Maßnahmen unterscheiden sich die Studien in den verwendeten Datengrundlagen erheblich. Dem AERO-Modell liegt eine Datenbasis der weltweiten Flugbewegungen des Jahres 1992 zugrunde. Die Flugrelationen werden jeweils nach bis zu 8 Kategorien differenziert. In der österreichischen und der deutschen Untersuchung werden die nationalen Flugbewegungen mit aktuellerem Analysejahr weit- aus genauer betrachtet.

Schließlich sind die grundlegenden methodischen Schritte zur Berücksichtigung der Reaktionen und Wirkungen zwar gleich, doch werden unterschiedliche Annahmen zu den Reaktionsintensitäten getroffen. Die anderen Studien gehen generell von einer vollen Überwälzung der Preiserhöhung durch die Fluggesellschaften aus¹¹⁴. Bei dem kurzfristigen Betrachtungszeitraum der österreichischen Studie können verstärkte technische Weiterentwicklungen des Fluggeräts, die über den Trend hinaus verbrauchsmindernd wirken, nicht berücksichtigt werden.

Wegen der unterschiedlichen Annahmen zur Höhe der unterstellten preislichen Maßnahmen sowie ihrer zeitlichen und räumlichen Einführung sind die genannten Studien weder untereinander noch mit dem hier vorgestellten Gutachten direkt vergleichbar. Soweit einzelne Modellparameter (z.B. zu den Elastizitäten im Passagierverkehr) sich auf den gleichen Sachverhalt beziehen und einander gegenübergestellt werden können, sind sie i.a. miteinander kompatibel und entsprechen sich. Ein Ergebnisvergleich mit dem des AERO-Modells ist nur bedingt für die „moderaten“ Szenarien möglich. Die für 2015 für den EU-Raum geschätzte Verringerung der Verkehrsleistung : -6% im Vergleich zum Trend) ent-

¹¹⁴ In den niederländischen Studien sind z.T. Sensitivitätsrechnungen zu den Reaktionen der Fluggesellschaften enthalten.

spricht den hier für Deutschland geschätzten Werten (Vergleiche Kap. 4). Die in diesem Gutachten gewählte Vorgehensweise, die europaweite Einführung der Maßnahmen in ihrer Wirkung wegen der besseren Datenlage exemplarisch nur für Deutschland zu schätzen, wird damit gestützt. Bei einer weltweiten Einführung von Abgaben sind nach Rechnungen mit dem AERO-Modell (z.B. Rechnung FPC, Szenario FPC2015) die Reduktionspotenziale höher als bei einer Einführung nur im EU-Raum, was wegen der außerhalb Europas höheren relativen Verteuerung durch die Abgaben auch plausibel ist. Insofern ergänzen sich das AERO-Modell, das weltweite Effekte schätzen kann, und die nationalen Rechnungen, die Reaktionen differenzierter und Bandbreiten der Änderung abbilden können.

6 Beurteilung der Eingriffe und Bewertung

Weltweit hatte der Luftverkehr im Basisjahr 1995 einen Anteil von 2 % am gesamten Primärenergieverbrauch. In Deutschland lag dieser Anteil in gleicher Höhe; rund 4 % des gesamten Absatzes von Mineralölprodukten sind für die Betankung ziviler Flugzeuge verwendet worden. Entsprechend niedrig sind die Anteile des Luftverkehrs an den gesamten anthropogenen CO₂-Emissionen. Dass dennoch rechtzeitig Maßnahmen zur Begrenzung des Zuwachses an Schadstoffemissionen aus dem Luftverkehr ergriffen werden sollten, ergibt sich aus den im Trend zu erwartenden hohen Zuwachsraten und daraus, dass die Wirkung der in großer Höhe erfolgenden Emissionen stärker als in Bodennähe ist.

Zudem werden bislang im internationalen Luftverkehr die Emissionen in keiner Weise besteuert. Nur im nationalen Verkehr wird die Mehrwertsteuer erhoben, im dominierenden grenzüberschreitenden Verkehr nicht. Eine Steuer auf den verbrauchten Treibstoff - vergleichbar der Mineralölsteuer bei den Landverkehrsträgern - wird generell (weltweit) nicht erhoben. So machen die Treibstoffkosten derzeit nur etwa 10 % der Gesamtkosten der Luftfahrtgesellschaften aus. Die weitgehende Steuerbefreiung hat zusammen mit der zunehmenden Liberalisierung des Luftverkehrs (zunehmender Wettbewerb erhöht den Preisdruck) dazu beigetragen, dass die Preise für Flugverkehrsleistungen (Ticketpreise) in der Vergangenheit deutlich sanken und unter den derzeitigen politischen Rahmenbedingungen auch weiter sinken werden. Die Luftverkehrsnachfrage wurde und wird so zusätzlich stimuliert.

Die für den Luftverkehr für die nächsten 20 bis 30 Jahre prognostizierte Entwicklung liegt mit durchschnittlichen Wachstumsraten (weltweit) von 4 bis 5 % p.a. nur geringfügig unter den hohen Steigerungsraten der Vergangenheit. Im Trend ist, bezogen auf 1995, bis 2010 von einer Verdoppelung der von Deutschland ausgehenden Personenverkehrsleistung (Passagierkilometer) auszugehen, die Luftfracht nimmt noch stärker zu. Der Treibstoffverbrauch wird damit im Trend bis 2010, trotz weiterer Reduzierung des spezifischen Verbrauchs, insgesamt um fast zwei Drittel höher sein als 1995. Im Jahr 2020 werden die getankten Treibstoffmengen sogar mehr als doppelt so groß wie 1995 sein. Letztlich steigt damit der Kerosinverbrauch proportional zur Zahl der Passagiere; die im Trend zu erwartenden Verbrauchseinsparungen werden durch die überproportionale Zunahme von längeren Flugreisen wieder kompensiert.

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.¹¹⁵ So werden derzeit national und international verstärkt Möglichkeiten diskutiert, die vom Luftverkehr ausgehenden negativen Folgewirkungen (wie CO₂, NO_x und Lärm) zu reduzieren.

Die EU hat sich 1995 - konkret bezogen auf den Verkehrssektor - die Internalisierung der externen Kosten explizit auf ihre Fahnen geschrieben, um die aus dem Verkehr resultierenden Umweltbelastungen zu reduzieren.¹¹⁶ Diese externen Kosten sind auch beim Luftverkehr vorhanden. Die Internalisierung der externen Kosten heißt, diese dem Verursacher (Nachfrager nach und Anbieter von Luftverkehrsleistungen) über höhere Tarife bzw. Ticketpreise direkt anzulasten. Spezielle Emissionsabgaben bzw. die Einführung von Kerosinsteuern - wie hier untersucht - mit der Folge erhöhter Luftverkehrstarife sind also keine spezielle Diskriminierung des Luftverkehrs, sie korrigieren ein Marktversagen und stellen nur die strikte Einführung (Verwirklichung) von marktwirtschaftlichen Instrumenten auch im Luftverkehr dar und stehen somit direkt im Einklang mit den auch auf EU-Ebene propagierten Ziel der Internalisierung der externen Kosten des Verkehrs.

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 (Luftfahrtgesellschaften, Flugzeuggerätehersteller, Flughäfen, Flugsicherung) Anreize dafür schaffen, dass hinsichtlich des Kerosinverbrauches und der Emissionen effizienteres Fluggerät hergestellt,

¹¹⁵ Vgl. BMV/BMU (1996).

¹¹⁶ Kommission der Europäischen Gemeinschaften (1995).

gekauft und genutzt wird und das Verhalten und die organisatorischen Abläufe insgesamt umweltschonender gestaltet werden.

Die Maßnahmen, die im Rahmen dieses Gutachtens diskutiert und untersucht wurden, 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.

Im Projekt sind diverse nichttechnische Maßnahmen zur Reduktion der vom Luftverkehr ausgehenden Schadstoffbelastung diskutiert worden. Ausgewählte preisliche Maßnahmen sind einzeln in ihrer Wirkung bewertet worden, zusätzlich wurde ein Maßnahmenbündel definiert und untersucht. Als in der Wirkung auf die Schadstoffbelastung relevant haben sich nur diejenigen erwiesen, von denen eine deutliche Verteuerung des Luftverkehrs ausgeht. Die als ordnungspolitische Maßnahme betrachtete Einschränkung des Luftverkehrs auf Kurzstrecken hätte, abgesehen von ihrer rechtlichen und politischen Durchsetzbarkeit, bezogen auf die Schadstoffemissionen und den gesamten Treibstoffverbrauch ohnehin nur geringe Wirkung. Nicht quantitativ abgeschätzt wurde die mengenwirksame Relevanz der betrachteten Public-Awareness-Maßnahmen. Damit soll nicht die Bedeutung dieser bewusstseinsbildenden Informationen in Frage gestellt werden. Als flankierende Maßnahme sind die betrachteten Möglichkeiten wie Kampagnen, Werbung und Information unabdingbar. Die Durchsetzung etwa der Emissionsabgabe dürfte ohne begleitende aufklärende Öffentlichkeitsarbeit kaum möglich sein.

Die Schätzung der Wirkungen der preislichen Maßnahmen ist wegen der Vielfalt der möglichen Reaktionen und wegen nicht ausreichender empirischer Erfahrungen mit hohen Unsicherheiten behaftet. Es sind daher in einem Nachfragemodell umfangreiche Sensitivitätsrechnungen durchgeführt worden, in dem die Parameter der zu treffenden Annahmen variiert werden. Es zeigt sich, dass sich durch die begrenzte Bandbreite der einzelnen Reaktionsparameter¹¹⁷ und die z.T. entgegengesetzte Wirkungsrichtung der Reaktionen letztlich doch belastbare Aussagen abzuleiten sind. Wenn etwa eine Kompensation der Kostensteigerung bei den Fluggesellschaften als Reaktion unterstellt wird (z.B. durch verbrauchsarmes Fluggerät, engen Sitzabstand, höhere Auslastung), steigen die Ticketpreise weniger stark und auch die Fluggastreaktionen sind schwächer ausgeprägt. Bei Annahme weitgehender Überwälzung der Zusatzkosten auf den Ticketpreis wäre ein hö-

¹¹⁷ So ergeben sich aus saisonalen Schwankungen der Nachfrage und der vorhandenen Flugzeugflotte obere Grenzen für die Sitzladefaktoren, die als ein Reaktionsparameter im Modell enthalten sind.

herer Nachfragerückgang zu erwarten. Im Saldo des Kerosinverbrauchs entsprechen sich beide Rechnungen.

Das Maßnahmenbündel erreicht natürlich eine stärkere Wirkung als jede Einzelmaßnahme. Im Vergleich zu anderen Untersuchungen¹¹⁸ ergeben sich jedoch kaum über die Summe der Einzelmaßnahmewirkungen hinausgehende Synergieeffekte. Es dominiert vielmehr die Wirkung der hohen Emissionsabgabe. Selbst unter den starken Restriktionen des Maßnahmenbündels 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. Dennoch wird das Ziel der Plafondierung der Emissionen auf die Werte von 1995 für das Jahr 2010 fast erreicht, ein Ergebnis überwiegend von organisatorischen und technischen Maßnahmen zur Verringerung des spezifischen Verbrauchs, die über den Trend hinausgehen. Auch nach 2010 wird der spezifische Verbrauch weiter rückläufig sein, viele durch die Emissionsabgaben und die „weichen“ Maßnahmen induzierten technischen Entwicklungen werden am Markt wirksam. Da die Abgaben nach 2010 real nicht weiter steigen, führt dies zu real sinkenden Flugticketpreisen und wieder stärker steigender Nachfrage, so dass auch unter den Annahmen des Maßnahmenbündels der Treibstoffverbrauch und der CO₂-Ausstoß 2020 um zwei Fünftel höher als 1995 sein werden.

Bei Einführung der moderaten Kerosinsteuer, d.h. einer Steuer in Höhe des Satzes für Dieseltreibstoff, wird das Verkehrsaufkommen im Luftverkehr nur um fünf Prozent geringer wachsen als im Trend. Damit wird der Treibstoffverbrauch und somit der CO₂-Ausstoß um 60 % gegenüber 1995 zunehmen, in 2020 wird auch bei Einführung dieser Maßnahme der CO₂-Ausstoß des Luftverkehrs doppelt so hoch sein wie 1995. Die Wirkung der moderaten Emissionsabgabe ähnelt der der niedrigen Kerosinsteuer.

Die Zielvorgabe, Kraftstoffverbrauch und CO₂-Ausstoß gegenüber 1995 nicht weiter ansteigen zu lassen, wird von den untersuchten Einzelmaßnahmen nur mit der hohen Emissionsabgabe näherungsweise bis 2010 erreicht. Danach werden Verkehrsaufkommen und Verbrauch parallel zum Trend bis 2020 auch bei dieser Maßnahmeausgestaltung weiter zunehmen.

Einen zusammenfassenden Vergleich aller Szenarienhorizonte und der Maßnahmen bzw. des Maßnahmenbündels in ihrer Wirkung auf Passagierzahlen, Frachtmengen, Verkehrsleistung und Kraftstoffverbrauch nach dem Standortprinzip ist aus **Tabelle 6.1** er-

sichtlich. Die nachfolgende Abbildung 6.1 zeigt die Ergebnisse einschließlich der Entwicklung der NO_x-Emissionen in grafischer Form.

Tabelle 6.1: Vergleich der Maßnahmewirkung (Abgrenzung Standortprinzip)

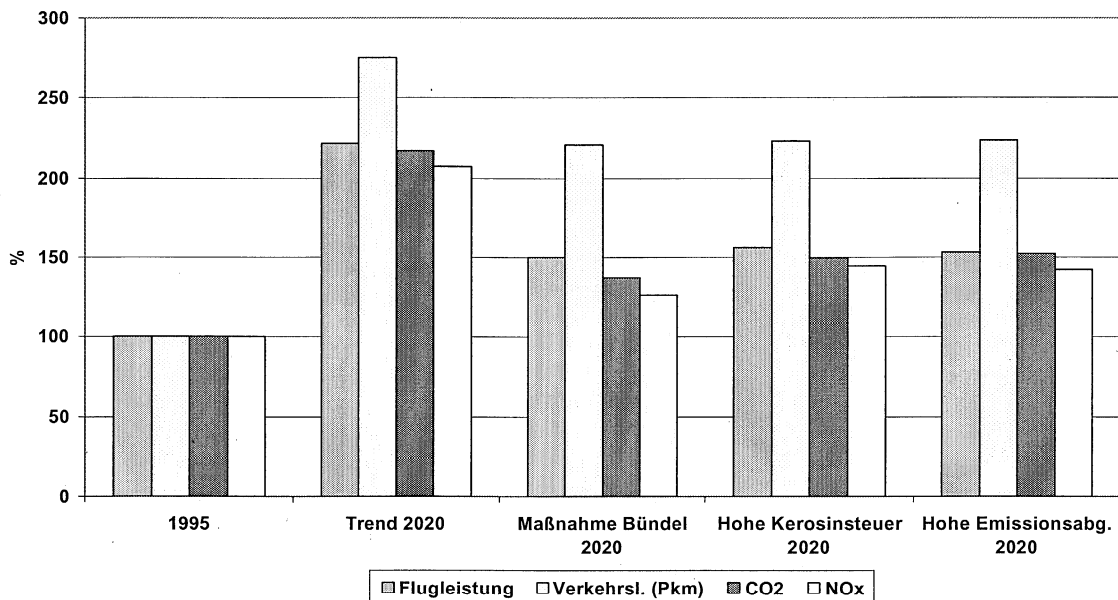
	1995	2010	2020	1995 = 100	
				2010	2020
Passagiere in Mio.					
Basis	50,2				
Trend		86,1	112,6	171	224
Einzelmaßnahmen					
mod.Kerosinsteuer		81,1	106,7	161	212
hohe Kerosinsteuer 1)		65,1	89,6	130	178
moderate Emissionsabg.		81,3	106,9	162	213
hohe Emissionsabgabe		65,3	89,8	130	179
Maßnahmen-bündel		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.					

¹¹⁸ Vgl. z.B. DIW (1994) zum Güterverkehr.

Tabelle 6.1: Fortsetzung

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

Abbildung 6.1: Vergleich der Wirkung aller Maßnahmen auf Flugleistung, Verkehrsleistung und Emissionen nach dem Standortprinzip



Die lokale europäische Einführung einer Kerosinsteuer ist nur bis zu einem Satz von DM 0,60 bis 0,70 je Liter sinnvoll. Die als Maßnahme betrachtete hohe Kerosinsteuer von DM 3,20 je Liter würde dazu führen, dass im Verkehr mit und innerhalb von Europa der Einsatz von Langstreckenmaschinen wirtschaftlich wird, die außerhalb des Einführungsgebiets (in Nahost, Afrika) mit billigem Treibstoff betankt werden („Tankering“). Damit sinken zwar die in Deutschland getankten Treibstoffmengen, die Reduktionsziele würden aber nur auf den Strecken erreicht, bei denen keine Möglichkeit des Tankerings (z.B. Nordatlantik-Route) besteht. Insgesamt wäre die Maßnahme damit nicht zu empfehlen.

Auch bei den anderen Maßnahmen sind die Verlagerungswirkungen auf den außereuropäischen Raum nicht unproblematisch. Als Reaktion wird der verstärkte Einsatz verbrauchsgünstigen Fluggeräts im Verkehr mit Europa zu erwarten sein, während die älteren Maschinen in Amerika, Afrika und Asien weiterhin eingesetzt werden. Kurzfristig tritt also nur eine Verlagerung der Emissionen ein, erst mittelfristig ergibt sich eine Verminderung. Aus diesem Aspekt heraus wäre für einen begrenzten Zeitraum zu prüfen, ob die teilweise Verwendung der eingenommen Mittel, die ja zu einem Teil von außereuropäischen Fluggesellschaften stammen, für die vorzeitige Verschrottung von alten Maschinen eingesetzt werden könnte.

Bei den preislichen Maßnahmen ist unterstellt worden, dass sie ab dem Jahre 2000 schrittweise eingeführt werden, alle Flüge innerhalb Europas und alle von Europa abgehenden Flüge - auch die außereuropäischen Airlines - treffen und dass die Einnahmen aus den erhobenen Gebühren und Steuern wieder in den Luftverkehrsmarkt, u.a. für eine verstärkte FuE-Förderung und eine effizientere Flugsicherung, zurückfließen. Es besteht zwar keine ökonomische Notwendigkeit für eine Rückführung von Steuern und Abgaben, jedoch kann ein derartiges "procedere" generell die Akzeptanz für preisliche Maßnahmen auch bei den direkt betroffenen Akteuren erhöhen und zugleich die Wirksamkeit der Maßnahmen - durch verstärkte FuE-Förderung, "Verschrottungsprämien" für ineffizientes Fluggerät, usw. - verstärken.

Die ökonomischen Auswirkungen von Kerosinsteuern und Emissionsabgaben auf den Luftverkehrsmarkt hinsichtlich Umsatz, Beschäftigung und Wettbewerbsposition - bei Fluggerätheherstellern, Airlines und Flughäfen - sind schwer einzuschätzen. Die hier unterstellte europaweite Einführung dürfte kurzfristig die Position der europäischen Luftverkehrsgesellschaften gegenüber den nicht-europäischen 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.

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.

Als Fazit der Rechnungen zur Nachfragewirkung der fiskalischen Maßnahmen ist festzuhalten, dass die Schadstoffreduzierung weniger aus einer Nachfragedämpfung als aus einer verstärkten Minderung des spezifischen Verbrauchs resultiert.

Aus der geringen Dämpfung der Nachfrage ergibt sich auch, dass eine wirtschaftliche Beeinträchtigung des Standorts Deutschland durch die Maßnahmen kaum zu befürchten ist. Geschäftsreisen werden für die Unternehmen bei einer Verteuerung zwischen DM700 (Innereuropäisch, Nordatlantik) und DM 2000 (Fernost und Australien) für den Hin- und Rückflug als Betriebsausgaben tragbar bleiben. Da der Urlaub nach wie vor einen hohen Stellenwert besitzt, könnten 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 DM 500 pro Person verteuern, die höchste Nachfragereaktion zu erwarten. Dies hat entsprechende Auswirkungen auf das Tourismusgewerbe: Statt der im Trend prognostizierten Zunahme auf 21 Mio. Flugreisende in diesem Marktsegment wird die Nachfrage bei 14 bis 15 Mio. 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 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 Kompensationspotenziale ("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 außereuropäischen 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.

7 Literaturverzeichnis

AERONOX (1995): The Impact NOx-Emissions from Aircraft upon the Atmosphere at Flight Altitudes 8 – 15 km (U. Schumann Hrsg.) Publication EUR 16209 EN, Büro für Veröffentlichungen der Europäischen Kommission, Brüssel.

AIRBUS INDUSTRIE (1997): Global Market Forecast 1997, Blagnac-Cedex (Frankreich).

AIRBUS INDUSTRIE (1998): Global Market Forecast 1997, Blagnac-Cedex (Frankreich).

ANTWORT der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion Bündnis 90/ DIE GRÜNEN - Maßnahmen der Bundesregierung im Bereich Umweltschutz und Tourismus, Drucksache 13/9553, 2.2.12.97.

ARMBRUSTER, JÜRGEN (1996): Flugverkehr und Umwelt. Heidelberg.

BARRETT, MARK (1994): Pollution Control Strategies for Aircraft. Paper written for WWF International. Gland.

BAT-FREIZEIT-FORSCHUNGSINSTITUT (1992): Urlaub 91/92 - Trendziele und Trendsetter im Tourismus der 90er Jahre, Hamburg.

BEDER, HEINRICH: Luftverkehr und Umwelt. Pro Luftfahrt c/o Verband der Allgemeinen Luftfahrt (AOPA), Egelsbach, o.J.

BERECHMAN, JOSEPH; DE WIT, JAAP (1996): An Analysis of the Effects of European Aviation Deregulation on an Airlines Network Structure and Choise of a Primary West-European Hub Airport. In: Journal of Transport, Economics and Policy (30), Heft 3.

BLEIJENBERG, ARIE N. (1995): A future for air transport? In: World Transport Policy & Practice. Vol. 1 No.3.,pp. 12-16.

BMBF (1997): Schadstoffe in der Luftfahrt: Nationales Forschungsprogramm des Bundesministers für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie Projektleitung U. Schumann und H. Weyer, DLR, Oberpfaffenhofen und Köln.

BMV/BMU (1997): Konzept Luftverkehr und Umwelt. Bonn 1997.

BMWi (1996): Bericht zur Lage der deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie Der Koordinator für die deutsche Luft- und Raumfahrt (Bundesministerium für Wirtschaft), 13.02.1996.

BOEING Commercial Airplane Group Marketing (1998): Current market Outlook 1997, Washington.

BÖHM, JOACHIM (1995): Aufklärung von Diskrepanzen in internationalen Statistiken über den globalen jährlichen Treibstoffverbrauch des Luftverkehrs und des „Missing Fuel“ in den Berechnungen der NASA zum globalen Kataster der Emissionen der Luftfahrt. DLR-Mitteilung 95-07. Köln.

BONGARTZ, ULRICH (1996): Der asiatische Luftverkehrsmarkt und die bedeutenden internationalen Airlines der Region - eine empirische Betrachtung. In: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Heft 1, 1996. Köln.

BRASSEUR, GUY (1996): Referat „Overview on the European Assessment“ auf dem Internationalen Kolloquium Impact of Aircraft Emissions upon the Atmosphere, Paris, 15.10.1996.

BUND (Hsg.) (1994): BUNDargumente - LUFTVERKEHR, Bonn.

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hsg.) (1998): Wieviel Umwelt kostet uns das Reisen? Auf dem Weg zu einem nachhaltigen Tourismus, Bonn .

BUNDESANSTALT FÜR FLUGSICHERUNG: Luftfahrthandbuch, Offenbach (fortlaufend).

BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (1997): Ferntourismus - grenzenlos? Bonn .

CE CENTRE FOR ENERGY CONSERVATION AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY (1998): A European environmental aviation charge. Feasibility study. Final report. Delft, März 1998.

DAVIS, STACY C./Mc Farlin, David N (1996): Transportation Energy Data Book: Deition 16 (Oak Ridge National Laboratory).

DEUTSCHE BUNDESBANK (1998): 50 Jahre Deutsche Mark, Monetäre Statistiken 1948 - 1997 (CD-Rom), München .

DEUTSCHE BUNDESBANK (1998): Devisenkursstatistik, Statistisches Beiheft zum Monatsbericht der Deutschen Bundesbank 5, Nr. 2, 1998.

DEUTSCHE FORSCHUNGSANSTALT FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (DLR) (1997): Emissionsmodellierung Abschlussbericht im Auftrag der TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH Köln, Juli 1997 (unveröffentlichtes Manuskript).

DEUTSCHE FORSCHUNGSANSTALT FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (DLR) UND UMWELTBUNDESAMT (UBA): Gemeinsamer Assessment-Workshop "Maßnahmen zur Reduzierung von Schadstoffemissionen des zivilen Luftverkehrs "am 19.06.1997, Ergebnisbericht vom 15.09.1997, Köln-Porz.

DEUTSCHE LUFTHANSA (1995): Balance Umweltbericht 1994.

DEUTSCHE LUFTHANSA (1996): Balance Umweltbericht 1995/96.

DEUTSCHE LUFTHANSA AG (1997):: Umweltbericht 1996/97 - Balance, Frankfurt 1997.

DEUTSCHER REISEBÜRO-VERBAND (DRV 1989): Wirtschaftsfaktor Tourismus. Studie des Deutschen Wirtschaftswissenschaftlichen Instituts für Fremdenverkehr an der Universität München (DWIF) im Auftrag des Deutschen Reisebüro-Verbandes e.V. Frankfurt/Main 1989.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG (DIW 1994): Verminderung der Luft- und Lärmbelastungen im Güterfernverkehr 2010. Gutachten des DIW unter Mitarbeit von IVU und IFEU im Auftrage des Umweltbundesamtes. In: Berichte des Umweltbundesamtes, Erich-Schmidt-Verlag Berlin, Heft 5/94.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG (DIW 1995): Ziel der CO₂-Minderung durch weltweit steigenden Energieverbrauch im Verkehrsbereich gefährdet. Bearb.: Hartmut Kuhfeld. In: Wochenbericht des DIW, Nr. 10/95.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG (DIW 1999): Wirtschaftsfaktor Tourismus. Gutachten des DIW im Auftrage des Bundesministers für Wirtschaft. Berlin.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG (1997): Verkehr in Zahlen (jährlich), hier insbesondere Ausgabe 1997, Berlin.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG (DIW 1998): Wirtschaftsfaktor Tourismus. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft. In Bearbeitung, Berlin.

DEUTSCHES WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTLICHES INSTITUT FÜR FREMDENVERKEHR AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN (DWIF 1991): Strukturanalyse des touristischen Arbeitsmarktes. Heft 42 der Schriftenreihe des Deutschen Wirtschaftswissenschaftlichen Instituts für Fremdenverkehr an der Universität München (DWIF), München.

DFS und DLR (1997): Langfristprognose des Luftverkehrs Deutschlands 1995-2010-2015. Ergebnisse des engpassfreien Referenz-Szenarios. Dezember 1997 (unveröffentlichtes Manuskript).

DOGANIS, RIGAS (1995): Flying off course, London, New York.

DOUGLAS AIRCRAFT COMPANY (1995): Outlook for Commercial Aircraft 1994 - 2015.1. Long Beach, Cal. 1995.

DRESNER, MARTIN; LIN, JIUN-SHENG CHRIS; WINDLE, ROBERT (1996): The Impact of Low-Cost Carriers on Airport and Route Competition. In: Journal of Transport, Economics and Policy (30), Heft 3.

DVWG (1993): Allgemeine Luftfahrt – auf dem Weg ins Abseits oder Motor für die Wirtschaftsentwicklung –. Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft, Heft B 162. Bergisch Gladbach.

DVWG (1994): Luftverkehr im Wandel – Chancen und Risiken der Zukunft: Erstes Forum Luftverkehr der DVWG. Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft, Heft B 171. Bergisch Gladbach.

DVWG (1996): Auf dem Prüfstand: Die Verfahrensregelungen für die Vergabe von Start- und Landezeiten (Slots) bei Kapazitätsengpässen an Flughäfen. Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft, Heft B 189. Bergisch Gladbach 1996.

ECAC / ANCAT (1995): EC Working Group, A Global Inventory of Aircraft NOx-Emissions, zitiert in AERONOX 1995.

ECKERLE, KONRAD u. a. (1996): Energiereport II. Die Energiemärkte im zusammenwachsenden Europa - Perspektiven bis zum Jahr 2020, Stuttgart.

EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU (1998): Schwerpunktausgabe „Europäisches Hochgeschwindigkeitsnetz“, ETR 47 (1998), H. 8-9.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (1997): Environmental agreements, Kopenhagen.

EUROSTAT (1995): Tourism in Europe. Eurostat - DG XXIII. Luxemburg.

EXXON (1996): SURVEY, turbine - Engined. Fleets of the World's Airlines, Exxon Corporation, New Jersey.

FICHERT, FRANK (1997): Globale Umweltbelastungen durch den zivilen Luftverkehr - Kerosinsteuer als Allheilmittel. In: Zeitschrift für angewandte Umweltforschung. Jg. 10, S. 327 ff.

FILIP-KÖHN, RENATE; HOPF, RAINER UND KLOAS, JUTTA (1999): Zur gesamtwirtschaftlichen Bedeutung des Tourismus in Deutschland. In: Wochenberichte des DIW. Berlin 9/99, S. 179 ff.

FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT URLAUB UND REISEN (1996): Urlaub plus Reisen 1995. Die Reiseanalyse, Hamburg.

FPC (1998): Emission charges and taxes in aviation. Report of the Focal Point on Charges. The Hague, März 1998.

GORNIG, MARTIN, B. Görzig, C. Schmidt-Faber und E. Schulz (1997): Entwicklung von Bevölkerung und Wirtschaft in Deutschland bis zum Jahr 2010 - Ergebnisse quantitativer Szenarien. In: Beiträge zur Strukturforschung des DIW, Heft 166, 1997.

GREENE, DAVID L. (1995): Commercial Air Transport Energy Use and Emissions: Is Technology enough? - Draft. Presented at the 1995 Conference on Sustainable Transportation-Energy Strategies. Research supported by Office on Energy Efficiency and Alternative Fuels, Office of Policy and U.S. Department of Energy, Washington, DC.

GREENPEACE (1997): Magazin 1/97, Hamburg.

GREENPEACE (1996): Klimaschädlichkeit des Flugverkehrs, Hamburg.

HUMPHREYS (1996), Barry: The UK Civil Aviation Authority and European Air Services Liberalisation. In: Journal of Transport, Economics and Policy (30), Heft 2, 1996.

ICAO (1993): International Civil Aviation Organization, Environmental Protection, Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation, Volume II Aircraft Engine Emissions, Second Edition.

ICAO (1995): ICAO - Committee on Aviation Environmental Protection - Working group 4: Report of the data bases and forecasting sub-group (DBFSG-WG/4). Bonn.

ICAO (1996): Council Resolution on environmental charges and taxes. Adopted by the Council on 9 Dec. 1996 at the 16th Meeting of the 149th Session. Montreal.

IFEU (1995): Verkehrsleistung und Luftschadstoffemissionen des Personenflugverkehrs in Deutschland von 1980 bis 2010 Institut für Energie und Umwelt, Heidelberg.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (1998) Focal point on Charges: Emission Charges and Taxes in Aviation, The Hague.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (1996): ICAO Statistical Yearbook, Montreal.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (1995): Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries 1992-1993. Genf.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (1996): Energy Balances of OECD countries 1993-1994. Paris.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (1997A): Energy Balances of OECD countries 1994-1995. Paris.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (1997B): Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries 1994-1995. Paris.

INTRAPLAN/IVT (1991): Personenverkehrsprognose 2010 für Deutschland - Schlussbericht. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr. München/Heilbronn.

IPCC (UNEP/WMO) SPECIAL REPORT (1999): Aviation and the Global Atmosphere, Summary for Policymakers.,

KOCH, OLIVER (1996): Strategien zur Verlagerung des innerdeutschen Luftverkehrs auf die Bahn. Diplomarbeit an der TU Berlin, Berlin.

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (1995): Faire und effiziente Preise im Verkehr - politische Konzepte zur Internalisierung der externen Kosten des Verkehrs in der europäischen Union. Grünbuch. Brüssel.

KÜSTER, THOMAS (1998): Szenarien über die Rollenverteilung im innerdeutschen Personenluft- und -schienenverkehr für das Jahr 2015. Diplomarbeit an der TU Berlin, Berlin.

LOIBL, GERHARD; REITERER, MARKUS (1998): Internationale Rahmenbedingungen für eine Abgabe auf Flugtreibstoff. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie. Schriftenreihe des BMUJF Band 33/1998. Wien.

MEZZASALMA, ROMAN (1994): Öko-Management für Reiseveranstalter, im Auftrag Forschungsinstitut für Freizeit und Tourismus der Universität Bern (Hsg.), Bern.

MICHAELIS, LAURIE (OECD) (1996): Special Issues in Carbon/Energy Taxation: Carbon Charges on Aviation Fuels - „Policies and Measures for Common Action“, Draft. Annex I Expert Group on the UN FCCC, Paris.

MINISTRY OF HOUSING, SPATIAL PLANNING AND THE ENVIRONMENT (1995): Government Policy of the Netherlands on air pollution and aviation, The Hague.

MOMENTHY, A.M. (1995): Problems with the measurement of jet fuel consumption. In: ICAO - Committee on Aviation Environmental Protection - Working group 4: Report of the data bases and forecasting sub-group (DBFSG-WG/4). Bonn.

NAToURS (1998): Urlaub erleben - Aktivität genießen.

OECD (1997) : The Future of International Air Transport Policy. Paris.

OSTERLOH, GERD (1997): Der Reisetern, in: Becker, Christoph (Hsg.), Beiträge zur nachhaltigen Regionalentwicklung mit Tourismus, Berlin.

PETERMANN (1997), Thomas: TA-Projekt Entwicklung und Folgen des Tourismus.

TAB-ARBEITSBERICHT 52 - Entwurf. Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Bonn 1997.

POLINAT (1995) - Pollution from Aircraft, Emissions in the North Atlantic Flight Corridor, DLR, Köln-Porz.

POMPL, WILHELM (1991): Luftverkehr, Berlin, Heidelberg.

PREISENDÖRFER, PETER (1993): Der Bequemlichkeit erlegen, in: Politische Ökologie special, München.

PRO LUFTFAHRT (1995): Luftverkehr und Umwelt. Was wird behauptet - was ist richtig? Fakten und Aussagen zum Luftverkehr. Egelsbach.

PROGNOS (1995): Bedeutung und Umweltwirkungen von Schienen- und Luftverkehr in Deutschland. Untersuchung im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen, der Deutschen Bahn AG, der Deutschen Lufthansa und des Deutschen Verkehrsforums. Basel.

REICHOW, HANS-PETER (1992): Aviation and the Environment. In: EUROAVIA Symposium on Aerospace and Environment, Proceedings part 2, München.

RESOURCE ANALYSIS ET AL. (1999): Analysis of the taxation of aircraft fuel - VII/C/4-33/97. Produced for European Commission. Final Report, Delft, January 1999 (RA/98-303).

SALOMON BROTHERS (1997): Global Aviation Review. New York.

SALOMON; SMITH; BARNEY (1998): European Airline Review. London.

SCHNEIDER, FRIEDRICH ET AL (1999): Evaluierung der ökonomischen und ökologischen Effekte einer EU-weiten Flugverkehrsbesteuerung in Österreich. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie (BMUJF) und des Bundesministeriums für Wissenschaft und Verkehr. Schriftenreihe des BMUJF Band 16/1999. Wien.

SCHWEIZERISCHER REISEBÜRO-VERBAND: Auswertung der Umfrage SRV 1996 zum Thema Umwelt & Soziales, Zürich o.J.

STATISTISCHES BUNDESAMT (1993): Gesamtwirtschaftliche Bedeutung des Tourismus in der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1990, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Wiesbaden, 1993.

STATISTISCHES BUNDESAMT (1995): Statistisches Bundesamt Fachserie 15 Wirtschaftsrechnungen Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 1993, Heft 7 Aufgabe, Methode und Durchführung, Wiesbaden, 1995

STATISTISCHES BUNDESAMT (1996): Statistisches Bundesamt Fachserie 8, Reihe 6 Luftverkehr 1995, Wiesbaden

STATISTISCHES BUNDESAMT (1997): Tourismus in Zahlen 1997. Wiesbaden, 1997.

STATISTISCHES BUNDESAMT (1996): Fachserie 8, Reihe 6, Luftverkehr, Wiesbaden, jährlich, hier insbesondere Ausgaben 1990 - 1997.

SWISSAIR (1997): Flying the Globe with the World in Mind. The Third Environmental Audit (CD-Rom), Zürich.

TJON, F. (1997): Wirtschaftlichkeitsanalyse von Luftverkehrsunternehmen, Berlin.

UBA (1989): Ermittlung der Abgasemissionen aus dem Flugverkehr über der Bundesrepublik Deutschland, Bericht des Umweltbundesamtes 6/89.

UNITED NATIONS (1995A): Statistical Yearbook Fortieth issue 1993. New York.

UNITED NATIONS (1995B): 1993 Energy Statistics Yearbook, New York, 1995.

UNITED NATIONS (1997): 1995 Energy Statistics Yearbook. New York.

UNITED NATIONS, Subsidiary Board for Scientific and Technological Advice (FCCC/SBSTA) (1996) National Communications FCCC/SBSTA/1996/9/Add.2. Genf.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, BUREAU OF TRANSPORTATION STATISTICS (1995): Annual Report.

VCÖ VERKEHRSCLUB ÖSTERREICH (1997): Flugverkehr - Wachstum auf Kosten der Umwelt. Wissenschaft & Verkehr 5/1997, Wien.

VEDANTHAM, ANU; OPPENHEIMER, MICHAEL (1994): Aircraft Emissions and the Global Atmosphere - Long -term Scenarios. Environmental Defense Fund, New York.

VEDANTHAM, ANU; OPPENHEIMER, MICHAEL (1998): Long-term scenarios for aviation: Demand and Emissions of CO₂ and No_x. In: Energy Policy, Vol. 26, No. 8, pp. 625/641.

WCP (1991), WILMER, CUTLER & PICKERING: Deutschlands Flughafen-Kapazitätskise. Studie für Planungsbüro Luftraumnutzer Frankfurt. London.

WEINGARTEN, FRANK (1995): Entlastung des Luftverkehrs in Deutschland unter den Bedingungen eines wachsenden Luftverkehrsmarktes. Bergisch Gladbach.

WINTER, GERD (1995): Luftverkehr: Ein Stiefkind des Umweltschutzes?. In: Umwelt und Verkehr, 11. Trierer Kolloquium, Umwelt- und Technikrecht (UTR) Band 35, Heidelberg.

WINTER, GERD (1996): On Integration of Environmental Protection into Air Transport Law: A German and EC Perspective. In: Air & Space LAW, Vol. 21, No. 3.

WIT, R.C.N. (1996) (Centre for Energy Conservation and Environmental Technology): How to control greenhouse gas emissions from international aviation? Options for allocation. Delft.

WOLF, GERD (1967): Die Entwicklung des Weltluftverkehrs nach dem Zweiten Weltkrieg. Kieler Studien, Forschungsberichte des Instituts für Weltwirtschaft an der Universität Kiel, Heft 83. Tübingen.

ZUKUNFTFORUM LUFTVERKEHR (Strategische Arbeitsgemeinschaft von Dasa, DFS, DLH, FAG) (1999): Experten-workshop „Mobilität und Fliegen“- Ergebnisse (Manuskript). München.

ZURICH AIRPORT AUTHORITY (1997): Aircraft Engine Emission Charges at Zurich Airport, Zürich.