

TEXTE

109/2018

Szenario Luftverkehr Deutschland unter Einbezug von Umweltaspekten

TEXTE 109/2018

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3713 45 101
UBA-FB 002722

Teilvorhaben Luftverkehr des FuE-Projekts „Anforderungen und
Rahmenbedingungen für eine zukunftsorientierte Entwicklung des
Güterverkehrs – Eine systematische Analyse auf der Grundlage eines
Ländervergleichs“

Szenario Luftverkehr Deutschland unter Einbezug von Umweltaspekten

von

Markus Maibach, Martin Peter, Maura Killer, Cuno Bieler, Remo Zandonella,
Benedikt Notter, Damaris Bertschmann
INFRAS Forschung und Beratung, Zürich

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

INFRAS Forschung und Beratung
Binzstrasse 23
8045 Zürich
Schweiz

Abschlussdatum:

Mai 2017

Redaktion:

Fachgebiet I 2.1 Umwelt und Verkehr
Martyn Douglas

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Dezember 2018

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Um – im Sinne des Nachhaltigkeitskonzepts – der Umweltperspektive eine zur Wirtschaftsperspektive gleichwertige Bedeutung zu geben, ist es notwendig, die Umweltbelastungen des Luftverkehrs kritisch zu würdigen, Umweltziele zu konkretisieren und ein Szenario zu entwickeln, dass diese Ziele erreichen kann. Dazu ist auch eine kritische Auseinandersetzung mit dem unterstellten Wachstum im Luftverkehr Deutschland notwendig. Die vorliegende Studie erarbeitet ein Positivszenario und ergänzt die Überlegungen des BMVI zum Luftverkehrskonzept. Daraus wird ersichtlich, dass eine einseitige Ausrichtung auf betriebswirtschaftliche Wachstumsziele nicht nachhaltig ist und insbesondere die Umweltziele damit nicht erreicht werden. Von großer Bedeutung sind die sich ergebenden Konflikte zwischen umweltseitigen und betriebswirtschaftlichen Zielen auf den Flughäfen mit Hub-Funktion, weil durch eine einseitige Orientierung an betriebswirtschaftlichen Zielen insbesondere die lärmkritischen Nachtrandzeiten belastet werden und das Wachstum die Klimaemissionen erhöht wird. Das Positivszenario umfasst insbesondere die Internalisierung der externen Klimakosten (Market-Based Measures, Emissionsshandel, etc), die Beibehaltung der Luftverkehrssteuer, lärmoptimierte Betriebszeiten und eine Intermodalitätsregel, die dafür sorgt, dass Reisen mit einer Distanz unter 600 km mit der Bahn erfolgen (kostenoptimierte Distanz, in der aus gesamtwirtschaftlicher Sicht die Schiene günstiger ist als die Luftfahrt). Im Vergleich zum Trend führt das Szenario bis 2030 immer noch zu einem beträchtlichen Wachstum der Flugpassagiere um über 50% ggü. heute. Die Wertschöpfung steigt von 10 Mrd EUR auf 18,6 Mrd EUR, die Beschäftigung (direkter Effekt auf den Flughäfen) um 65.000 bis 70.000 Vollzeitaquivalente. Im Vergleich zum Wachstumsszenario von DIW Econ et al. (2015) ergibt sich aber für die Luftfahrt ein geringeres Wachstum von 11%. Dieses wird kompensiert durch die Stärkung der Schiene (Umlagerungseffekt) und durch weniger Wertschöpfungsabfluss im Bereich Tourismus (weil weniger Deutsche ins Ausland reisen). Insbesondere aber sinken die Klimaemissionen und die Lärmbelastungen bei den Flughäfen. Insgesamt können dadurch die formulierten Nachhaltigkeitsziele besser erreicht werden, als im Trendszenario.

Abstract

To give the environmental perspective equal significance as the economic perspective – for the purpose of the sustainability strategy – it is necessary to critically examine the environmental impact of air traffic, to specify environmental targets and to develop a scenario that can achieve those aims. This also requires a critical review of the implied growth in German air traffic. This study elaborates a positive scenario and complements the German Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure's (BMVI) considerations regarding aviation strategy. It thus becomes evident that a one-sided focus on economic growth targets is unsustainable and, above all, will not achieve environmental objectives. The conflicts that arise between environmental and economic aims at hub airports are of special significance, as a one-sided focus on economic growth causes an environmental burden, especially in the hours immediately surrounding night-time flight curfews when noise pollution is a particular disturbance and also increases emissions. In particular, the positive scenario embraces an internalization of external climate costs (market-based measures, emissions trading, etc.), retaining the aviation tax, optimizing flight times to minimize noise and a rule to affect a modal shift from airplanes to railways for trips of less than 600 km (the distance up to which rail travel has the more economic cost efficiency than flying from a macroeconomic perspective). Compared to the current trend, this scenario still forecasts a considerable growth in air passengers of 50% between now and 2030. Added value will increase from 10 bn to 18.6 bn euros, and employment (direct effect at airports) will grow by between 65,000 and 70,000 full-time equivalent jobs. However, compared to the growth scenario of DIW Econ et al. (2015), the aviation growth forecast is 11% lower. This will be offset by a rise in rail passengers (redistribution effect) and less value-added outflow in the tourist sector (due to fewer Germans traveling abroad). Above all, however, harmful emissions and noise pollution will decrease at airports. Overall, this will make it easier to accomplish the stated sustainability targets than in the trend scenario.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
Zusammenfassung.....	9
Summary.....	17
1 Einbettung und Zielsetzung	25
A Grundlagen zur Entwicklung des Luftverkehrs in Deutschland	27
2 Wachstum und Erreichbarkeit.....	27
2.1 Wachstumstreiber Luftfahrt	27
2.2 Erreichbarkeit	31
2.2.1 Beurteilung der Erreichbarkeit in Deutschland.....	31
2.2.2 Kritische Zusammenhänge	32
2.3 Fazit.....	37
3 Umweltbelastungen und externe Kosten des Luftverkehrs	39
3.1 Emissionen	39
3.2 Fluglärm	45
3.3 Externe Kosten.....	47
B Konzeption Positivszenario.....	52
4 Notwendigkeit eines Positivszenarios	52
4.1 Zentrale Ansprüche.....	52
4.2 Zielsystem für ein Positivszenario.....	54
4.3 Eckpunkte für die Operationalisierung	55
5 Beschreibung Positivszenario	58
5.1 Einbettung und Übersicht.....	58
5.2 Regulativ im Positivszenario	58
5.3 Infrastruktur.....	60
5.4 Organisation der Luftverkehrsbranche.....	61
5.5 Performance des Luftverkehrs.....	61
5.6 Aussageebenen.....	62
C Analyse Positivszenario.....	64
6 Vertiefung ausgewählter Elemente	64
6.1 Internalisierung externe Klimakosten.....	64
6.2 Intermodalität: Verlagerung Kurzstreckenverkehr auf die Bahn.....	68
6.2.1 Reisezeitveränderungen	68
6.2.2 Reduktion der Klimakosten	70

6.2.3	Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen der Verlagerungsmaßnahme	71
6.2.4	Fazit	73
6.3	Maßnahmen zur Lärmreduktion und Lärmverteilung	74
6.3.1	Übersicht über die Maßnahmen und Wirkungen	74
6.3.2	Beispiele von Lärminderungsmaßnahmen	77
6.4	Maßnahmen zur Abstimmung Lärm und Siedlungsentwicklung	84
7	Gesamtwürdigung	90
7.1	Auswirkungen Positivszenario	90
7.1.1	Performanceindikatoren	90
7.2	Zielerreichung	93
8	Fazit und Erkenntnisse	96
Annex		97
Annex 1: Berechnung der Verkehrsleistungen im Personenluftverkehr für 2014 und 2030		97
Annex 2: Verlagerung auf die Bahn von Verkehren unter 600 km		99
Annex 3: Literaturanalyse Lärmmaßnahmen		102
9	Quellenverzeichnis	106

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung Anzahl Passagiere und Leitschadstoffe und Treibhausgase.....	10
Abbildung 2:	Übersicht über das Positivszenario.....	11
Abbildung 3:	Entwicklung Passagiere im Luftverkehr und BIP 2005-2014 (indexiert, 2005=100).....	28
Abbildung 4:	Anzahl Flüge pro Kopf 2003 - 2014.....	28
Abbildung 5:	Entwicklung Passagiere/Einwohner Deutschland vs. BIP/Kopf Entwicklung Deutschland und Welt.....	29
Abbildung 6:	Globale und kontinentale Erreichbarkeit 2014	32
Abbildung 7:	Betriebszeiten ausgewählter Flughäfen	34
Abbildung 8:	Entwicklung der Nachtflugbewegungen.....	34
Abbildung 9:	CO ₂ -Emissionen im Personenluftverkehr 2014	41
Abbildung 10:	NO _x -Emissionen im Personenluftverkehr 2014	42
Abbildung 11:	PM-Emissionen im Personenluftverkehr 2014	43
Abbildung 12:	Entwicklung Anzahl Passagiere und Leitschadstoffe und Treibhausgase.....	44
Abbildung 13:	Externe Kosten Personenluftverkehr 2014 nach Distanzklassen [Mrd. EUR]	48
Abbildung 14:	Externe Kosten des Personenluftverkehrs im Jahr 2030 nach Distanzklassen [Mio. EUR]	50
Abbildung 15:	Einbettung Positivszenario	58
Abbildung 16:	Veränderung der Wertschöpfung im Luftverkehr nach Internalisierung der externen Kosten (direkter Effekt)	67
Abbildung 17:	Veränderung der Wertschöpfung im Luftverkehr nach Verlagerung im Kurzstreckennetz	72
Abbildung 18:	Wirkung von technischen Maßnahmen zur Minderung von Fluglärm.....	75
Abbildung 19:	Darstellung des FTI-Gebiets, inkl. Gebiet hoch Betroffene (dunkle Kontur).....	78
Abbildung 20:	Darstellung des FNI-Gebiets, inkl. Gebiet hoch Betroffene (dunkle Kontur).....	79
Abbildung 21:	Karte der Auswirkungen der Lärminderungs-Maßnahmen am Flughafen Stuttgart.....	82
Abbildung 22:	Reisezeitdifferenz Flug vs. Bahn	99
Abbildung 23:	Reisezeit Luftverkehr	100
Abbildung 24:	Reisezeit Bahn.....	101
Abbildung 25:	Anzahl Passagiere auf innerdeutschen Flüge unter 600 km.....	101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Eckpunkte Positivszenario Luftverkehr.....	12
Tabelle 2:	Nachfrage Luftverkehr Deutschland.....	29
Tabelle 3:	Touristische Gesamtausgaben für Deutschland 2010	37
Tabelle 4:	Transportleistung Personenverkehr nach Halbstreckenprinzip [Mio. Pkm]	40
Tabelle 5:	CO ₂ eq-Emissionen im Personenluftverkehr 2014 [in Mio. t]	41
Tabelle 6:	NO _x -Emissionen im Personenluftverkehr 2014 [in 1000 t].....	42
Tabelle 7:	PM-Emissionen im Personenluftverkehr 2014 [in t]	43
Tabelle 8:	Emissionen der Zivilluftfahrt in Deutschland 2030 [in 1000 Tonnen]	45
Tabelle 9:	Fluglärm betroffene Personen nach dB-Klassen für ausgewählte Flughäfen	47
Tabelle 10:	Externe Kosten Personenluftverkehr im Jahr 2014 [Mio. EUR].....	49
Tabelle 11:	Externe Umweltkosten Personenluftverkehr im Jahr 2030 [Mio. EUR]	50
Tabelle 12:	Exogene Randbedingungen für ein Positivszenario:	56
Tabelle 13:	Szenario Internalisierung im Vergleich zu Szenario 1 (DIW Econ et al. 2015).....	67
Tabelle 14:	Segmente Luftverkehr Deutschland	69
Tabelle 15:	Annahmen zur Verteilung der Reiseverbindungen (ohne Transferverbindungen)	69
Tabelle 16:	Die fünf wichtigsten Korridore	69
Tabelle 17:	Reisezeitkosten bei einer Verlagerung von Flug auf Schiene	70
Tabelle 18:	Externe Klimakosten einer Verlagerung auf die Bahn.....	71
Tabelle 19:	Szenario 600 km-Regel im Vergleich zu Szenario 1 (DIW Econ et al. 2015)	72
Tabelle 20:	Veränderungen durch Lärminderungs-Maßnahmen am Flughafen Frankfurt/Main	80
Tabelle 21:	Gemittelte Lärminderung der Maßnahmen in Dezibel (dB).....	81
Tabelle 22:	Auswirkungen von Lärminderungs-Maßnahmen am Beispiel Stuttgart.....	83
Tabelle 23:	Lärmschutzbereiche gemäß Fluglärmschutzgesetz	86
Tabelle 24:	Wachstumsraten pro Jahr im Vergleich DIW Econ et al. (2015) und Positivszenario	91
Tabelle 25:	Passagiere, Wertschöpfung und Beschäftigung im Luftverkehr Deutschland unter Positivszenario	92
Tabelle 26:	Erreichung der zu Beginn der Studie formulierten Ziele eines Positivszenarios	93
Tabelle 27:	Verkehrsleistungen im Personenluftverkehr, 2014 und 2030 in Mio. pkm.	98

Zusammenfassung

ZIEL: UMWELTPERSPEKTIVE ZUM LUFTVERKEHRSKONZEPT

Im Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD für die 18. Legislaturperiode wurde festgehalten, dass eine stärkere Rolle des Bundes bei der Planung eines deutschlandweiten Flughafenetzes angestrebt wird und dazu ein Luftverkehrskonzept erarbeitet werden soll. Im Luftverkehrskonzept für Deutschland sollen die zukünftigen Ziele und Stossrichtungen auf nationaler Ebene festgelegt werden. Dazu sind verschiedene Grundlagen erarbeitet worden, u.a. zu den Wettbewerbsbedingungen und zur volkswirtschaftlichen Bedeutung des Luftverkehrs (DIW Econ et al. 2015). In diesen Grundlagen werden die wirtschaftlichen Ziele der deutschen Luftfahrtbranche ins Zentrum gestellt, insbesondere die Verbesserung der Wettbewerbsbedingungen.

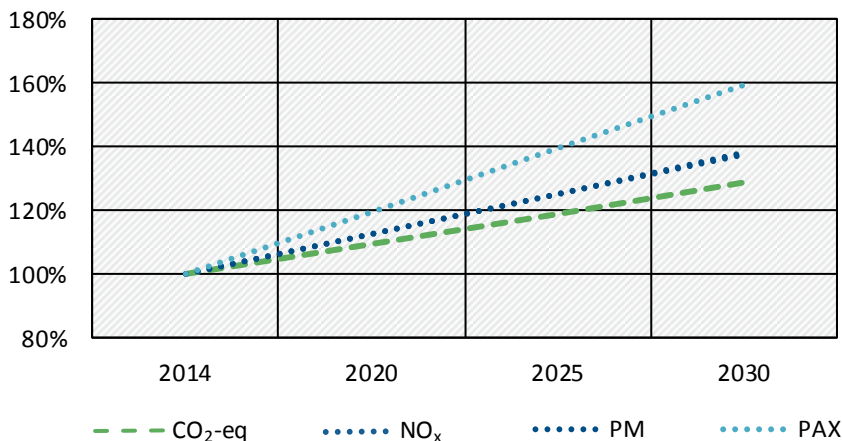
Um – im Sinne des Nachhaltigkeitskonzepts – der Umweltperspektive eine gleichwertige Bedeutung zu geben, ist es notwendig, die Umweltbelastungen des Luftverkehrs kritisch zu würdigen, Umweltziele zu konkretisieren und ein Szenario zu entwickeln, dass diese Ziele erreichen kann. Dazu ist auch eine kritische Auseinandersetzung mit dem unterstellten Wachstum im Luftverkehr für Deutschland notwendig.

VORLIEGENDE LUFTVERKEHRSPROGNOSEN FOKUSSIEREN EINSEITIG AUF DIE LUFTVERKEHRSTRANCHE

Die von DIW Econ et al. (2015) erstellten Grundlagen zum Luftverkehrskonzept unterstellen in der Trendentwicklung eine Zunahme der Passagierzahlen von heute 204 Mio. um 71% auf 348 Mio. Diese Zunahme ist deutlich stärker als beim Landverkehr (rund +12% Verkehrsleistung). Deshalb stellt sich zunächst die Frage, wie ein solches Wachstum zustandekommt und wie es aus Sicht der Volkswirtschaft Deutschland zu würdigen ist.

- ▶ Im Ländervergleich zeigt sich, dass Deutschland bereits eine sehr hohe Luftverkehrsintensität aufweist. Diese Rate ist – ähnlich wie im gesamten EU-Raum – in den letzten Jahren leicht gesunken. Auch die Passagierzahlen sind in den vergangenen 10 Jahren in Deutschland unterdurchschnittlich (um 25%) gestiegen. Die aktuelle globale Wachstumsdynamik stammt denn auch primär von Akteuren aus anderen Kontinenten (insbesondere Nahost). Dies wird auch in Zukunft erwartet und deutet darauf hin, dass aufgrund des sehr hohen Luftverkehrsniveaus in Deutschland Sättigungstendenzen auftreten.
- ▶ Die unterstellte zukünftige Wachstumsdynamik in Deutschland stammt deshalb aufgrund der Produktionsmodelle der ansässigen Airlines und der Sättigungstendenz der inländischen Nachfrage vor allem aus dem Ausland. So wächst die Zahl der Transferpassagiere, die in deutschen Hub-Flughäfen (z.B. Frankfurt, München) umsteigen, sehr stark, während die Reiseintensität von Touristen aus Deutschland nur noch schwach ansteigt.
- ▶ Mehr Luftverkehr bedeutet auch eine Verbesserung der Erreichbarkeit von Deutschland. Eine hohe Erreichbarkeit ist insbesondere für global agierende Unternehmen ein wichtiger Standortfaktor und erhöht damit die Wettbewerbsfähigkeit einer Region. Die Erreichbarkeit von Deutschland weist im europäischen Vergleich jedoch bereits Spitzenwerte auf. Dies deutet darauf hin, dass der Nutzen durch eine verbesserte Erreichbarkeit für die Volkswirtschaft eher klein ist. Es fallen vor allem betriebswirtschaftliche Vorteile in der Form von höheren Umsätzen für die Luftverkehrsbranche an.
- ▶ Das hohe unterstellte Wachstum bis 2030 erzeugt beträchtliche Zunahmen der Emissionen, wie die folgende Grafik zeigt. Aufgrund des technischen Fortschritts steigen sie zwar weniger als die Passagierzahlen. Dennoch – und im Widerspruch zu den allgemeinen Klimazielen – steigen z.B. die CO₂-Emissionen in den nächsten 15 Jahren um 30%.

Abbildung 1: Entwicklung Anzahl Passagiere und Leitschadstoffe und Treibhausgase



Entwicklung der Anzahl Passagiere in Deutschland, und den Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen
 Grafik INFRAS. Anmerkung : NO_x und PM wachsen deckungsgleich. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012

- Heute sind auf den großen deutschen Flughäfen über eine halbe Million Menschen übermässigen Fluglärmbelastungen ausgesetzt. Allein am Flughafen Frankfurt sind über 200.000 Personen Belastungen zwischen 55 und 70 dB ausgesetzt. Die zukünftige Entwicklung führt zwar zu technischen Verbesserungen an der Quelle (Flugzeugen). Umgekehrt führen die Produktionskonzepte an den Drehkreuzen zu längeren Betriebszeiten und erhöhen die Anzahl der Bewegungen in lärmkritischen Tageszeiten. Es ist zu erwarten, dass insbesondere in den Abendstunden der Fluglärm zunimmt (Tagesrand, Nachtrand).
- Die externen Kosten des Luftverkehrs¹ (in Form von Gesundheitsschäden durch Lärm und Luftverschmutzung sowie durch Klimaschäden aufgrund der wachsenden CO₂-Emissionen) wird für Deutschland auf 5,74 Mrd Euro geschätzt (für das Jahr 2014). Aufgrund der Wachstumsdynamik nimmt diese Größenordnung bis 2030 um 46% auf rund 8,3 Mrd. Euro zu. Dabei sind weitere volkswirtschaftliche Kosten wie ungedeckte Infrastrukturkosten aufgrund von Steuerbefreiungen nicht berücksichtigt.

Fazit: Die Trendentwicklung mag für die Luftverkehrsbranche aus betriebswirtschaftlicher Sicht bedeutende Wachstumspotenziale aufweisen. Es stellt sich dabei die Frage, wie die deutsche Luftfahrtbranche dabei partizipieren kann. Die daraus resultierenden Belastungen für die Bevölkerung und die Umwelt sowie die nur geringen Zusatznutzen für die Volkswirtschaft in Deutschland lässt jedoch die Frage aufkommen, wie alternative Ansätze beziehungsweise Maßnahmen aussehen, um eine nachhaltigere Entwicklung zu erzeugen.

POSITIVSZENARIO MIT GLEICHWERTIGEN ZIELEN FÜR UMWELT, WIRTSCHAFT UND GESELLSCHAFT

Das Positivszenario weist den Zeithorizont 2030 auf und orientiert sich an folgenden Umweltzielen:

- Minimierung der Gesundheitsschäden durch Verkehrslärm und Luftbelastung, insbesondere im Umfeld von Flughäfen,

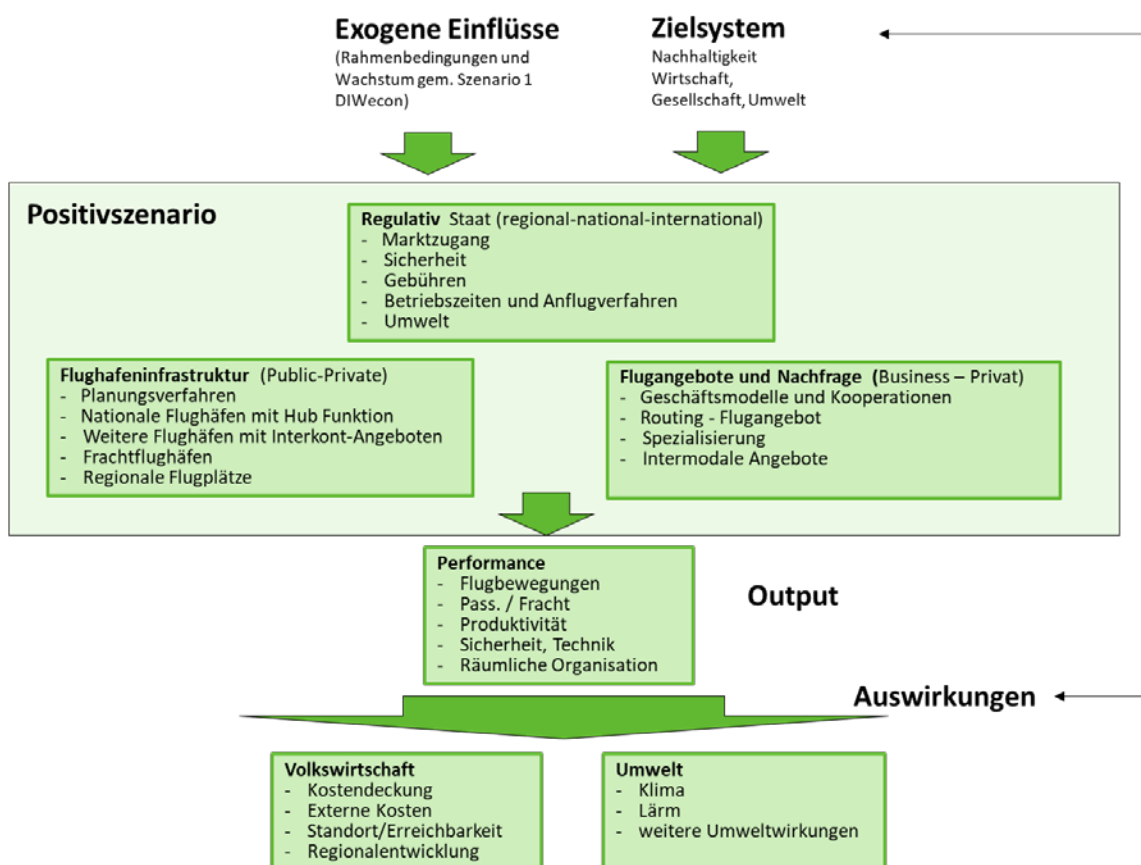
¹ Landesflughäfen und größere Regionalflughäfen; ohne Frachtflüge.

- ▶ Minderung des Ausstoßes klimarelevanter Gase im Verkehr. Nationale Ziele gemäß Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 bzw. Klimaschutzplan 2050. Eckpunkte gemäß UBA-Studie „Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050“,
- ▶ Internalisierung der ungedeckten sowie der externen Kosten des Verkehrs (Subventionen Flugplatzinfrastruktur, Unfall- und Umweltkosten) und Nutzung der Systemvorteile einzelner Verkehrsarten (v.a. Bahn auf kurzen Distanzen),
- ▶ Maximale Anreize zur Steigerung der Umwelteffizienz: Nutzung der technischen Potenziale, Entkopplung Luftverkehrswachstum und Entwicklung der Umweltbelastung.

Diese Ziele sind eingebettet in volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Ziele, die das hohe Sicherheitsniveau und die hohe Standortattraktivität in Deutschland nicht gefährden, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Luftverkehrsbranche und die dadurch erzielbare volkswirtschaftliche Bedeutung erhalten und gleichzeitig eine Koordination mit anderen Politikbereichen, insbesondere der Landverkehrspolitik und der Raumplanung unter Mitwirkung der betroffenen Bevölkerung sicherstellt. Die folgende Abbildung zeigt die Einbettung des Positivszenarios.

Die Würdigung des Szenarios erfolgt relativ zum Trendszenario, das im Luftverkehrskonzept unterstellt wird (vgl. DIW Econ et al. 2015).

Abbildung 2: Übersicht über das Positivszenario



Grafik INFRAS.

Folgende Elemente sind zentral für das Szenario:

Tabelle 1: Eckpunkte Positivszenario Luftverkehr

Element	Ausprägung
Exogene Randbedingungen	
Wachstum Luftfahrt Deutschland (Ausgangspunkt der Analyse)	Gemäss Trendszenario: + 3,18% p.a. für Passagiere + 4,44% p.a. für Fracht
Wettbewerb zwischen Airlines	Konkurrenz aus Nahost steigt. Sozialstandards können durch internationale Vorgaben (z.B. Art. 17 Open Sky) eingehalten werden.
Internationale Abkommen	Single Sky Abkommen wird umgesetzt
Regulativ Deutschland	
Betriebszeiten und Anflugverfahren	Wie heute: Keine weitere Ausdehnung, Nachtflugverbote mit wenigen Ausnahmen: Köln-Bonn und Leipzig verfügen über ein Anreizsystem für leise Nachtflüge.
Gebühren und Pricing	Luftverkehrssteuer wie heute, allenfalls umweltseitige Differenzierung und Zweckbindung für Luftfahrt Kerosinabgabe mit Zweckbindung Luftfahrt Progressive Tarifmodelle für lärmabhängige Landegebühren; Differenzierung nach lärmkritischen Zeiten
Beihilfen Infrastruktur	Abschaffung der Beihilfen, finanzielle Unterstützung nur als Starthilfe
Umwelt	Emissionshandelssystem nach internationalen Vorgaben. Zusätzliche Steuerungselemente im Lärmschutz auf Flughäfen (Absenkungspfade, Kontingente, Abstimmung mit umentwicklung)
Infrastruktur	
Nationale Flughäfen mit Hub-Funktion	Frankfurt am Main (inkl. neues Terminal) München (inkl. 3. Landebahn) Berlin-Brandenburg (Inbetriebnahme, Tegel wird aufgehoben)
Weitere Flughäfen mit Interkontinental-Angeboten	Stuttgart, Düsseldorf, Hamburg, Köln/Bonn, Hannover, Saarbrücken, Nürnberg, Erfurt, Leipzig/Halle, Dresden, Münster/Osnabrück, Bremen
Frachtflughäfen	Köln/Bonn und Leipzig/Halle mit Fokus Expressfracht (Vollfrachter), Frankfurt mit Fokus Bellyfreight
Regionale Flugplätze	Die heute rund 20 Regionalflughäfen werden im Rahmen der Aufhebung der finanziellen Unterstützungen zum Teil redimensioniert. Flugplätze, die ihre Kosten nicht decken können, werden aufgehoben. Möglichkeiten zur Zusammenarbeit von nationalen Flugplätzen mit geeigneten Regionalflugplätzen werden vermehrt genutzt.
Bahnangebot	Das Bahnangebot wird für die Flughäfen mit Bahn- bzw. S-Bahnanschluss (Frankfurt, München, Berlin-Brandenburg, Düsseldorf, Köln/Bonn, Hamburg, Stuttgart) weiter ausgebaut: Anschluss an ICE, Ausweitung S-Bahn Anschlüsse, Anschlussgleise für Frachtflughäfen)
Performance - Postulate	

Element	Ausprägung
Verlagerung Passagiere im Binnenverkehr	Verkehre unter 600 km Luftverkehrsdistanz werden mit der Bahn zurückgelegt
Transportintensität	Reduzierung der Transportintensität - ausgedrückt als Pkm/1.000 EUR BIP mit Basisjahr 2004 - auf 85% bis 2020 Verbesserung der Auslastung
Spezifischer Energieverbrauch	Jährliche Verbesserung um 1,4% p.a. gemäss Vorgaben Klimaschutzenszenario (vgl. IFEU/INFRAS 2016)

VIER KERNELEMENTE DES POSITIVSZENARIO: AUSGESTALTUNG UND WIRKUNGEN

Internalisierung der externen Klimakosten

Die externen Klimakosten des Luftverkehrs Deutschland belaufen sich auf rund 3,5 Mrd. im Jahr 2014 resp. 4,5 Mrd. EUR im Jahr 2030 (basierend auf Szenario 1 der Prognose von DIW Econ et al. 2015). Eine Internalisierung dieser Kosten kann über marktwirtschaftliche Maßnahmen erfolgen. Würde beispielsweise ein Emissionshandelssystem diese Kosten vollständig internalisieren, würde ein Preis von 80 Euro pro Tonne CO₂ erhoben werden, was zu einem Anstieg der Ticketpreise zwischen gut 8% für internationale Flüge und gut 17% für Inlandflüge führen würde.

Eine derartige vollständige Internalisierung der Klimakosten führt im Luftverkehr zu folgenden wirtschaftlichen Auswirkungen in der Luftfahrtbranche Deutschland im Vergleich zum Referenzszenario:

- ▶ 8% niedrigere Passagiervolumina.
- ▶ 12% weniger Wertschöpfung.
- ▶ 11% weniger Beschäftigung.

Ein Teil der Personen, welche weniger Luftverkehrsleistungen nachfragen, würden auf andere Verkehrsmittel wechseln, ein anderer Teil würde auf eine Reise verzichten. Durch die Mehrnachfrage nach Transportleistungen im Straßen- und Schienenverkehr ergäben sich in den beiden Branchen ein Anstieg der Wertschöpfung und Beschäftigung. Potenziell können damit aus der Verwendung der für Luftverkehrsdienstleistungen eingesparten Mittel in anderen Branchen die Wertschöpfungs- und Beschäftigungsverluste im Bereich Luftverkehr kompensiert werden.

Intermodalität: Verlagerung Kurzstreckenverkehr auf die Bahn

Gemäss verschiedenen Studien (vgl. z.B. INFRAS, Fraunhofer ISI 2010) schneidet in einem Gesamtkostenvergleich (inkl. externe Kosten) der Bahnverkehr im Bereich bis 600km besser ab als der Luftverkehr. Daraus folgt, dass eine Verlagerung von diesen Kurzstreckenflügen umweltseitig und volkswirtschaftlich positiv zu würdigen ist. Voraussetzung ist allerdings, dass die entsprechenden Bahnangebote eine hohe Qualität aufweisen. Eine Auswertung der Kurzstreckenflüge zeigt, dass die Verlagerung der innerdeutschen Flüge unter 600 km auf die Schiene bezogen auf 2014 insgesamt ca. 200.000 innerdeutsche Flugbewegungen resp. 18,5 Mio. Passagiere betreffen würde. Bezogen auf die Anzahl Passagiere sind dies 81% der Passagiere auf innerdeutschen Flügen. Im Luftverkehr entspricht dies über alle Korridore hinweg einer Verkehrsleistung von 8.4 Mrd. pkm und betrifft 73% des innerdeutschen Luftverkehrsleistung. Für die Bahn bedeutet dies, dass durch diese Maßnahme zusätzlich 11,7 Mrd. pkm auf die Schiene verlagert werden. Dies würde 37% der Beförderungsleistung des Schienenpersonenfernverkehrs innerhalb von Deutschland entsprechen.

Eine solche Verlagerung wirkt sich sowohl umweltseitig wie auch kostenseitig wie folgt aus:

- ▶ Die CO₂-Emissionen reduzieren sich um 1,6 Mio. Tonnen pro Jahr. Insgesamt werden die Umweltkosten um 128 Mio. EUR pro Jahr reduziert.
- ▶ Auf der anderen Seite führt die Verlagerung zu Kosten für zusätzliche Reisezeiten. Diese belaufen sich auf 326 Mio. EUR pro Jahr.
- ▶ Die Wertschöpfung sinkt im Luftverkehr um 5% gegenüber dem Referenzszenario (ca. 1 Mrd. EUR oder 10.300 Beschäftigte). Gegenüber heute resultiert nach wie vor ein erhebliches Wachstum der Beschäftigung und Wertschöpfung im Luftverkehr. Das gedämpfte Wachstum im Luftverkehr wird kompensiert durch eine Zunahme der Beschäftigtenzahl bei der Bahn.

Maßnahmen zur Lärmreduktion

Für die gezielte Reduktion der Lärmbelastungen rund um Flughäfen steht grundsätzlich ein breites Set an Maßnahmen zur Verfügung, insbesondere

- ▶ Technische Maßnahmen an der Quelle, wie schallabsorbierende Auskleidungen (Acoustic Panels), moderne Triebwerke (Getriebefan) oder Wirbelgeneratoren. Die Wirkung der Maßnahmen hängen vom Einsatzgebiet und von technischen Spezifikationen ab und können die Lärmausbreitung mehr als halbieren.
- ▶ Operationelle Maßnahmen, wie lärmbedingte Betriebseinschränkungen (Nachtflugverbote als bedeutendste Maßnahme), Optimierung des Sinkfluges (Continuous Descent Approach oder satellitengestützter An- oder Abflugverfahren) und vertikale Optimierungen der Abflugverfahren. Auch hier können beträchtliche Belastungen vermieden werden. Diese Maßnahmen haben aber auch eine lärmverteilende Wirkung.
- ▶ Lärmentgelte, die einerseits Anreize für die obigen Potenziale bieten und gleichzeitig Finanzmittel für die Finanzierung von Lärmschutzmaßnahmen generieren.
- ▶ Lärmkontingente, welche z.B. definieren, wieviele Personen und Arbeitsplätze in einem Gebiet oder in einer bestimmten Lärmbelastung maximal betroffen sein dürfen. Der Flughafen ist bei der Operationalisierung des Flugbetriebs verpflichtet, dass diese Grenzwerte nicht überschritten werden.

Im Rahmen des Positivszenarios geht es darum, einen optimalen Maßnahmenmix für einen Flughafen zu finden, um die Reduktionspotenziale umzusetzen. Mit Abstand am effektivsten ist dabei eine konsequente Anwendung von Nachtflugverboten, kombiniert mit monetären Anreizsystemen und Ansätzen in Richtung Lärmkontingente. Bei den Lärmentgelten ist darauf zu achten, dass sie laufend den technischen Potenzialen angepasst werden. Ansonsten verpufft die Anreizwirkung.

Die Berechnung der konkreten Lärmwirkungen ist nur mit aufwändigen Modellen möglich. Deshalb sind im Rahmen der Studie Fallbeispiele zitiert worden:

- ▶ Die konsequente Anwendung von Lärm bezogenen Maßnahmenbündeln reduziert die lärmbeeinträchtigte Fläche um 7% gegenüber einem Referenzszenario ohne Maßnahmen, die Anzahl Aufwachreaktionen sogar um 27%. Bei den stark belasteten Flächen sind es -16% und die Anzahl Aufwachreaktionen von hoch Betroffenen sinkt um 43%.
- ▶ Auf dem Flughafen Stuttgart ergeben die Modellrechnungen eine Reduktion der lärmbeeinträchtigten Fläche um 31% bei schwach bzw. 42% bei stark belasteten Flächen. Die Anzahl betroffener Personen reduziert sich gar um 45% resp. 76%.

Maßnahmen zur Abstimmung von Lärm und Siedlungsentwicklung

Zur Vermeidung von Lärmbelastungen geht es auch um Vorsorge, wo mit planerischen Maßnahmen eine Zunahme der Lärmbelastung vermieden werden kann. Heute gelten je nach Schutzzone (differenziert nach Tag und Nacht) Einschränkungen für den Bau von Wohnungen und lärmschutzbedürftigen

Einrichtungen. Es gibt hingegen kaum wirksame Vorsorgeinstrumente für den Schutz bei mittleren Belastungen. Die Bauverbotszonen in Deutschland beginnen fast ausschließlich erst bei einem hohen $L_{Aeq\ Tag}$ von 65 dB(A). In anderen Ländern (z.B. Niederlande, Schweiz) wird ein Schwellenwert von 55 dB(A) angewendet.

Zudem gibt es in Deutschland keine Vorschrift zur Außenpegel bezogener Verminderung der Lärmbelastung für bestehende Wohnbauten, welche Fluglärm im gesundheitsbeeinträchtigenden Ausmaß ausgesetzt sind.

Im Sinne einer umfassenden Vorsorge bestehen verschiedene Handlungsoptionen:

- ▶ Kein Wohnungsneubau in Räumen, welcher in den kommenden 10 Jahren zusätzlich mit Fluglärm über den Grenzwerten betroffen ist. Dies bedingt, dass jeder Flughafen eine möglichst verbindliche Vorstellung zur künftigen Entwicklung des Flughafens und des darauf abgewinkelten Luftverkehrs entwickelt. Diese Vorstellung basiert auf einem Betriebskonzept und dazu verbindlich festzulegenden künftigen Lärmkurven, die dann nicht überschritten werden dürfen. Falls Gemeinden über alternative Flächenreserven verfügen, welche ein vom Fluglärm abgewandte Entwicklung ermöglichen, dann könnte bauleitplanerisch nachgesteuert werden (mit Mehrwertausgleich).
- ▶ Je Flughafen könnte eine maximal in der Lärmschutzzone zulässigen Zahl von Bewohnern festgelegt werden, damit nicht wegen baulicher Verdichtung in den bestehenden Flächennutzungen über die Zeit dennoch mehr Personen in Bereiche mit Fluglärm ziehen.
- ▶ Festlegung von maximalen Innenraumlärmpegeln, welche nach Lärmsanierungen (Fenster, Fassade und Dächer) noch erreicht werden dürfen. Diese können zwischen Wohn- und Schlafbereichen unterschieden werden.
- ▶ Einführung einer im Vergleich zum bisherigen Fluglärmgesetz ambitionierteren Pflicht der Flughafenbetreiber zu Lärmsanierungen bestehender Wohngebäude in den Schutzzonen Nacht und Tag.
- ▶ Falls sich die Standortattraktivität einzelner Gemeinden um den Flughafen erheblich verschlechtert und gesellschaftliche/wirtschaftliche Negativspiralen drohen, dann kann der Flughafen bzw. der Luftverkehr zu Maßnahmen verpflichtet werden, welche dem entgegenwirken (Aufwertungen Erholungsgebiete, Infrastruktur, verkehrliche Anbindung, etc.).

Diese Handlungsoptionen können auch mit Maßnahmen der Globalsteuerung ergänzt werden, indem Zielwerte für maximal belastete bzw. belästigte Personen an einem Flughafen und entsprechende Absenkungspfade definiert werden.

DAS POSITIVSZENARIO ERHÖHT DIE ZIELERREICHUNG

Die Ausgestaltung des Szenarios sowie die Vertiefungen und die Auswirkungsanalyse ermöglichen eine Gegenüberstellung des Szenarios mit den Zielen. Ein Vergleich mit einer „Weiter wie bisher“-Entwicklung zeigt eine Verbesserung im Umweltbereich, ohne dass aus wirtschaftlicher Sicht nennenswerte Einbussen resultieren. Insofern ergänzt das Positivszenario die Überlegungen in den von DIW Econ erstellten Grundlagen zum Luftverkehrskonzept (DIW Econ et al. 2015) und kann insbesondere die Umweltdimension konkretisieren und die entsprechende Performance des Luftverkehrs verbessern.

Das Szenario liefert weitere Grundlagen zu den Zusammenhängen zwischen Wachstum und Erreichbarkeit, zu den Umweltwirkungen (insbesondere Emissionen) und zu den externen Umweltkosten. Daraus wird ersichtlich, dass eine einseitige Ausrichtung auf betriebswirtschaftliche Wachstumsziele im Luftverkehr nicht nachhaltig ist und insbesondere die Umweltziele damit nicht erreicht werden.

Das Positivszenario führt bis 2030 zu einer Erhöhung der Passagierzahlen ggü. heute um über 50%. Die Wertschöpfung steigt von 10 Mrd. EUR auf 18,6 Mrd. EUR, die Beschäftigung (direkter Effekt auf den Flughäfen) um rund 70.000 Vollzeitaquivalente auf rund 200.000 Beschäftigte. Im Vergleich zum

Wachstumsszenario von DIW Econ ergibt sich aber bei den Kenngrößen Wertschöpfung und Beschäftigung in der Luftfahrt ein vermindertes Wachstum von 11% (DIW Econ et al. 2015). Diese wird kompensiert durch die Stärkung der Schiene (Umlagerungseffekt) und durch weniger Wertschöpfungsabfluss im Bereich Tourismus (weil weniger Inländer ins Ausland reisen) sowie Mehrausgaben in anderen Branchen dank geringerer Nachfrage nach Luftverkehrsleistungen. Insbesondere aber sinken die Klimaemissionen und die Lärmbelastungen bei den Flughäfen, da vor allem die kapazitätskritischen Nachtrandzeiten weniger belastet werden. Die geringere Umweltbelastung erhöht die Wohlfahrt (bezogen auf Summe von BIP und negativen externen Effekten). Netto (unter Berücksichtigung der Umlagerungseffekte bei der Bahn) dürfte eine positive Bilanz resultieren.

Im Positivszenario sind dank entsprechend gestalteten Landegebühren und über Einschränkungen der Betriebszeiten, Flottenmix in den Nachtrandstunden sowie in den Anflugverfahren in den lärmsensitiven Zeiten merklich weniger Fluglärmbelastungen verbunden als im Szenario 1 von DIW Econ et al. (2015). Die unterstellten Maßnahmen erhöhen auch die Anreize, die technischen Potenziale aususchöpfen.

Institutionell scheint es wichtig, dass die zuständigen Stellen darum besorgt sind, dass die Umweltseite und das Umweltwissen im Thema Luftverkehr zentral eingebettet wird. Dies kann beispielsweise mit einer für den Luftverkehr zuständigen Stelle oder einem gesicherten Prozess erfolgen, der das Umweltwissen anderer Behörden bei Luftverkehrsthemen in standardisierter Form einfließen lässt.

Summary

TARGET: ENVIRONMENTAL PERSPECTIVE FOR THE AVIATION STRATEGY

The coalition agreement between the CDU, CSU and SPD for the 18th Legislative Period laid out the aim of the federal government playing a stronger role in planning a nationwide airport network and also foresaw the formulation of an aviation strategy. The aviation strategy for Germany is supposed to define future objectives and priorities at the national level. Furthermore, different fundamental principles were elaborated regarding the competitive conditions and the national economic importance of aviation (DIW Econ et al., 2015). These principles focus on the economic targets of the German aviation sector, and on the improvement of competitive conditions in particular.

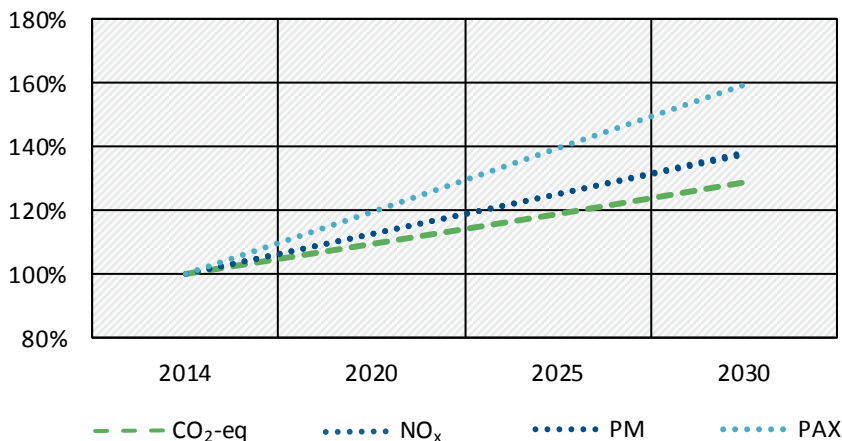
To give the environmental perspective equal significance – for the purpose of the sustainability strategy – it is necessary to critically examine the environmental impacts of air traffic, to specify environmental targets and to develop a scenario that can achieve those aims. This also requires critical review of the implied growth in German air traffic.

CURRENT AIR TRAFFIC FORECASTS HAVE A ONE-SIDED FOCUS ON THE AVIATION INDUSTRY

The fundamental principles elaborated by DIW Econ et al. (2015) regarding aviation strategy assume a trend development leading to a 71% increase in air passengers from 204 M to 348 M. This increase is significantly higher than that of land transport (transport service growth of around +12%). Firstly, this raises the question of how such growth will occur and how to assess it from the perspective of the German national economy.

- ▶ A cross-country comparison shows that the relative air-traffic volume in Germany is already very high. Much like throughout the entire EU, this rate has decreased slightly in recent years. Furthermore, over the last ten years the number of air passengers in Germany has grown at a below-average rate (25%). Players from other continents (in particular the Middle East region) are driving current global growth dynamics. This is expected to continue into the future and indicates that the extremely high air traffic level in Germany will lead to signs of saturation.
- ▶ Therefore, given the production models of German-based airlines and the tendency toward saturated domestic demand, the implied future growth dynamics in Germany stem from foreign markets. Thus, the number of transfer passengers who change planes at German hub airports (e.g. Frankfurt, Munich) will see heavy growth while the travel frequency of persons from Germany will grow only slightly.
- ▶ More air traffic also means an improvement in Germany's accessibility. A high level of accessibility is a particularly important location factor for companies that operate globally and enhances a region's competitiveness. However, Germany is already one of the most accessible countries in Europe. This indicates that the benefit of improved accessibility on the national economy would likely be minor. The main effect would be economic advantages in the form of higher revenues for the aviation industry.
- ▶ As shown in the graph below, the high growth level assumed between now and 2030 will cause considerable increases in emissions. Due to technological advancements they will increase at a lower rate than passenger numbers; however – contrary to the overall climate objectives – CO₂ emissions, for instance, will rise by 30% over the next 15 years.

Illustration 1: Development of passenger numbers and key pollutants and greenhouse gases



Development of passenger numbers in Germany and air pollutants and greenhouse gas emissions INFRAS graphic. Note: NO_x and PM increase at the same rate. Source: Destatis, 2014; UBA, 2012.

- Today over half a million people are exposed to excessive aircraft noise at large German airports. At Frankfurt Airport alone 200,000 people are exposed to noise levels between 55 dB and 70 dB. Although future developments will lead to technological improvements at the source (aeroplanes), production strategies at hubs will lead to longer operating times and increase the number of movements at noise-sensitive times of day. Increased aircraft noise can be expected, particularly in the evening hours (times surrounding night-time and morning flight curfews).
- The estimated external cost of air traffic in Germany² (in the form of health damages from noise and air pollution and from climate damages due to growing CO₂ emissions) is 5.74 bn euros (for the year 2014). Given current growth dynamics, that amount is expected to increase by 46% to around 8.3 bn euros by 2030. Additional expenses incurred by the national economy such as uncovered infrastructure costs due to tax exemptions have not been accounted for.

Conclusion: Although trend development shows significant economic growth potential for the aviation industry, the question of how the German aviation industry can participate remains. The strain such growth puts on the general public and the environment, along with the lower added benefit for the national economy beg the question of how alternative approaches and measures leading to more sustainable development might look.

POSITIVE SCENARIO WITH BALANCED OBJECTIVES FOR THE ENVIRONMENT, ECONOMY AND SOCIETY

The positive scenario presents a time horizon extending to 2030 and is guided by the following environmental objectives:

- Minimizing the health damages caused by traffic noise and air pollution, especially in the proximity of airports;
- Reducing emissions of climate changing gases from air traffic. National targets pursuant to the Climate Action Programme 2020. Key points pursuant to the UBA study "Climate Change Mitigation in Transport until 2050";

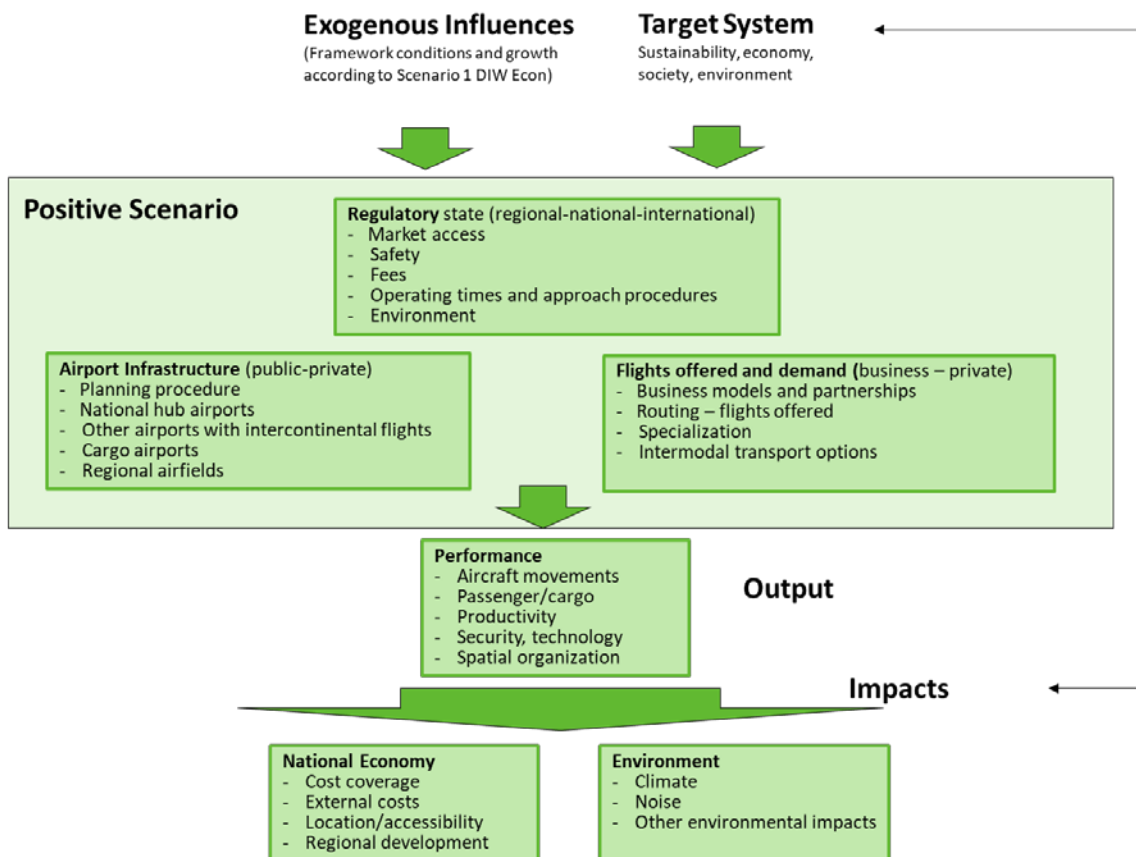
² National airports and larger regional airports; cargo flights not included.

- ▶ Internalizing the uncovered and the external costs of transport (subventions for airport infrastructure, accident and environmental costs) and exploiting the comparative advantages of individual modes of transport (in particular rail for short-haul travel);
- ▶ Maximizing incentives for increasing environmental efficiency: exploiting technological potential, dissociating air traffic growth from increased environmental pollution.

These objectives are embedded in national economic and social aims that do not threaten the high safety standards and appeal of Germany as a location and maintain the competitiveness of the German aviation industry and its attainable economic significance on a national scale while at the same time ensuring coordination with other policy areas, particularly land transport policy and spatial planning with the participation of affected population groups. The illustration below shows how the positive scenario is embedded in these aims.

The appraisal of the scenario ensues relative to the trend scenario that is implied in the aviation strategy (cf. DIW Econ et al., 2015).

Illustration 2: Outline of the positive scenario



INFRAS graphic.

The following elements are central to the scenario:

Chart 1: Key points: positive scenario for air traffic

Element	Manifestation
Exogenous Constraints	
Air traffic growth in Germany (starting point of analysis)	As per trend scenario: + 3.18% p.a. for passenger traffic, + 4.44% p.a. for cargo traffic.
Competition among airlines	Competition from the Middle East is increasing. Social dumping can be prevented via international guidelines (e.g. Art. 17 Open Skies).
International agreements	Implementation of Open Skies Agreement.
Regulatory, Germany	
Operating times and approach procedures	As now: no further extension, night-time curfews with few exceptions: Cologne Bonn Airport and Leipzig/Halle Airport have incentive systems to encourage quiet night-time flights.
Fees and pricing	Aviation tax as now, if necessary environmental differentiation and earmarking for aviation; Kerosene levy with earmarking for aviation; Progressive pricing models for noise-dependant landing fees, differentiation according to noise-sensitive times.
Infrastructure subsidies	Abolishment of subsidies, financial support only as start-up assistance.
Environment	Emissions trading scheme according to international guidelines; Additional control elements for noise mitigation at airports (reduction plans, quotas, coordination with spatial development).
Infrastructure	
National hub airports	Frankfurt am Main (including new terminal) Munich (including 3 rd runway) Berlin-Brandenburg (start of operations, Tegel will end operations)
Other airports with intercontinental flights	Stuttgart, Düsseldorf, Hamburg, Cologne/Bonn, Hanover, Saarbrücken, Nuremberg, Erfurt, Leipzig/Halle, Dresden, Münster/Osnabrück, Bremen
Cargo airports	Cologne/Bonn and Leipzig/Halle, with a focus on express freight (freighters), Frankfurt, which focuses on belly cargo.
Regional airports	In the framework of the elimination of financial support, today's roughly 20 regional airports will be in part rescaled. Airports that cannot cover their costs will cease operations. Opportunities for cooperation between national airports with suitable regional airports will be used more often.
Rail services	Rail services will be further expanded at airports with railway and urban railway connections (Frankfurt, Munich, Berlin-Brandenburg, Düsseldorf, Cologne/Bonn, Hamburg, Stuttgart): ICE connections, expansion of urban rail connections, industrial spurs for cargo airports).
Performance - Postulate	
Passenger shift in domestic transport	Journeys under 600 km through the air will be taken by train.

Element	Manifestation
Transport intensity	Reducing transport intensity – expressed as passenger kilometres/GDP with 2004 as the base year – to 85% by 2020. Improving occupancy rates.
Specific energy consumption	Annual improvement of 1.4% p.a., as per the guidelines of the climate protection scenario (cf., IFEU/INFRAS, 2016)

FOUR CORE ELEMENTS OF THE POSITIVE SCENARIO: FORMS AND IMPACTS

Internalization of external climate costs

The external climate costs of German aviation amounted to roughly 3.5 bn euros in 2014 and will total 4.5 bn respectively in 2030 (based on the Scenario 1 prognosis of DIW Econ et al., 2015). An internalization of these costs can occur via market-based measures. For example, an emissions trading system would fully internalize such costs if a price of 80 euros per tonne of CO₂ were levied, which would lead to a ticket price increase of around 8% for international flights and around 17% for domestic flights.

A complete internalization of climate costs would have the following economic impact on the German aviation industry in comparison to the reference scenario:

- ▶ 8% drop in passenger volume.
- ▶ 12% drop in value added.
- ▶ 11% drop in employment.

A portion of the people who would demand less air transport services would shift to other forms of transport while another portion would forego travel. The increased demand for transport services on road and rail traffic would lead to an increase in value added and employment in both sectors. Using the resources saved on the aviation services in other sectors could potentially offset value-added and employment losses in the aviation industry.

Intermodal transport: shifting short-haul traffic to railways

According to various studies (cf. e.g. INFRAS, Fraunhofer ISI, 2010) rail traffic performs better with regards to total costs (including external costs) than air travel for trips up to 600 km. Consequently, a modal shift for such short-haul flights must be regarded as beneficial for both the environment and the national economy. Only, however, on the condition that the required rail services are of a high quality. An evaluation of short-haul flights shows that a shift from flying to rail transport for trips under 600 km would involve approximately 200,000 aircraft movements within German and 18.5 million passengers respectively. In terms of the number of air passengers, this number comprises 81% of passengers on German domestic flights. Across all flight corridors this is equivalent to 8.4 bn passenger kilometres in air traffic and would affect 73% of domestic German air transport services. In rail transport, this measure would mean an additional 11.7 passenger kilometres on train services. This would be equivalent to 37% of the transport services for passenger trains within Germany.

Such a shift would have the following impact on the environment and costs:

- ▶ A 1.6 M tonne reduction in CO₂ emissions per annum. Environmental costs would be reduced by a total of 128 M euros per annum;
- ▶ On the other hand, this shift would lead to costs for additional travel times. These would amount to 326 M euros per annum.

In aviation, the value added would sink by 5% in comparison with the reference scenario (approx. 1 bn euros, or 10,300 employees). Compared with today, there would still be considerable growth in employment and value added in the aviation industry. The curbed growth in the aviation sector would be offset by an increase in rail employment numbers.

Noise reduction measures

In principle, a broad set of measures are available for the targeted reduction of noise pollution around airports, specifically:

- ▶ Technical measures at the source, such as acoustic panels, modern engines (turbofan) and vortex generators. The impact of these measures depends on the area of application and technical specifications and can more than half noise transmission.
- ▶ Operational measures, such as noise-based operation restrictions (night-time flight curfews being the most significant measure), optimization of aircraft descent methods (continuous descent approach or satellite-based landing and take-off procedures) and optimization of vertical departure trajectories. These measures can also considerably mitigate noise pollution. However, these measures also serve to disperse noise.
- ▶ Noise charges, which act as an incentive to promote the above-mentioned potentials while at the same time generating financial resources to finance noise mitigation measures.
- ▶ Noise quotas, which, for example, define how many people and workplaces may be affected in a given area or by a specific level of noise exposure. When operationalizing air traffic, the airport is obligated to ensure these levels are not exceeded.

Within the scope of the positive scenario, the aim is to find an optimal mix of measures for a given airport to realize noise reduction potential. By far the most effective way of doing this is implementation of strict night-time flight curfews combined with monetary incentive systems and approaches involving noise quotas. When instituting noise charges it is important that they are continually adapted to technological possibilities; if they are not, the incentive function will be negated.

Calculating specific noise impact is only possible with sophisticated models. The study therefore cites example cases:

- ▶ The consistent application of noise-related packages of measures reduces the area affected by noise pollution by 7% in comparison to a reference scenario without measures, even reducing the number of people woken up by 27%. In areas with high noise pollution levels the area affected is reduced by 16% and the number of people woken up sinks by 43%;
- ▶ At Stuttgart Airport the model calculations show a 31% reduction for areas moderately affected by noise pollution and a 42% reduction for areas with high noise pollution levels; the number of people affected drops by as much as 45% and 76% respectively.

Measures to coordinate noise and settlement development

Preventative planning measures are also key to avoiding noise pollution by averting increased noise pollution. Today, depending on the noise protection zone (differentiated between day and night), restrictions are in place for the construction of residences and noise-sensitive facilities. However, hardly any effective preventative instruments exist to protect from mid-level noise pollution. In Germany, the zones where building is prohibited start where there is a high $L_{Aeq Day}$ of 65 dB(A). In other countries (e.g. The Netherlands, Switzerland) a threshold value of 55 dB(A) applies.

Furthermore, in Germany there is no regulation to reduce noise pollution based on exterior noise levels for existing residences that are exposed to aircraft noise at levels that are hazardous to human health.

Various courses of action exist to achieve comprehensive prevention:

- ▶ No new home construction in areas that will be affected by aircraft noise exceeding threshold values in the next ten years in addition to current areas. This requires every airport to devise a binding concept regarding future development and air traffic volumes. This concept is based on an operational strategy and a binding, set noise curve that cannot be exceeded. Should municipalities have alternative land reserves that allow for development away from aircraft noise, then urban planning measures could be readjusted (with taxation of added value).
- ▶ For individual airports a maximum number of people could be allowed to live in the noise protection zone to stop the land being used for denser residential building and to keep even more people from moving to areas exposed to aircraft noise.
- ▶ Defining maximum noise levels for interior space that can be reached by realizing noise mitigating renovation measures (windows, facades and roofs). Such levels can vary for living and sleeping areas.
- ▶ Adoption of an aircraft noise act that, in contrast to the existing act, is ambitious in obligating airport operators to undertake noise reducing renovations on existing residential buildings in night-time and day-time noise protection zones.
- ▶ If certain municipalities near an airport sustain a significant loss of appeal as locations and are in danger of spiralling into a social/economic downturn, then the local airport/aviation industry can be obligated to institute measures that would counteract these effects (upgrading recreation areas, infrastructure, transport connections, etc.).

These courses of action can be complemented with macroeconomic government control measures that define target values for those people living near or along the final approach routes who are most affected/bothered by aircraft noise.

THE POSITIVE SCENARIO INCREASES TARGET ACHIEVEMENT

The elaboration of the scenario along with in-depth analyses and impact assessment make it possible to juxtapose the scenario with the targets. Comparison with a “continue-as-is” development shows environmental improvements without significant economic losses. In this respect, the positive scenario complements the considerations in the fundamental principles formulated by DIW Econ regarding aviation strategy (DIW Econ et al., 2015) and can better define the environmental dimension in particular and improve the relevant performance aspects of air traffic.

The scenario provides further fundamental principles regarding the relationship of growth and accessibility to environmental effects (particularly emissions) and to external environmental costs. It thus becomes evident that a one-sided focus on economic growth targets in air traffic is unsustainable and, above all, will not achieve environmental objectives.

The positive scenario forecasts an increase in air passengers of 50% between now and 2030. Added value will increase from 10 bn to 18.6 bn euros; employment (direct effect at airports) will grow by roughly 70,000 full-time equivalent jobs to reach 200,000 employees. However, compared to the growth scenario of DIW Econ, the forecast for the key aviation figures added value and employment is 11% lower (DIW Econ et al., 2015). This will be offset by a rise in rail passengers (redistribution effect) and less value-added outflow in the tourist sector (due to fewer Germans travelling abroad) as well as increased spending in other sectors due to reduced demand for air transport services. Above all, however, harmful emissions and noise pollution will decrease at airports, particularly because there will be less air traffic in the capacity broadening operating times surrounding night-time curfews. Reduced environmental pollution increases well-being (relating to GDP and external costs). The net balance (when accounting for the redistribution effect in the railway sector) is expected to be positive.

Thanks to suitably conceived landing fees, restrictions on operating times, a proper mix of aircraft types in the hours surrounding night-time flight curfews and landing approach procedures in noise-sensitive times, the positive scenario results in noticeably less aircraft noise pollution than Scenario 1 from DIW Econ et al. (2015). The implied measures also increase incentives to exploit technological potentials.

Institutionally, it appears vital that the responsible authorities are concerned about environmental aspects and environmental knowledge becoming part and parcel of questions regarding aviation. This could, for example, be achieved by creating a responsible authority or by means of a secure process to disseminate environmental knowledge from other authorities about aviation issues in a standardized form.

1 Einbettung und Zielsetzung

Luftverkehrskonzept Deutschland

Im Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD für die 18. Legislaturperiode wurde festgehalten, dass eine stärkere Rolle des Bundes bei der Planung eines deutschlandweiten Flughafenetzes angestrebt wird und dazu ein Luftverkehrskonzept erarbeitet werden soll. Dieses soll Ziele und Stoßrichtungen für den Luftverkehr in Deutschland formulieren. Dazu hat DIW Econ im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums (BMVI) verschiedene Grundlagen erarbeitet, u.a. zu den Wettbewerbsbedingungen und zur volkswirtschaftlichen Bedeutung (DIW Econ et al. 2015). Daraus sind konkrete Maßnahmen für die Stärkung des Luftverkehrsstandorts Deutschland abgeleitet worden. Bei der Bearbeitung hat sich gezeigt, dass die wirtschaftlichen Ziele, insbesondere die verbesserten Wettbewerbsbedingungen der deutschen Luftfahrtbranche im Zentrum stehen. Umweltziele bzw. die Abstimmung von Konflikten zwischen Umweltbelastungen und Luftverkehrswachstum sind nicht vertieft worden.

Notwendigkeit eines Positivszenarios Umwelt

Aus diesem Grund hat das Umweltbundesamt (UBA) INFRAS beauftragt, einerseits die Grundlagen im Bereich Umwelt zu ergänzen und daraus – im Sinne des Nachhaltigkeitskonzepts – ein Positivszenario zu entwickeln, das die Umweltaspekte in angemessenem Umfang berücksichtigt, Umweltziele konkretisiert und sich mit den Konflikten sowohl auf globaler Ebene (Wachstum-Erreichbarkeit-Klimaemissionen) als auch auf lokaler Ebene (Wachstum-Raumentwicklung-Lärm) auseinandersetzt.

Der Analyse liegen folgende Leitlinien zugrunde:

- ▶ Die Umweltziele orientieren sich an den programmatischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen. Im Zentrum steht die Entwicklung der Klimagasemissionen und der Lärmbelastungen. Dazu braucht es eine kritische Auseinandersetzung mit den Wachstumsannahmen des Luftverkehrs.
- ▶ Das unterstellte Wachstum (bzw. ein maximaler Anteil der deutschen Luftverkehrsbranche an diesem Wachstum) muss deshalb an ein Zielsystem entlang von Nachhaltigkeitskriterien gestellt werden. Im Zentrum steht nicht Wachstum per se, sondern ein nachhaltiger Luftverkehrsstandort Deutschland und eine ausgewogene Entwicklung der Erreichbarkeit/Konnektivität Deutschlands heute und morgen unter Berücksichtigung von Umweltzielen.
- ▶ Wir betrachten dabei die Erreichbarkeit – als eine von mehreren Standortfaktoren – in einer intermodalen Perspektive. Aus diesem Grund sind volkswirtschaftliche und intermodale Betrachtungen (für welche Zwecke eignen sich welche Verkehrsträger?) notwendig. Jeder Verkehrsträger soll da eingesetzt werden, wo er aus volkswirtschaftlicher Gesamtsicht Vorteile aufweist. Mit Fokus auf die Erreichbarkeit ist es dabei zunächst unwichtig, ob die Mobilitätsdienstleistungen im Luftverkehr von nationalen oder ausländischen Anbietern erbracht werden.
- ▶ Entsprechend der unterschiedlichen Funktion und Relevanz verschiedener Luftverkehrssegmente und unter der Prämisse, dass der Luftverkehr die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten tragen muss, gilt es, eine für die längere Frist optimale Luftverkehrsentwicklung herzuleiten. Dabei müssen alle Kosten (Betrieb, Erschließung, Folgen für Transportwege, Klimaschutz, Lärmschutz, etc.) einbezogen werden.
- ▶ Bei den Arbeiten in Hinblick auf ein Positivszenario haben deshalb folgende Punkte Gewicht:
 - ▶ Segmente des Luftverkehrs und deren unterschiedliche volkswirtschaftliche Relevanz
 - ▶ Beste verfügbare Technologie für die Zukunft
 - ▶ Externe Umweltkosten
 - ▶ Intermodalität

- ▶ Optimale Lage und Nutzung Luftverkehrsinfrastruktur
- ▶ Steuerung der Siedlungsentwicklung.

Berichtsaufbau

- ▶ Teil A ergänzt die Grundlagen zu den Überlegungen im Rahmen eines Luftverkehrskonzepts für Deutschland und weist insbesondere die Umweltwirkungen und externen Kosten (Fokus Emissionen) aus. Zudem wird das Wachstumsparadigma des Luftverkehrs kritisch hinterfragt und aus Sicht der Erreichbarkeit in Deutschland (differenziert nach Segmenten) interpretiert.
- ▶ Teil B zeigt die Eckpunkte des Positivszenarios auf, basierend auf einem expliziten Zielsystem.
- ▶ Teil C schließlich analysiert ausgewählte Aspekte, insbesondere die Internalisierung der externen Kosten, intermodale Potenziale sowie die Reduzierung des Fluglärms an der Quelle und die Abstimmung zwischen Lärmbelastung und Raumentwicklung. Daraus werden Folgerungen für die Weiterentwicklung und Umsetzung des Luftverkehrskonzepts abgeleitet.

A Grundlagen zur Entwicklung des Luftverkehrs in Deutschland

2 Wachstum und Erreichbarkeit

Die Gutachten der *Grundlagenermittlung für ein Luftverkehrskonzept der Bundesregierung* (DIW Econ et al. 2015) liefern die Basis für das Luftverkehrskonzept der Bundesregierung. Das Ergebnis der Studie sind drei Wachstumsszenarien, die mit staatlichen Maßnahmen zu erreichen sind.

Ausgehend von den drei Wachstumsszenarien des Grundlagenberichts, wovon zwei der Szenarien ein Passagierwachstum nahe am weltweiten Wachstum prognostizieren, werden in diesem Kapitel ergänzende Grundlagen insbesondere im Zusammenhang zum Thema Umwelt diskutiert. Dies beinhaltet eine kritische Auseinandersetzung mit den Wachstumstreibern der Luftfahrt wie auch mit der Erreichbarkeit.

2.1 Wachstumstreiber Luftfahrt

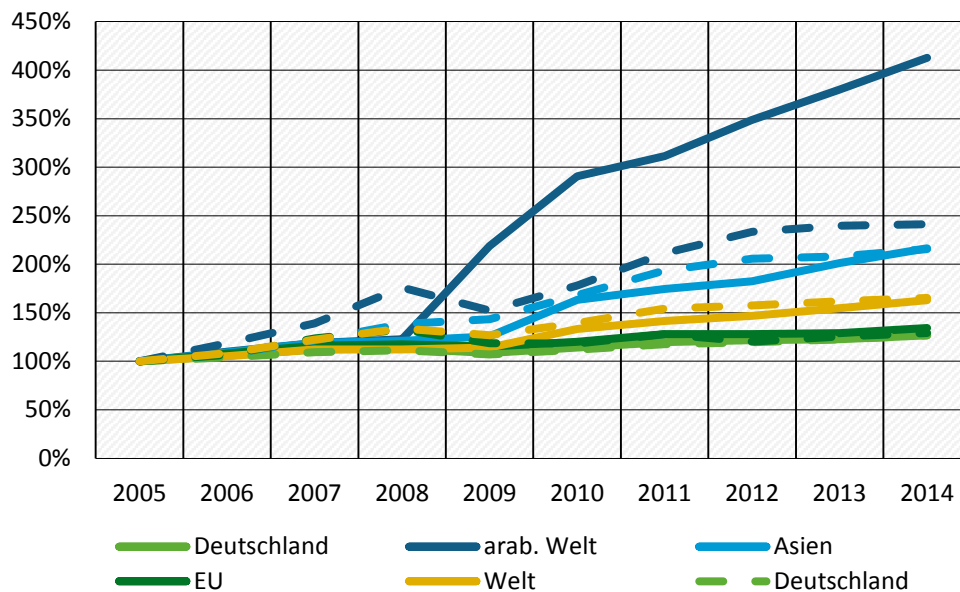
Das folgende Kapitel untersucht die beiden Wachstumsindikatoren des deutschen Luftverkehrs: Das nationale BIP und das Welt-BIP.

Passagierzahlen und Bruttoinlandprodukt: Entwicklung 2005 bis 2014

Weltweit ist das Luftverkehrsaufkommen zwischen 2005 und 2014 um ca. 60% gewachsen (d.h. durchschnittlich 6% pro Jahr). Der stärkste Anstieg zeigt sich in Nahost mit einer Vervierfachung der Passagiere. Im asiatischen Raum (East Asia & Pacific, South Asia) hat die Anzahl der Passagiere ebenfalls stark zugenommen (Verdoppelung der Passagierzahlen). Im Vergleich dazu ist der Anstieg der Passagiere in Europa mit ca. + 30% und Deutschland mit + 20% relativ gering (World Bank 2015, Eurostat 2015).

Bei der Entwicklung des Bruttoinlandprodukts (BIP) zeigt sich ein ähnliches Bild. Insgesamt weisen das Passagierwachstum und die BIP-Entwicklung je Weltregion stark synchrone Entwicklungen auf. Eine Ausnahme davon ist das Luftverkehrswachstum in Nahost, welches klar über dem des BIP liegt (World Bank 2015, Eurostat 2015).

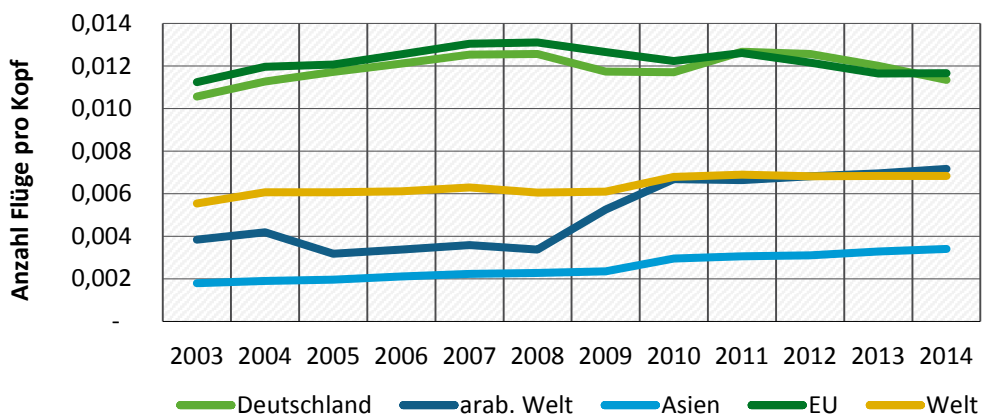
Abbildung 3: Entwicklung Passagiere im Luftverkehr und BIP 2005-2014 (indexiert, 2005=100)



Entwicklung Passagiere und BIP indexiert, 2005=100. Quelle: The World Bank, Eurostat; eigene Darstellung

Die Tatsache, dass die Regionen Nahost und Asien im Luftverkehr stärker wachsen als Europa und Deutschland, ist nicht per se als negatives Zeichen für Europa respektive Deutschland zu werten, sondern ergibt sich u.a. aus dem Niveauunterschied von Industrie- und Schwellenländern. Die deutsche Bevölkerung fliegt ca. 3-mal so viel wie die Bevölkerung im asiatischen Raum und 1,5-mal so viel wie im Nahen Osten.

Abbildung 4: Anzahl Flüge pro Kopf 2003 - 2014

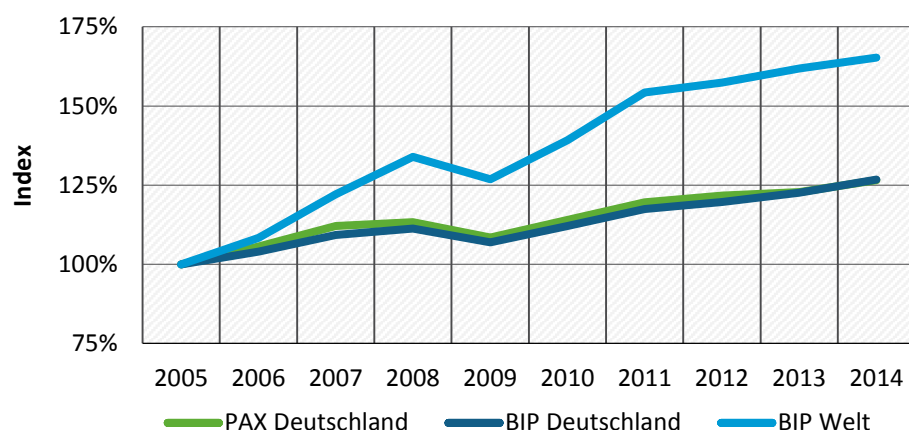


Quelle: The World Bank, Eurostat; eigene Darstellung

Je höher das BIP-Niveau eines Landes ist, desto geringer sind die Wachstumsraten. Die Entwicklung des Passagieraufkommens im Vergleich zum BIP lässt erkennen, dass diese Wechselwirkung im Luftverkehr ebenfalls besteht und die Entwicklung des Luftverkehrs vom BIP-Niveau resp. der wirtschaftlichen Entwicklung des Landes getrieben wird. Für den Originärmarkt ist demnach das nationale BIP

der wesentliche Treiber und nicht das exogene Wachstum über internationale Märkte (Welt-BIP). Dieses ist nur relevant für das Wachstum des Transferverkehrs. Das Welt-BIP überschätzt daher systematisch die Entwicklung des Luftverkehrs in Deutschland (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Entwicklung Passagiere/Einwohner Deutschland vs. BIP/Kopf Entwicklung Deutschland und Welt



Passagiere pro Kopf und BIP pro Kopf indexiert, 2005=100. Quelle: The World Bank, Eurostat; eigene Darstellung

Herkunft der Nachfrage im Luftverkehr

Airlines sind in der Regel nicht in gleicher Intensität in allen Teilen des weltweiten Luftverkehrsmarktes tätig, sondern setzen häufig einen nationalen Schwerpunkt und decken zusätzlich spezifische Märkte ab, die wichtig für die Nachfrage nach Direktverbindungen aus dem Heimatland oder von Ausländern in das Heimatland der Airline sind. Folglich stammt die Nachfrage primär aus dem Heimatmarkt und wird von der nationalen Wirtschaftsentwicklung beeinflusst (siehe Tabelle 2). In Deutschland ist der Luftverkehr vor allem von Urlaubsreisenden geprägt, welche 52% des Passagieraufkommens ausmachen. Der Anteil der Geschäftsreisenden beträgt 36% und jener des Privatverkehrs 12% (DIW Econ et al. 2015). Falls davon ausgegangen wird, dass der größte Teil der Nachfrage nach Luftverkehrstransportleistungen des Urlaubs- und Geschäftsverkehrs aus Deutschland stammt, sind nationale Entwicklungen im Land relevant. Dies würde bedeuten, dass die Nachfrage im Luftverkehr überwiegend vom nationalen BIP getrieben wird (vgl. auch BTW 2012).

Tabelle 2: Nachfrage Luftverkehr Deutschland

Nachfragegruppe	Einschätzung Treiber	
	national	international
Touristen aus DE (Freizeit und Urlaub)	•••	•
Geschäftsreisende innerdeutsch	•••	•
Geschäftsreisende DE ins Ausland	••	••
Geschäftsreisende aus dem Ausland	••	••
Touristen aus dem Ausland	•	•••
Transferpassagiere		•••

•••: hoch ••: mittel •: gering

Tabelle INFRAS. Quelle: eigene Einschätzung

Aus den historischen Passagier- und BIP-Entwicklungen zeigt sich also, dass das nationale BIP der maßgebliche Treiber der deutschen Luftfahrt ist und eine Sättigung im Vergleich zu andere internationalen Märkten besteht, weshalb das Wachstum im Luftverkehr im internationalen Vergleich unterproportional ausfällt.

Ein Wachstum im deutschen Luftverkehr über das des nationalen BIP hinaus ist also in erster Linie durch eine stärkere Teilnahme am Weltluftverkehr zu erreichen. Dies bedeutet insbesondere eine Erhöhung des Transferanteils an deutschen Drehkreuzen (Hubs). Die Erhöhung des Transferverkehrs kann eine bessere Auslastung der Flugzeuge ermöglichen und zu neuen internationalen Direktverbindungen führen. Dies erhöht grundsätzlich die Konnektivität/Erreichbarkeit einer Region resp. eines Landes. Der zusätzliche Transferverkehr bringt aber gesamtwirtschaftlich nur einen unterproportionalen zusätzlichen Nutzen. Er ermöglicht vor allem der Luftverkehrsbranche von der Ausweitung ihrer Geschäftstätigkeiten in internationale Märkte zu profitieren. Es ist im Wesentlichen eine Maximierung der betriebswirtschaftlichen Erträge und erhöht auf der Gegenseite der Medaille die Umweltbelastung (unter der Annahme, dass die Erhöhung des Transferanteils zu zusätzlichen Flugbewegungen führt). National relevant sind vor allem die steigende Lärmbelastigung der Bevölkerung und die volkswirtschaftliche Relevanz des Luftverkehrs.

Ebenfalls ist zu berücksichtigen, dass für deutsche Airlines andere Rahmenbedingungen gelten, falls diese in andere Märkte eintreten wollen, um dort weiter zu wachsen. Eine Ausdehnung in internationale Märkte wird insbesondere durch das vorherrschende „Grandfathering“³-Prinzip bei der Vergabe von Slotrechten unterbunden, wie auch durch die länderspezifischen Luftfahrtrechte. Hinzu kommt, dass in Deutschland wie auch in anderen europäischen Ländern die Mitarbeiter durch Sozialstandards geschützt werden. Dieser gesellschaftlich positiv zu würdigende Aspekt hat gemeinsam mit den im globalen Vergleich relativ hohen Lebenshaltungskosten auf der wirtschaftlichen Seite zur Folge, dass relativ höhere Personalkosten anfallen. Diese kostenerhöhenden Faktoren können für europäische Airline-Gesellschaften in anderen Märkten Wettbewerbsnachteile zur Folge haben (solange sie nicht durch internationale Standards angeglichen werden). Eine Möglichkeit diese Hemmnisse des Markteintritts zu umgehen und in internationale Märkte einzutreten, bietet sich durch Allianzen und Kooperationen mit heimischen Airline-Gesellschaften.

Ausgrund der Sättigungstendenzen ist deshalb die Stärkung der Drehkreuze und die Erhöhung der Transferpassagiere eine der wenigen Wachstumsmöglichkeiten. Ansonsten kann das Luftverkehrswachstum in Deutschland nur erhöht werden, wenn sich die Konsumpräferenzen der inländischen Bevölkerung ändern und/oder sich der Ausgabeanteil für Transportdienstleistungen zu Lasten anderer Ausgaben generell erhöht.

Ebenfalls zu berücksichtigen ist bei der Entwicklung der Nachfrage nach Luftverkehrsdienstleistungen die Entwicklung der Bevölkerung. Bis zum Jahr 2060 prognostiziert das Statistische Bundesamt einen Bevölkerungsrückgang von 10%. Relativ stark sinkt die Zahl der 20-65-Jährigen. Der Anteil älterer Menschen steigt.⁴ Der Einfluss des Bevölkerungsrückgangs auf die Mobilität lässt sich nicht direkt bestimmen. Entscheidend für die Entwicklung der Mobilität ist die Veränderung der mobilen Bevölkerung. Grundsätzlich sind ältere Altersgruppen weniger mobil als jüngere. Dies lässt sich anhand der

3 «Grandfathering»-Prinzip: Die bereits gehaltenen Slots einer Airline bleiben unverändert bestehen, sofern die Airline diese zu mindestens 80% genutzt hat. Demgegenüber stehen wettbewerbliche Mechanismen wie z.B. die Auktion oder der Slothandel (in den USA üblich).

4 Destatis, Vorausberechneter Bevölkerungsbestand, Deutschland 2013; Variante Kontinuität bei stärkerer Zuwanderung

Ausgaben für den privaten Verkehr nach Altersgruppe darlegen: Im hohen Lebensalter machen die Ausgaben für den privaten Verkehr einen geringeren Konsumentanteil aus, als bei den jüngeren Altersgruppen (Aigner-Walder, B., 2013). Zukünftig werden die älteren Menschen im Durchschnitt jedoch mobiler sein als heute. Insgesamt sinkt zwar die Mobilität mit steigendem Alter, der Freizeitverkehr aber hat eine steigende Tendenz (VCO 2015). Wie sich diese beiden Effekte insgesamt auswirken, lässt sich abschließend nicht festlegen.

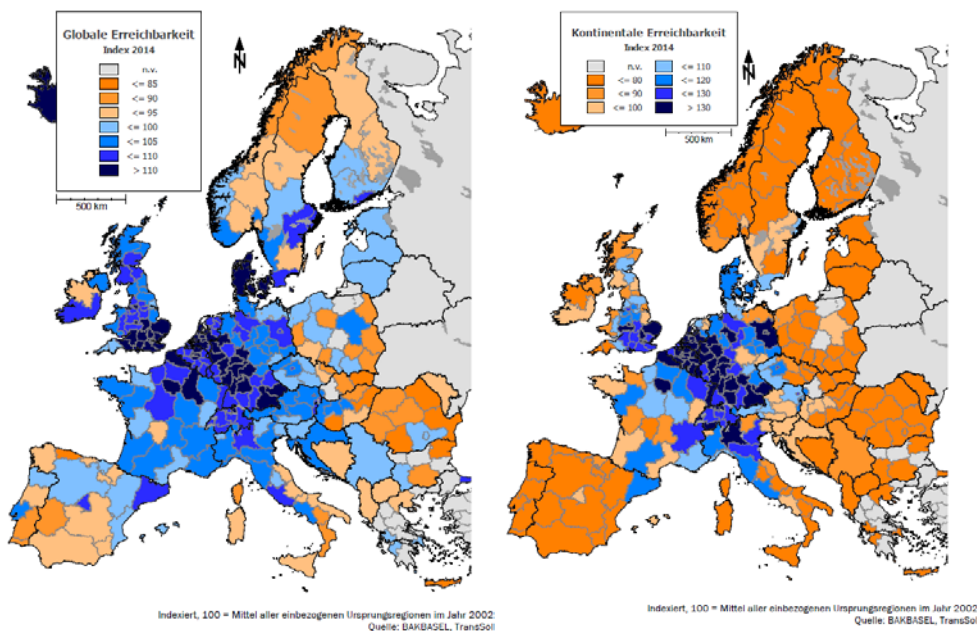
2.2 Erreichbarkeit

2.2.1 Beurteilung der Erreichbarkeit in Deutschland

Die Erreichbarkeit ist ein wichtiges Kriterium, das für die Standortwahl von Unternehmen berücksichtigt wird und eine Region attraktiv macht. Eine gute Erreichbarkeit gilt als Voraussetzung für internationale Unternehmen, um den Zugang zu Beschaffungs- und Absatzmärkten unter möglichst geringen Transaktionskosten sicher zu stellen und am wirtschaftlichen Wachstumsprozess teilhaben zu können (BAK Basel, 2015). Gemäß Bel und Fageda (2008) ist das Angebot von interkontinentalen Direktflügen eine relevante Determinante für die Anzahl der Hauptsitze von großen Unternehmen in einer Region und darüber hinaus erhöht eine gute Erreichbarkeit die Lebensqualität der Bevölkerung. BAK Basel (2015) definiert Erreichbarkeit als: „die Anzahl der Möglichkeiten für das ökonomische oder soziale Leben [...], welche mit vertretbarem, dem Zweck entsprechenden Aufwand zugänglich sind. Erreichbarkeit bezeichnet somit die Qualität eines Raumpunktes, die sich aus seinen verkehrlichen Beziehungen zu attraktiven anderen Raumpunkten ergibt. Daraus folgt, dass Erreichbarkeit das eigentliche Hauptprodukt von Transportsystemen ist.“ Die Erreichbarkeit bezieht das Marktpotential eines Standorts mit ein, indem der Reiseaufwand mit dem BIP der Zielregion gewichtet wird. Für die Potentialabschätzung neuer Märkte wird stellvertretend das BIP-Wachstum verwendet. Obwohl insbesondere bei der globalen Erreichbarkeit die Flughäfen eine wichtige Rolle spielen, ist es ein intermodales Maß und berücksichtigt alle Verkehrsmittel.

Globale und kontinentale Erreichbarkeit Deutschland

Die beiden Hubstädte Frankfurt und München sowie die angrenzenden Regionen belegen eine Spitzenposition in der globalen Erreichbarkeit und befinden sich auf dem gleichen Niveau wie die anderen internationalen Hubs London, Paris oder Amsterdam in Europa (Abbildung 6). In den letzten Jahren (2012-2014) hat sich die globale Erreichbarkeit in Deutschland im Durchschnitt nur minimal verändert. Bei der Betrachtung der kontinentalen Erreichbarkeit, zeigt sich ebenfalls eine gute Position von Deutschland. Entscheidend für die kontinentale Erreichbarkeit sind nicht allein die Flugverbindungen, sondern auch die Straßen- und Bahnverbindungen und die geografische Lage. Die kontinentale Erreichbarkeit von Deutschland hat sich in den letzten Jahren (2012-2014) tendenziell verbessert.

Abbildung 6: Globale und kontinentale Erreichbarkeit 2014⁵

Quelle: BAK Basel, 2015

Die Studie von BAK Basel (2015) zeigt, dass sich Deutschland bereits auf einem sehr hohen Erreichbarkeits-Niveau befindet.

Eine Verbesserung der Erreichbarkeit durch zusätzliche Flugverbindungen in Regionen mit einer bereits hohen Erreichbarkeit ist schwierig. Je höher die Erreichbarkeit einer Region bereits ist, desto geringer ist die Verbesserung durch zusätzliche Verbindungen und Destinationen. Bei einer steigenden Anzahl Flugverbindungen ist gesamtwirtschaftlich ein abnehmender Grenznutzen zu beobachten. Im Vergleich zu aufstrebenden Staaten mit nachholendem Wirtschaftswachstum wie z.B. Asien und Fernost, kann Deutschland die Erreichbarkeit nicht mehr maßgeblich verbessern. Die relevanten Märkte für den deutschen Geschäfts-, Freizeit- und Urlaubsverkehr sind bereits gut zugänglich und ab einem gewissen Niveau rechtfertigt der geringe Zusatznutzen weitere Flugverbindung die hohen Kosten nicht mehr. Eine weitere Verbesserung der Erreichbarkeit führt zu Zielkonflikten.

2.2.2 Kritische Zusammenhänge

Grundsätzlich lässt sich die Erreichbarkeit einer Region durch zusätzliche Flugverbindungen verbessern. Mit steigendem Niveau der Erreichbarkeit, sinkt jedoch der zusätzliche Nutzen durch die extra Flugverbindungen. Ebenfalls führen mehr Flugbewegungen aber auch zu mehr Lärm und mehr CO₂-Emissionen. Da bei zunehmender Anzahl Bewegungen an einem Flughafen meistens die Transferpassagiere einen immer größeren Anteil des Zusatzverkehrs ausmachen, ist der Zusatznutzen kritisch zu hinterfragen und den daraus entstehenden externen Effekten gegenüberzustellen. Falls durch die zusätzlichen Verbindungen vor allem die Nachfrage von Transferpassagieren steigt, profitiert in erster Linie die Luftfahrtbranche davon und die Bevölkerung trägt v.a. die externen Kosten. Insbesondere

⁵ Der Index von BAK Basel misst die Erreichbarkeit als Kombination von Reisezeit und erreichbarer Wirtschaftskraft.

durch die Mehrbelärmung des Luftverkehrs sinkt die Akzeptanz in der Bevölkerung. Deshalb liegt das Optimum zwischen einer maximalen Erreichbarkeit und minimalen Lärm- und CO₂-Emissionen.

Diese Überlegungen sind bei Flughäfen mit einer Hubfunktion besonders relevant. Hubs haben die Möglichkeit, durch Zubringerflüge (Feederflüge) ihre Auslastung auf interkontinentalen Direktflügen zu erhöhen, vorwiegend durch Transferverkehr. Dies führt im Allgemeinen zu mehr Direktverbindungen und einer besseren Erreichbarkeit. Eine bessere Erreichbarkeit (insbesondere global) bedeutet aber ebenso mehr Starts und Landungen (vor allem in den sensiblen Nachtrandzeiten) und somit mehr Lärm. Zusätzlich stoßen die Flughäfen damit oftmals allmählich an ihre Kapazitätsgrenzen und verlieren so ihre Flexibilität und Attraktivität. Unter der Annahme, dass ein hoher Anteil des Mehrverkehrs durch Transferpassagiere verursacht wird, wäre eine solche Entwicklung in der einzig die Erreichbarkeit maximiert wird aus gesamtwirtschaftlicher Sicht nicht optimal.

Exkurs Nachtflug

Besonders relevant in der Lärmdiskussion ist der Nachtflug. In der Verkehrslärmgesetzgebung (inklusive FluLärmG) wird als Nacht der Zeitraum von 22:00 bis 06:00 Uhr definiert. In Flughafen-Planfeststellungen bestehen auch andere „Nacht-Begriffe“ (wie z.B. die „Kernnacht“ nach Definition des BVerwG⁶ von 0:00 bis 5:00 Uhr) und auch stundenweise differenzierte Betriebsbeschränkungen. In Deutschland unterliegt mehr als die Hälfte der Flughäfen einer Betriebsbeschränkung, die Flüge in der Kernnacht verbieten. Einige der Flughäfen erweitern die Nachtschließung über die Kernnacht hinaus und beschränken ebenfalls die „Nachtrandstunden“ (also die restlichen Stunden der „gesetzlichen Nacht“) oder auch „Tagrandstunden“, dies gilt u.a. in Frankfurt, München, Hamburg, Düsseldorf, Stuttgart und Berlin Tegel. An neun deutschen Flughäfen gibt es keine Nachtflugbeschränkungen, u.a. sind Nachtflüge an den beiden Frachtstandorten Köln/Bonn und Leipzig/Halle (gilt nur für Frachtflüge) erlaubt.

⁶ <http://www.bverwg.de/entscheidungen/entscheidung.php?ent=040412U4C8.09.0>

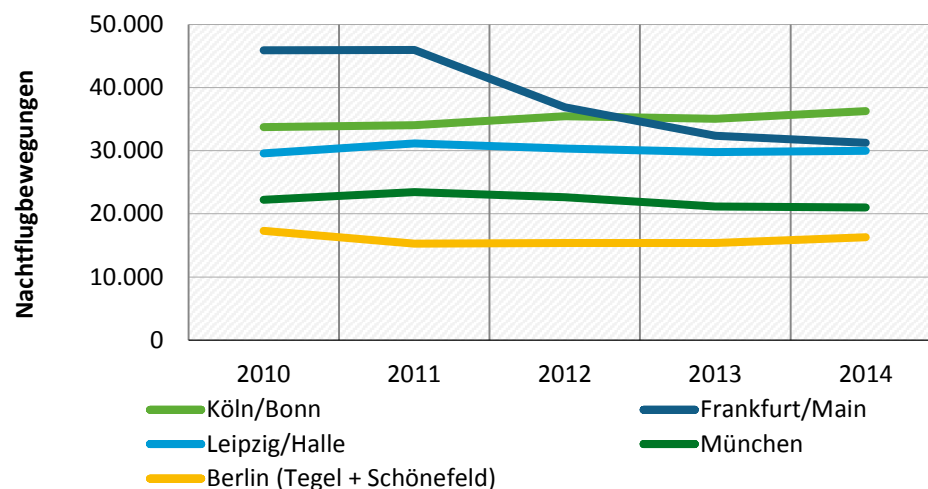
Abbildung 7: Betriebszeiten ausgewählter Flughäfen



Quelle: Fluglärmreport 2015, BDL

Zwischen 2010 bis 2014 sind die Nachtflugbewegungen (22:00-6:00) an den 12 größten Flughäfen um knapp 9% zurückgegangen (siehe Abbildung 8). Zurückzuführen ist diese Entwicklung vor allem auf die Einführung des Nachflugverbots am Flughafen Frankfurt (23:00-5:00) im Jahr 2011, welche mit der Inbetriebnahme der neuen Landebahn Nordwest in Kraft trat. Dadurch haben sich die Nachtflugbewegungen um ca. 30% reduziert. Eine Zunahme an Nachtflugbewegungen verzeichneten die beiden Luftfrachtstandorte Köln/Bonn und Leipzig/Halle sowie Hannover, Nürnberg und Hamburg.

Abbildung 8: Entwicklung der Nachtflugbewegungen



Nachtflugbewegungen an den fünf Verkehrsflughäfen mit den meisten Nachtflügen 2010-2014 (Starts und Landungen von 22.00 bis 05.59 Uhr)

Quelle: Bundesvereinigung gegen Fluglärm 2015, eigene Darstellung

Aus Sicht der Airlines wird das Nachtflugverbot an deutschen Flughäfen oft als Wettbewerbsnachteil im Vergleich zur internationalen Konkurrenz dargestellt, v.a. gegenüber asiatischem Raum und dem Fernen Osten, aber auch der Türkei (Istanbul). Der Nachtflug ist besonders für die Auslastung der kapitalintensiven Flugzeuge wichtig. Dadurch, dass ein Flugzeug auch in der Nacht fliegt, kann eine zusätzliche Rotation durchgeführt werden, was die Auslastung des Flugzeuges und somit die Produktivität verbessert und die Fixkosten der Flugzeuge auf mehr Bewegungen und Passagiere verteilen lässt.

Im Luftfrachtverkehr ist der Nachtflug Teil des Business Modells der großen Integratoren. Der Nachtflug ermöglicht den internationalen Transport von Expresssendungen von heute auf morgen in die ganze Welt. Ohne den Nachtflug kann diese Art der Transportketten nicht aufrechterhalten werden und die Konkurrenzfähigkeit der Standorte wäre auf dem internationalen Markt beeinträchtigt. Dies könnte dazu führen, dass die Transportdienstleister ihre Standorte ins Ausland verschieben würden und Deutschland nicht mehr gleich gut in die internationale Logistikkette eingebunden wäre. Was zur Folge hätte, dass wichtige Importe in die Produktion deutscher Unternehmen oder Exporte aus Deutschland an internationale Kunden mehr Zeit für den Transport bräuchten. Dies verteuert allenfalls Produktionen (höhere Lagerbestände nötig) oder mindert die Anzahl möglichen Absatzmärkte oder die Gesamtqualität der Exportprodukte.

Bedeutende Standorte für die Luftfracht mit großen Integratoren sind die drei Flughäfen Frankfurt, Köln/Bonn und Leipzig/Halle. Der Flughafen Frankfurt ist zwar gemessen am Umsatz der größte Luftfrachtstandort, dies jedoch hauptsächlich durch Kombinationscarrier⁷.

Im Passagierverkehr ist der Nachtflug v.a. für den Low Cost und Charter (Urlauber-) Verkehr relevant, weniger bedeutend beim Geschäfts- und innerdeutschen Verkehr. Gründe dafür sind:

- ▶ Beschränkungen der freien Slots an touristischen Zielflughäfen,
- ▶ Nachfrage und Saisonalität von Tourismusreisen
- ▶ Abstimmung mit der Kapazitätsplanung der Hotels im Zielgebiet

Diese angebotsseitigen Effekte, die für den Nachtflug sprechen, stehen Lärmbeeinträchtigungen der Bevölkerung in sensiblen Zeiten (Schlafstörungen) gegenüber. Oft sind auch kritische Nachtrandzeiten davon betroffen. Aus Sicht der Gesamtwohlfahrt eines Landes ist abzuwägen, wie hoch die Lärmbeeinträchtigung durch den Nachtflug sein darf und welches Verhältnis der volkswirtschaftlichen Nutzen und der damit verbundenen - zum Teil externen - Kosten gesellschaftlich als Grenze erachtet wird.

Intermodalität

Die Erreichbarkeit eines Landes oder einer Region darf nicht nur im Kontext des Luftverkehrs, sondern muss auch in einem Gesamtsystem betrachtet werden. Vor allem in Ländern, die sich bereits auf einem hohen Niveau befinden, gibt es noch Potential zur Erhöhung der Erreichbarkeit in Bezug auf andere Verkehrsträger z.B. Hochgeschwindigkeitsnetz der Bahn oder Optimierung der Flughafenanbindung (BAK Basel 2014). Insbesondere auch dadurch, dass die Bahn aus Gesamtressourcenkostensicht auf Strecken unter 600 km (Luftdistanz) im Durchschnitt besser abschneidet als die Luftfahrt (Infras, Fraunhofer ISI 2010). Darüber hinaus können durch die Verlagerung von Kurzstreckenflügen auf die Bahn zusätzliche Kapazitäten geschaffen werden. Dies spielt insbesondere bei Hubs eine wichtige Rolle, da sie durch die Feederflüge besetzten Slots für Langstreckenflüge öffnen können.

⁷ Kombinationscarrier nutzen für den Transport Fracht- und Passagiermaschinen.

Globalisierung

Ebenso stehen Alternativen zur „physischen“ Erreichbarkeit heute vermehrt zur Diskussion. Durch die Globalisierung sind neue Reisebedürfnisse entstanden, die sich positiv auf die Nachfrage nach Luftverkehrsdienstleistungen auswirken. Die Globalisierung führt aber auch zu neuen elektronischen Kommunikationsmitteln (virtuelle Meetings) und Clusterbildung in einer Region, welche in Konkurrenz zu Flugreisen stehen (Thießen, 2014). Darüber hinaus bringt der technische Fortschritt neue Möglichkeiten (z.B. 3D-Drucker), welche physischen Reisebedürfnisse u.U. mindern könnte. Das bedeutet, dass die Standortattraktivität in Zukunft bezüglich Austauschfähigkeit mit anderen Weltregionen verstärkt nicht nur von Verkehrsangeboten abhängig ist, sondern ebenfalls von den neuen technischen Möglichkeiten - sowohl im Passagier- wie im Frachtbereich.

Erreichbarkeit und Tourismus

Der Luftverkehr spielt für den Tourismus eine zunehmend wichtige Rolle. Immer mehr Reisende benutzen das Flugzeug für touristische Auslandsreisen (sinkende Flugpreise, ansteigendes Wohlstandsniveau, steigende Bereitschaft zu reisen) – „Incoming“ wie auch „Outgoing“.

Der Tourismus bewirkt eine Verlagerung von Kaufkraft und bringt zwei Effekte mit sich: Einerseits verursachen „Incoming“-Touristen einen Kaufkraft-Zufluss, andererseits führen „Outgoing“ Touristen zu einem Kaufkraft-Abfluss. Bei der Betrachtung der Tourismus-induzierten Effekte für Deutschland, sind demzufolge nicht nur die Importe (Incoming), sondern auch die Exporte (Outgoing) zu betrachten. Eine gesamtheitliche Analyse betrachtet auch den Nettoeffekt der Zu- und Abflüsse von Kaufkraft, resp. Kaufkraftabfluss des Outgoing Tourismus.

Gerade in Bezug auf den Tourismus ist zu berücksichtigen, dass eine Verbesserung der Erreichbarkeit auch negative Folgen haben kann. Eine gute Erreichbarkeit fördert u.a. den Outgoing-Tourismus, der wie oben erörtert zu einem Kaufkraftabfluss führen kann.

Als erste Annäherung für den Nettoeffekt des Flugtourismus in Deutschland kann von den gesamten Ausgaben ausgegangen werden. Die Leistungsbilanz resp. Dienstleistungsbilanz betrachtet alle wirtschaftlichen Transaktionen zwischen dem Inland und dem Ausland innerhalb eines Jahres und ermöglicht eine Nettobetrachtung dieses Effekts. Im Jahr 2010 beliefen sich die gesamten touristischen Ausgaben der Ausländer im Inland auf 36.628 Mio. EUR. Demgegenüber stehen 69.089 Mio. EUR, welche die Inländer im Ausland konsumiert haben. Insgesamt ergibt dies ein Importüberschuss, d.h. der Tourismus induziert für Deutschland einen Nettoabfluss von Kaufkraft (ohne Segment Inländer im Inland).

Tabelle 3: Touristische Gesamtausgaben⁸ für Deutschland 2010

Segment	Touristische Ausgaben
Ausländer im Inland	36.628 Mio. EUR
Inländer im Inland	221.236 Mio. EUR
Auslandskonsum der Inländer	69.089 Mio. EUR

BMWi, 2012: Tourismus-Satellitenkonto für Deutschland, eigene Darstellung

Die touristischen Gesamtausgaben umfassen das Beherbergungsgewerbe, das Gaststättengewerbe, Transportdienstleister oder Reisebüros und Reiseveranstalter.

Ein Kausalzusammenhang zum touristisch relevanten Luftverkehr ist zwar nicht direkt abzuleiten. Es lässt sich jedoch vermuten, dass dies in die ähnliche Richtung zeigt. Bezogen auf den Luftverkehr können die touristischen Ausgaben der Inländer im Inland bei dieser Betrachtung vernachlässigt werden, da die meisten Inlandflüge von Geschäftsreisenden gebucht werden.

2.3 Fazit

Für eine Region resp. ein Land ist gesamtwirtschaftlich nicht nur die Maximierung der Erreichbarkeit und des Wachstums des Luftverkehrs entscheidend, sondern die Optimierung eines Zielsystems mit mehreren Zielgrößen – Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. Dieser integrierte Zugriff auf ein Zielsystem ist in den Überlegungen von DIW Econ et al. (2015) bisher nicht aufgegriffen worden (siehe Kapitel 4.1).

Das Wachstum des deutschen Luftverkehrs und die daraus entstehenden möglichen Gewinne für die Luftverkehrsbranche sind den dadurch entstehenden externen Kosten (Treibhausgase, Lärm) für die Gesellschaft gegenüberzustellen. Die historischen Entwicklungen des Luftverkehrs und der Wachstumstreiber zeigen, dass sich das originäre Wachstum des deutschen Marktes an dem nationalen BIP orientiert und bereits gesättigt ist. Zusätzliches Wachstum ist demzufolge nur über internationale Märkte, d.h. Erhöhung des Transferanteils möglich. Die Erhöhung des Transferverkehrs stärkt zwar die Spielräume der Luftverkehrsbranche⁹, ist aber in Bezug auf Umwelt und Gesellschaft negativ zu bewerten. Gesamtwirtschaftlich ist deshalb eine Abwägung nötig und die Erhöhung des Wachstums über den originären Markt kritisch zu hinterfragen (vgl. Wachstumsszenario „*Teilhabe am weltweiten Wachstum und Teilhabe am weltweiten Wachstum und Akzeptanzförderung*“ des Grundlagenberichts DIW Econ et al. 2015).

Genauso ist die Erreichbarkeit in einem Gesamtsystem einzubetten, das nebst wirtschaftlichen Zielgrößen die Umwelt und Gesellschaft miteinbezieht. Bei einer hohen Erreichbarkeit führt eine Verbesserung nur bedingt zu einem zusätzlichen Nutzen für die Bevölkerung, denn den direkten Nutzen generieren primär die Fluggesellschaften durch zusätzliche Flugbewegungen und Erhöhung der Transferpassagiere. Die daraus entstehenden externen Kosten - Mehrbelärmung und Umweltkosten - trägt die Bevölkerung. Dies beeinflusst insbesondere die Akzeptanz gegenüber dem Luftverkehr in der Bevölkerung. Da die Erreichbarkeit in Deutschland im internationalen Vergleich bereits auf einem sehr hohen Niveau liegt, ist der Nutzen aus einer Erhöhung der Erreichbarkeit durch zusätzliche Flugverbindungen in Frage zu stellen. Vielmehr sollte sich die Erreichbarkeits-Diskussion auf ein nachhaltiges Gesamtsystem ausrichten und alle Verkehrsträger miteinbeziehen. In einer intermodalen Perspektive

⁸ Die touristischen Gesamtausgaben umfassen das Beherbergungsgewerbe, das Gaststättengewerbe, Transportdienstleister oder Reisebüros und Reiseveranstalter (BMWi 2012).

⁹ mehr Angebote von Direktflügen, in geringem Maß auch zusätzliche Beschäftigung.

kann der Schienenverkehr (Zubringer) noch zur Erhöhung der Erreichbarkeit beitragen oder zumindest umweltseitig positive Effekte generieren. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass eine Erhöhung der Erreichbarkeit den «Outgoing» Tourismus fördert, was zu einem Kaufkraftabfluss ins Ausland führen kann.

3 Umweltbelastungen und externe Kosten des Luftverkehrs

3.1 Emissionen

Zur Vertiefung der Umweltaspekte in der deutschen Luftfahrt wurde ein Mengengerüst für zwei Zeitpunkte 2014 und 2030 erstellt. Die Entwicklung 2030 basiert auf der BMVI Verkehrsverflechtungsprognose 2030 (VVP) (Intraplan 2014). Eine exakte Beschreibung der Methodik zur Erarbeitung des Mengengerüsts befindet sich im Anhang 1.

Die Berechnung der Umweltbelastungen (und externen Kosten) erfolgt im Luftverkehr nach dem Halbstreckenprinzip, d.h. alle Verkehre werden je hälftig dem Quell- und Zielort des Verkehrs zugeordnet (Binnenverkehre sind voll abgedeckt, Verkehre ins / vom Ausland bis zur / ab der Hälfte der Strecke). Das Halbstreckenprinzip dient zur Abgrenzung des internationalen Verkehrs. Nebst der Binnen-/Import-/Export-Differenzierung (BIE) wurde im Rahmen dieser Studie nach vier Distanzkategorien unterschieden (<500 km, 500 – 1000 km, 1000 – 2000 km und >2000 km), um die passenden Emissionsfaktoren und Emission Weighting Factor (EWF) zu verwenden.

Als Leitschadstoffe für die Umweltbelastung wurden die Luftschadstoffe Stickoxid (NO_x) und Feinstaub (PM), sowie die Treibhausgase CO_2 , CH_4 und N_2O verwendet. Die Lärmbelastungen wurden im separaten Kapitel 3.2 und bei der Analyse der externen Kosten berücksichtigt.

Exkurs: Emission Weighting Factor (EWF) und Radiative Forcing Index (RFI)

In der im Auftrag des Umweltbundesamtes 2016 erschienenen Studie „Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050“ wird die Quantifizierung der zusätzlichen Treibhausgas (THG)-Wirkung des Luftverkehrs in großen Flughöhen wie folgt erläutert.

Bei der Verbrennung von Kraftstoffen in großer Höhe entstehen viele kurzlebige, Nicht- CO_2 -Effekte mit einer hohen Strahlungswirkung. Beispiele hierfür sind die Ozon- und die Wolkenbildung. Für den Luftverkehr werden dabei der Emission Weighting Factor (EWF) oder der Radiative Forcing Index (RFI) verwendet, um die Auswirkungen der Emission von CO_2 in großer Höhe mit der Emission von CO_2 am Boden zu vergleichen (Grassl, Brockhagen 2007).

In dieser Studie wird der EWF verwendet. Dieser gibt die Strahlungswirkung einer Emission für die ersten 100 Jahre nach dem Zeitpunkt der Emission an. Im Unterschied zum RFI ist er damit mit dem Global Warming Potential (GWP) vergleichbar, allerdings werden nicht die Klimawirkung verschiedener Gase verglichen, sondern die aus der Verbrennung der Kraftstoffe in großer Höhe entstehenden CO_2 - und nicht CO_2 -Effekte mit dem THG-Effekt von CO_2 am Boden. Der EWF wird bei Flughöhen größer 9 km angewendet und wird mit 1,2 – 2,7 angegeben. In dieser Studie wird, aufbauend auf (Ifeu, Öko-Institut, 2012) ein EWF von 2,4 für alle Flüge oberhalb 9 km verwendet. Das ergibt im Mittel einen EWF von etwa 2,0 für den gesamten Luftverkehr (Ifeu, Öko-Institut, 2012).

Anders der RFI, der aus der verstärkten Strahlungswirkung der Luftfahrt seit 1950 bis heute errechnet wird. Er enthält somit implizit einen Zeitbezug der Strahlungswirkung der Emission, sollte also nicht mit dem zeitunabhängigen GWP verglichen werden. Der RFI wird auf Flughöhen größer 9 km angewendet und wird als „beste Schätzung“ mit 2,7 (Penner, 1999) angegeben (bei einem Unsicherheitsbereich von 1,9 bis 4,7) (Grassl, Brockhagen, 2007).

Grundlagen und Methodik

Methodisch wurde wie folgt vorgegangen: Aus dem Mengengerüst (Verkehrsaufkommen) ließen sich die Aktivitätsdaten (Verkehrsleistung) ableiten. Multipliziert mit spezifischen Emissionsfaktoren ergeben sich die Emissionen. Diese Rechnung wurde sowohl für 2014 als auch für 2030 vorgenommen.

Als **Aktivitätsdaten** dienten die aus dem Mengengerüst berechneten Personenkilometer (PKM). Die PKM sind nicht als Grundlagendaten vorhanden, sondern wurden mittels Passagiere (Destatis 2014), multipliziert mit den Distanzen (Berechnung Infrast 2016, siehe Anhang 1) zwischen den Flughäfen, berechnet. Die zeitliche Entwicklung (bis 2030) basiert auf TREMOD AV¹⁰, einem Modell zur Berechnung der Energieeinsätze des zivilen Luftverkehrs, entwickelt vom IFEU und Öko-Institut e.V. im Auftrag des Umweltbundesamtes (IFEU, Öko-Institut 2012).

Tabelle 4: Transportleistung Personenverkehr nach Halbstreckenprinzip [Mio. Pkm]

		<500 km	500-1000 km	1000–2000 km	>2000 km	Total
2014	Innerhalb DE	3.130	8.362	-	-	11.492
	von DE	1.853	5.661	25.776	71.639	104.930
	nach DE	1.870	5.744	25.920	71.706	105.240
	Total	6.853	19.768	51.696	143.345	221.661
2030	Innerhalb DE	11.816	2.881	-	-	14.697
	von DE	3.036	9.275	42.228	117.364	171.903
	nach DE	3.063	9.411	42.463	117.473	172.410
	Total	17.915	21.566	84.692	234.837	359.010

Transportleistung im deutschen Personenluftverkehr, welche als Aktivitätsdaten für die Emissionsberechnungen dienten.

Tabelle INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012, BVU 2014

Die **Emissionsfaktoren** stammen aus TREMOD AV (IFEU, Öko-Institut 2012). Die Differenzierung der Emissionsfaktoren entspricht denen der Aktivitätsdaten. Vier Distanzkategorien und die dreiteilige Ziel/Quell – Differenzierung des Halbstreckenprinzips sind dargestellt.

Die Emissionsfaktoren aus TREMOD berücksichtigen jeweils auch die indirekten Emissionen. Zur Berechnung der CO₂-Äquivalenten wurde zusätzlich zum CO₂ auch noch Methan und Lachgas mit Wirkungsamkeiten von 25 (CH₄) und 298 (N₂O) berücksichtigt. Um die erhöhte Klimawirksamkeit der CO₂-Emissionen in Reisehöhen über neun Kilometer zu berücksichtigen, wurden diese Emissionen mit Distanzklassenabhängigen EWF multipliziert. Die EWF sind in den TREMOD Daten bereits enthalten (siehe Exkurs Seite 21).

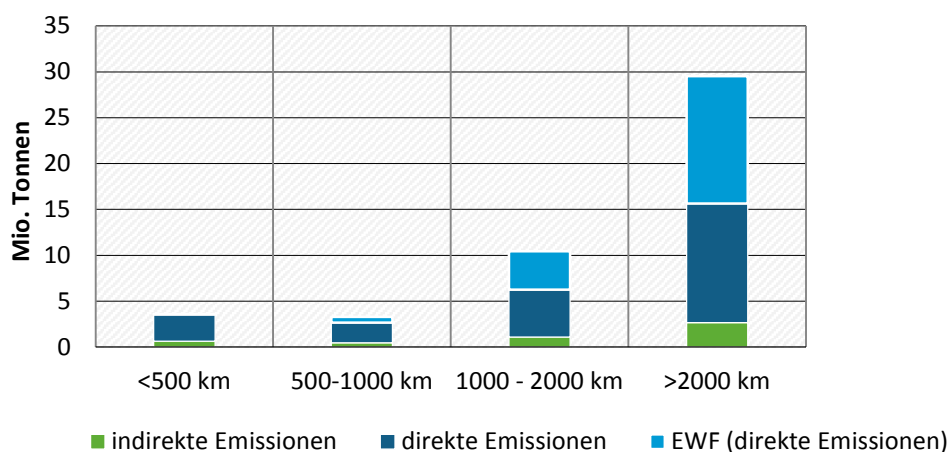
¹⁰ Das Trendszenario in TREMOD AV soll auf aktuellen Verkehrsleistungsprognosen aufbauen und alle umweltrelevanten politischen Vorgaben, deren Umsetzung beschlossen ist, abbilden. Das Szenario basiert auf der Verkehrsleistungsentwicklung der Verkehrsverflechtungsprognose 2030 (VVP 2030) (BVU et al., 2014), die seit Juni 2014 vorliegt. Siehe auch: «Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050», Umweltbundesamt Texte 56/2016

Emissionen der Zivilluftfahrt heute

Für alle untersuchten Luftschadstoffe (NO_x und PM) sowie für das Treibhausgas CO₂ gilt, dass bei nationalen Flügen sämtliche Emissionen vom Start bis zur Landung (LTO und Cruise), und bei internationalen Flügen je nach Richtung Start oder Landung (LTO) plus die Hälfte der in der Flugphase (Cruise) emittierten Emissionen berücksichtigt wurden.

Abbildung 9 zeigt die Aufteilung der 2014 im deutschen Luftverkehr emittierten Treibhausgas-Emissionen, aufgeteilt in direkte und indirekte Quellen. Zusätzlich abgebildet ist die erhöhte Klimawirksamkeit der CO₂-Äquivalente in Reishöhe über neun Kilometer (EWF der direkten Emissionen). Die Anteile der indirekten Emissionen variieren je nach Reisedistanz zwischen 18% und 9%. Der EWF steigt mit zunehmender Reisedistanz (längere Zeit in größerer Höhe) von faktisch Null auf 50% an.

Abbildung 9: CO₂-Emissionen im Personenluftverkehr 2014



Treibhausgasemissionen verursacht durch Personenluftverkehr in Deutschland im Jahr 2014.
Grafik INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012

Tabelle 5 zeigt sämtliche **CO₂-Emissionen** des Personenluftverkehrs in Deutschland im Jahr 2014, nach Distanzkategorien und Relationen resp. Richtung. Die internationalen Flüge teilen sich Abflüge und Ankünfte in Deutschland in jeder Distanzklasse je hälftig auf. Gesamthaft wurden durch den Personenluftverkehr 2014 in Deutschland rund 47 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente emittiert. Nur rund 2,7 Mio. Tonnen (3,2%) entfallen auf nationalen Luftverkehr, mit Start und Landung in Deutschland. 30 Mio. Tonnen (63%) stammen aus dem internationalen Luftverkehr und Distanzklasse >2000 km. Die restlichen rund 15 Mio. Tonnen (ca. 35%) verteilen sich auf die internationalen Flüge in den Distanzklassen 500 – 2000 km.

Tabelle 5: CO₂eq-Emissionen im Personenluftverkehr 2014 [in Mio. t]

	<500 km	500-1000 km	1000-2000 km	>2000 km	Total
Innerhalb DE	0,8	1,9	0	0	2,7
Abflug in DE	0,6	1,4	5,2	14,8	22
Ankunft in DE	0,6	1,4	5,2	14,8	22
Total	2,0	4,7	10,4	29,6	46,7

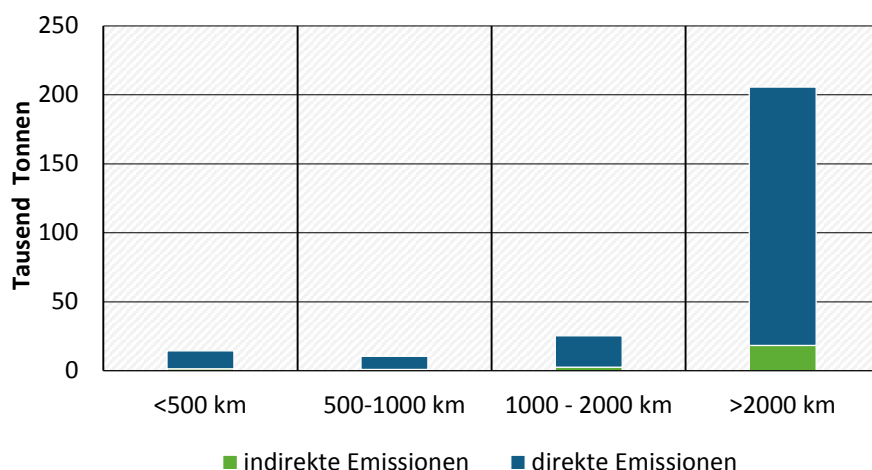
Treibhausgasemissionen verursacht durch Personenluftverkehr in Deutschland im Jahr 2014

Tabelle INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012

Die **Stickoxide (NO_x)** entstehen indem die sehr heißen Temperaturen in der Brennkammer der Flugzeugtriebwerke Stickstoff aus der Luft binden und in Stickoxide umwandelt. Die Stickoxide, haben, je nach Höhe in der sie emittiert werden, gegensätzliche Wirkungen. In großen Höhen tragen die NO_x durch chemische Prozesse zum Ozonabbau bei; in niedrigeren Höhen genau umgekehrt, zur Ozonvermehrung, was als wärmenden Effekt betrachtet werden kann. Dieses Ozon wirkt wie Treibhausgas. Darüber überwiegt der kühlende ozonabbauende (und methanabbauende) Effekt. In der Langzeitprognose mit Einbezug des Wachstums des Luftverkehrs heben sich diese Effekte nach neuesten Erkenntnissen auf.

Abbildung 10 zeigt die Stickoxid-Emissionen nach direkten und indirekten Quellen. Unabhängig von der Reisedistanz beträgt der Anteil indirekter Emissionen stets rund 10%.

Abbildung 10: NO_x-Emissionen im Personenluftverkehr 2014



NO_x-Emissionen verursacht durch Personenluftverkehr in Deutschland im Jahr 2014.

Grafik INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012

Gesamthaft wurden in Deutschland im Jahr 2014 rund 254.000 Tonnen NO_x von Flugzeugen emittiert. Rund 11.000 Tonnen (2,3%) davon stammen von nationalen Flügen mit Start und Landung innerhalb Deutschlands. Die Emissionen von internationalen Flügen teilen sich auch hier, entsprechend den Personenkilometer, hälftig auf.

Tabelle 6: NO_x-Emissionen im Personenluftverkehr 2014 [in 1000 t]

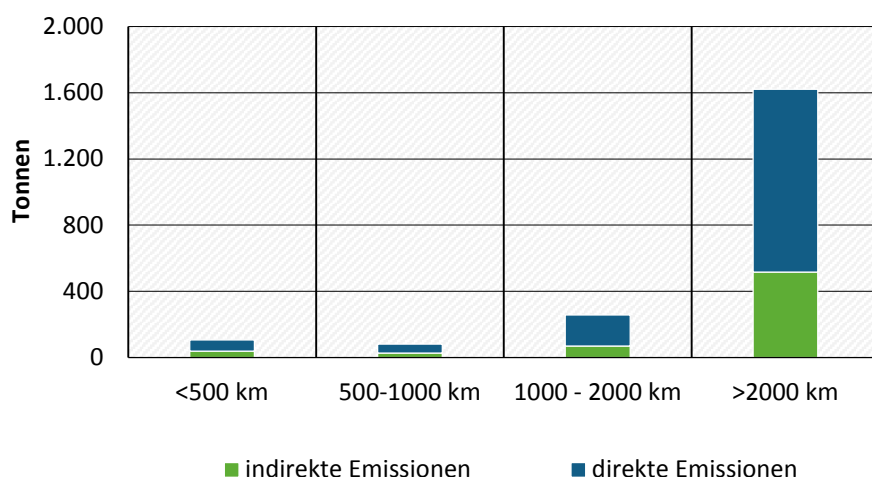
	<500km	500-1000km	1000 - 2000km	>2000km	Total
Innerhalb DE	3,8	7,5	-	-	11,3
Abflug in DE	1,7	4,2	12,6	102,8	121,2
Ankunft in DE	1,7	4,2	12,7	102,9	121,5
Total	7,2	15,9	25,3	205,7	254,0

NO_x-Emissionen verursacht durch Personenluftverkehr in Deutschland im Jahr 2014.

Tabelle INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012

Die direkte Erwärmung der erdnahen Atmosphäre durch **Feinstaub (PM)** aus Flugzeugtriebwerken ist marginal: Da die Teilchen extrem klein sind, können sie die Sonnenstrahlung kaum absorbieren. Hingegen deutet viel darauf hin, dass die Rußteilchen die Anzahl der Kondensationskeime für Wolken beeinflussen. Die zusätzlichen Wolken (sogenannte Contrail-Cirrus) aus Eiskristallen sind nach heutigen Berechnungen in der Summe klimaerwärmend, wobei es auf der Erde große regionale Unterschiede gibt. Abbildung 11 zeigt die Anteile der indirekt und direkt emittierten Feinstaub-Emissionen des deutschen Luftverkehrs im Jahr 2014. Je nach Reisedistanz variiert der indirekte Anteil zwischen rund 27% und 35%.

Abbildung 11: PM-Emissionen im Personenluftverkehr 2014



PM-Emissionen verursacht durch Personenluftverkehr in Deutschland im Jahr 2014
Grafik INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012

In Deutschland wurden im Jahr 2014 gesamthaft rund 2.000 Tonnen Feinstaub (PM) durch den Luftverkehr emittiert. Rund 80 Tonnen (1,5%) entfallen dabei auf den nationalen Luftverkehr. Auf den langen Distanzen (> 2000 km) werden rund 1.600 Tonnen PM Emittiert. Dies entspricht rund 80% der gesamthaft ausgestoßen PM-Emissionen. Die restlichen rund 380 Tonnen (ca. 18%) werden auf den mittleren Distanzkategorien (500 bis 2000 km) emittiert.

Tabelle 7: PM-Emissionen im Personenluftverkehr 2014 [in t]

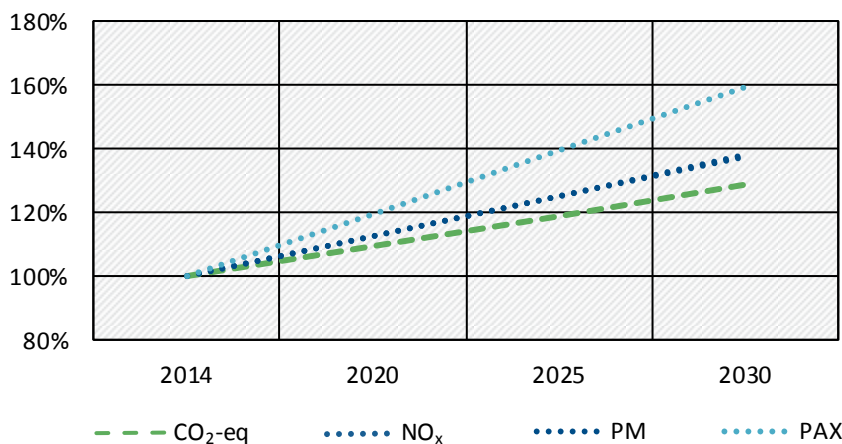
	<500km	500-1000km	1000 - 2000km	>2000km	Total
Innerhalb Deutschland	25	54	0	0	80
Abflug in DE	16	34	130	810	990
Ankunft in DE	16	34	130	810	990
Total	57	121	260	1.620	2.060

PM-Emissionen verursacht durch Personenluftverkehr in Deutschland im Jahr 2014
Tabelle INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012

Emissionen des Personenluftverkehrs 2030

Die Grundlagen und die Methodik zur Berechnung der Umweltbelastungen ist dieselbe wie im Kapitel 3.1. Die Entwicklung 2030 basiert auf der BMVI Verflechtungsprognose 2030. Eine exakte Beschreibung der Methodik zur Erarbeitung des Mengengerüsts befindet sich im Anhang 1. Der hauptsächliche Treiber für die Entwicklung der Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen bis 2030 ist die Entwicklung der Personenkilometer (siehe Tabelle 4). Gesamthaft wird ein Anstieg von rund 59,4% bis 2030 erwartet. Umweltseitig stellt sich die Frage, inwiefern der technische Fortschritt und Effizienzsteigerungen beim Kraftstoffverbrauch, die steigende Entwicklung der Nachfrage zu kompensieren vermögen.

Abbildung 12: Entwicklung Anzahl Passagiere und Leitschadstoffe und Treibhausgase



Entwicklung der Anzahl Passagiere in Deutschland, und den Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen.
Grafik INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012

Abbildung 12 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Anzahl der Passagiere, sowie die dadurch verursachten Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen. Die Emissionsentwicklung hängt zum einen von der Mengenentwicklung, sprich der Anzahl Starts und Landungen, und zum anderen von der technischen Entwicklung und dem konkreten zukünftigen Flottenmix ab. Die Mengenentwicklung wirkt auf die Emissionen erhöhend, die Technikentwicklung mindernd. Bezüglich der Mengenentwicklung wird die Verkehrs-Verflechtungsprognose zum BVWP 2030 als Referenz verwendet. Laut dieser Nachfrageprognose beträgt die Zunahme der Anzahl Passagiere bis 2030 rund 60%. Gebremst wird eine proportionale Emissionsentwicklung durch verbesserte Flugzeug- und Triebwerkstechnologie. Folgende Aussagen können dazu festgehalten werden:

- ▶ Grundsätzlich gilt, dass die Nettowirkung aller nachstehend aufgeführten Entwicklungsfaktoren ohne konkrete Modellrechnung nicht abgeschätzt werden kann.
- ▶ Die vorausgesagte Zunahme bei den Flugbewegungen führt generell auch zu mehr Emissionen.
- ▶ Die Entwicklung der Flugzeug- und Triebwerkstechnologie hat ein großes Emissionsreduktionspotenzial.
- ▶ Die ICAO (International Civil Aviation Organization) geht laut ihrem Umweltbericht 2013, bis ins Jahr 2050 von Kraftstoffeffizienz-Verbesserungen (weniger Verbrauch) von jährlich 0,5% bis 1,5% aus (ICAO 2013). Die IATA (International Air Transport Association) hat bzgl. Klimaschutz ähnlich ambitionierte Ziele. Zwischen 2010 und 2020 wird eine Verbesserung der Kraftstoffeffizienz von jährlich 1,5% erwartet. Ab 2020 wird ein CO₂-neutrales Wachstum angestrebt. Vor allem durch den Einsatz alternativer Kraftstoffe soll bis 2050 eine Minderung der CO₂-Emissionen gegenüber 2005 von 50% erreicht werden (IATA 2013). Auch im European Aviation Environmental Report

2016 (EASA 2016) wird bei einem fortschrittlichen Technologie-Szenario eine jährliche Effizienzsteigerung von 1,4% genannt. Aufgrund dieser Studien wurde in der vorliegenden Analyse von einer Kraftstoffeffizienz-Verbesserung von jährlich 1,4% ausgegangen.

- ▶ Feinstaub (PM10) und Stickoxid (NO_x)-Emissionen weisen laut dem European Aviation Environmental Report 2016 (EASA 2016) in Zukunft eine sich gleichende Entwicklung auf. Je nach Technologie Szenario (die Stickoxid- und Ruß-Emissionen hängen mit heutiger Technologie direkt mit dem Verbrauch zusammen), steigen die Emissionen bis 2030 um rund 40% bis 60%. In der vorliegenden Analyse wurde von einer Kraftstoffeffizienz-Verbesserung von jährlich 1,0 % ausgegangen.
- ▶ Zudem wird in den letzten Jahren weiter intensiv an alternativen Kraftstoffen für die Luftfahrt geforscht, welche mit geringeren klimawirksamen Emissionen verbunden sind. Heute kann man aber noch nicht genauer absehen, welche Produktionsprozesse sich durchsetzen können, welche Preise und welche Durchdringung diese alternativen Kraftstoffe bis zu welchem Zeitpunkt haben können. Der Wirkungshebel bezüglich klimarelevanter Emissionen wäre aber beim Kraftstoff sehr groß.

Aus der Kombination der Entwicklung des Mengengerüsts und den Effizienz- und Technologie-Entwicklungen bei den Emissionsfaktoren ergeben sich die Emissionen der deutschen Zivilluftfahrt für das Jahr 2030. Die Treibhausgase steigen im Zeitraum bis 2030 um ca. 30% an, während die Luftschadstoffe um rund 40% ansteigen.

Tabelle 8: Emissionen der Zivilluftfahrt in Deutschland 2030 [in 1000 Tonnen]

	<500km	500-1000 km	1000-2000 km	>2000 km	Total
CO ₂ 2014	2.000	4.700	10.400	29.500	46.700
CO ₂ 2030	4.000	4.200	13.600	38.600	60.400
<i>Veränderung CO₂</i>	<i>100%</i>	<i>-11%</i>	<i>31%</i>	<i>31%</i>	<i>29%</i>
NO _x 2014	7	16	25	206	254
NO _x 2030	17	14	35	287	353
<i>Veränderung NO_x</i>	<i>136%</i>	<i>-12%</i>	<i>39%</i>	<i>39%</i>	<i>39%</i>
Partikel 2014	0,1	0,1	0,3	1,6	2,1
Partikel 2030	0,1	0,1	0,4	2,3	2,9
<i>Veränderung PM10</i>	<i>118%</i>	<i>-10%</i>	<i>39%</i>	<i>39%</i>	<i>39%</i>

Treibhausgas- und Luftschadstoff-Emissionen der deutschen Zivilluftfahrt im Jahr 2030

Tabelle INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012, EASA 2016

3.2 Fluglärm

Wirkungsebenen von Lärm

Fluglärm kann auf verschiedenen Ebenen zu Beeinträchtigungen für die exponierten Menschen führen:

- ▶ Psychologische Wirkungen:
 1. Lärmbelästigung: Ab einer bestimmten Stärke (Pegelhöhe und Häufigkeit) kann die individuelle Fluglärmwahrnehmung zu einer erheblichen Belästigung aufgrund von Störungen von Kommunikation (innen wie außen), Beeinträchtigungen von Erholung und Freizeit und der Störung von Lern- und Arbeitsprozessen führen.
 2. Kognitive Entwicklung: Durch Fluglärm kann insbesondere die kognitive Entwicklung, z.B. der Lesefähigkeit, von Kindern verzögert werden.

3. Angst: Auch Angstzustände (v.a. bei rasch anwachsenden und lauten Schallereignissen, z.B. Überflüge in niedriger Flughöhe) können entstehen.
- Physiologische Wirkungen: Lärm kann darüber hinaus messbare vegetative und endokrine (hormonelle) Veränderungen bewirken, die auf lange Sicht zu Stoffwechselstörungen, Organ-Dysfunktionen und Sterbefällen führen können.
1. Herzkreislauf-Erkrankungen (Herzinfarkt, Schlaganfälle, Herzinsuffizienz)
 2. Störungen des Schlafs ((Wieder-)Einschlafen, Durchschlafen),
 3. psychische Erkrankungen (u.a. Depressionen), etc.

Neben den mentalen und körperlichen Ebenen von Lärmwirkungen beeinflusst Lärm auch die ökonomische Ebene. Dazu gehören Wertverminderungen von Immobilien und je nach Tätigkeitsart auch Produktivitätseinbußen von wirtschaftlichen Aktivitäten. Diese Ebenen werden an dieser Stelle nicht weiter betrachtet, da sie nicht direkt etwas mit der staatlichen Aufgabe des Gesundheitsschutzes zu tun haben und kaum übertragbar quantifiziert werden können.

Es wird im weiteren unterschieden zwischen Lärmbelastung und Lärmbelästigung: Die Lärmbelastung ist physikalisch berechen- und erfassbar. In zahlreichen Studien (Zusammenstellung in UBA 2012) wurden die Zusammenhänge zwischen einer bestimmten Belastung durch Fluglärm in der Nacht oder am Tag mit einem erhöhten Risiko für bestimmte Krankheitsformen (Bluthochdruck, Herzkreislauferkrankungen, Depressionen, Schlafstörungen, etc.) untersucht. Lärmbelastung wird in der Regel mit dem energieäquivalenten Dauerschallpegel gemessen (auch Mittelungspegel oder Intensitätsmittel genannt). Er ist ein Maß für die durchschnittliche Lärmbelastung über einen bestimmten Zeitraum (z.B. Leq Nacht, Nachtlärmpegel zwischen 22h und 6h). Ausgehend von den Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung ist also bekannt, welche Lärmpegel bei welchen Gesundheitsaspekten zu einem erhöhten Risiko von Erkrankungen führen. Entsprechend können auf der Ebene Belastungen auch nachvollziehbare Ziele abgeleitet werden.

Im Unterschied zum Schallpegel lässt sich die subjektive Lärmwahrnehmung nicht physikalisch messen. Personen fühlen sich von gleich hohen Schallpegeln sehr unterschiedlich belästigt. Neben dem Pegel haben auch nicht-akustische Einflussfaktoren wie individuelle Coping-Strategien, die Einstellung zur Lärmquelle oder das Vertrauen in die Behörden einen Einfluss auf das Belästigungsurteil (siehe z. B. Wirth 2004). Die Belästigungswirkung verschiedener Geräuschquellen wird anhand von wissenschaftlichen Studien ermittelt und regelmässig überprüft. Studien¹¹ zeigen, dass eine erhebliche Belästigung der Bevölkerung bereits bei Dauerschallpegeln deutlich unterhalb der Grenzwerte für direkte Gesundheitsschäden erreicht ist.

Die folgende Tabelle zeigt für ausgewählte große Flughäfen in Deutschland die Anzahl Personen mit Fluglärmbelastung.

¹¹ z.B. UBA 2010, Greiser & Greiser 2010, WHO 2009.

Tabelle 9: Fluglärm betroffene Personen nach dB-Klassen für ausgewählte Flughäfen

Flughafen ICAO-Code	Name	Tag-Abend-Nacht-Lärmindex [dB]					TOTAL
		55 - 59	60 - 64	65 - 69	70 - 74	>75	
EDDB	Berlin-Schönefeld	23.607	8.202	201	-	-	32.010
EDDF	Frankfurt	173.997	35.263	950	-	-	210.210
EDDH	Hamburg	54.591	21.194	6.376	415	-	82.576
EDDK	Köln/Bonn	73.351	17.146	1.492	-	-	91.989
EDDL	Düsseldorf	41.151	18.963	5.222	3.039	6	68.381
EDDP	Leipzig/Halle	8.592	3.079	733	48	-	12.452
EDDS	Stuttgart	42.296	9.437	595	20	-	52.348
EDDV	Hannover	16.309	4.713	-	-	-	21.022
TOTAL betroffene Personen		433.894	117.997	15.569	3.522	6	570.988

Quellen: EEA/EIONET, Geodatenzentrum, Berechnung Infras¹²

3.3 Externe Kosten

Die Datengrundlagen zur Berechnung der externen Kosten des zivilen Luftverkehrs in Deutschland sind in erster Linie die im Kapitel 3.1 dargestellten Ergebnisse der Personenkilometer und Emissionen. Die Berechnung der externen Umweltkosten des Luftverkehrs in Deutschland ist rein rechnerisch relativ einfach. Grundsätzlich geht es darum, die Menge an Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen mit einem Kostensatz zu bewerten. Die Multiplikation der physischen Menge der erzeugten Umweltbelastung mit dem Kostensatz ergibt die externen Kosten.

Die zentrale Frage für die Berechnung der externen Kosten bleibt die Höhe des CO₂-Kostensatzes. Dieser ist aufgrund der hohen Relevanz der CO₂-Emissionen im Vergleich mit den anderen Umweltwirkungen des Luftverkehrs besonders sensitiv. Verschiedene Studien geben unterschiedliche Empfehlungen ab. Im Folgenden ein kurzer Überblick:

- Die neuste UBA Methodenkonvention (2013) orientiert sich bei ihren Empfehlungen zu Klimakostensätzen stark an den Vermeidungskosten basierend auf Kuik et al. (2009).¹³ Allerdings empfiehlt das UBA, als Sensitivität auch die Schadenskosten zu berücksichtigen, um einen Anhaltspunkt über das Ausmaß der möglichen Schäden zu erhalten. In der Methodenkonvention werden **80 EUR pro Tonne CO₂** empfohlen.
- In der aktuellsten Studie des internationalen Eisenbahnverbandes UIC (CE Delft, INFRAS, ISI 2012) werden folgende Kostensätze angewandt: Als **unterer Wert** wird ein Wert von **25 EUR₂₀₀₈/t** basierend auf den kurzfristigen EU-Vermeidungskosten (EU-Ziele 2020) verwendet, als **oberer Wert** **146 EUR₂₀₀₈/t** (Maximalwert von Kuik für das Jahr 2008 mit einer Diskontrate von 3%).
- Das überarbeitete Handbuch der EU zur Abschätzung externer Kosten des Verkehrs (DG MOVE 2014) basiert seine Empfehlungen ebenfalls auf den globalen Vermeidungskosten, orientiert am 2-Grad-Ziel. Die Basis für die empfohlenen Klimakostensätze bildet ebenfalls die Studie von Kuik et al. (2009). Der zentrale empfohlene CO₂-Kostensatz liegt bei **90 EUR₂₀₁₀ pro Tonne CO₂**.

¹² Verschnitt der Isophonen der jeweiligen Flughäfen (EEA/EIONET Data Repository, <http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/noise/df8/colvi7k8q/>) mit den Siedlungs- und Gemeindeflächen (Geodatenzentrum, <http://www.geodatenzentrum.de>; Stand 2014). Lärmbetroffene Personen berechnet unter der Annahme, dass die Bevölkerung über die Siedlungsfläche innerhalb einer Gemeinde gleichmässig verteilt ist.

¹³ Zum Zeitpunkt der Berichterstellung war die aktualisierte Fassung der Methodenkonvention (3.0) noch nicht verfügbar.

Als zentraler Wert wurde (neben einem unteren und oberen Wert) in dieser Studie ein Kostensatz von 80 EUR₂₀₁₀ pro Tonne CO₂ verwendet. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde dieser Wert für das Jahr 2030 beibehalten und nicht aufgezinnt.

Die Kostensätze für **vor- und nachgelagerte Prozesse und zur Bewertung von Luftschadstoffen** stammen aus dem überarbeiteten Handbuch der EU zur Abschätzung externer Kosten des Verkehrs (DG MOVE 2014). Diese werden nach drei verschiedenen Distanzklassen unterschieden und betragen auf kurzen Distanzen (<1000km) 0,27 EUR/pkm, auf mittleren Distanzen (<3700km) 0,05 EUR/pkm und auf langen Distanzen (>3700km) 0,03 EUR/pkm. Diese Systematik ist nicht kongruent zu den Distanzklassen aus Kapitel 3.1, kann aber mit leichten Anpassungen dafür übernommen werden.

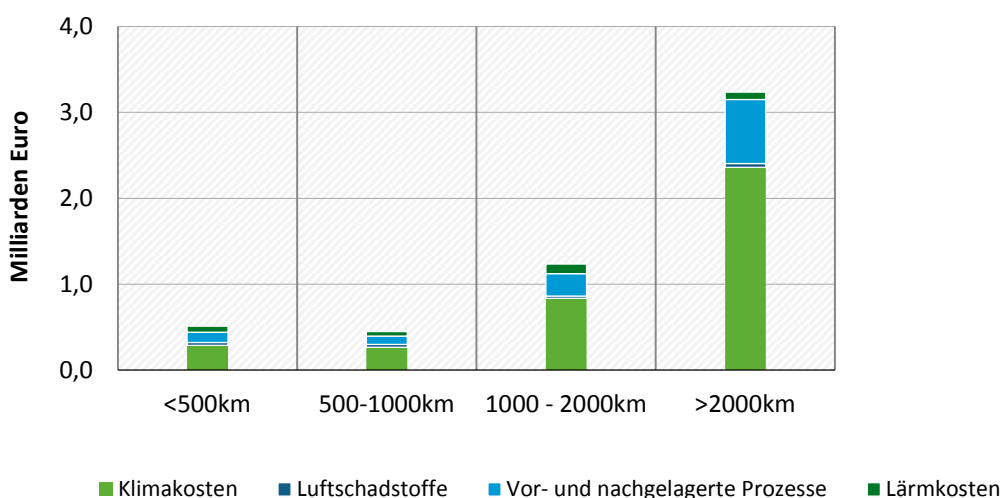
Ein weiterer Bestandteil der externen Umweltkosten sind die **Lärmkosten**. Zur Abschätzung der Lärmkosten wurden die Anzahl Starts und Landungen (LTO) mit einem Kostensatz multipliziert. Die Anzahl LTO ergaben sich aus den Passagierzahlen des Mengengerüsts (siehe Tabelle 4). Der Kostensatz stammt ebenfalls aus dem überarbeiteten Handbuch der EU zur Abschätzung externer Kosten des Verkehrs (DG MOVE 2014). Der Kostensatz von rund 184,2 EUR/LTO ist ein ungewichteter Durchschnittskostensatz der sieben wichtigsten im Handbuch untersuchten deutschen Flughäfen.

Ergebnisse heute und 2030

Tabelle 10 gibt einen Überblick über die externen Kosten des Personenluftverkehrs in Deutschland. Die gesamthaft 5,7 Mrd. EUR fürs Jahr 2014 setzen sich zusammen aus den Klimakosten in Höhe von 3,7 Mrd. EUR, den durch Luftschadstoffe verursachten Kosten von 0,15 Mrd. EUR, den Kosten durch vor- und nachgelagerten Prozesse (Energiebereitstellung) von 1,2 Mrd. EUR und den Lärmkosten in der Höhe von 0,65 Mrd. EUR.

Nur 4% (0,3 Mrd. EUR) stammen aus dem nationalen Luftverkehr, je 46% (je 2,6 Mrd. EUR) aus den internationalen Flügen mit entweder Abflug oder Landung in Deutschland.

Abbildung 13: Externe Kosten Personenluftverkehr 2014 nach Distanzklassen [Mrd. EUR]



Externe Kosten des Personenluftverkehr 2014. Grafik INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012, DG MOVE 2014

Tabelle 10: Externe Kosten Personenluftverkehr im Jahr 2014 [Mio. EUR]

		<500km	500-1000km	1000 - 2000km	>2000km	Total
Klimakosten	Innerhalb DE	65	153	-	-	218
	Abflug in DE	47	110	416	1.061	1.635
	Ankunft in DE	48	112	419	1.062	1.640
Luftschadstoffe	Innerhalb DE	8	23	-	-	31
	Abflug in DE	5	15	13	21	55
	Ankunft in DE	5	16	13	22	55
Vor- und Nachgelagerte Prozesse	Innerhalb DE	29	58	-	-	86
	Abflug in DE	17	39	131	373	560
	Ankunft in DE	17	40	132	373	562
Lärmkosten ¹⁴	Innerhalb DE	39	71	-	-	109
	Abflug in DE	23	46	115	90	275
	Ankunft in DE	23	46	115	90	274
Total		327	728	1.355	3.330	5.740

Externe Klima- und Luftschadstoffkosten, Kosten der vor- und nachgelagerten Prozesse sowie Lärmkosten des deutschen Personenluftverkehrs 2014 in Mio. EUR.

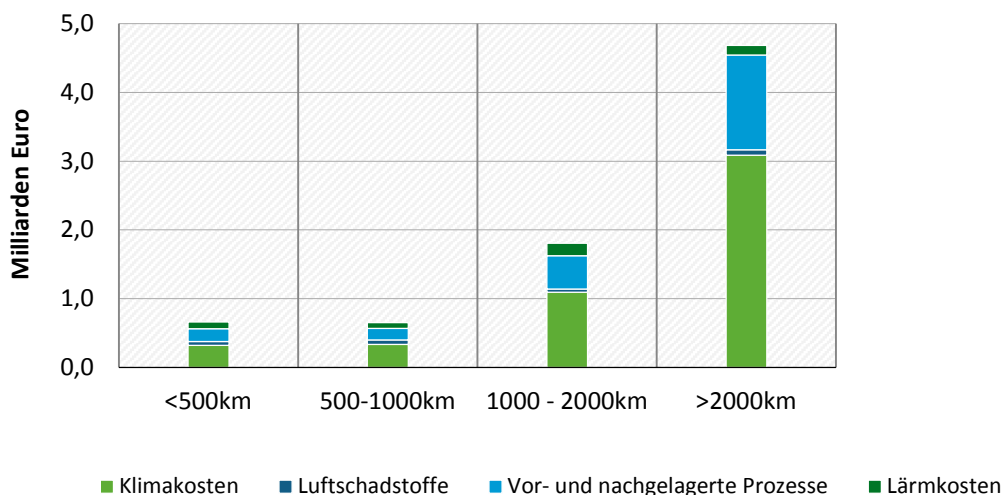
Tabelle INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012, DG MOVE 2014

Tabelle 11 zeigt das gleiche Bild für das Jahr 2030. Aus den Emissionen 2030 wurden anhand der gleichen Kostensätze wie im Jahr 2014 die externen Kosten des Personenluftverkehrs berechnet. Der Grund für die Beibehaltung der Kostensätze über die Zeit, ist die Vergleichbarkeit der beiden Zeitpunkte, die gegeben sein muss. Deswegen wurde z.B. auf eine mittelfristige Anpassung des Klimakostensatzes (mittelfristiger Kostensatz 2030 laut UBA Methodenkonvention wäre 145 EUR 2030 / t CO₂) verzichtet. Bemühungen zur Senkung der Emissionen würden von steigenden Kostensätzen überkompensiert werden.

Gesamthaft wird bis 2030 ein Anstieg der externen Kosten auf rund 8,3 Mrd. EUR erwartet. Das sind +45% gegenüber 2014. Die Anzahl der Personenkilometer steigt in der gleichen Zeit um 59,5%. Diese Differenz zeigt den technischen Fortschritt und die gesteigerte Effizienz bzgl. Kraftstoffverbrauch und Kapazitätserweiterungen.

¹⁴ Die Aufteilung der Lärmkosten in Distanzklassen ist eine Annäherung. Die Anzahl Flugbewegungen wurde anhand von Anzahl Passagieren pro Distanzklasse-Daten (Destatis) und durchschnittlichen Auslastungen pro Flugzeug (Destatis) berechnet. Die Lfz-Baumustergröße wurde nicht berücksichtigt.

Abbildung 14: Externe Kosten des Personenluftverkehrs im Jahr 2030 nach Distanzklassen [Mio. EUR]



Externe Kosten des Personenluftverkehrs 2030

Tabelle INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012 und eigene Berechnung Infrass

Tabelle 11: Externe Umweltkosten Personenluftverkehr im Jahr 2030 [Mio. EUR]

		<500 km	500-1000 km	1000-2000 km	>2000 km	Total
Klimakosten	Innerhalb DE	196	42	-	-	238
	Abflug in DE	62	144	544	1.387	2.137
	Ankunft in DE	63	147	547	1.388	2.144
Luftschadstoffe	Innerhalb DE	36	9	-	-	45
	Abflug in DE	9	28	24	40	101
	Ankunft in DE	9	29	24	40	102
Vor- und nachgelagerte Prozesse	Innerhalb DE	123	22	-	-	145
	Abflug in DE	31	72	243	688	1.034
	Ankunft in DE	32	73	244	688	1.037
Lärmkosten (siehe Fußnote 14)	Innerhalb DE	119	21	-	-	140
	Abflug in DE	38	75	189	148	451
	Ankunft in DE	38	76	188	147	449
Total		756	739	2.004	4.839	8.337

Externe Klima- und Luftschadstoffkosten, Kosten der vor- und nachgelagerten Prozesse sowie Lärmkosten des deutschen Personenflugverkehrs 2030 in Mio. EUR.

Tabelle INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012 und eigene Berechnung Infrass

Weitere Kosten

An erster Stelle in der Diskussion um das Verursacherprinzip¹⁵ stehen meistens die externen Umweltkosten, die in diesem Kapitel für den Personenluftverkehr in Deutschland für die Jahre 2014 und 2030 berechnet wurden. Wenn die sogenannte Kostenwahrheit das Ziel ist, müsste jeder Verkehrsträger seine verursachten Kosten selber decken. In der Luftfahrt gibt es neben den externen Umweltkosten noch weitere Kosten, die nicht gedeckt sind. Die Studie Verkehrsträgeranalyse (ILFD 2010) untersucht den Kostendeckungsgrad der Luftfahrt und identifiziert verschiedene nicht gedeckte Kosten:

- ▶ **Unterdeckung Infrastrukturinvestitionen:** Steuerausfälle durch Grundsteuerbefreiung, Finanzierung von Erschließungsprojekten durch den Bund und in wenigen Fällen direkte Transfers an die Kapitaleigner bewegen sich im Rahmen von weniger als 100 Mio. EUR.
- ▶ **Subventionstatbestand von Mineralölsteuer-Befreiung:** Im inländischen Verkehr umfassten (2008) die Steuervergünstigungen durch Mineralölsteuerbefreiung und eine Sonderabschreibung auf Schiffe und Luftfahrzeuge in geringer Höhe rund 395 Mio. EUR. Die Ausfälle aufgrund der Befreiung des internationalen Luftverkehrs von der Mineralölsteuer werden auf einen Betrag von 260 Mio. € jährlich geschätzt.
- ▶ **Befreiung internationaler Flugtickets von der Mehrwertsteuer:** Auf der Grundlage durchschnittlicher Ticketerlöse von 0,08 (0,07) EUR je Pkm 2008 (2004), sowie der Anzahl internationaler Flüge und deren mittlerer Flugdistanz im Inland errechnen sich Steuervergünstigungen in der Höhe von 321 (192) Mio. € 2008 (2004).¹⁶

Insgesamt werden in der Verkehrsträgeranalyse (ILFD 2010) 0,52 Mrd. EUR Subventionen für den Luftverkehr 2008 ermittelt, was einem Anteil der Gesamtsubventionen von 4% und einer Zunahme gegenüber 2004 von 20% entspricht. Bezogen auf die Verkehrsleistung ergibt sich ein Wert von 2,7 EUR/1000 Pkm. Der überwiegende Teil entfällt auf die Steuerbefreiung inländischer Flüge von der Mineralölsteuer. Wichtigster Wachstumstreiber der Subventionen sind hingegen die Zuwendungen zur Luftverkehrsbranche.

Die externen Kosten sind in der vorliegenden Abschätzung jedoch deutlich höher als in der ILFD-Studie, insbesondere deshalb, weil höhere Klimakostensätze (80 anstelle von 25 EUR/Tonne CO₂) eingesetzt worden sind.

¹⁵ Das Verursacherprinzip besagt, dass alle Kosten (inkl. Umweltkosten und gesellschaftliche Kosten), die durch eine Aktivität entstehen, durch deren Verursacher getragen werden sollen.

¹⁶ Zu berücksichtigen ist, dass die Mehrwertsteuerbefreiung von internationalen Tickets nicht luftverkehrsspezifisch ist, sondern für alle Verkehrsträger gleichermaßen gilt.

B Konzeption Positivszenario

4 Notwendigkeit eines Positivszenarios

4.1 Zentrale Ansprüche

In Ergänzung zu den Grundlagenarbeiten für ein Luftverkehrskonzept des BMVI (DIW Econ. et al. 2015), welches betriebswirtschaftliche Aspekte des Luftfahrtsektors sehr hoch gewichtet, sind die Ansprüche an ein Positivszenario umfassend. Dabei geht es nicht um eine einseitige Gewichtung der Umweltaspekte, sondern um eine explizite Einbettung und eine aktive Auseinandersetzung mit möglichen Konflikten zwischen wichtigen Zielen. Dieses Kapitel zeigt – ausgehend von kritischen Bemerkungen zu den vorliegenden Grundlagen von DIW Econ – zentrale Ansprüche an ein Positivszenario auf.

Definition eines Zielsystems

- ▶ Es braucht ein **Zielsystem** aus der Sicht von Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft. Relevant ist anstelle der primär betriebswirtschaftlichen eine **volkswirtschaftliche Optik** (Gesamtinteresse Deutschland). Ein Luftverkehrskonzept sollte sich daran orientieren, welchen Luftverkehr (Infrastruktur und Betrieb) die Volkswirtschaft Deutschland unter Einbezug von **Umwelt- und Gesellschaftsaspekten** für einzelne Segmente volkswirtschaftlich tragfähig und nachhaltig ist.
- ▶ Es braucht explizite Ziele aus Umweltsicht, abgeleitet aus den zu erwartenden Umweltauswirkungen der Trendentwicklung, sowohl
 - ▶ global: Umsetzung der Klimaziele im Luftverkehr bzw. im Verkehrssektor.
 - ▶ lokal: Konsequenter bzw. verschärfte Lärm- und Umweltschutzaufgaben und Schutzbedürfnisse der Bevölkerung.
- ▶ Es braucht eine Auseinandersetzung mit den verschiedenen **Zielkonflikten** (Trade offs), etwa zwischen Wachstum (Verkehr/Siedlung) und Belastungen/Belästigungen rund um die Flughäfen, Chancen/Risiken der Steigerung von Drehkreuzfunktionen, Umgang mit dem sog. 'balanced approach' gemäss ICAO und den umweltseitigen Vorgaben der EU (Lärm, Emissionshandelssystem ETS).

Auseinandersetzung mit wichtigen Themen

Zu thematisieren sind insbesondere auch:

- ▶ die **Sicherheitsdimension** (safety und security) der Luftfahrt (letzten Endes immer das Primärziel),
- ▶ der Nutzen der heutigen globalen Arbeitsteilung und der **Kapazitätsentwicklung** an den großen Drehkreuzen (Frankfurt 3. Landebahn, Eröffnung Berlin-Brandenburg, neuer Terminal und Ausbau Pistensystem München),
- ▶ die **Luftfracht**, weil sie aus volkswirtschaftlicher Sicht (globale Wertschöpfungsketten, zentrale Vorleistungsimporte in die Wertschöpfungsstufen in Deutschland, hohe Relevanz für das Exportland Deutschland) eine steigende Bedeutung bezüglich des Exportwerts hat (Wertdichte sehr hoch in der Luftfracht),
- ▶ die kritische **Subventionierung** der Regionalflughäfen und damit die fehlende Kostendeckung,
- ▶ die **externen Kosten** und Ansätze zu deren Internalisierung (Kostendeckung Infrastruktur, Umwelt- und Sicherheitskosten) als Grundlage für die volkswirtschaftlich optimale Internalisierung der externen Kosten.

- die Effekte der **Luftverkehrssteuer** als fiskalische Maßnahme

Auseinandersetzung mit Optimierungsthemen

Folgende Elemente sind von Bedeutung:

- Die Bedeutung der **Luftfahrtsegmente** in Deutschland (Linien- und Charterangebote im Geschäfts- und Freizeitverkehr sowie Frachtverkehre) in Abstimmung mit den Wachstumserwartungen.
- Ein Luftverkehrskonzept sollte Bedarf und Ziele im Hinblick auf **Infrastruktur** und **Luftverkehrsangebot** festlegen: An welchen Standorten sind welche Kapazitäten erforderlich und welche Arbeitsteilung innerhalb des Luftverkehrs ist zweckmäßig.
- Nutzung der Verkehrsarten-übergreifenden Systemvorteile, insbesondere **Intermodalität und Arbeitsteilung** in den (globalen) Transport- und Wertschöpfungsketten. Die modale Anbindung und die Substitutionsmöglichkeiten vor allem zwischen Luft-, Schienen- und Lkw-Verkehr sind für die Entwicklung eines **Gesamtkonzepts** essentiell.

Diese Optimalitätsfragen stellen sich sowohl innerhalb Deutschlands (z.B. Rolle der Regionalflugplätze, Modalsplit Feederwege Bahn-Straße-Luft) als auch global (Rolle der deutschen Drehkreuze, Arbeitsteilung mit anderen Hubs und Alliancing, Rolle Home Carrier).

Auseinandersetzung mit Wachstumserwartung

Die Szenarien von DIW Econ et al. (2015) sind einseitig auf mehr quantitatives **Wachstum des Luftverkehrs** ausgerichtet. Welches Wachstum erwünscht ist für die Bevölkerung und die Wirtschaft in Deutschland, sowie wie dieses Wachstum verteilt werden soll, wird kaum untersucht. Ein Positivszenario sollte Wachstum nicht als zentrales Ziel setzen, sondern sich inhaltlich entlang einem Zielsystem mit den oben genannten Aspekten der drei Nachhaltigkeitsdimensionen auseinandersetzen. Entsprechend ist die in den Szenarien von DIW Econ et al. unterstellte Prämisse, dass Deutschland eine ähnliche Wachstumsrate wie andere Staaten in der EU oder die Weltwirtschaft im Durchschnitt aufweisen solle, kritisch zu hinterfragen. Das Wachstum findet v.a. auf den Flughäfen mit unterstelltem Infrastrukturausbau statt. Es wachsen dabei v.a. auch die **Umsteigepassagiere** und nur **unterproportional die Lokalpassagiere**¹⁷. Das heißt, der Luftverkehrssektor weist mehr Umsatz, weniger Kosten und allenfalls höhere Gewinnmargen auf. In den Szenarien verändern sich in Deutschland aber die Konnektivität und die Erreichbarkeit in allen drei Szenarien gegenüber dem Referenzszenario der VVP (Verkehrsverflechtungsprognose) nur geringfügig. Dafür steigen die Lärmwirkungen und die Emissionen (CO₂, NO_x, etc.). Das heißt überspitzt, die Anzahl Umsteiger, welche Deutschland wenig Nutzen bringen (weder mittelbar noch unmittelbar), wachsen in den DIW Econ-Szenarien; Deutschland selbst hat davon aber in erster Linie mehr Umweltbelastung. Kritisch zu hinterfragen ist deshalb:

- der volkswirtschaftliche Nutzen einer Stärkung der Hubfunktion mit Transferpassagieren,
- die Fokussierung auf das Maß „**Konnektivität**“. Es läuft direkt auf eine Steigerung des Anteils der Transferpassagiere hinaus.

¹⁷ Passagiere mit Herkunft Deutschland oder Reiseziel Deutschland

Maßnahmen zur Minderung der Umweltbelastung

Ein Positivszenario muss die Umweltwirkungen so weit möglich mindern. Dazu sind folgende Elemente von Bedeutung:

- ▶ Eine Auseinandersetzung mit den Klimaschutzzielen in Deutschland, etwa im Umgang mit der Flughafenentwicklung, (Abstimmung Verkehr und Siedlungsentwicklung), als technischer Leader und Anwendung von ‚best available technology‘, als Akteur mit innovativen Policy- Maßnahmen zur Anreiz- und Kompensationswirkung, etwa im Lärmschutz.
- ▶ Es ist bei effizienzsteigernden Maßnahmen zu unterscheiden zwischen reinen Entlastungsmaßnahmen (z.B. bessere Auslastung) und Maßnahmen mit Verteilungswirkung (z.B. Veränderung der Routen und Destinationen). Die erste Kategorie ist auch aus Umweltsicht unbestritten, die zweite führt nur zu höherem Wachstum in Deutschland (Umverteilung innerhalb Deutschlands und andere Länder).

4.2 Zielsystem für ein Positivszenario

Das Zielsystem eines Positivszenarios beleuchtet die drei Nachhaltigkeitsdimensionen. Einige Ziele sind nicht quantifizierbar, leisten jedoch einen nennenswerten Beitrag zum Klimaschutz und dem Schutz vor Lärm. Ausgangspunkt ist das Wachstum des Luftverkehrs und seinen Belastungen im Trend. Ziel ist es, dieses Wachstum grundsätzlich zu akzeptieren (wirtschaftliche Sicht) aber differenziert zu betrachten und umweltseitig und gesellschaftsseitig einzubetten. Daraus resultiert folgendes Zielsystem:

Volkswirtschaft

- ▶ gute Erreichbarkeit und Betriebsstabilität erhalten für die deutsche Wirtschaft, die für Import- und Exporttätigkeit und Geschäftsreisetätigkeit sehr bedeutend ist. Das heißt, die relative Erreichbarkeit Deutschlands im europäischen Kontext soll weiter hoch bleiben, weltweit gilt es die absolute Erreichbarkeit zu halten, relativ wird man gegenüber aufstrebenden Regionen etwas weniger zulegen, da in Deutschland das Marktaufnahmevolumen nahezu erschöpft ist.
- ▶ hohe Standortattraktivität der deutschen Wirtschaft erhalten.
- ▶ Produktivitätsentwicklung der deutschen Wirtschaft gemäß VVP (Verkehrsverflechtungsprognose des BMVI) stützen.
- ▶ Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Luftfahrtbranche erhalten, um das hohe Niveau der Erreichbarkeit selbst bestimmen zu können.¹⁸
- ▶ effiziente Vernetzung der Räume und Zusammenspiel der Verkehrsträger sicherstellen.
- ▶ effizientes Verkehrsproduktionsniveau erzielen unter Einbezug der externen Kosten der Verkehrsaktivitäten.
- ▶ Alle Verkehrszwecke haben ihre Systemvorteile, wenn sie ihre volkswirtschaftlichen bzw. externen Kosten tragen. In Bezug auf die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands haben der Geschäftsreise-

¹⁸ Dies sichert auch das Stimmrecht Deutschlands in der ICAO, das sehr wichtig ist, um auch auf internationaler Ebene im Luftverkehr mitentscheiden zu können.

verkehr und der Frachtverkehr aber eine deutlich stärkere positive Bedeutung als der reine Freizeitverkehr, da gute Luftverkehrsverbindungen für global agierende Unternehmen ein relevanter Faktor der Standortattraktivität sind.

Umwelt

- ▶ Minimierung der Gesundheitsschäden durch Verkehrslärm und Luftqualität.
- ▶ Minderung des Ausstoßes klimawirksamer Gase im Verkehr. Nationale Ziele gemäß Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 und dem Klimaschutzplan 2050. Eckpunkte gemäß UBA-Studie „Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050“.
- ▶ Internalisierung der ungedeckten sowie der externen Kosten des Verkehrs (Subventionen Flugplatzinfrastruktur, Unfall- und Umweltkosten) und Nutzung der Systemvorteile einzelner Verkehrsarten auf kurzen Distanzen.
- ▶ Maximale Anreize zur Steigerung der Umwelteffizienz: Entkopplung Luftverkehrswachstum und Entwicklung der Umweltbelastung.

Gesellschaft

- ▶ Erhalt der hohen Luftverkehrssicherheit (Safety und Security).
- ▶ Akzeptanz der Luftfahrt erhöhen, insbesondere über eine Minderung der Lärmbelästigung und einer proaktiven Abstimmung zwischen Entwicklung der Flugbewegungen und der Siedlungsentwicklung unter Einbezug der Bevölkerung in einem partizipativen Prozess.
- ▶ Schutz der benachteiligten und weniger gut organisierten Bevölkerungsteile und Partizipation bei der Infrastrukturentwicklung und ausgewogene Betriebskonzepte sicherstellen.

4.3 Eckpunkte für die Operationalisierung

Vor der Operationalisierung eines Positivszenarios sind zunächst relevante Eckpunkte/Grundtreiber der künftigen Entwicklung des Luftverkehrs Deutschland festzulegen. Die folgende Tabelle 13 zeigt die Elemente sowie die Annahmen zu den relevanten exogenen Rahmenbedingungen der Entwicklung des Luftverkehrs Deutschland und deren mögliche Ausprägungen im Positivszenario.

Exogene Rahmenbedingungen

Das Positivszenario geht von folgenden exogen gegebenen Rahmenbedingungen aus:

Tabelle 12: Exogene Randbedingungen für ein Positivszenario:

Elemente /Aktivitäten	Performance/Annahmen	Mögliche Ausprägungen Positivszenario
Wachstumstreiber internationale Luftfahrt	Werden als exogen genommen. Daraus leiten sich keine Ziele für Deutschland ab, da volkswirtschaftlich gesehen die Erreichbarkeit und die Balance zwischen Umwelt, Wirtschafts- und Gesellschaftszielen in Deutschland das Ziel des Positivszenarios Luftverkehr darstellt. Wirtschaftsentwicklung Deutschlands aus VVP gegeben: +1,14% BIP pro Jahr.	Annahmen BVWP für Deutschland und DIW Econ et al. (2015) für die übrige Welt.
Deutsche und nicht deutsche Airlines	Es soll auch in Zukunft starke deutsche Airlines mit Homebase in Deutschland geben, insbesondere als Homecarrier von Hubs. Deutsche Airlines mit Homebase/Hub in Deutschland erhöhen Planungssicherheit für Unternehmen und haben Wertschöpfungswirkungen im Inland. Grundsätzlich ist dadurch auch die Kommunikation zwischen Branche und Politik einfacher. Nur wenn marktrelevante deutsche Airlines existieren, behält Deutschland in der ICAO Stimmrecht, das für die Partizipation und Mitgestaltung auf internationale Ebene sehr wichtig ist.	Es wird in der Analyse der betriebswirtschaftlichen Ergebnisse und der Auswirkungen der Erreichbarkeit unterschieden zwischen deutschen und ausländischen Airlines.
Wettbewerbssituation internationaler Luftverkehr	Unterschiedliche Kostenvoraussetzungen zwischen verschiedenen Luftverkehrsanbietern weltweit sind ein Faktum und in allen Märkten mit handelbaren Gütern im Wesentlichen der Fall. Subventionen anderer Luftverkehrsakteure sind jedoch nicht gerechtfertigt.	d.h. Türkei oder Nahost ist ein Konkurrent mit Flughäfen, die in Deutschland mit den bestehenden Umwelt- und Sozialgesetzen so nicht erstellt werden könnten. Die Einhaltung der sozialen Vorgaben z.B. Art 17 Open Sky Abkommen sind zu forcieren.
Unterscheidung Passagiere/ Fracht	Im Positivszenario zum Teil argumentativer Einbezug der Fracht (insbesondere bei Aufgabenteilung Flughäfen). Großteil der Argumentation ist aber auf Passagiere bezogen. (DIW Econ et al. 2015 hat ebenfalls Hauptfokus auf Passage).	Kein Nachtflugverbot für ausgewählte Frachtflughäfen; mit entsprechenden Folgen bei Lärmwirkungen (bei Fracht Hubs wie Köln-Bonn und Leipzig).
Routing	Optimierungen werden laufend eingeführt sobald reif und sicher.	keine Variable für Positivszenario
Technologische Entwicklung	Fortsetzung der technologischen Entwicklung zur Verringerung der Lärmbelastung und Klimaemissionen wie bisher. Keine Technologiesprünge, keine alternativen Kraftstoffe, keine Einführung e-Antrieb.	Ziel: Best Available Technology-Anwendung in Deutschland. Selbstverpflichtungen Airlines zu Effizienzpfad.

Elemente /Aktivitäten	Performance/Annahmen	Mögliche Ausprägungen Positivszenario
Single European Sky	Realisierung als gesetzte Maßnahme (analog DIW Econ et al. 2015).	Einmaleffekt, gehört zum Referenzszenario.
Kostendeckungsgrad andere Verkehrsträger	Verändert sich nicht in Positivszenario. Beim Optimierungsparameter „Intermodalität“ werden Maßnahmen umgesetzt, welche sich auf volkswirtschaftliche Vorteile/Nachteile der verschiedenen Verkehrsträger für unterschiedliche Strecken/Distanzen /Funktionen beziehen.	Berücksichtigung der intermodalen Arbeitsteilung (insbesondere Schienenanbindung Flughäfen).

Quantitative Eckpunkte

Ausgangspunkt für die Quantifizierung des Positivszenarios sind die von DIW Econ erarbeiteten Grundlagen und Szenarien (Verkehrsverflechtungsprognose 2030 des BMVI, Destatis, Aufstellung Verkehrsflughäfen, Kostensätze). Dabei knüpfen wir an das Szenario 1 gemäß DIW Econ et al. (2015) an. Diesem Szenario liegen folgende Eckpunkte zugrunde:

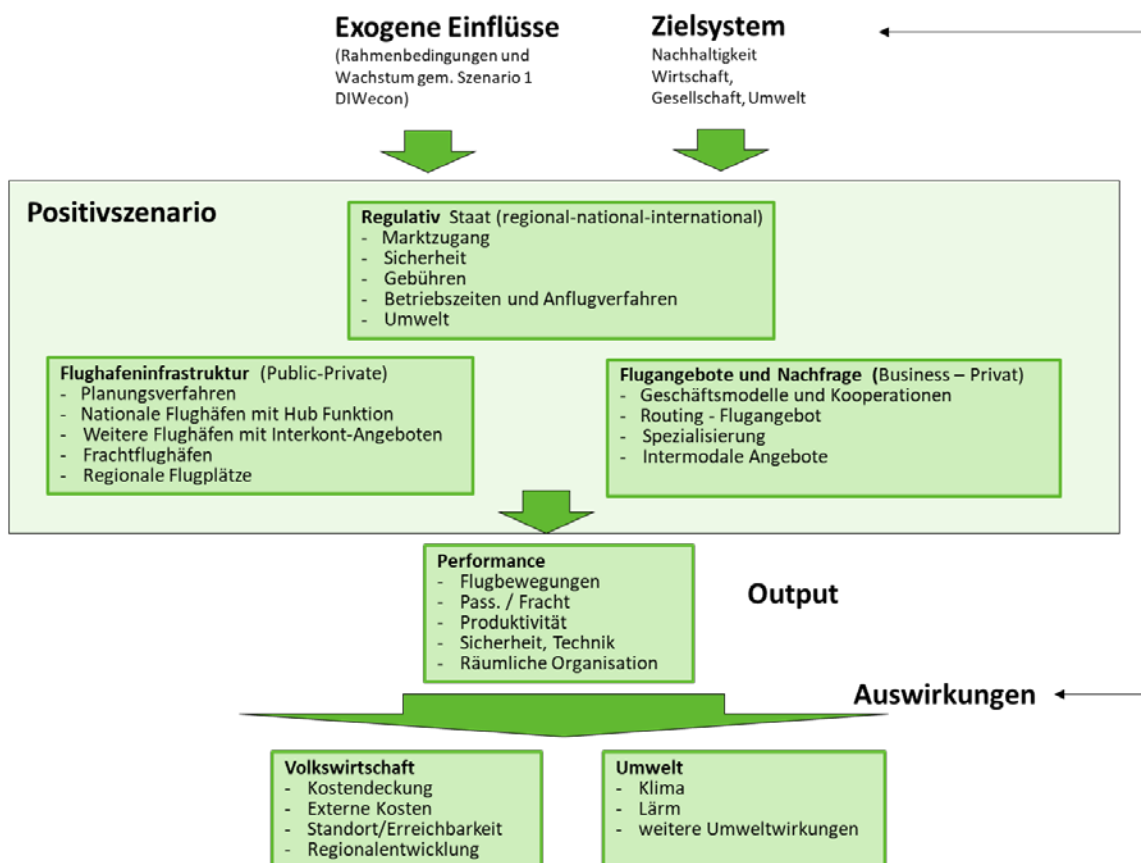
- ▶ Das Wachstum der letzten Jahre wird fortgeführt: Als Maßstab für das Wachstum der vergangenen Jahre wurde hierfür das Passagier- und Frachtaufkommen auf den in der deutschen Luftverkehrsstatistik definierten „Hauptverkehrsflughäfen“ im Zeitraum von 2009 bis 2015 festgelegt. Für das Jahr 2015 wurde der Trend der ersten sieben Monate bei der Entwicklung der Passagierzahlen (+4,6 Prozent) beziehungsweise des Luftfrachtaufkommens (+0,3 Prozent) im Vergleich zum Vorjahreszeitraum auf den ADV-Flughäfen als Projektion auf das Gesamtjahr angesetzt.
- ▶ Auf dieser Basis ergibt sich für den Passagierverkehr ein mittleres Wachstum von 3,18 Prozent p.a. und von 4,44 Prozent p.a. für den Frachtverkehr als Wachstumsziel für den Zeithorizont bis 2030.

5 Beschreibung Positivszenario

5.1 Einbettung und Übersicht

Die folgende Abbildung zeigt die Zusammenhänge zwischen den Vorgaben und Rahmenbedingungen (Zielen, exogene Parameter und Wachstumsannahmen bzw. wirtschaftliche Verflechtung), den einzelnen Elementen des Positivszenarios und deren Auswirkungen (die wiederum zielkonform sein sollen). Zentrale Elemente des Positivszenarios sind das Regulativ (international determiniert und national-staatlich erweitert), die Flughafeninfrastruktur (in der Regel als Public Private Partnership ausgestaltet) und die Angebote der Airlines (einschl. Nachfrage) und weiteren Aviatikdienstleistern, die privatwirtschaftlich organisiert sind. Diese drei Kernelemente prägen die Performance des Luftverkehrs, die mit einzelnen Indikatoren erfasst werden können und Basis für die Wirkungsanalyse bilden.

Abbildung 15: Einbettung Positivszenario



5.2 Regulativ im Positivszenario

- ▶ Marktzugang: Es gibt neben den von der ICAO erstellten neun **Freiheiten im Luftverkehr** (engl. *Freedoms of the air*) wenig Einschränkungen bezüglich Marktzugang im Luftverkehr. Die Freedoms machen Vorschläge wie die einzelnen Rechte entweder in bilateralen Abkommen wechselseitig gewährt oder zwischen Staaten, die die Transit- oder Transportvereinbarung unterzeichnet haben, gültig sind. Single Sky und Open Sky Abkommen sind umgesetzt. Auch die Luftfahrtrechte zu den Golfstaaten oder der Türkei sind nicht-diskriminierend umgesetzt.

- ▶ Die Slotvergabe bei großen Flughäfen erfolgt im Positivszenario verstärkt nach marktwirtschaftlichen Kriterien. Knappe Slots in Spitzenzeiten und Nachtrandzeiten werden zunehmend versteigert.
- ▶ Sicherheit: Alle Flughäfen (auch die kleineren ehemaligen Militärflugplätze) erfüllen die erforderlichen Sicherheitsanforderungen. Es gibt kein Sicherheitsgefälle zwischen großen und kleinen Airlines im Betrieb. Die Deutsche Flugsicherung ist weiterhin zuständig für die Garantie von sicheren Flugrouten. Bei der Optimierung von Flugrouten bei Flughäfen (Kapazität, Lärm) hat Sicherheit immer Vorrang.
- ▶ Betriebszeiten und Anflugverfahren:
 - ▶ Die heute geltenden Regelungen bezüglich Nachtflügen werden folgendermaßen angepasst: Frankfurt, Berlin-Brandenburg, München und weitere größere Flughäfen (z.B. Stuttgart, Düsseldorf, Hamburg, Hannover) sowie kleinere Regionalflugplätze verfügen über ein Nachtflugverbot (minimale Ausnahmen, Verschärfung ggü. heute). Köln-Bonn und Leipzig verfügen über ein Anreizsystem für leise Nachtflüge.
 - ▶ Die Betriebszeiten in den Nachtrandzeiten werden nicht weiter ausgedehnt. Mit Pricing-Anreizen werden leise Flugzeuge bevorteilt.
 - ▶ Die An- und Abflugverfahren richten sich nach Optimalitätskriterien für Kapazität und Lärm. Die Festlegung der Flugverfahren erfolgt unter Einbezug der betroffenen Bevölkerung (Dialogplattformen Flughafen – Bevölkerung). Die technischen Möglichkeiten (z.B. continuous decent approach Verfahren, curved approach, uvm.) werden ausgeschöpft.
- ▶ Gebühren und Pricing: Die verschiedenen Gebühren werden sukzessive weiterentwickelt und umweltseitig optimiert. Maßgebend ist das Postulat der Internalisierung der externen Kosten:
 - ▶ Luftverkehrssteuer: Die LVS bleibt im Niveau bestehen und wird verursachergerecht optimiert. Die heute geltenden Distanzklassen werden in eine distanzabhängige Gebühr umgewandelt. Die Einnahmen fließen weiterhin dem allgemeinen Staatshaushalt zu. Die LVS kann dann angepasst werden, wenn weitere internationale Abgaben (z.B. Umweltabgaben, weltweiter Offset-Mechanismus CO₂-Emissionen/CORSIA) erhoben werden. In diesem Fall kann auch die Einnahmenverwendung angepasst werden (Zweckbindung für Luftfahrt).
 - ▶ Kerosinabgabe: Die heutige (nationale) Kerosinabgabe bleibt bestehen. Die Einnahmen werden für die Luftfahrt verwendet. Fixe Anteile werden für den ökologischen Ausgleich bei der Anpassung der Flugplatzinfrastruktur verwendet.
 - ▶ Landegebühen: Auf allen Flughäfen mit gewerbsmäßigem Transport werden kostendeckende Landegebühen erhoben und nach Lärmklassen differenziert. Im Vordergrund steht ein progressives Tarifmodell, das periodisch an die neuen Entwicklungen angepasst wird. Die Tarifmodelle differenzieren auch nach lärmsensiblen Tageszeiten und setzen insbesondere in den Nachtrandzeiten und Kernnachtstunden Anreize für den Einsatz von leisem Fluggerät. Gerade auch an Flughäfen mit Frachtrelevanz und allenfalls Nachtflugbetrieb werden dank stärker spürbaren Lärmgebühren weitgehend nur noch sehr moderne Flugzeuge mit geringerer Lärmemission eingesetzt.
Bei Flughäfen mit kritischen Luftschadstoffwerten besteht zusätzlich eine Differenzierung nach NO_x und PM₁₀.
 - ▶ Passagiergebühren: Die Gebühren werden kostenseitig und diskriminierungsfrei ausgerichtet.
 - ▶ Abgaben Flugsicherung: Die Abgaben werden wie bisher distanzabhängig erhoben (internationale Vorgaben gemäß Single Sky Abkommen). Verstärkt werden Preisdifferenzierungen vorgenommen zur Regelung bei knappen Kapazitäten.
- ▶ Beihilfen für Infrastruktur, v.a. Regionalflugplätze: Regionalflugplätze erhalten keine Beihilfen der öffentlichen Hand und werden eigenwirtschaftlich betrieben. Die vorhandene Infrastruktur (z.B.

Pistenunterhalt, Sicherheitsvorgaben) wird nachhaltig bewirtschaftet. Die anfallenden Unterhaltskosten und die Kosten der Flugsicherung können mit Erträgen aus dem Luftfahrtbusiness (angesiedelte Betriebe der Luftfahrtindustrie an Regionalflugplätzen) gedeckt werden.

- ▶ Umwelt:
 - ▶ Auf nationaler Ebene verfügt das Umweltministerium über ein Monitoringsystem mit Bewegungs- und Relationendaten, die einen periodischen Überblick über die Umweltperformance des Luftverkehrs ermöglichen.
 - ▶ Die externen Klimakosten werden internalisiert. Das Emissionshandelssystem oder ein anderes marktbasiertes Instrument (MBM ICAO, Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) mit stärkeren Ambitionen) richtet sich nach den internationalen Vorgaben und ist weltweit in Kraft. Die Passagiere kompensieren ihre verursachten Klimaemissionen im Luftverkehr gemäß Vorschlägen der Luftverkehrsakteure.
 - ▶ Lärmschutz: Alle Flughäfen halten die Lärmschutzbestimmungen ein. Bei großen Flughäfen bestehen konkrete Absenkungspfade für die lärmbelastete und lärmbelästigte Bevölkerung mit konkreten Maßnahmenplänen. Dabei gilt es einerseits in stark lärmbelasteten Wohngebieten die Innenbelastung (Schlaf- und Wohnräume) zu senken und andererseits einen weiteren Zuwachs der Wohnbevölkerung in auch künftig lärmbelasteten Gebieten zu verhindern. Wichtige Instrumente dabei sind Programme zum passiven Schallschutz (Schallschutzfenster, Fassaden- und Dachdämmung, Niedrigenergiestandard mit kontrollierter Lüftung und/oder automatischer Fensterschließung während der Nachtstunden) sowie Siedlungssteuerung (Abstimmung von Lärm- Siedlungsentwicklung). Letztere können zum Teil im Rahmen von partizipativen Ansätzen in den Flughafengebieten umgesetzt werden (weitere bauliche Vorgaben, z.B. auch, Änderung des Nutzungsmix (Wohnen-Gewerbe), Ausgleichs- und Kompensationsmaßnahmen). Die Finanzierung der Maßnahmen erfolgt zu einem großen Teil über die Lärmgebühren an den Flughäfen.
 - ▶ Die Fahrzeuge auf dem Flughafenareal werden zu einem großen Teil mit alternativen Kraftstoffen bez. Elektroantrieb bewegt. Dazu erlässt die öffentliche Hand spezifische Vorschriften.

5.3 Infrastruktur

- ▶ Bewilligungsverfahren: Die Verfahren für die Bewilligung von Flugplatzausbauten werden im Rahmen eines partizipativen Verfahrens durchgeführt (Balanced Approach). Die Referenz dafür ist der in Frankfurt durchgeführte Prozess Mediationsverfahren neue Landebahn.
- ▶ Nationale Flughäfen mit Hub-Funktion:
 - ▶ Frankfurt am Main (inkl. neues Terminal)
 - ▶ München (inkl. 3. Landebahn)
 - ▶ Berlin-Brandenburg (Inbetriebnahme, Tegel wird aufgehoben)
- ▶ Weitere Flughäfen mit Interkontinental-Angeboten (ohne weiteren Ausbau, allenfalls punktuelle Kapazitätsoptimierungen):
 - ▶ Stuttgart, Düsseldorf, Hamburg, Köln/Bonn, Hannover, Saarbrücken, Nürnberg, Erfurt, Leipzig/Halle, Dresden, Münster/Osnabrück, Bremen
- ▶ Frachtflughäfen:
 - ▶ Köln/Bonn und Leipzig/Halle mit Schwerpunkt Expressfracht und Vollfrachter
 - ▶ Frankfurt mit Schwerpunkt Bellyfreight
- ▶ Regionale Flugplätze: Die heute rund 20 Regionalflughäfen werden im Rahmen der Aufhebung der Unterstützungen zum Teil redimensioniert. Flugplätze, die ihre Kosten nicht decken können, werden aufgehoben. Möglichkeiten zur Zusammenarbeit von nationalen Flugplätzen mit geeigneten Regionalflugplätzen werden vermehrt genutzt.

- Bahnzugang: Das Bahnangebot wird für die Flughäfen mit Bahn- bzw. S-Bahnanschluss (Frankfurt, München, Berlin-Brandenburg, Düsseldorf, Köln/Bonn, Hamburg, Stuttgart) weiter ausgebaut: Anschluss an ICE, Ausweitung S-Bahn Anschlüsse, Anschlussgleise für Frachtflughäfen).

5.4 Organisation der Luftverkehrsbranche

- Geschäftsmodelle und Allianzen: Die Geschäftsmodelle entwickeln sich entlang der Marktentwicklung. Das Alliancing und die Spezialisierung der Airlines hat weiter Bestand. Deutschland verfügt weiterhin über einen potenten nationalen Hub-Carrier und Leader einer wichtigen Allianz.
- Preispolitik: Ausgangspunkt ist die Annahme, dass die im Szenario unterstellte Kostenanlastung (Internalisierung der externen Kosten etc. Kostendeckung, Klimaschutz) in einer ähnlichen Größenordnung liegt wie der durchschnittliche Produktivitätsfortschritt der Airlines. Dadurch stabilisiert sich das Preisniveau im Luftverkehr für die Passagiere gegenüber heute.
- Routing-Flugangebote: Im innerdeutschen Binnenverkehr nimmt das Angebot ab: Wo aus Sicht der volkswirtschaftlichen Gesamtkosten sinnvoll (unter 600 km Reisestrecke), soll der innerdeutsche Luftverkehr auf die Bahn verlagert werden. Im internationalen Verkehr werden verstärkt (interkontinentale) Direktflüge angeboten (Ausdehnung der Hub-Funktion). Der Trend zu größeren Gefäßen (und damit Potenzial für die Entkopplung von Passagierzahlen und Flugbewegungen) bleibt bestehen, wird aber gegenüber der letzten Dekade etwas schwächer.
- Spezialisierung: Der General Aviation Markt wird sukzessive aus den großen Flughäfen verdrängt und siedelt stärker in Regionalflugplätzen an. Für gut aufgestellte und auf Business Aviation spezialisierte Regionalflughäfen kann das auch eine Chance sein.
- Intermodale Angebote: Die intermodalen Angebote nehmen zu. Vermehrt wird der Feederverkehr auch von den Airlines als Bahnreise (direkt im Ticket integriert inkl. Gepäcktransport) angeboten. Dadurch steigt der Anteil der Bahnreisenden an.

5.5 Performance des Luftverkehrs

- Passagiere / Fracht: Ausgehend vom Referenzszenario werden folgende Anpassungen angenommen:¹⁹
 - Reduktion der Passagiere im Binnenverkehr aufgrund der Annahme, dass 100% der Verkehre unter 600 km per Bahn zurückgelegt werden.²⁰
 - Reduktion des Verkehrswachstums aufgrund eines Dämpfungseffektes (geringere Steigerung der luftverkehrsbezogenen Reiseintensität der deutschen Bevölkerung und weitere Entkopplung vom Wirtschaftswachstum) wegen stärkerer Internalisierung der externen Umweltkosten. Das Ziel in der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung heißt Reduzierung der Transportintensität - ausgedrückt als Pkm/BIP mit Basisjahr 2004 - auf 85% bis 2020.
 - Flugbewegungen: Das Verhältnis Passagiere (bzw. net revenue ton) pro Flugbewegung kann gegenüber heute weiter gesteigert werden (größere Flugzeuge, weitere Optimierung der Auslastung dank weiter entwickelter Reservationssysteme. Gegenüber dem Referenzszenario wird jedoch keine weitere Verbesserung angenommen (da bereits sehr hoch).

¹⁹ Das Klimaschutzszenario (IFEU/INFRAS 2016) geht von einer Reduktion gegenüber dem Referenzzustand bis 2030 von 10% aus.

²⁰ Das Szenario BUND e.V. geht von jährlich 200.000 Fahrten aus, die auf die Bahn verlagerbar wären.

- ▶ Spezifischer Energieverbrauch: Ausgangspunkt sind die Annahmen in der UBA Studie ‚Klimaschutzbeitrag des Verkehrs‘ (IFEU/INFRAS 2016). Dort wird von einer jährlichen Verbesserung von 1,4% p.a. ausgegangen.
- ▶ Räumliche Organisation: Infolge der Aufhebung gewisser kleinerer Regionalflugplätze und der Konzentration in Berlin (Brandenburg) werden die Flugaktivitäten gegenüber heute räumlich etwas stärker konzentriert. Dies ergibt für einzelne Räume (z.B. einzelne ehemalige Militärflugplätze, Berlin-Tegel) neue Chancen für die Raumentwicklung.

5.6 Aussageebenen

Die Auswirkungen des Positivszenarios werden auf den Ebenen Wirtschaft und Umwelt zum Teil qualitativ und für ausgewählte Hauptelemente zum Teil quantitativ untersucht. Es wird dargestellt, welche für das Positivszenario formulierten Ziele wie erreicht werden und welches die allenfalls erkennbaren zentralen Trade-Offs sind.

Für folgende Ebenen wurden Performanceaussagen erarbeitet, mit denen der Zielerreichungsgrad beurteilt wird:

Erreichbarkeit:

- ▶ Wie verändert sich die Anzahl der aus Deutschland erreichbaren Destination, die Chancen der für Deutschlands Wirtschaft wichtigen Luftfrachttransporte, die Erreichbarkeit von wichtigen sowie aufstrebenden Absatzmärkten?
- ▶ Welche Reisezeiteffekte im Personenverkehr hat der stärker auf der Bahn abgewinkelte innerdeutsche Verkehr?

Flugbewegungen/Passagiere:

- ▶ Wie entwickeln sich die Anzahl Passagiere und Flugbewegungen im Positivszenario?
- ▶ Welche Auslastungen sind im Luftverkehr zu beobachten?
- ▶ Wie entwickelt sich der Transferanteil und die Bedeutung der unterschiedlichen Luftverkehrssegmente (Geschäft, Privat, Tourismus)?
- ▶ Wie verteilen sich die Verkehrsströme in etwa auf die Flughafeninfrastruktur?

Betriebswirtschaftliche Ergebnisse deutsche Luftfahrt:

- ▶ Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit für deutsche Home Carrier
- ▶ Differenzierung nach Airlinetypen, Flughafenkategorien und möglichen betriebswirtschaftlichen Handlungsebenen, welche die Wettbewerbsfähigkeit beeinflussen.

Wertschöpfung/Beschäftigung Luftfahrt:

- ▶ Nach einer qualitativen Beurteilung der wirtschaftlichen Situation der deutschen Luftfahrt (inkl. Luftfahrtindustrie) wird dargelegt, mit welcher Wertschöpfung und Beschäftigung (direkt und indirekt) der Luftverkehr Deutschland im Positivszenario in etwa grob verbunden sein kann. Diese Größe wird mit dem heutigen Zustand und den Szenarien von DIW Econ verglichen. Danach erfolgt eine volkswirtschaftliche Würdigung und Einordnung der sich ergebenden Unterschiede. Dabei liegt der Fokus auf der Wettbewerbsfähigkeit und dem Wirtschaftspotential der Volkswirtschaft Deutschland.

Sicherheit Luftfahrt Deutschland:

- ▶ Alle Elemente des Positivszenarios sind darauf ausgerichtet, dass die Sicherheit nicht tangiert sein darf. Dies gilt es qualitativ zu prüfen und zu erläutern.

Lärmwirkung:

- ▶ Wegen mangelnder Datenlage in Deutschland ist es im Rahmen dieses Projekts nicht möglich, die Lärmwirkungen des Luftverkehrs in Deutschland in Anzahl von Fluglärm belasteten Personen zu ermitteln. Es wird jedoch am Beispiel von zwei Flughäfen aufgezeigt, wie sich die Lärmkurven und die Anzahl der betroffenen Personen verändern, wenn sich die deutsche Luftverkehrsstrategie an einem Weg wie dem Positivszenario orientiert. Daraus lassen sich qualitativ für Gesamtdeutschland approximative Aussagen ableiten bezüglich Zielerreichung in diesem Bereich.

Emissionen Klimagase:

- ▶ CO₂-Emissionen der Luftfahrt von, nach und innerhalb Deutschlands 2014.
- ▶ CO₂-Emissionen des Positivszenarios 2030.

C Analyse Positivszenario

6 Vertiefung ausgewählter Elemente

In diesem Kapitel werden ausgewählte Elemente im Zusammenhang mit dem Positivszenario vertieft. Dabei sollen wichtige zusätzliche Aspekte beleuchtet und das Vorgehen bei Berechnungen erläutert werden.

6.1 Internalisierung externe Klimakosten

Von externen Kosten wird gesprochen, wenn Aktivitäten und Tätigkeiten von Wirtschaftsakteuren sich negativ auf Dritte (Wirtschaft, Umwelt, Gesellschaft) auswirken und dies für die Verursacher nicht über die Preise berücksichtigt wird. Da externe Effekte nicht in die Marktpreise einfließen, beeinflussen sie das Konsumverhalten der Verursachenden nicht. Damit ist das Verursacherprinzip verletzt, welches besagt, dass die gesamten Kosten einer Tätigkeit von den verursachenden Wirtschaftsakteuren zu tragen sind. Nicht internalisierte externe Kosten führen deshalb aus ökonomischer Sicht zu einer suboptimalen Nutzung der Ressourcen und mindern damit die Wohlfahrt einer Volkswirtschaft.

Im Sinne des Verursacherprinzips ist es deshalb angezeigt die externen Kosten mittels regulatorischer Maßnahmen zu internalisieren. Ziel dabei ist es, dass die externen Kosten zusätzlich zu den herkömmlichen Marktpreisen den Konsumenten verrechnet (d.h. internalisiert) werden. Die Erträge aus der Internalisierung können an die Gesellschaft zurückverteilt werden, für die Reparatur vorhergehender Umweltschäden eingesetzt, für die künftige Vermeidung/Verminderung der externen Kosten eingesetzt oder als Finanzierungsquelle ohne Zweckbindung in den Staatshaushalt fließen. Für das Positivszenario wird ein Ansatz der Internalisierung der externen Kosten in Bezug auf die Klimakosten unterstellt, bei dem das Aufkommen des Instruments (Lenkungsabgabe) wieder ins Wirtschaftssystem zurückverteilt wird.

Die folgenden Abschnitte zeigen am Beispiel der Klimakosten, wie hoch die zu internalisierenden externen Kosten in etwa ausfallen und wie diese eingepreist werden können. Danach wird dargelegt, welche Auswirkungen eine solche Internalisierung der externen Klimakosten des Luftverkehrs für Deutschland erwarten ließe.

Vorgehen

Die Internalisierung der externen Kosten im stark international ausgerichteten Luftverkehr kann nicht isoliert in einem Land umgesetzt werden. Dies hätte starke Ausweicheffekte im Luftverkehr zur Folge, welche die Wirkung der Internalisierung der Klimakosten im Luftverkehr schwächen oder gar aufheben könnte. Deshalb wird für die Analyse im Positivszenario unterstellt, dass die Internalisierung der externen Klimakosten im Luftverkehr auf internationaler Basis erfolgt. Zum einen können durch diese Annahme Ausweicheffekte zwischen einzelnen Ländern vernachlässigt werden. Zum anderen wird damit der Realität und der Berechnungsmethodik der externen Kosten Rechnung getragen, in welcher jeweils nur die Emissionen der halben Flugdistanz des Hin- und Rückfluges einem Land zugeordnet werden (außer bei Inlandflügen).

Der Fokus der Internalisierung liegt auf der Klimawirkung und damit auf den externen Klimakosten, welche den größten Teil der externen Kosten des Luftverkehrs ausmachen. Aus der Analyse in Kapitel 3 können die entsprechenden Emissionen verwendet werden, welche differenziert nach vier Streckenkategorien sowie separat für den Inlandverkehr vorliegen. Diese externen Klimakosten wurden auf

Basis eines Kostensatzes von 80 EUR₂₀₁₀ pro Tonne CO₂ berechnet (vgl. Kapitel 3.3), der gemäß aktueller wissenschaftlicher Diskussion als der geeignetste Wert für diese Thematik erachtet wird. Die externen Klimakosten des Luftverkehrs Deutschland belaufen sich so berechnet auf rund 3,7 Mrd. im Jahr 2014 resp. 4,8 Mrd. EUR im Jahr 2030 (basierend auf Szenario 1 der Prognose von DIW Econ et al. 2015).

Für die Wirkungsanalyse werden diese Klimakosten des Luftverkehrs für Deutschland in einem nächsten Schritt auf Zuschläge für einzelne Tickets heruntergebrochen. Daraus lassen sich prozentuale Preisveränderungen gegenüber den bisherigen Ticketpreisen der Referenzentwicklung (2014 und 2030) berechnen. Diese durch die Internalisierung der Klimakosten bedingten Preisveränderungen wiederum beeinflussen die Nachfrage nach Luftverkehr. Generell wird in der Literatur davon ausgegangen, dass eine Preiserhöhung zu einem Rückgang der Nachfrage führt (negative Preiselastizität der Nachfrage). Hierzu liegen verschiedene Literaturquellen vor mit Angaben, wie stark Passagiere auf eine Veränderung der Ticketpreise reagieren. Folgende Quellen werden für diesen Schritt herangezogen:

Auswirkungen der EU Emission Trading Schemes, auf der Basis der Studie, effects on competitive situation within national and international aviation' (INFRAS, CE Delft, TASKS 2014): Angaben zu Ticketpreisen differenziert nach Flugdistanz und Reisezweck (Geschäftsreisen, Freizeitreisen) werden mit weiteren Daten zum Airlinetyp (Low-cost-Carrier, Networker) gewichtet, um letztlich durchschnittliche Ticketpreise ableiten zu können.

Auswirkungen der Einführung der Luftverkehrsteuer auf die Unternehmen des Luftverkehrssektors in Deutschland (INFRAS 2012): Aus dieser Studie liegen aus einer Literaturrecherche verschiedene Preiselastizitäten für unterschiedliche Flugreisezwecke vor. In Verbindung mit Preiselastizitäten aus der obigen Studie, welche nach Flugstrecke differenzieren, lassen sich letztlich zwei Elastizitäten herleiten, je eine für Kurzstrecken (Preiselastizität: -1,16²¹) und internationale Langstreckenflüge (Preiselastizität: -0,88). Bei Kurzstreckenflügen reagiert die Nachfrage demnach stärker negativ auf Preiserhöhungen als bei Langstreckenflügen.

Mit diesen Inputdaten lassen sich nach Flugdistanz sowie inländischen und internationalen Zielen differenzierte Wirkungen der Internalisierung der Klimakosten auf die Anzahl Passagiere abschätzen.

Um daraus auf die wirtschaftlichen Auswirkungen (Wertschöpfung und Beschäftigung) des Szenario-Elements „Internalisierung der Klimakosten im Luftverkehr“ schließen zu können, verwenden wir in einem letzten Schritt einerseits die Angaben aus der DIW Econ-Studie (DIW Econ et al. 2015) zur Kerngröße, wieviel Wertschöpfung pro Passagier im Luftverkehr durchschnittlich anfällt. Da diese Angaben in der genannten Studie wenig differenziert sind, werden weitere Quellen herangezogen: Aus verschiedenen Geschäftsberichten der deutschen Flughäfen liegen gesammelte Angaben zu Kostenanteilen je Flugbewegung und Passagier aufgeschlüsselt nach inländischen, europäischen und interkontinentalen Flugstrecken vor. Damit können auch die Berechnungen der wirtschaftlichen Auswirkungen in stärker differenzierter Form durchgeführt werden.

Ergebnisse Luftverkehrsnachfrage 2030

Die Internalisierung der externen Klimakosten im Luftverkehr führt zu einer Erhöhung der Ticketpreise. Dies wiederum senkt das Wachstum der Nachfrage nach Luftverkehr und damit die Anzahl be-

²¹ Eine Preiselastizität von -1,16 besagt, dass bei einer Preiserhöhung um 1% die Nachfrage um 1,16% abnimmt.

förderter Passagiere bis 2030. Es resultiert zwischen 2013 und 2030 jedoch immer noch ein Passagierwachstum von knapp 60%. In der Referenzentwicklung gemäß Econ et al 2015. beträgt diese Zunahme rund 70%. Absolut liegt die Zahl der Passagiere im Luftverkehr unter den getroffenen Annahmen im Jahr 2030 etwa 26,3 Millionen unterhalb jener des Szenario 1 gemäß DIW Econ et al. (2015). Dies entspricht rund 7,6% der gemäß DIW Econ Studie für 2030 erwarteten 348 Millionen Flugpassagiere in Deutschland (Szenario 1).

Gesamtwirtschaftliche Betrachtung

Mit dem weniger starken Passagierwachstum im Luftverkehr einher geht ein vermindertes Wachstum der Wertschöpfung und Beschäftigung in den Luftverkehrsbranchen. Gleichzeitig senkt die Internalisierung der Klimakosten jedoch die externen Kosten des Luftverkehrs: Dies schlägt sich nicht direkt im Bruttoinlandsprodukt nieder, da die externen Effekte der Wirtschaftstätigkeiten nicht im BIP erfasst sind. Es trägt aber zur Vermeidungsstrategie von Klimagasen bei und erhöht langfristig die gesamtgesellschaftliche Wohlfahrt.

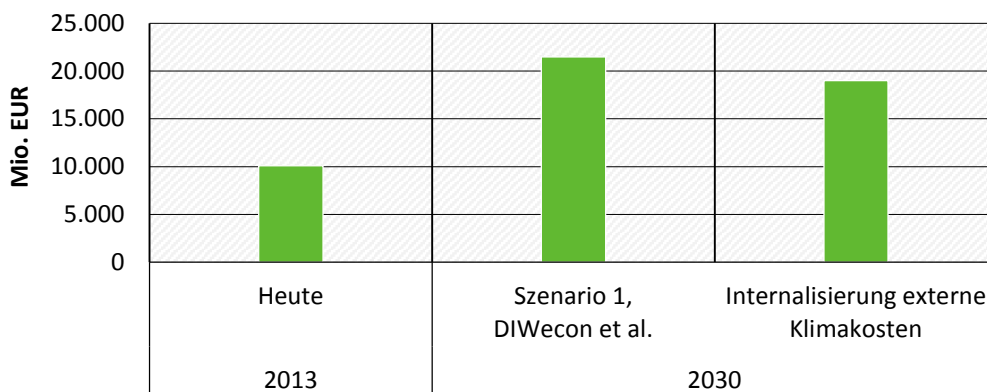
Von der Internalisierungsmaßnahme im Bereich Luftverkehr sind andere Verkehrsträger ebenfalls betroffen. So verändert sich durch die Internalisierung im Luftverkehr das relative Preisgefüge zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern. Andere Mobilitätsarten, welche unter dem Internalisierungsszenario relativ günstiger werden, können damit eine steigende Nachfrage erfahren. Dies ist wiederum mit einem zunehmenden Absatz in den relevanten Branchen (z.B. Schienenverkehr) verbunden, was dort zu zusätzlicher Wertschöpfungssteigerung und Beschäftigung führen kann.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeiten war es nicht vorgesehen, diese Effekte bei anderen Verkehrsträgern und Branchen zu berechnen, also eine gesamtwirtschaftliche Analyse zu erstellen. Beziffert werden die wirtschaftlichen Auswirkungen für den Luftverkehr.

Bei der unterstellten Internalisierung der externen Klimakosten belaufen sich die Abnahmen bei der Wertschöpfung (Beschäftigung) direkt im Luftverkehr (Fluglinien, Flughäfen, alle weiteren Unternehmen on airport) auf 12% (11%) der Bedeutung des Luftverkehrs Deutschland im Jahr 2030 (Vergleich zu Szenario 1 in der DIW Econ Studie). In absoluten Zahlen ausgedrückt, hieße das eine Wertschöpfungsminderung im Luftverkehr von etwa 2,4 Mrd. EUR und ein Beschäftigungsrückgang von knapp 25.500 Beschäftigten im Luftverkehr Deutschland. Für die Zeitspanne von 2013 bis 2030 bedeutet dies ein gegenüber der Referenzentwicklung gedämpftes jährliches Wachstum bei Wertschöpfung (3,8% gegenüber 4,5%) und Beschäftigung (2,7% gegenüber 3,4%).

Diese Wertschöpfungs- und Beschäftigungsveränderung im Luftverkehrssektor stellen jedoch nicht direkt BIP- und Beschäftigungsverlust für Deutschland dar. Die Wirtschaftsakteure (Haushalte, Unternehmen, Staat) fragen lediglich weniger Luftverkehrsleistungen nach und geben für diesen Mobilitätsbereich weniger aus – es resultiert ein vermindertes Wachstum in diesen Bereichen. Die eingesparte Kaufkraft können sie hingegen in anderen Sektoren für Käufe einsetzen, z.B. für andere Mobilitätsangebote anderer Verkehrsträger oder andere Güter, was dort zu zusätzlicher Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland führt. Der Nettoeffekt für Deutschland könnte durchaus positiv ausfallen – bei gleichzeitig geminderten externen Klimakosten – weil der Luftverkehr aktuell wegen des Kerosinverbrauchs einen hohen Anteil der benötigten Vorleistungsgüter importiert, was kaum Wertschöpfung im Inland nach sich zieht. Wenn die stattdessen nachgefragten Güter eine höhere Wertschöpfungstiefe und Beschäftigungsintensität pro Ausgabeneinheit aufweisen, ist die gesamtwirtschaftliche Wirkung in Deutschland positiv.

Abbildung 16: Veränderung der Wertschöpfung im Luftverkehr nach Internalisierung der externen Kosten (direkter Effekt)



Grafik INFRAS. Quelle: DIW Econ et al. 2015, eigene Berechnungen.

Tabelle 13: Szenario Internalisierung im Vergleich zu Szenario 1 (DIW Econ et al. 2015)

		Heute	Szenario 1, DIW Econ et al.	2030 Szenario Internalisierung	Vergleich zw. Szenario 1 und Sz. Internalisierung
Passagiere	Mio. Pax	204	348	322	-8% (-26 Mio. Pax))
Wertschöpfung LV (direkter Ef- fekt)	Mio. EUR	10.100	21.500	19.000	-12% (-2.5 Mrd. EUR)
Beschäftigte LV (direkter Effekt)	Pers.	126.800	223.700	198.300	-11% (-25.400 Beschäftigte)

Tabelle INFRAS. Quelle: DIW Econ et al. 2015, eigene Berechnungen

Nach der Internalisierung der externen Kosten liegt die Zahl der Passagiere 2030 8% niedriger als im Vergleichsszenario. Die Wertschöpfung und die Beschäftigung liegen rund 12% resp. 11% niedriger als die Referenzentwicklung von Szenario 1 von DIW Econ et al. (2015).

Unter dem Internalisierungsszenario fiel in Deutschland die Wertschöpfung im Luftverkehr um 2,5 Mrd. EUR geringer aus als in der Referenzentwicklung und externe Klimakosten im Umfang von 4,8 Mrd. EUR würden in Deutschland internalisiert.

Diese Internalisierung der Klimakosten im Luftverkehr würde demnach das Nachfragewachstum zwischen heute und 2030 mindern. Ein Teil der Personen, welche weniger Luftverkehrsleistungen nachfragen, würden auf andere Verkehrsmittel wechseln, ein anderer Teil würde auf eine Reise verzichten. Durch die Mehrnachfrage nach Transportleistungen im Straßen- und Schienenverkehr ergäben sich in den beiden Branchen ein Anstieg bei Wertschöpfung und Beschäftigung.

Die oben dargestellte Internalisierung der externen Kosten, welche die Klimagasemissionen des Luftverkehrs über einen Kostensatz monetarisiert und dann in die Luftverkehrspreise einbezieht, ist eine Variante der Internalisierung. Eine zweite Variante stellt ein Verkehrsträgervergleich dar, in welchem ermittelt wird, welche Verkehrsträger für welche Reisedrecken die geringsten externen Klimakosten aufweisen. Diesen zweiten möglichen Internalisierungsansatz verfolgt das zweite Vertiefungskapitel in Bezug auf die Verkehrsmittelwahl für innerdeutsche Reisen.

6.2 Intermodalität: Verlagerung Kurzstreckenverkehr auf die Bahn

Im Auftrag der Initiative «Luftverkehr für Deutschland» wurde 2010 eine Verkehrsträgeranalyse durchgeführt (INFRAS, Fraunhofer ISI 2010), die zum Schluss kam, dass aus Gesamtrössourcenkosten-sicht die Bahn im Personenverkehr auf Strecken unter 600 km (Luftlinie) besser als die Luftfahrt abscheidet und Kurzstreckenflüge bis zu einer Distanz von 600 km auf die Bahn verlagert werden sollten. Für das Positivszenario formuliert sich daraus der Ansatz: alle innerdeutschen Flüge unter 600 km auf die Schiene zu verlagern, sofern ein Bahnangebot besteht.

Dieses Kapitel untersucht die Auswirkungen auf die Reisezeit von Freizeit- und Geschäftsverkehr bei einer konsequenten Verlagerung aller innerdeutschen Flugverbindungen unter 600 km auf die Bahn und vergleicht diese mit dem daraus entstehenden externen Klimanutzen. Darüber hinaus werden die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen der Verlagerungsmaßnahme untersucht.

6.2.1 Reisezeitveränderungen

Vorgehen

Basierend auf der Statistik *Luftverkehr auf allen Flugplätzen* (Destatis 2014) wurden die innerdeutschen Flugstrecken unter 600 km ermittelt. Folgende Reisekorridore zwischen den zwölf Flughäfen/Städten fallen unter diese Bedingung: Berlin-Schönefeld, Berlin-Tegel, Bremen, Dresden, Düsseldorf, Frankfurt/Main, Hamburg, Hannover, Köln/Bonn, Leipzig/Halle, München und Stuttgart. Das detaillierte Vorgehen zur Ermittlung der Flugstrecken unter 600 km ist im Annex beschrieben (Verwendung der Luftliniendistanz ohne Großkreisdistanzzuschlag).

Für den Reisezeitvergleich wurde die schnellste Flug- und Bahnverbindung für alle innerdeutschen Fluglinien unter 600 km ermittelt.²² Bei der Abfrage wurde pro Destinationspaar jeweils zwischen folgenden Reiseverbindungen unterschieden:

- ▶ City – City ²³
- ▶ City – Flughafen
- ▶ Flughafen – City
- ▶ Flughafen – Flughafen

Insgesamt ergibt dies 528 Reiseverbindungen pro Verkehrsträger. Die Reisezeitinformationen des Luftverkehrs und der Bahn wurden über öffentliche Webportale²⁴ abgerufen. Die Flugverbindungen sind inklusive Check-in Zeiten gerechnet: 60 min. Großflughafen, 45 min. Kleinflughafen) und Check-out (45 min. Großflughafen, 30 min. Kleinflughafen. Für Flugverbindungen ohne offizielle Flugzeiten wurde eine Annahme getroffen. Die ermittelten Bahnverbindungen beziehen sich auf die kürzeste Reisezeit inkl. Umsteigen und Wartezeit. Nicht berücksichtigt sind Reisezeiten die an extremen Nachtrandzeiten liegen. Die detaillierten Angaben zu den Reisezeiten Bahn und Flug sowie den daraus berechneten Reisezeitdifferenzen befinden sich im Annex.

²² Grundlage bilden die heutigen Fahr- und Flugpläne. Reisezeitverbesserungspotenziale werden nicht berücksichtigt. Das führt insbesondere bei der Bahn zu tendenziell konservativen Annahmen.

²³ City: Start- und Zielort Hauptbahnhof

²⁴ Flugsuchmaschine swoodo.com, Webseiten der Flughäfen und Fahrplan der Deutschen Bahn db.de

Zur Berechnung der Zeitkostenwirkung einer vollständigen Verlagerung der Flüge unter 600 km wurde wie folgt vorgegangen: Die Reisezeitdifferenzen pro Reiseverbindung²⁵ (City-City, City – Flughafen, Flughafen-City, Flughafen-Flughafen) der Destinationspaare wurde mit der Anzahl Passagiere auf dieser Strecke und den Nutzerzeitkosten pro Zielsegment (Geschäfts-, Privat- und Urlaubsverkehr) verrechnet. Für die Berechnungen gelten folgende Annahmen:

Tabelle 14: Segmente Luftverkehr Deutschland

	Anteil am Luftverkehr in Deutschland
Urlaubsverkehr	52%
Privatverkehr	12%
Geschäftsverkehr	36%

Tabelle INFRAS. Quelle: DIW Econ et al. 2015

Tabelle 15: Annahmen zur Verteilung der Reiseverbindungen (ohne Transferverbindungen²⁶)

Ziel	Hub		übrige	
	Geschäftsverkehr	Privatverkehr	Geschäftsverkehr	Privatverkehr
City - City	75%	100%	75%	100%
Flughafen - Flughafen	25%	0%	25%	0%

Anteil Geschäftsverkehr / Privatverkehr mit Reiseverbindung City-City oder Flughafen-Flughafen.

Tabelle INFRAS. Quelle: eigene Einschätzung

Zur Monetarisierung der Reisezeitdifferenz wurde mit Nutzerzeitkostensätze gerechnet (Infras, Fraunhofer ISI 2010):

- Privat- und Urlaubsverkehr: 6 EUR/h
- Geschäftsverkehr: 20 EUR/h

Ergebnisse

Tangiert von der Verlagerungsmaßnahme sind 66 Reisekorridore. Am meisten Passagiere sind zwischen Berlin und München unterwegs.

Tabelle 16: Die fünf wichtigsten Korridore

Korridor	Anzahl Passagiere (in Mio.)
Berlin - München	1,9 Mio.
Berlin - Frankfurt	1,8 Mio.
München - Düsseldorf	1,5 Mio.
Frankfurt - Hamburg	1,3 Mio.
Berlin - Köln/Bonn	1,3 Mio.

Anzahl Passagiere pro Korridor (unterwegs in beiden Richtungen)

²⁵ Als Annahme für die Reisezeitverbindungen wurde die Vereinfachung gemacht, dass Start- und Zielort der Reisenden der Hauptbahnhof in der Stadt ist. Um den dadurch entstehenden Vorteil des Schienenverkehrs zu kompensieren, wurde ein Teil der Geschäftsverkehrsverbindungen mit einer Direktverbindung Flughafen-Flughafen gerechnet.

²⁶ Anteil Transferverbindungen gemäss Gesamtaufkommen der Flughäfen

Die Verlagerung der innerdeutschen Flüge unter 600 km auf die Schiene verursacht eine Angebotsveränderung was zu Veränderungen der Reisezeiten führt. Von der Verlagerung betroffen sind insgesamt ca. 200.000 innerdeutsche Flugbewegungen resp. 18,5 Mio. Passagiere (siehe Annex). Bezogen auf die Anzahl Passagiere betrifft dies 81% der Passagiere auf innerdeutschen Flügen. Im Luftverkehr entspricht dies über alle Korridore hinweg einer Verkehrsleistung von 8,4 Mrd. pkm und betrifft 73% der innerdeutschen Luftverkehrsleistung. Für die Bahn bedeutet dies, dass durch die Maßnahme zusätzlich 11,7 Mrd. pkm auf die Schiene verlagert werden. Dies würde 37% der Beförderungsleistung des Schienenpersonenfernverkehrs innerhalb von Deutschland im Jahr 2015 entsprechen.

Pro Reisendem liegen die Reisezeitdifferenzen Flug-Zug zwischen -2,1 h und 4,8 h. Bei ca. 25% der Reiseverbindungen ist die Bahn schneller. Über alle Reisende erhöht sich die Reisezeit pro Jahr um 28 Mio. Stunden. Dies entspricht im Durchschnitt einer rund 90 Minuten längeren Reisezeit pro Passagier auf den betroffenen innerdeutschen Strecken. Werden die zusätzlichen Reisezeiten monetarisiert, ergeben sich zusätzliche Reisezeitkosten von 326 Mio. EUR. Sensitiv in dieser Analyse ist insbesondere der Anteil Geschäftsverkehr, da dieser höhere Nutzerzeitkosten aufweist.

Tabelle 17: Reisezeitkosten bei einer Verlagerung von Flug auf Schiene

	Reisezeitkosten (in Mio. EUR)
Stadt-Stadt	172
Stadt-Flughafen	34
Flughafen-Stadt	35
Flughafen-Flughafen	85
Total	326

Durch Verlagerung der innerdeutschen Flüge unter 600 km auf die Schiene, entstehen zusätzliche Reisezeitkosten von insgesamt 325 Mio. EUR.

6.2.2 Reduktion der Klimakosten

Die Differenz der externen Klimakosten bei einer allfälligen Verlagerung der Kurzstreckenflüge innerhalb Deutschlands auf die Bahn wurde im Rahmen der vorliegenden Studie berechnet.

Aus den innerdeutschen Reisekorridoren unter 600 km (Kapitel 6.2.1) wurden Ziel-/Quellmatrizen erstellt, mit Distanzen in Kilometer und Anzahl Passagiere (inkl. denjenigen Transitpassagieren, die ein Teilflug komplett innerhalb Deutschlands fliegen, z.B.: München – Frankfurt – New York), woraus wiederum durch Multiplikation die Personenkilometer innerhalb der Reisekorridore errechnet werden konnten. Das gleiche wurde für die Hauptbahnhöfe der genannten Destinationen erstellt, damit verlagerte Reisen von Flughafen zum Hauptbahnhof und am Zielort wieder zurück vom Hauptbahnhof zum Flughafen (z.B. bei Businessstreffen an Flughäfen), realistisch berücksichtigt wurden.

Anhand der Emissionsfaktoren aus Kapitel 3.1 (g CO₂-eq/pkm) wurden die Tonnen CO₂-Äquivalente (berücksichtigt wurde Kohlendioxid, Methan und Lachgas), sowohl für den Flug- als auch für den Bahnverkehr, ermittelt. Bei der Bahn wurde wiederum die Strecke Flughafen A – Hauptbahnhof A – Hauptbahnhof B – Flughafen B berücksichtigt. Zur Berechnung der externen Klimakosten dieser Emissionen, wurde der Kostensatz von 80 EUR pro Tonne CO₂ verwendet (siehe Kapitel 3.3). Zusätzlich wurden Lärm- und Luftschadstoffkosten berücksichtigt. Die Kostensätze dafür wurden für den Luftverkehr aus dem Kapitel 3.3 übernommen. Für den Bahnverkehr wurden Empfehlungen des Umweltbundesamtes (UBA 2012) und dem überarbeiteten Handbuch der EU zur Abschätzung externer Kosten des Verkehrs (DG MOVE 2014) beigezogen. Tabelle 18 zeigt die Ergebnisse dieser Verlagerungsrechnung. Die Treibhausgasemissionen der beiden Verkehrsträger belaufen sich auf rund 2 Mio. Tonnen beim Luftverkehr

und 0,5 Mio. Tonnen bei der Bahn. Das Einsparpotenzial von Treibhausgasemissionen bei Verlagerung der Kurzstreckenflüge unter 600 km auf die Bahn beträgt somit pro Jahr rund 1,6 Mio. Tonnen.

Umgerechnet in externe Klimakosten beträgt der Nutzen pro Jahr 128 Mio. EUR, die eine Verlagerung dieser Flüge auf die Bahn bringen würde. Davon entfallen 7% auf die Strecken Hauptbahnhöfe – Flughäfen, und 93% auf die Hauptläufe zwischen den Hauptbahnhöfen.

Tabelle 18: Externe Klimakosten einer Verlagerung auf die Bahn

	CO ₂ -Emissionen [Mio. t/a]	Externe Kosten (Klima, Luft und Lärm) [Mio. EUR/a]
Luftverkehr	2,02	191,3
Bahn Total	0,46	63,6
Einsparpotenzial	1,56	127,8
Anteil HBF-Flughäfen (Bahn)	6,8%	

Treibhausgasemissionen und externe Klimakosten einer Verlagerung von Kurzstreckenflügen auf die Bahn.

Tabelle INFRAS. Quelle: Destatis 2014, UBA 2012, Eigene Berechnung

6.2.3 Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen der Verlagerungsmaßnahme

Vorgehen

Um die gesamtwirtschaftlichen Effekte dieser Maßnahme für den Luftverkehr zu bestimmen, wird das gleiche Modell wie für die Maßnahme der Internalisierung der externen Klimakosten verwendet. Das Vorgehen ist damit in diesem Schritt deckungsgleich wie in Kapitel 6.1 und wird hier nicht nochmals ausführlich erläutert.

Als Inputgrößen fließt einerseits die Anzahl Passagiere ins Modell ein, welche auf Strecken kürzer als 600 Kilometer den Luftverkehr benutzen (vgl. Kapitel 6.2.1 für das methodische Vorgehen). Das sind gemäß Berechnungen rund 18,5 Millionen Passagiere. Andererseits wird für die Bestimmung der Wertschöpfungsverluste wie erläutert auf Zahlen an den Eckwerten zur volkswirtschaftlichen Bedeutung des Luftverkehrs 2030 und den weiteren Kennzahlen der Berechnungen der Internalisierungswirkung angesetzt.

Ergebnisse

Verkehrten alle Passagiere in Deutschland auf Strecken unter 600 Kilometer mit der Bahn anstelle des Luftverkehrs, fiel die Nachfrage in der Luftverkehrsbranche niedriger und die im Schienenverkehr entsprechend höher aus. Dies führt unter den getroffenen Annahmen zu einer Abnahme von rund 18,5 Millionen Passagieren im Kurzstreckenverkehr. Das sind rund 5,3% weniger als der gemäß DIW Econ et al. (2015) für 2030 erwarteten 348 Millionen Flugpassagiere in Deutschland (Szenario 1).

Gesamtwirtschaftliche Betrachtung

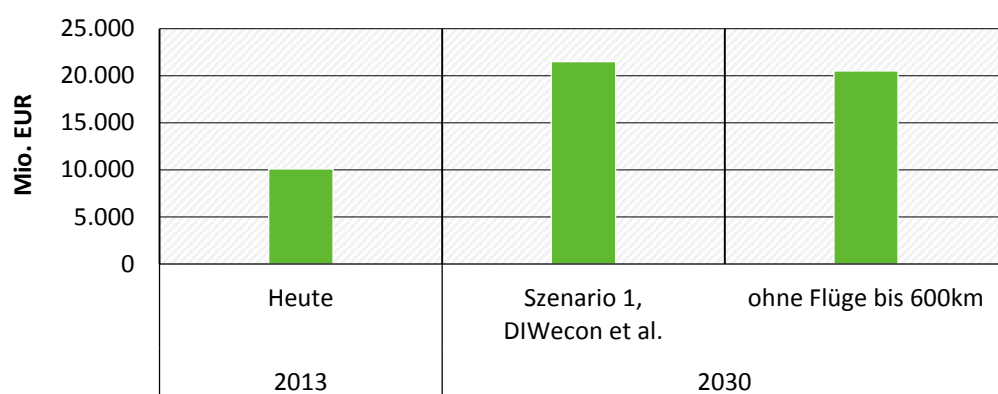
Mit dem Wegfall der Passagiere auf inländischen Strecken unter 600 Kilometern fällt für die Luftverkehrsbranche ein Teil ihres zuvor angebotenen Streckennetzes und ihrer Luftverkehrsangebots weg. Damit einher geht eine verminderte Wertschöpfung und Beschäftigung bei den Luftverkehrsakteuren (auf Flughäfen, bei Airlines, weiteren Unternehmen auf den Flugplätzen sowie Zulieferunternehmen).

Die Feeder und Defeeder-Funktionen für die Langstreckenflüge dagegen fallen nicht weg, sie erfolgen nun anstatt mit einem Inlandflug mit der Bahn, falls sie kürzer als 600 km sind.

Die folgenden Angaben zu Wertschöpfungs- und Beschäftigungswirkung unter dieser Maßnahme berücksichtigen die direkten Effekte in der Luftverkehrsbranche (bei Fluggesellschaften, Flughäfen, weitere Unternehmen on airport). Nicht berücksichtigt werden allfällige betriebliche Netzwerkeffekte aus dem Wegfall der inländischen Flugbeziehungen für die Airlines (Abstellplätze für Flugzeuge, Verfügbarkeiten einzelner Maschinen, welche bisher für inländische und internationale Flüge eingesetzt werden, etc.). Ebenso sind die Verlagerungseffekte, das heißt die positiven Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte bei der Bahn durch das zusätzliche Passagieraufkommen im Schienenverkehr, nicht Bestandteil der hier dargestellten Ergebnisse. Die Verminderung der externen Klimakosten dank einer Verlagerung der Kurzstreckenflüge fließt ebenfalls nicht in die Berechnungen zum Positiv-Szenario ein. Letztere sind jedoch in einem separaten Abschnitt ausführlicher beschrieben (vgl. Kapitel 3.3).

Gemäß Modellanalysen belaufen sich die Einbußen bei Wertschöpfung und Beschäftigung im Luftverkehrssektor Deutschland aufgrund der Verlagerungen im Kurzstreckennetz auf 1 Mrd. EUR Wertschöpfung resp. etwas mehr als 10.000 Beschäftigte im Vergleich zu Szenario 1 in der DIW Econ-Studie. Dem gegenüber stehen im Rahmen dieser Studie nicht quantifizierte Zunahmen der Beschäftigung und Wertschöpfung im Schienenverkehr. Insgesamt dürfte aber (aufgrund der hohen Wertschöpfungstiefe im Schienenverkehr) ein positiver Effekt resultieren.

Abbildung 17: Veränderung der Wertschöpfung im Luftverkehr nach Verlagerung im Kurzstreckennetz



Grafik INFRAS. Quelle: DIW Econ et al. 2015, eigene Berechnungen.

Tabelle 19: Szenario 600 km-Regel im Vergleich zu Szenario 1 (DIW Econ et al. 2015)

		Heute	2030		
			Szenario 1, DIW Econ et al.	Szenario 600 km-Regel	Vergleich zw. Szenario 1 und Sz. 600 km
Passagiere	Mio. Pax	204	348	329	-5% (-19 Mio. Pax)
Wertschöpfung LV (direkter Effekt)	Mio. EUR	10.100	21.500	20.500	-5% (-1 Mrd. EUR)
Beschäftigte LV (direkter Effekt)	Pers.	126.800	223.700	213.400	-5% (-10.300 Beschäftigte)

Tabelle INFRAS. Quelle: DIW Econ et al. 2015, eigene Berechnungen

Durch die Verlagerung der Passagiere von Kurzstreckenflügen innerhalb Deutschlands auf die Bahn, ist eine Abnahme der Wertschöpfung und Beschäftigung von rund 5% im Luftverkehr zu erwarten. Gegenüber der Referenzentwicklung zwischen heute und 2030 resultiert demnach ein gedämpftes jährliches Wachstum der Luftverkehrsbranchen – sowohl bei Wertschöpfung (4,3% gegenüber 4,5% im Szenario 1 der DIW Econ-Studie) als auch bei Beschäftigung (3,1% pro Jahr gegenüber 3,4%).

Netto bewirkt die Umsetzung der 600-km Regelung eine Abnahme der Klimaemissionen im Verkehrsbereich. Im Gegenzug zu den Veränderungen in den Luftverkehrsbranchen erhöhen sich die Beschäftigtenzahlen im Bahnverkehr. Die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen bei Wertschöpfung und Beschäftigung müssten daher genauer hergeleitet werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeiten konnten wir jedoch keine gesamtwirtschaftliche Analyse erstellen. Mit Referenz auf andere Studien (vgl. UBA 2015, UBA 2016) könnte der Nettoeffekt auch positiv auffallen. Das sehr hohe Niveau der internationalen Erreichbarkeit wird durch die Verlagerung wenig tangiert, da die Zahl der internationalen Destinationen unverändert bleibt und die Zahl der internationalen Verbindungen im Vergleich zur Referenz geringfügig abnehmen dürfte. Welche Folgen die Reisezeitverlängerungen auf die Inlandverbindungen, die auch Feeder für die Langstreckenverbindungen sind, genau auf die Zahl der internationalen Flüge haben, wäre v.a. für den Bereich Geschäftsreiseverkehr im Detail zu untersuchen.

6.2.4 Fazit

Das Thema Intermodalität ist unter zwei Aspekten zu beleuchten: Zeit- und Umweltauswirkungen. Die alleinige Berücksichtigung von Reisezeitkosten zeigt kein vollständiges Bild der Auswirkungen der Verlagerungsmaßnahme. Ebenfalls zu berücksichtigen sind die positiven Umwelteffekte (Klima, Luft und Lärm) und damit zusammenhängende Gesundheitseffekte. Den zusätzlichen Reisezeitkosten können reduzierte CO₂-Emissionen und Umweltkosten gegenübergestellt werden. Wie in diesem Kapitel berechnet sinken durch die Verlagerung auf die Schiene die negativen Umweltauswirkungen und externen Klima-Kosten. Dies entspricht einer jährlichen Minderung von 1,56 Mio. t CO₂-Emissionen resp. monetarisiert einem vermiedenen externen Effekt von 127,8 Mio. EUR pro Jahr.

Die externen Klimanutzen einer Verlagerung können jedoch die zusätzlichen Reisezeitkosten nur teilweise decken. Bei einer vollständigen Verlagerung der innerdeutschen Flüge unter 600 km, entstehen Mehrkosten von 326 Mio durch verlängerte Reisezeiten. EUR. Diese zusätzlichen Zeitkosten werden entweder erduldet (privat Reisende) oder führen zu effektiven Mehrkosten (Abrechnung Reisezeit für Geschäftsreisende).

Die fehlende Berücksichtigung der Klimakosten im Luftverkehr hat dazu geführt, dass lediglich die Zeitkosten minimiert wurden und dass der schnellere aber oft erheblich umweltschädlichere Verkehrsträger Luftfahrt zu stark genutzt wurde. Volkswirtschaftlich ergibt sich bezüglich Reisezeiten eine Einbuße von -200 Mio. EUR pro Jahr (entspricht 0,8% der Bruttowertschöpfung des Luftverkehrs in Deutschland).

Dies ist jedoch kein Zeichen, dass die Verlagerung auf die Bahn ineffizient ist. Es zeigt lediglich den volkswirtschaftlichen Preis auf, der in Form von zusätzlichen Reisezeiten hingenommen werden müsste, um das umweltseitige Ziel zu verfolgen, den Luftverkehr nicht mehr auf innerdeutschen Strecken unter 600 km zu nutzen, was aus Sicht der Klimaschutzzielsetzungen sinnvoll ist.

Auf öffentlicher Seite bieten sich folgende politische Stoßrichtungen, um den Verlagerungsansatz zu fördern und die daraus entstehenden Kosten möglichst zu minimieren:

- **Infrastruktur:** Es ist davon auszugehen, dass sich die Reisezeitverluste in Zukunft durch Fortschritte der Bahn und Verbesserung der Bahninfrastruktur minimieren und die Erreichbarkeit erhöht wird. Dadurch können die zu tragenden Reisezeitkosten durch die Verlagerung weiter redu-

ziert werden. Dies erfordert vor allem Infrastrukturinvestitionen in Aus- und Neubauten. Insbesondere durch den weiteren Ausbau des Zubringer- und Hochgeschwindigkeitsverkehrs wird die Schiene gegenüber dem Luftverkehr an Attraktivität gewinnen.

- ▶ **Preise:** Ein Instrument zur Förderung der Verlagerung innerdeutscher Linien auf die Schiene ist die Luftverkehrssteuer. Mit der heutigen Ausgestaltung der Steuer werden Flüge innerhalb von Deutschland beim Hin- und Rückflug besteuert. Dies begünstigt die Alternative Bahn und führt zu einer höheren Intermodalität im Deutschen Verkehrssystem. Eine weitere Erhöhung der Luftverkehrssteuersätze für innerdeutschen Luftverkehr würde die Verlagerung auf die Schiene noch stärker begünstigen.
- ▶ **Seamless transport:** Verbesserung des Dienstleistungsangebots (z.B. höhere Convenience durch integrierten Gepäcktransport) durch stärkerer Zusammenarbeit zwischen den Systemen Bahn und Flug und Verbesserung der Bahnanschlüsse (ICE wie auch S-Bahn).

Umweltseitig wirkt sich die konsequente Verlagerung der Flüge zwar positiv aus, steht aber höheren Reisezeitkosten gegenüber. Nebst dem relativ undifferenzierten Ansatz einer vollständigen Verlagerung der innerdeutschen Flüge, bieten sich folgende, weniger einschneidende Alternativüberlegungen an:

- ▶ **Verlagerungen der Flüge mit Bahnverbindungen unter 4h:** Der Schwellenwert für die Verlagerung der Flüge richtet sich nicht nach der Distanz, sondern nach der Reisezeit. Bahnverbindungen unter 4h erfüllen die Anforderung, dass eine eintägige Geschäftsreise möglich ist (DIW Econ et al. 2015). Beschränkt man die Verlagerung der innerdeutschen Flüge auf Strecken, bei denen die Bahn eine Fahrzeit von maximal 4 h aufweist (50% der Verbindungen unter 600 km), reduzieren sich die Reisezeitkosten auf 15,5 Mio. EUR pro Jahr.
- ▶ **Reisezeiteffizienz:** Bei einer Verlagerung von lediglich derjenigen Flüge, bei denen die Bahnverbindung schneller als die Flugverbindung ist (25% der Verbindungen unter 600 km), entsteht ein Zeitkostengewinn von 13,7 Mio. EUR.
- ▶ **Volkswirtschaftliches Gleichgewicht:** Das Optimum wird dort gesetzt, wo die positiven Effekte der Umweltauswirkungen die zusätzlichen Kosten für längere Reisezeiten decken.

6.3 Maßnahmen zur Lärmreduktion und Lärmverteilung

Im Jahr 2014 fühlten sich 21% der deutschen Bevölkerung von Fluglärm belästigt. Zahlreiche Studien belegen, dass Lärmbelastung auf die Dauer negative Auswirkungen auf die Gesundheit und die Entwicklung haben (BUND 2015, UBA 2010).

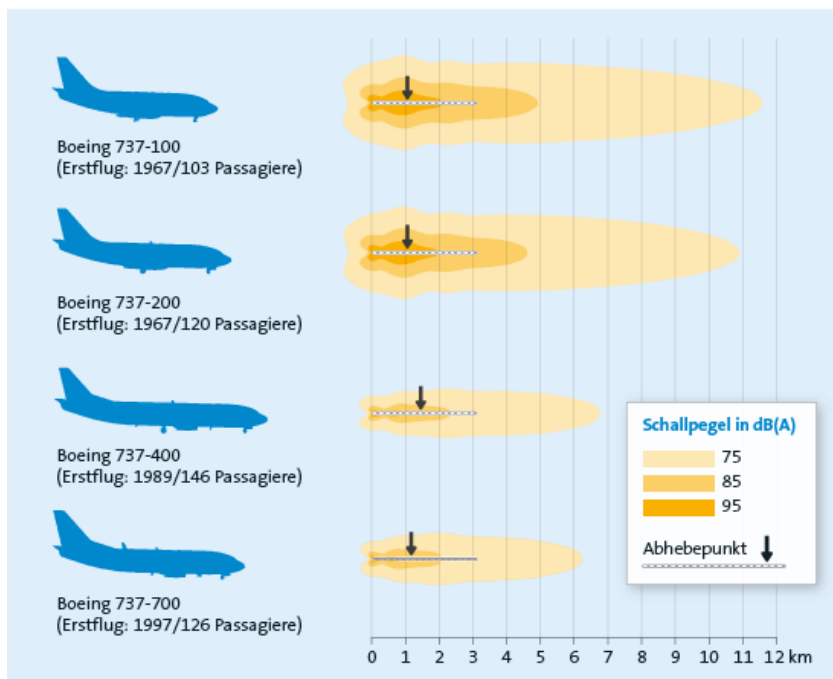
Im folgenden Kapitel sind die Resultate einer Literaturrecherche zu Lärminderungsmaßnahmen dargestellt. Die gesichtete Literatur ist im Annex 3 aufgelistet. Die Maßnahmen sind in technische, operationelle und ökonomische Instrumente unterteilt.

6.3.1 Übersicht über die Maßnahmen und Wirkungen

Technische Maßnahmen an der Quelle

Die Flugzeug- und Triebwerkhersteller haben entscheidend dazu beigetragen, dass die Flugzeuge in den vergangenen 60 Jahren rund 80% leiser geworden sind. Abbildung 18 zeigt am Beispiel der Boeing 737 die Entwicklung der Lärmemissionen seit 1967.

Abbildung 18: Wirkung von technischen Maßnahmen zur Minderung von Fluglärm



Entwicklung der Lärmemissionen der Boeing 737 in den vergangenen 30 Jahren.

Grafik INFRAS. Quelle: Ursprünglich Harris Miller und Hanson Inc, übernommen aus Fluglärmreport 2015

Die wichtigste Maßnahme zur Reduzierung des Fluglärms an der Quelle ist der Austausch alter und lauter Flugzeuge gegen neuere leisere Versionen. Da Flugzeuge eine relative hohe Nutzungsdauer von bis zu 30 Jahren haben, sind Nachrüstungen ebenfalls eine Option. Für Nachrüstungen geeignet sind die folgenden Maßnahmen:

- **Acoustic Panels (schallabsorbierende Auskleidungen):** Auskleidungen am Einlass der Triebwerke der Boeing 737 der Lufthansa machen Starts und Landungen mit diesem Flugzeug lärmärmer. Im Abflug wird eine Pegelminderung von 0,5dB erreicht, im weiteren Flugverlauf eine solche von 1,5dB. Im Zwischen- und Endanflug sollte eine Pegelminderung von bis zu 2,4 dB möglich sein. Die Maßnahme sollte (zumindest in Frankfurt) bis Ende 2011 umgesetzt worden sein (Bericht Expertengremium Aktiver Schallschutz 2010, S.21).
- **Moderne Triebwerke (Getriebefan):** Der Triebwerkhersteller MTU Aero Engines beschreibt die Funktion des Getriebefans folgendermaßen: „Im Gegensatz zum konventionellen Turbofan, bei dem der Fan und die Niederdruckturbine auf einer Welle mit gleicher Drehzahl laufen, sind beim Getriebefan beide Komponenten über ein Getriebe voneinander entkoppelt. Damit können der große Fan langsamer und die Niederdruckturbine schneller betrieben werden, was den Komponentenwirkungsgrad verbessert, den Geräuschpegel senkt und bis zu 50 Prozent weniger Stufen in der Turbine ermöglicht.“ (MTU Aero Engines, Online 02.11.2016). Die Flugzeughersteller Airbus, Bombardier und Embraer statten damit ihre neuen Regional- beziehungsweise Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge aus. Der Fluglärm sinkt erheblich. Der Lärmteppich, also der lärmbeeinträchtigte Bereich im Flughafenumfeld, verkleinert sich z.B. während des Starts eines Flugzeugs um 70% (Fluglärmreport 2015, S.11). Es gilt zu beachten, dass eine Veränderung des Lärmteppichs, je nach Art der Änderung resp. Aufteilung im Raum, nicht mit der Anzahl belärmter Personen gleich zu setzen ist. Die Wohnstruktur und Siedlungsverteilung innerhalb des Lärmteppichs ist entscheidend, für die Lärmwirkung bei einer Veränderung der Fläche des Lärmteppichs.
- **Lärmreduzierung durch Wirbelgeneratoren:** Die Wirbelgeneratoren verhindern einen Ton, der durch angeströmte Luft an den Tankdruckausgleichsöffnungen entsteht. Es klingt als blase man

über die Öffnung einer Glasflasche. Die Wirbelgeneratoren verursachen sogenannte Längswirbel, damit diese Töne nicht mehr entstehen können. Messungen am Flughafen Frankfurt zeigen, dass der Einbau der Wirbelgeneratoren im Landeanflug zwischen zehn und 17 Kilometer Entfernung zu einer Reduktion des Gesamtschallpegels um bis zu vier Dezibel führen kann. In größeren Entfernungen ist der Effekt laut Airbus sogar noch größer (Fluglärmreport 2015, S.11).

Operationelle Maßnahmen

- ▶ **Lärmbedingte Betriebseinschränkungen:** Betriebseinschränkungen und Nachtflugverbote sind bzgl. Lärminderung definitionsgemäß die effektivsten Maßnahmen. In Deutschland existieren bei zwei Drittel aller Flughäfen entweder Nachtflugverbote (0:00 bis 05:00 Uhr) oder zumindest starke Betriebseinschränkungen in den Nacht- oder Nachtrandstunden.
- ▶ **Optimierung kontinuierlicher Sinkflug (Continuous Descent Approach – CDA):** Beim kontinuierlichen Sinkflug wird daher versucht, den Schub auf ein Minimum zu reduzieren und das Flugzeug in einer Art Gleitflug landen zu lassen. Die Triebwerke sind dann quasi im Leerlauf. Fluglärm kann damit in einem Bereich von ca. 55 bis 18 Kilometern vor der Landebahn um bis zu fünf Dezibel verringert werden. Zusätzlich wird bei einem CDA auch Kraftstoff eingespart (Fluglärmreport 2015, S.14 / und Bericht Expertengremium aktiver Schallschutz 2010, S.28).
- ▶ **Satellitengestützte An (Ab)flugverfahren:** Eine weitere Möglichkeit dicht besiedeltes Gebiet stärker zu entlasten, bieten satellitengestützte Flugverfahren. Hierbei sind Anflüge mit Kurven möglich um bestimmte, dicht bewohnte Gebiete, gezielt zu umfliegen. Um dieses Verfahren nutzen zu können, benötigen die Flugzeuge eine besondere technische Ausstattung und Zulassung zur Flächennavigation. Auswertungen zufolge erfüllen mindestens 80% der Flugzeuge diese Kriterien (Fluglärmreport 2015, S.14 / und Bericht Expertengremium, aktiver Schallschutz 2010, S.23). Auch bei Abflügen können mit Flächennavigation Ortschaften umgeflogen werden. Das sogenannte point merge Anflugverfahren führt in der Regel lateral und horizontal zu weniger lärmbelastenden Flugverläufen.
- ▶ **Vertikale Optimierung des Abflugverfahrens:** Durch die Optimierung von Abflugverfahren wird das Ziel verfolgt, schneller höhere Abstände zu den Wohngebieten zu gewinnen. Vertikal optimierte Abflugprofile haben auch eine lärmverteilende Wirkung. Der Schub durch die Triebwerke muss schneller in Höhe umgesetzt werden, das Flugzeug steigt also etwas steiler. Die optimierten Abflugverfahren sollen sowohl am Tag als auch in der Nacht angewendet werden (Bericht Expertengremium, aktiver Schallschutz 2010, S.20).

Zu sämtlichen Maßnahmen mit einer lärmverteilenden Wirkung, gilt es Folgendes zu beachten: Fast jede (operationelle) Maßnahme hat „lärmverteilende Wirkung“. Eine Nachtflugbeschränkung verteilt beispielsweise Lärm von der Nacht in den Tag; High-BPR-Triebwerke sind beim Start leiser aber erzeugen durch in größeren Umfang mehr Umströmungsgeräusch bei der Landung, was ebenfalls eine Lärmverteilung ist. Ob eine Lärmverteilung auch einer Lärmentlastung gleichkommt, muss im Einzelfall geprüft werden. Zum Beispiel kommt es bei flächigen Lärmverteilungen auf Wohndichte und Belastungsniveau an. Lärmverteilung in gleich dicht besiedelten Gebieten kann durchaus entlastend wirken. In Wohngebieten mit verstreuter Besiedelung, kann Lärmverteilung durchaus auch zu höherer Lärmbelastung führen.

Weitere operationelle Maßnahmen werden hier nicht genauer erläutert, da diese sehr flughafenspezifisch sind. Dies sind zum Beispiel Betriebsrichtungswechsel je nach Rückenwind, oder bevorzugte Bahnnutzungskonzepte, die auch eine lärmverteilende Wirkung haben.

Lärmentgelte

Als ökonomische Maßnahme zur Lärminderung an Flughäfen könnten Lärmentgelte ein geeignetes Instrument sein. Wichtig ist für die Einführung von Lärmentgelten, dass eine geeignete Spreizung bei der Einteilung der Flugzeuge in Lärmklassen den Anreiz erhöht, die ältesten Maschinen zu ersetzen. Hinzu kommt, dass die Bepreisung von „Problemflugzeugen“ (insbesondere in der Nacht) so angesetzt werden soll, dass eine Flottenumrüstung ökonomisch attraktiv ist. Die Wirkung von Lärmentgelten zeigt kein eindeutiges Bild. Dies kann auch daran liegen, dass Lärmentgelte nur eine Maßnahme von vielen sind, welche auf die Erneuerung der Flotte abzielt. Neuere Flugzeuge haben niedrigere Betriebskosten und höhere Sicherheitsstandards, um nur zwei weitere zu nennen. Die Wirkungsanteile von einzelnen Maßnahmen innerhalb eines Maßnahmenpakets sind nur sehr schwer abzuschätzen.

6.3.2 Beispiele von Lärminderungsmaßnahmen

Eine detailgetreue Modellierung wäre die geeignetste Methode um die Lärmwirkung verschiedener Maßnahmen zu erfassen. Da dies aufgrund der Grundlagendaten nicht möglich ist, werden hier Annäherungen als indikativer Maßstab verwendet, um der Realität einigermaßen nahe zu kommen.

Im Rahmen einer Literaturanalyse wurde anhand von zwei Beispiel-Flughäfen (Stuttgart und Frankfurt) die Wirkung von technischen Modifikationen am Flugzeug (in Stuttgart Wirbelgeneratoren und in Frankfurt schallabsorbierende Auskleidungen am Triebwerk), sowie einem Maßnahmen-Paket mit jeweils zwei Maßnahmen (satellitengestützte Anflugverfahren und technische Nachrüstungen der Flugzeuge), aufgezeigt. Alle Maßnahmen sind im Alltag bereits im Einsatz. Die Wirkungen der Maßnahmen und deren Anwendungen auf die beiden Beispiele Stuttgart und Frankfurt/Main basieren auf Angaben aus der Literatur (siehe Anhang 3). Die Lärminderung durch den Einsatz der Maßnahmen wurde nicht anhand eines Modells gerechnet. In Stuttgart wurde mittels GIS-Applikation die Veränderung auf die Isophonen-Karte übertragen. Eine mögliche Verringerung des Lärmteppichs, durch den Einsatz der Maßnahmen, konnte somit als Delta-Fläche (in ha) und als Delta-Betroffene (Anzahl Personen) aus den Karten herausgelesen werden. Das Beispiel Frankfurt basiert auf dem Bericht Expertengremium „aktiver Schallschutz“ aus dem Jahr 2010 (Forum Flughafen und Region, 2010).

Als zusätzliche Literatur zu Maßnahmenpaketen zur Lärminderung an Flughäfen wird hier auf die Studie „Strategien zur wirksamen Minderung der zukünftigen Fluglärmbelastung an Flughäfen“ (UBA 2012) vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (IER) verwiesen. In der Studie wurden 2012 die Auswirkungen verschiedener Maßnahmenpakete mittels eines Lärmmodells untersucht²⁷.

Für die folgenden Beispiele und Hochrechnungen gilt es zu beachten, dass das tatsächliche Ausmaß der Beeinträchtigung von Menschen durch bestimmte Lärmwerte (wie z.B. Lärmpegel, Frequenzspektren, Tag/Nacht -Verteilung etc.) durch viele individuelle Faktoren beeinflusst ist.

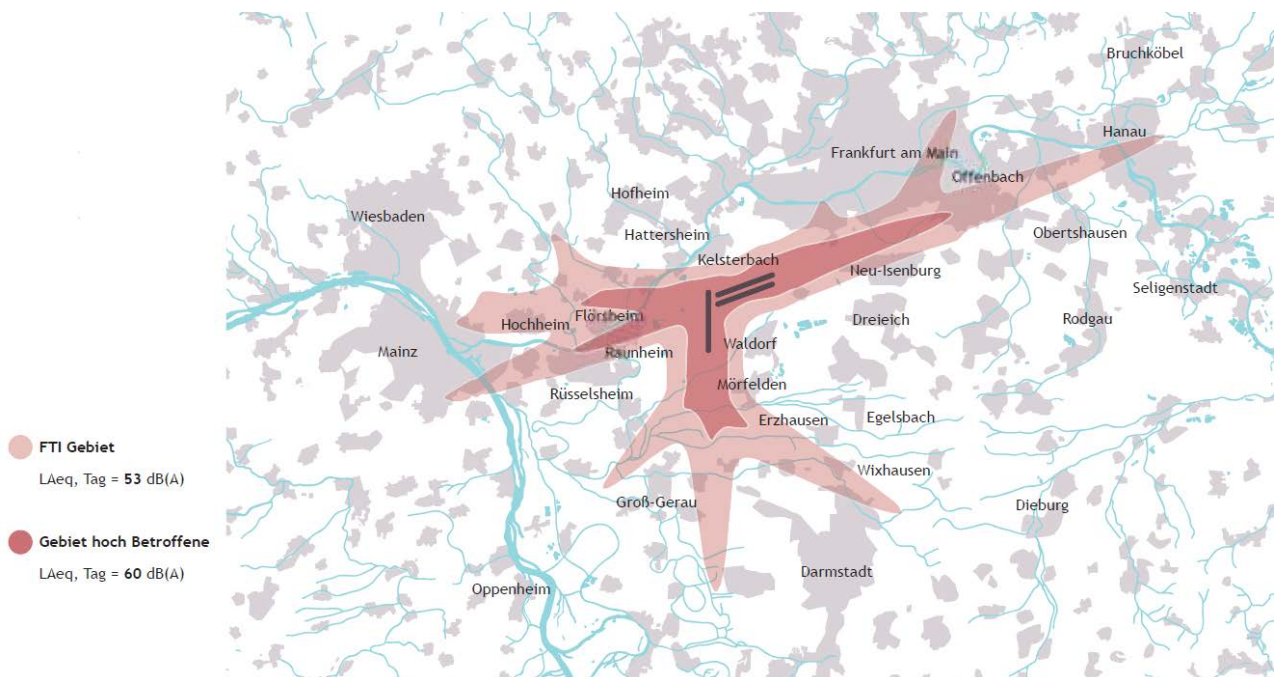
Flughafen Frankfurt / Main

Das Expertengremium „aktiver Schallschutz“ (Forum Flughafen und Region, 2010) identifizierte und prüfte verschiedene Maßnahmen zum aktiven Schallschutz am Flughafen Frankfurt / Main. Die Erkenntnisse wurden in Form von Vorschlägen in einem Bericht verfasst, die darauf abzielen, möglichst

²⁷ Weitere vertiefende Studien zum Thema Fluglärm sind auf der UBA-Website verfügbar (<https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrs-laerm/fluglaerm>).

viele Fluglärm-betroffene in der Region zu entlasten. Einige der im Kapitel 6.3.1 erwähnten Maßnahmen wurden unter anderem auch in diesem Bericht untersucht. Die Lärmberechnungen wurden in der Studie jeweils für verschiedene Szenarien gerechnet. Ein Ausgangsszenario und zwei Szenarien mit unterschiedlichen Maßnahmenpaketen. Für das hier aufgeführte Beispiel werden zwei Maßnahmenpakete (im Bericht als „Tag Ist“ und „Nacht Ist“ bezeichnet) ausgewählt. „Tag Ist“ enthält ein optimiertes Abflugverfahren und die oben erwähnten schallabsorbierenden Auskleidungen in den Triebwerken. Das Szenario „Nacht Ist“ enthält zusätzlich noch das satellitengestützte Anflugverfahren, sowie abwechselnde Nutzung der der Start- und Landebahnen (DROps). Hinzu kommt, dass das Maßnahmenpaket „Nacht Ist“ in den lärmsensiblen Nachtrand- und Nachtstunden (22-6 Uhr) umgesetzt wurde. Als Bewertungsinstrument wurden spezifische Indizes entworfen, der Frankfurter Tagindex (FTI) und der Frankfurter Nachtindex (FNI). Auf deren exakten Beschreibung wird hier verzichtet²⁸. Abbildung 19 und Abbildung 20 zeigen die beiden Lärmteppiche der Ausgangs-Szenarien.

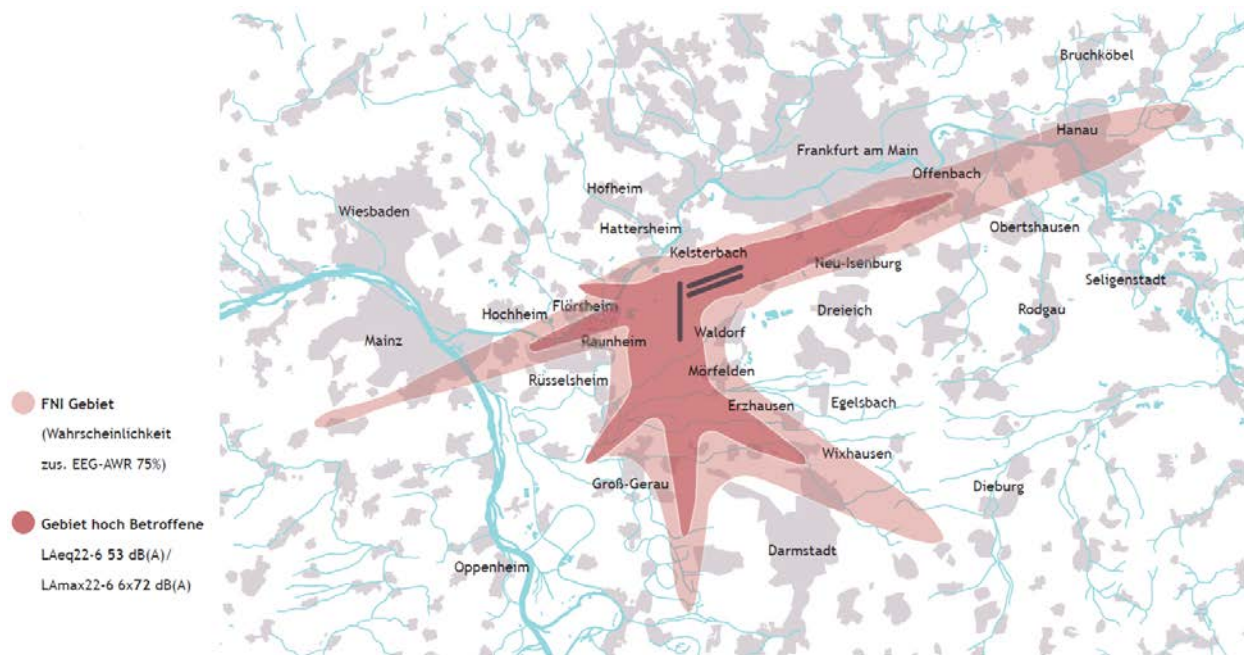
Abbildung 19: Darstellung des FTI-Gebiets, inkl. Gebiet hoch Betroffene (dunkle Kontur)



Darstellung des FTI-Gebiets am Flughafen Frankfurt/Main. Grafik INFRAS. Quelle: Forum Flughafen und Region, 2010

²⁸ siehe <http://www.forum-flughafen-region.de/forum/expertengremium-aktiver-schallschutz/>

Abbildung 20: Darstellung des FNI-Gebiets, inkl. Gebiet hoch Betroffene (dunkle Kontur)



Darstellung des FNI-Gebiets am Flughafen Frankfurt/Main. Grafik INFRAS. Quelle: Forum Flughafen und Region, 2010

Tabelle 20 zeigt die Veränderung des Lärmteppichs (gemessen in Hektar) des Maßnahmenpakets „Tag Ist“ sowie die Veränderung der nächtlichen Aufwachreaktionen (gemessen in EEG-AWG)²⁹ des Maßnahmenpakets „Nacht Ist“. Die Veränderungen in den Nachtrand- und Nachtstunden des Maßnahmenpakets „Nacht Ist“, sind erwartungsgemäß positiver ausgefallen, als diejenige tagsüber. Dies liegt einerseits an den umgesetzten Maßnahmen aber auch an den sensibleren Nachtrandstunden.

Die betroffene Fläche verringert sich um 7%, die Anzahl Aufwachreaktionen sogar um 27%. Bei den hoch betroffenen Flächen sind es -16% und die Anzahl Aufwachreaktionen von hoch Betroffenen sinkt um 43%.

²⁹ Aufwachreaktionen wurden in der sog. DLR-Schlafstudie mit dem Hirnstrombild (EEG) identifiziert. Sie sind nicht notwendigerweise erinnerbar, sie haben jedoch klinische Relevanz. In einer durch Lärm ungestörten Nacht treten im Mittel spontan 24 EEG-Aufwachreaktionen (EEG-AWR) auf. Die vom DLR ermittelte Dosis-Wirkungs-Beziehung gibt an, wie hoch die Wahrscheinlichkeit für eine zusätzliche durch Fluglärm hervorgerufene EEG-AWR in Abhängigkeit von der Höhe des Maximalpegels ist. Die Wahrscheinlichkeit zusätzlicher EEG-AWR ist der in den Nachtindex einfließende Parameter zur Lärmwirkung.

Tabelle 20: Veränderungen durch Lärminderungs-Maßnahmen am Flughafen Frankfurt/Main

	Fläche [ha]	Fläche nur hoch Betroffene [ha]
Referenz FTI	83.200	9.900
FTI mit Massnahmenpaket "Tag Ist" ³⁰	77.250	8.320
Δ-Massnahmenpaket	- 7,2%	- 16,0%
	EEG-AWG	EEG-AWG hoch Betroffene
Referenz FNI	376.600	106.700
FNI mit Massnahmenpaket "Nacht Ist" (EEG-AWG) ³¹	274.360	60.380
Δ-Massnahmenpaket	- 27,1%	- 43,4%

Ergebnis-Übersicht zu Lärminderungs-Maßnahmen am Flughafen Frankfurt/Main
Tabelle INFRAS. Quelle: Forum Flughafen und Region, 2010

Flughafen Stuttgart

Für den Flughafen Stuttgart wurden die Auswirkungen für zwei verschiedene Maßnahmen (MTU Aero Engines, Online 02.11.2016 und Bericht Expertengremium aktiver Schallschutz 2010, S.28) untersucht, die in Kapitel 6.3.1 beschrieben sind.

- Es wurde angenommen, dass sämtliche Triebwerke mit einem sogenannten Getriebefan (siehe Kapitel 6.3.1) ausgerüstet sind. Dieser verringert den Schalldruckpegel beim Start um 10 Dezibel. Vereinfacht wurde angenommen, dass sich bis zu einer Distanz am Boden vom Startpunkt in Startrichtung gemessen von 10km, die Immissionspegel und entsprechend die Lärmkontur um 10 dB(A) verringert.
- Als zweites wurde ein Maßnahmenpaket angenommen, bestehend aus einer technischen und einer operationellen Maßnahme. Beide sind ebenfalls im Kapitel 6.3.1 beschrieben. Die technische Maßnahme ist die Ausrüstung der Flugzeuge mit sogenannten Wirbelgeneratoren und die operationelle Maßnahme der sogenannte Continuous descent approach (CDA). In diesem Modell wurde angenommen, dass diese Maßnahmen zusammen bei der Landung eine Verringerung des Lärmpegels von 4 Dezibel bis ca. 10 km vor dem Flughafen erzielen.

Da in Stuttgart die Landungen und Starts sowohl in West- als auch in Ost-Richtung stattfinden³² und die Maßnahmen unterschiedlich starke Wirkungen aufweisen, mussten deren Intensität geografisch

³⁰ Das Massnahmenpaket «Tag Ist» besteht aus der Optimierung von Abflugverfahren und der Umrüstung der Boeing-Flotte mit schallabsorbierenden Auskleidungen an den Triebwerken. Beide Massnahmen sind bereits umgesetzt und werden weiterhin empfohlen (Forum Flughafen und Region, 2012).

³¹ Das Massnahmenpaket «Nacht Ist» besteht ebenfalls aus der Optimierung von Abflugverfahren und der Umrüstung der Boeing-Flotte mit schallabsorbierenden Auskleidungen an den Triebwerken. Zusätzlich kommt noch das satellitengestützte Anflugverfahren, sowie abwechselnde Nutzung der der Start- und Landebahn (DROps) hinzu. Sämtliche Massnahmen sind bereits umgesetzt und werden weiterhin empfohlen (Forum Flughafen und Region, 2012).

³² Lärmtechnisch müssen die Pistenenden nach ihrem Start und Lande-Anteil unterschieden werden. In Stuttgart ist der Anteil Starts im Westteil der Piste bei 52% und im Ostteil bei 45%. Umgekehrt sind die Anteile der Landungen bei 48% West resp. 55% Ost (Summ Start und Landungen je Piste Ost und West gibt je 100%). <http://www.flughafen-stuttgart.de/das-unternehmen/fluglaermbericht/>

korrekt aber grob vereinfacht verrechnet werden. Anhand der Berechnungsformel für den Mittelungspegel (L_{eq})³³ wurden die Effekte der unterschiedlichen Lärminderungen der Starts und Landungen auf den West- und Ostteil des Flughafens sowie die unterschiedlichen Wirkungsradien (innerhalb und außerhalb 10km) berechnet. Die resultierenden Wirkungen, die danach auf die Isophonen angewendet wurden, sind in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Gemittelte Lärminderung der Maßnahmen in Dezibel (dB).

Verortung	Innerhalb 10km	Außerhalb 10km
Westteil	-2,7	-6,1
Ostteil	-2,3	-5,8

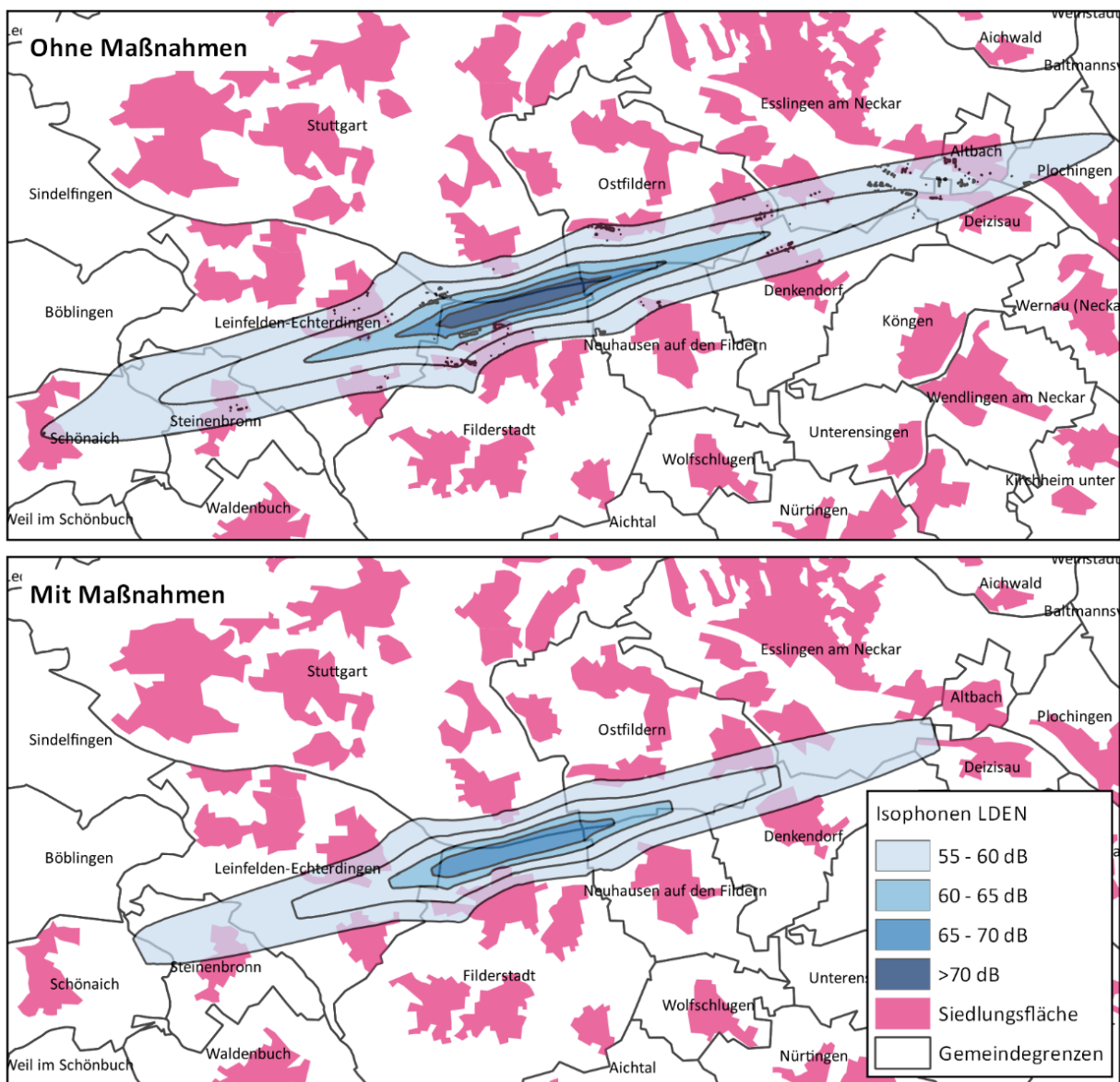
Berechnung und Verortung der unterschiedlichen Wirkungen der Lärminderungs-Maßnahmen am Flughafen Stuttgart. Tabelle INFRAS. Quelle: Wirkungen aus Literaturanalyse Anhang 3, Berechnungsformel aus www.laermorama.ch (siehe Fußnote).

Die Anwendung dieser Maßnahmen auf die Isophonen des Flughafens Stuttgarts und die Auswirkungen auf die Betroffenen Anwohner, ist in folgenden Karten ersichtlich. Die daraus resultierenden Veränderungen auf die lärmbeeinträchtigte Bevölkerung und Fläche ist in Tabelle 22 dargestellt.

³³ Der Hauptvorteil des energieäquivalenten Dauerschallpegels ist, dass damit ein zeitlich schwankendes Schallereignis mit einer einzigen Beurteilungsgröße charakterisiert werden kann.

Energieäquivalenter Dauerschallpegel: $L_{eq} = 10 \times \log_{10} \left[\frac{1}{T} \left(\sum_i t_i \times 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \right]$ [dB]

Abbildung 21: Karte der Auswirkungen der Lärminderungs-Maßnahmen am Flughafen Stuttgart



Karte der Veränderung der Lärmbetroffenheit am Flughafen Stuttgart

Grafik INFRAS. Datenquellen: EEA, www.geodatenzentrum.de, eigene Berechnungen

Tabelle 22: Auswirkungen von Lärminderungs-Maßnahmen am Beispiel Stuttgart

Dimension	Tag-Abend-Nacht-Lärmindex LDEN ³⁴ [dB]			
	Szenario	55 - 60	≥60	Total
betroffene Bevölkerung	Ohne Massnahmen	42.296	10.052	52.348
	Mit Massnahmen	23.324	2.378	25.702
	Differenz [Pers.]	-18.972	-7.674	-26.646
	Differenz [%]	-45%	-76%	-51%
	Szenario	55 - 60	≥60	Total
betroffene Fläche	Ohne Massnahmen	3.203	2.372	5.576
	Mit Massnahmen	2.212	1.371	3.583
	Differenz [ha]	-992	-1.001	-1.993
	Differenz [%]	-31%	-42%	-36%

Lärmbetroffene Bevölkerung und Flächen am Flughafen Stuttgart

Tabelle INFRAS. Quelle: Wirkungen der Maßnahmen aus der Literaturanalyse Anhang 3, Berechnungen Infrass.

Der Einfluss der Maßnahmen auf den Tag-Abend-Nacht Lärmindex wäre nach diesen Modellannahmen beachtlich. Vor allem in Bereichen mit starker Belastung (LDEN >60 dB), wo die relative Verringerung -76% Betroffene und - 46% betroffene Fläche beträgt. Gesamthaft gesehen, halbieren die hier untersuchten Maßnahmen die Anzahl Betroffenen, und verkleinern die betroffene Fläche um ein Drittel.

Fazit zur Lärmvermeidung sowie Lärminderung an der Quelle

Lärmvermeidung durch Betriebsbeschränkungen und Ähnliches ist sehr wirksam, hat aber gleichzeitig auch die spürbarsten Folgen auf den Flughafenbetrieb. Optimierte Verfahren haben oft Lärmverteilende Wirkungen, wobei erst eine genauere lokale Analyse zeigen kann, wie dies aus Sicht der Lärmbetroffenheit seitens Bevölkerung in der Wirkung insgesamt ausfällt.

Lärmentgelte zeigten bisher vor allem in der Einführungsphase Wirkung. Danach sind sie kaum mehr nachweisbar. Dies liegt aber primär daran, dass sie häufig viel zu statisch gestaltet sind anstatt dynamisch und somit anhaltend lenkend ausgelegt sind (Großteil der Flugzeuge in der günstigsten Klasse).

Maßnahmen an der Lärmquelle haben in der Vergangenheit am meisten zur Verbesserung der Lärmsituation beigetragen, dieser Kanal dürfte auch in Zukunft weiter bedeutend sein.

³⁴ Der LDEN ist ein mittlerer Pegel über das gesamte Jahr und beschreibt die Belastung über 24 Stunden – Day, Evening, Night. Bei seiner Berechnung wird der Lärm in den Abendstunden und in den Nachtstunden in erhöhtem Maße durch einen Zuschlag von 5 dB (Abend) bzw. 10 dB (Nacht) berücksichtigt. Dies entspricht einer gewichteten Tag-Nacht-Lärmsituationsbeschreibungskennzahl.

6.4 Maßnahmen zur Abstimmung Lärm und Siedlungsentwicklung

Im Kapitel 6.3 stehen Maßnahmen zur Lärmvermeidung durch Verkehrsvermeidung und -optimierung sowie Lärminderung an der Quelle im Vordergrund. In diesem Kapitel geht es um Maßnahmen, welche die Entwicklung von Siedlung und Schallemissionen aufeinander abstimmen und so mithelfen, das Ausmaß und die Anzahl der Lärmbetroffenen zu mindern.

Betrachtungsebenen

Im Gegensatz zu anderen Verkehrsträgern finden die Schallemissionen im Luftverkehr zu einem großen Teil in erheblicher Höhe über der Erdoberfläche statt und haben keine Lärmfolgen. An den Start- und Zielpunkten der Luftverkehrsverbindungen – sprich rund um Flughäfen – ist der Luftverkehr aber mit Lärmfolgen verbunden.

Die Lärmthematik im Luftverkehr ist räumlich somit auf lokaler Ebene relevant, während andere Umwelteffekte von Verkehrsträgern, bspw. die CO₂-Emissionen auf einer internationalen Betrachtungsebene und Luftschadstoffe auf einer nationalen/regionalen Ebene, zu betrachten sind.

Das bedeutet, dass in der Fluglärnthematik die Trade-Offs und der relevante Fokus auf den Gemeinden um einen Flughafen einerseits und dem Flughafen/Luftverkehr andererseits liegt. Auf der Ebene der Gemeinden geht es um die Themen Gesundheitskosten, Erhalt der Standortattraktivität für bisherige und neue Einwohner sowie Unternehmen und Immobilienwerte. Auf der Ebene Flughafen/Luftverkehr stehen die Aspekte wirtschaftliche Prosperität der Luftverkehrsakteure, Erreichbarkeit und Standortattraktivität der Wirtschaftsregion sowie Investitionssicherheit im Zentrum.

Integrierter Ansatz von siedlungsseitiger Vorsorge und Lärmsanierung

Fluglärm hat Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung (vor allem bei hohen Belastungen entlang Lande- oder Startbahnen) und auf die Bevölkerungsstruktur in Gemeinden. Die Lärmbelastung und -belästigung führt zu räumlichen Einschränkungen und dadurch zu Auswirkungen auf die Raumstruktur.

In umweltökonomischer Terminologie verursacht Fluglärm externe Kosten in der Gesellschaft. Allerdings greift eine reine Internalisierung „end of the pipe“ zu kurz. Laut Grundgesetz Artikel 2 ist der Gesundheitsschutz eine staatliche Kernaufgabe: „Das Recht auf körperliche Unversehrtheit schützt vor Eingriffen, welche die Gesundheit beeinträchtigen“. Aus volkswirtschaftlicher Sicht braucht es im Umgang deshalb einen Ansatz, der auf eine effiziente Art Gesundheitskosten durch Fluglärm mindert. Ähnlich wie im Themenbereich Abfall gilt es dabei dem Leitsatz einer Koexistenz des Flughafens/Luftverkehrs und der umliegenden Gemeinden zu folgen. Im Sinne der umweltökonomischen Prinzipien (Vorsorgen-Internalisieren-Schützen) geht es um einen integralen Ansatz: Vermeiden-Vermindern-Internalisieren.

- In erster Priorität soll Lärm vermieden, also Lärmverminderungspotenziale genutzt werden. Lärmverminderung verhindert direkte negative Lärmfolgen und ist als Vorsorge-Instrument zu meist volkswirtschaftlich kostengünstig. Ein wichtiges Ziel der Verminderung besteht darin zu verhindern, dass Wohnbebauung in Gebiete hineinwachsen, in welchen heute oder künftig relevante Fluglärmbelastungen auftreten.
- In zweiter Priorität sind Anstrengungen zur Minderung von Fluglärm zu verfolgen. Diese setzen sich zusammen aus Maßnahmen an der Quelle (technischen Maßnahmen, Routing, Lärmgebühren,

Lärmvorschriften, Betriebszeiten, etc.) sowie Maßnahmen in bestehenden von Fluglärm betroffenen Siedlungsgebieten, in denen bereits Leute wohnen (z.B. Einbau von Schallschutzfenstern, Dämmung von Wänden und Dächern etc.).

- In dritter Priorität geht es darum weiterhin bestehenden Lärmkosten den Verursachern anzulasten.

Diese Dreistufung drückt aus, dass Maßnahmen zur Vermeidung (Prävention) und Minderung von Fluglärm volkswirtschaftlich in den allermeisten Fällen kostengünstiger sind als Maßnahmen, welche bestehende Lärmkosten nur noch den Verursachern anlasten. In einer bestehenden Lärmsituation sollte man sicherlich rasch mit der Umsetzung des Verursacherprinzips beginnen. Dies löst die Aufgabe zum staatlichen Gesundheitsschutz jedoch nur bedingt.

Wichtige Leitlinien für die Umsetzung des integrierten Ansatzes sind das Bestreben zur Vermeidung von Gesundheitsschäden durch Lärm, die Vermeidung von sozioökonomisch unerwünschten Entwicklungen in belärmten Gemeinden (keine Negativspiralen) sowie der Erhalt der Standortattraktivität der Ortschaften und Region.

Aus wirtschaftlicher Sicht ist es zudem zentral, dass alle Akteure auf und um einen Flughafen möglichst schnell Rechts- und Planungssicherheit haben. Fehlen diese, z.B. weil unklar ist, in welchen Gebieten künftig mit Fluglärm zu rechnen ist, so ergeben sich für alle wirtschaftlichen Akteure erhöhte Unsicherheiten in Planungsprozessen und Verzögerungen bei Entscheidungen zu Betrieb und Investitionen in den Wohnungsbau, Arbeitsplatzentscheiden, etc. Wo zukünftig mit Fluglärm zu rechnen ist, hängt oftmals auch von den Akteuren auf den Flughäfen selbst ab, z.B. ob ein Flughafen bestimmte Maßnahmen zur Lärminderung ergreift oder stattdessen für Fluggesellschaften, die sich neu bei ihm ansiedeln, die Landeentgelte verbilligt. Diese Unsicherheiten schwächen eine Region sowohl auf Seiten der Gemeinden als auch der Akteure im Luftverkehr.

Ziele eines integrierten Ansatzes

Das primäre Lärmschutzziel ist dabei der Schutz der Gesundheit der Bevölkerung. Über die entsprechende Festsetzung von Indikatoren/Grenzwerten sollen gesundheitliche Schädigungen auf ein erträgliches Maß vermindert und langfristig ganz vermieden werden. Die Hierarchie des Handelns innerhalb dieses primären Schutzziels startet beim Schutz vor Nachtlärm und Vermeiden von zusätzlichen Aufwachreaktionen, da bei diesem der Zusammenhang zwischen Fluglärm und Gesundheitsschäden am stärksten ist (Greiser, 2010). Danach folgt der Schutz vor Nachtrandverlärmung am späten Abend (nach 23h) und frühen Morgen (vor 7h), weil dann lärmsensible Gruppen (Kinder, gesundheitlich Beeinträchtigte) oft noch schlafen. Danach folgt beim Gesundheitsschutz das Ziel der Vermeidung von Folgen der Tagesverlärmung.

Das sekundäre Lärmschutzziel bezieht sich auf den Schutz der Bevölkerung vor Lärmbelästigung. Die Belästigung ist ebenfalls eine negative Wirkung des Fluglärms, die jedoch auf subjektiver Wahrnehmung beruht und daher im Gegensatz zur Schallbelastung nicht physikalisch messbar ist. Durch eine Vielzahl an Befragungen lässt sich jedoch ein objektiv belastbares Maß des Zusammenhangs zwischen dem physikalischen Maß der Belastung und dem subjektiven Maß der Belästigung herstellen. Dies geschieht mit Hilfe der Expositions-Wirkungskurven.

Da im Luftverkehrskonzept die Aufgaben des Bundes im Zentrum stehen und somit die hoheitlichen Aufgaben (u.a. eben der Gesundheitsschutz) im Vordergrund steht, werden im Folgenden primär auf die Belastungen durch Lärm und dabei auf Ansätze, die Lärmbelastungen durch den Luftverkehr zu vermeiden, zu mindern und zu internalisieren, fokussiert.

Heutige Regelungen Fluglärmschutz Deutschland

Für die Raumplanung rund um Flughäfen sieht das Bundesgesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) vor, dass ein Lärmschutzbereich erstellt wird. Das Gesetz regelt für den Lärmschutzbereich Bauverbote und -beschränkungen sowie Erstattungs- und Entschädigungsleistungen (vgl. Kap. „Fluglärmspezifische Regelungen.“). Die Gemeinden müssen innerhalb der Lärmschutzbereiche die Vorgaben des Bundesgesetzes zum Schutz gegen Fluglärm berücksichtigen.

Der Lärmschutzbereich umfasst das Gebiet außerhalb des Flughafengeländes, in dem bestimmte Grenzwerte der Lärmbelastung überschritten werden. Es gelten folgende Bestimmungen:

Tabelle 23: Lärmschutzbereiche gemäß Fluglärmgesetz

Art des Lärmschutzbereichs	Grenzwert für neue oder seit 2007 wesentlich erweiterte Flugplätze	Grenzwert für übrige Flugplätze	Einschränkungen
Tag-Schutzzone 1	$L_{\text{Tag}} \geq 60 \text{ dB(A)}$	$L_{\text{Tag}} \geq 65 \text{ dB(A)}$	Bau von Wohnungen und lärmschutzbedürftigen Einrichtungen ³⁵ sowie Schulen, Kindergärten u.Ä. verboten
Tag-Schutzzone 2	$L_{\text{Tag}} \geq 55 \text{ dB(A)}$	$L_{\text{Tag}} \geq 60 \text{ dB(A)}$	Bau von lärmschutzbedürftigen Einrichtungen sowie Schulen, Kindergärten u.Ä. verboten Zusätzliche Schallschutzanforderungen an Wohnbauten
Nacht-Schutzzone	$L_{\text{Nacht}} \geq 50 \text{ dB(A)}$ $L_{\text{max, Nacht}} \geq 6 \text{ mal } 68 \text{ dB(A)}$	$L_{\text{Nacht}} \geq 55 \text{ dB(A)}$ $L_{\text{max, Nacht}} \geq 6 \text{ mal } 72 \text{ dB(A)}$	Bau von Wohnungen und lärmschutzbedürftigen Einrichtungen verboten

L_{Tag} : Energieäquivalenter Dauerschallpegel zwischen 6h-22h,

L_{Nacht} : Energieäquivalenter Dauerschallpegel zwischen 22h-6h

Wird durch ein Bauverbot die bisher zulässige bauliche Nutzung aufgehoben und tritt dadurch eine wesentliche Wertminderung des Grundstücks ein, kann der Eigentümer für die Wertminderung des Grundstückes vom Flugplatzhalter eine Entschädigung verlangen. Entschädigungen werden zudem gewährt, sofern in gutem Glauben davon ausgegangen werden konnte, dass auf dem Grundstück eine entsprechende Nutzung möglich ist. Ausserdem sind die Flughäfen verpflichtet, in bestimmten Fällen Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen an bestehenden Gebäuden zu erstatten.

Würdigung der heutigen Regelung

Die heutigen Lärmschutzzonen unterscheiden zwischen Tag und Nacht. Bezogen auf eine aktuelle Fluglärmsituation bestehen bezüglich Nachtlärm sowie Tag-Schutzzone 1 Bauverbote für Wohnungen. Im Vergleich zu den dargelegten Zielen eines integrierten Ansatzes und den Fluglärmregelungen in anderen Staaten fällt auf:

³⁵ Krankenhäuser, Altersheime, Erholungsheime u.Ä.

- ▶ Es gibt in Deutschland kaum wirksame Vorsorgeinstrumente, damit nicht in den Raum hineingebaut wird, der künftig von Fluglärm betroffen sein kann.
- ▶ die Bauverbotszonen in Deutschland beginnen fast ausschließlich³⁶ erst bei einem hohen $L_{Aeq\ Tag}$ von 65 db(A). In anderen Ländern wird ein Schwellenwert von 55 db(A) angewendet:
 - ▶ Niederlande: Einschränkung der Wohnbauaktivität
 - ▶ Schweiz: keine Erschließung neuer Bauzonen bzw. eingeschränkte Erschließung bestehender Bauzonen.
- ▶ Die Maßnahmen zur Minderung der Lärmwirkungen (in der Nacht) sind nicht direkt an einem Innenraumpegel orientiert (wie beispielsweise in den Niederlanden), den man nach baulichen Maßnahmen an den Wohngebäuden nicht mehr überschreiten darf (v.a. in Schlafräumen zur Vermeidung von den besonders gesundheitsschädlichen Aufwachreaktionen an Flughäfen mit Spät- und Nachtbetrieb). Indirekt ergibt sich aus der Vorgabe eines bestimmten Schalldämmmaßes für die Außenbauteile eines Raumes auch ein bestimmter Innenpegel, allerdings unabhängig von der Frage ob die Höhe dieses Dämmmaßes ausreicht.
- ▶ Es gibt in Deutschland keine Vorschrift zu Aussenpegel bezogener Verminderung der Lärmbelastung für bestehende Wohnbauten, welche Fluglärm im gesundheitsbeeinträchtigenden Ausmaß ausgesetzt sind.

Mögliche Handlungsoptionen

Im Umgang mit Fluglärm im Flughafen nahen Umfeld gibt es einen Nachholbedarf. Deshalb können in Deutschland folgende neuen Instrumente bzw. Ergänzungen bestehender Regelungen die angestrebte Koexistenz von Gemeinde- und Luftverkehrsentwicklung stärken und eine längerfristige Perspektive aller Akteure (auch für Investitionen) verbessern.

- ▶ Bisher war in geringem Maße sichergestellt, dass sich der Fluglärm und die Siedlung aufeinander abgestimmt entwickelten. Deshalb wird als wichtiger Pfeiler einer langfristigen Vorsorge der Raum, welcher in den kommenden Jahren³⁷ (Fluglärmgesetz betrachtet bisher kommende 10 Jahre) zusätzlich mit Fluglärm über den Grenzwerten betroffen sein kann, nicht für den Neuwohnungsbau vorgesehen. Dies bedingt, dass jeder Flughafen eine möglichst verbindliche Vorstellung zur künftigen Entwicklung des Flughafens und des darauf abgewickelten Luftverkehrs entwickelt. Diese Vorstellung basiert auf einem Betriebskonzept und dazu verbindlich festzulegenden künftigen Lärmkurven, die erwartet und dann nicht überschritten werden dürfen. Falls Gemeinden über alternative Flächenreserven verfügen, welche ein vom Fluglärm abgewandte Entwicklung ermöglichen, dann sollte bauleitplanerisch nachgesteuert werden (mit Mehrwertausgleich).
- ▶ Je Flughafen sollte eine maximal in der Lärmschutzzone zulässigen Zahl von Bewohnern festgelegt werden, damit nicht wegen baulicher Verdichtung in den bestehenden Flächennutzungen über die Zeit dennoch mehr Personen in den Fluglärm ziehen.
- ▶ Festlegung von maximalen Innenraumlärmpegeln, welche nach Lärmsanierungen (Fenster, Fassade und Dächer) noch erreicht werden dürfen. Diese können zwischen Wohn- und Schlafbereichen unterschieden werden.
- ▶ Einführung einer im Vergleich zum bisherigen Fluglärmgesetz ambitionierte Pflicht der Flughafenbetreiber zu Lärmsanierungen bestehender Wohngebäude in den Schutzzonen Nacht und Tag 1 (gemäss Fluglärmgesetz (FluLärmG)).

³⁶ Am Flughafen Frankfurt beginnt er bei 60 dB(A).

³⁷ Das Fluglärmgesetz betrachtet 10 Jahre. Sinnvoll ist aber ein längerfristiger Horizont (20 Jahre). Dabei muss der Umgang mit den Unsicherheiten bei der Umsetzung und der Prozess der Plananpassung definiert werden.

- ▶ Falls sich die Standortattraktivität einzelner Gemeinden um den Flughafen erheblich verschlechtert und gesellschaftlich/wirtschaftliche Negativspiralen drohen, dann kann der Flughafen/Luftverkehr zu Maßnahmen verpflichtet werden, welche dem entgegenwirkt (Aufwertungen Erholungsgebiete, Infrastruktur, verkehrliche Anbindung, etc.).
- ▶ Eine Möglichkeit besteht auch darin, im Rahmen einer Globalsteuerung mit Lärmkontingenten zu operieren, mit denen ein Zielpfad (z.B. Senkung der belasteten Personen) für den Flughafenbetreiber vorgegeben wird (vgl. Lindmaier, Myck und Weinandy 2015).

Fazit zur Abstimmung von Lärm- und Siedlungsentwicklung

Wie im Kapitel 6.3.2 modellhaft dargelegt, haben Maßnahmen zur Lärmvermeidung durch Verkehrsvermeidung und -optimierung sowie Lärminderung an der Quelle ein erhebliches Wirkungspotential.

Daneben stellen raumordnerische Instrumente ein zentrales Element zum Umgang mit Fluglärm und zur Sicherung der Koexistenz von Flughafen/Luftverkehr und den umliegenden Gemeinden dar. Die Gesetzgebung sollte die Möglichkeit bieten, dass die Zahl der Einwohner in den absehbar von Fluglärm stark belasteten Gebieten nicht steigt. In der bisherigen gesetzlichen Regelung kommen verbindliche Außenpegelvorgaben, guter passiver Schallschutz, Lärm-Optimierungspflichten für Flugrouten, ambitionierte Emissionszulassungswerte und ökonomische Anreize sowie allenfalls Betriebsbeschränkungsmöglichkeiten zu kurz oder fehlen ganz.

Die räumliche Vorsorge schafft Rechts- und Planungssicherheit für Gemeinden und Luftverkehrsakteure. Dies erhöht die Chancen, dass betriebliche und investive Entscheidungen effizienter werden, verminderte Unsicherheiten die Attraktivität des Raumes für alle stärken und die Gefahr eines scheiternden Interessenausgleichs gemindert und die Chance gemeinsamer, gesamthafter Entwicklungsplanung erhöht wird. Dies kann auch zur Minderung von sozioökonomisch unerwünschten Entwicklungen beitragen. Der Koexistenzgedanke und die partizipativen Prozesse sind für die Vorsorge wichtig.

Auf der zweiten Stufe der Handlungsprioritäten „Minderung der Lärmbelastungen“ bieten sich über Lärmsanierungen große Chancen, das kritische Risiko der Schlafstörungen zu senken. Diesbezüglich ist für die Schallpegeldiskussion ernsthaft zu überdenken, wie man bei der Ermittlung der von Fluglärm betroffenen Personen Anreize setzt, damit lärmbeeinträchtigten Wohngebäude geeignet saniert werden. Die heutige gesetzliche Grundlage, welche alle Personen ermittelt, welche unter einem im Freien ermittelten Wert liegen, kann dabei Fehlanreize (verringerte Investitionen in Lärminderungen in Innenräumen, Unterschätzung der Wirkung von Einzellärmereignissen bei Schlafstörungen, etc.) mit sich ziehen.

Wie die neuen Instrumente und Maßnahmen finanziert werden sollen, ist künftig im Detail zu klären. Man sollte dabei zum einen dem Verursacherprinzip gerecht werden (Luftverkehr emittiert Schall), zum anderen aber auch die Verantwortung der verpassten räumlichen Vorsorge seitens der öffentlichen Hand nicht negieren. Das spricht gerade bei den Lärminderungsansätzen über Sanierungen für Regelungen zur Mitfinanzierung durch die Luftverkehrsseite und die öffentliche Hand (Länder, Kommunen).

Maßnahmen zur Internalisierung der externen Kosten des Luftverkehrs (Klima, Lärm, Luft) führen über die Wirkungen auf die Verkehrspreise und/oder den eingesetzten Flottenmix, veränderte Betriebszeiten auch zu Änderungen der Lärmbelastung. Die verschiedenen möglichen Aspekte, wie der Luftverkehr und die Raumentwicklung im Spannungsfeld Wirtschaft-Umwelt regulatorisch effizient und effektiv zu lenken sind, hängen somit zusammen und sollten nicht als Einzelelemente betrachtet

werden. Umso mehr kann der Einsatz eines Globalsteuerungsinstruments in Zusammenhang mit einem Zielpfad Sinn machen.

7 Gesamtwürdigung

7.1 Auswirkungen Positivszenario

Im Kapitel 6 haben wir vier Elemente eines möglichen Positivszenarios je einzeln etwas genauer auf die umweltseitigen und wirtschaftlichen Auswirkungen im Luftverkehrssektor untersucht.

Aus den vier Vertiefungselementen und weiteren Aspekten wird nun wieder eine integrierte Skizze eines Positivszenarios gebildet. In diesem Kapitel wird dieses Positivszenario, das eine Balance zwischen Wirtschafts- und Umweltzielen anstrebt, in Bezug auf die definierten Zielsetzungen qualitativ und quantitativ beurteilt.

Das Positivszenario umfasst im Wesentlichen folgende Elemente (siehe Tab 11 Kap. 5)

- ▶ Die Flughafeninfrastruktur in Deutschland berücksichtigt die geplanten Ausbauten in Berlin, Frankfurt und München.
- ▶ Die externen Klimakosten des Luftverkehrs sind international koordiniert internalisiert.
- ▶ Die Luftverkehrssteuer bleibt in Kraft (stellt einen Teil der Internalisierung dar).
- ▶ An den Flughäfen werden dynamische Lärmklassen unterschieden (werden zusammen mit technischer Entwicklung verschärft) und die Gebühren zur Infrastrukturnutzung entsprechend differenziert.
- ▶ Flughäfen mit Betriebszeiten am Nachtrand und in der Nacht verfügen über besonders starke Lärmgebührenabstufung in den sensiblen Zeiten oder Verbote für schallintensivere Flugzeuge.
- ▶ Durch die Internalisierung und deren Folgen auf die Ticketpreise, wird die Bedeutung der volkswirtschaftlich relevanteren Nachfragesegmente in der Luftfahrt erhöht (Fracht, Geschäftsreisen).
- ▶ Die intermodale Anbindung an die Flughäfen ist optimiert und Flüge unter 600 km gibt es innerhalb Deutschlands nicht mehr.
- ▶ Es wird eine räumliche Vorsorge eingeführt, welche verhindert, dass Siedlungsentwicklung in heutigen oder künftigen, durch den Luftverkehr belärmten Gebieten, zunimmt.
- ▶ Wohngebäude, welche heute in gesundheitsschädlichem Tages- und Nachtlärm stehen, sind lärm-saniert (d.h. mit Schallschutzfenstern und kontrollierter Lüftung ausgerüstet).

7.1.1 Performanceindikatoren

Erreichbarkeit

Die Erreichbarkeit in Deutschland liegt unter dem Positivszenario weiterhin auf einem europäischen Spitzenwert. Lediglich die Verlagerung aller innerdeutschen Flüge unter 600 km hat bei konservativen Annahmen gewisse Zunahmen in den Reisezeiten zur Folge. Diese sind aber in einem Maß, dass Deutschland weiterhin absolut zu den am besten erreichbaren Regionen Europas gehört.

Da die Klimakosten auf globaler Ebene internalisiert werden, nimmt die Mobilitätsintensität im Vergleich zum Referenzfall ab. Dies führt auch dazu, dass die Globalisierung des Luftverkehrs angesichts der tatsächlichen Kosten der Mobilität (Internalisierung externe Kosten) gebremst wird. Dies bringt für Deutschland (auch im niedrigeren Qualifikationsbereich, in dem die Arbeitslosigkeit heute besonders ausgeprägt ist) Chancen für ein Zunahme an Arbeitsplätzen im Inland mit sich.

Flugbewegungen und Passagiere

Der Luftverkehr weist von heute bis 2030 weiterhin ein starkes jährliches Wachstum von durchschnittlich 2,7 % der Flüge von/nach Deutschland auf. Dies liegt deutlich über dem erwarteten jährlichen Wachstum des BIP Deutschlands (1,14%). Da der Luftverkehr international koordiniert die Klimakosten internalisiert hat, fällt das Wachstum des Luftverkehrs im Weltdurchschnitt ebenfalls niedriger aus, als in DIW Econ et al. (2015) unterstellt.

Wegen der höheren Preise für Flugreisen nach der Internalisierung der Klimakosten ist der Anteil der volkswirtschaftlich besonders wichtigen Verkehrssegmente (Fracht/Geschäftsreisen) höher als im Referenzszenario von DIW Econ et al. 2015 (Szenario 1). Die Zahl der Passagiere liegt ca. 11% niedriger als im Szenario 1, dabei gibt es keine Passagiere mehr auf innerdeutschen Verbindungen.

Betriebswirtschaftliche Ergebnisse deutsche Luftfahrt

- ▶ Die Wettbewerbsverzerrungen verringern sich, da international Klimakosten internalisiert werden.
- ▶ Die betrieblichen Kosten steigen wegen Internalisierung der Klimakosten. Infolge der zu erwartenden Überwälzung auf die Preise wird die Nachfrage für die deutsche Luftfahrt leicht sinken.
- ▶ Daneben sind Wachstumschancen in der Intermodalität zu erwarten, in Form von neuen Mobilitätsangeboten (digitale Plattformen, fifth mode), als Chance für Luftverkehrsakteure.
- ▶ Regionalflugplätze erreichen eine bessere Kostendeckung. Die höheren Tarife führen zu Konsolidierung und gewissen Flugplatzschließungen, wenn keine Zahlungsbereitschaft der öffentlichen Hand vorhanden ist. Dadurch wird auch die Gefahr von Billigstkonkurrenz verringert. Minimale Tarife auf nicht kostendeckenden Regionalflugplätzen sind eine Quelle von schädlichem Wettbewerb für andere Anbieter im Luftverkehr.

Wertschöpfung und Beschäftigung Luftfahrt

Unter dem Positivszenario resultiert weiterhin ein bedeutendes Wachstum im Zeitraum 2014-2030. Die Wachstumsraten liegen aber niedriger als in DIW Econ et al. (2015) für Szenario 1 unterstellt. Weiterhin wächst der Luftverkehr stärker als das BIP in Deutschland um mindestens das Zweifache. Bei den Passagieren liegt die durchschnittliche Wachstumsrate 0,7% niedriger als im Referenzszenario 1, bei der Wertschöpfung und der Beschäftigung 0,9% niedriger als der DIW Econ-Studie. Der Rückgang der Wachstumsraten ist bei der Wertschöpfung und Beschäftigung etwas stärker als bei den Passagieren, weil die Kurzstreckenflüge überproportional betroffen sind, bzw. vollständig wegfallen, sofern sie innerdeutsch waren.

Tabelle 24: Wachstumsraten pro Jahr im Vergleich DIW Econ et al. (2015) und Positivszenario

	DIW Econ et al. 2014-2030 Szenario 1	Positivszenario 2014-2030
Passagiere	3,4%	2,7%
Wertschöpfung LV	4,8%	3,9%
Beschäftigte LV	3,6%	2,7%

Tabelle INFRAS.

Unter dem skizzierten Positivszenario (Internalisierung plus 600-km-Regel), das Ziele aus Wirtschaft, Umwelt, Gesellschaft erfüllen soll, ist im Luftverkehr von und nach Deutschland 2030 mit rund 11%

weniger Passagieren zu rechnen als im Szenario 1 gemäß DIW Econ-Studie. Die Wertschöpfung und Beschäftigung bei den Luftverkehrsakteuren Deutschland würde rund 13% niedriger liegen. Dies darf jedoch nicht davon ablenken, dass auch im Positivszenario die Wertschöpfung und Beschäftigung im Luftverkehr über 150% des heutigen Niveaus ausmacht und somit stärker steigt als das BIP.

Tabelle 25: Passagiere, Wertschöpfung und Beschäftigung im Luftverkehr Deutschland unter Positivszenario

		2014	Szenario 1, DIW Econ et al.	2030	Veränderung Positivszenario zu DIW Econ et al.
		Heute		Positivszenario	
Passagiere	Mio. PAX	204	348	311	-11%
Wertschöpfung Luftverkehr	Mio. EUR	10.100	21500	18604	-13%
Beschäftigte Luftverkehr	Pers.	126.800	223700	193525	-13%

Tabelle INFRAS

Der geringere Anstieg der Wertschöpfung und Beschäftigung im Luftverkehr unter dem Positivszenario entspricht keinem BIP- oder Beschäftigungsverlust Deutschlands, sondern einer Wertschöpfungsverlagerung. Es erfolgt zum einen ein Beschäftigungsausbau in anderen Verkehrssystemen, namentlich der Bahn bzw. dem gesamten ÖV. Zum anderen können sich durch die Kostenwahrheit im Luftverkehr und weitere Aspekte des Positivszenarios die Ausgaben der Haushalte für Mobilität in Deutschland verringern. Falls dies der Fall ist, dann können die Wirtschaftssubjekte (Haushalte) das eingesparte Einkommen anderweitig ausgeben, so dass volkswirtschaftlich insgesamt 2030 nur geringfügig veränderte BIP und Beschäftigungswerte resultieren. Falls die Wertschöpfungstiefe (deutscher Anteil an der Wertschöpfungskette) der nicht mehr im Luftverkehr, sondern für andere Güter getätigten Ausgaben im Positivszenario höher ist, dann ergeben sich gar positive wirtschaftliche Nettoeffekte in der Gesamtwirtschaft. Da der Luftverkehr wegen dem Kraftstoff einen hohen Importanteil aufweist, ist ein positives Gesamtergebnis des Positivszenarios wahrscheinlich.

Sicherheit Luftfahrt Deutschland

Keine Änderung der hohen Sicherheit im Luftverkehr. Die raumseitige Vorsorge führt im Gegenteil langfristig dazu, dass weniger Personen unterhalb von An- und Abflugrouten wohnen, welche im Falle eines Flugzeugabsturzes einem höheren Schadensrisiko ausgesetzt sind.

Lärmwirkung (qualitativ, Einzelbeispiele quantitativ)

Die Lärmwirkungen des Positivszenarios im Vergleich zum Szenario 1 von DIW Econ et al. (2015) können nicht genau quantifiziert werden, einerseits da die Daten zur aktuellen Situation der Anzahl belärmten Personen in Deutschland unvollständig und zu den DIW Econ-Szenarien keine Daten verfügbar sind. Andererseits kann man die Wirkung der Maßnahmen des Positivszenarios im Rahmen dieses Vorhabens nur sehr grob abschätzen. Es werden daher keine Aussagen über die exakten Entlastungswirkungen getroffen. Im Positivszenario sind aber dank entsprechend gestalteten Landegebühren (dynamisch) und über die benannten Regelungen zu Betriebszeiten, Flottenmix in den Nachtrandstunden sowie bezüglich Anflugverfahren in den lärmsensitiven Zeiten merklich weniger Fluglärmbelastungen verbunden als im Szenario 1 von DIW Econ et al. (2015).

Die Lärmsituation bezüglich Fluglärm im Positivszenario im Vergleich zu Szenario 1 der DIW Econ-Studie ist qualitativ auch aus zwei weiteren Gründen in der langen Sicht bis 2030 besser. Erstens ist anzunehmen, dass eine im Vergleich zum heutigen Fluglärmgesetz verbesserte räumliche Vorsorge dazu führen kann, dass keine zusätzlichen Einwohner in Gebiete mit heutigem oder künftigem Lärm ziehen³⁸. Zweitens erfahren unter dem Positivszenario alle Wohngebäude mit Fluglärm über der Schwelle zu Gesundheitsschäden in der Nacht und in den Nachtrandstunden eine Lärmsanierung. Das heißt durch Dämmung und Einbau von Neuteilen sowie Einsatz kontrollierter Lüftung werden die Elemente Dach, Fassaden und Fenster so saniert, dass in den Innenräumen (v.a. allem Schlaf- und Ruheräume) weniger schädlichen Lärmbelastungen auftreten und somit v.a. auch Schlafstörungen erheblich gemindert werden.

Emissionen Klimagase

Im Positivszenario sind alle externen Klimakosten internalisiert. Durch die damit verbundene Preiserhöhung sinkt die Luftverkehrsnachfrage (bei gleicher Flottenzusammensetzung wie im Szenario 1 2030) um rund 11% gegenüber Szenario 1 von DIW Econ et al. (2015). Die Klimagasemissionen nehmen mit -15% noch etwas stärker ab im Vergleich zum Szenario 1, weil v.a. die Kurzstreckenflüge mit höheren CO₂-Emissionen pro Pkm im Positivszenario vollständig gestrichen werden und auf die Bahn umgelagert werden. Im Szenario 1 weist der Luftverkehr im Zeitpunkt 2030 30% höhere Klimagasemissionen auf als 2014. Das heißt, dass innerhalb des Positivszenarios knapp zwei Drittel des Emissionswachstums des Luftverkehrs ab und nach Deutschland zwischen heute und 2030 vermindert werden können.

7.2 Zielerreichung

Die folgende Tabelle fasst zusammen, wie die definierten Zielindikatoren bei einer Umsetzung des Positivszenarios zu beurteilen wären. Bewertet wird der hypothetische Zustand nach Umsetzung des Positivszenarios. Der heutige Zustand wäre bezüglich der Umweltziele merklich negativer zu beurteilen. Das Positivszenario trägt somit zu einer deutlichen Verbesserung und zu einem höheren Erfüllungsgrad der Umweltziele im Vergleich zu heute bei.

Tabelle 26: Erreichung der zu Beginn der Studie formulierten Ziele eines Positivszenarios

Ziele	Erfüllung durch Positivszenario
Volkswirtschaft	
Gute Erreichbarkeit und Betriebsstabilität erhalten für die deutsche Wirtschaft.	 <i>Erreicht, relativ gleich gut wie Szenario 1 DIW Econ-Studie.</i> Relative Erreichbarkeit Deutschland im europäischen Kontext weiter sehr hoch, weltweit absolut Erreichbarkeit gehalten, relativ gegenüber aufstrebenden Regionen leichte Abnahme, da man in Deutschland schon auf hohem Niveau ist.
Hohe Standortattraktivität der deutschen Wirtschaft erhalten.	 <i>relativ gleich gut wie Szenario 1 in DIW Econ-Studie.</i>

³⁸ Siehe hierzu das UBA-Forschungsvorhaben „Weiterentwicklung der rechtlichen Regelungen zum Schutz gegen Fluglärm“ Abschlussjahr 2017.

Ziele	Erfüllung durch Positivszenario
Produktivitätsentwicklung der deutschen Wirtschaft entlang der Verkehrsverflechtungsprognose 2030.	 <i>relativ gleich gut</i> Da der Luftverkehr teurer wird und somit die Transaktionskosten für Mobilität resp. Transporte steigen, erhöhen sich die Stückkosten etwas. Da dies international gilt, ändert sich die Wettbewerbsfähigkeit nicht zu Ungunsten Deutschlands.
Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Luftfahrtbranche erhalten. Dies sichert auch Stimmrecht in der ICAO.	 <i>mindestens gleich gut</i> Relative Wettbewerbsfähigkeit zu anderen Ländern ist mindestens gehalten. Unter internationaler Regelung der Internalisierung der externen Klimakosten verringert sich eine allfällige Benachteiligung der deutschen Luftfahrt durch die Luftverkehrssteuer, welche für Flüge ab und nach Deutschland gilt.
Effiziente Vernetzung der Räume und Zusammenspiel der Verkehrsträger sicherstellen.	 <i>im Positivszenario erheblich verbessert</i>
Effizientes Produktionsniveau des Luftverkehrs erzielen unter Einbezug der externen Kosten der Verkehrsaktivitäten.	 <i>im Positivszenario Schritt in diese Richtung.</i> Dank Internalisierung der externen Kosten im Luftverkehr
Alle Verkehrszwecke haben ihre Berechtigung, wenn sie ihre volkswirtschaftlichen Kosten tragen.	 In Bezug auf die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands haben der Geschäftsreiseverkehr und der Frachtverkehr aber eine deutlich stärkere positive Bedeutung als der reine Freizeitverkehr (katalytische Effekte; Forschung, Innovation, Wissensaustausch, Arbeitsmarktzugang zu Spezialisten, etc.).
Umwelt	
Minimierung der Gesundheitsschäden durch Verkehrslärm und Luftbelastung.	 <i>Die Schäden sind reduziert aber nicht minimiert, da weitere Potentiale bestehen.</i> Aber dank Internalisierung der externen Effekte beeinflussen sie nun die Reaktionen der Wirtschaftsakteure auf der Produktions- und Nachfrageseite. Dies mindert die Emissionen im Bereich Klima, Lärm, Luft.
Minderung des Ausstoßes klimarelevanter Gase im Verkehr. Nationale Ziele gemäß APA-II.	 <i>Die Schäden sind reduziert aber nicht minimiert, da weitere Potentiale bestehen.</i> Aber dank Internalisierung der externen Effekte beeinflussen sie nun die Reaktionen der Wirtschaftsakteure auf der Produktions- und Nachfrageseite. Dies mindert die Emissionen im Bereich Klima, Lärm, Luft.
Internalisierung der ungedeckten/externen Kosten des Verkehrs (Subventionen Flugplatzinfrastruktur, Unfall- und Umweltkosten) und systemgerechter Verkehr auf kurzen Distanzen	 <i>erfüllt, aber</i> externe Kosten sind im Positivszenario internalisiert. Ungedeckte Kosten bzw. Subventionen Flugplatzinfrastruktur bestehen immer noch teilweise. Dieser Aspekt wird in den Folgerungen im Fazit aufgenommen

Ziele	Erfüllung durch Positivszenario
Maximale Anreize zur Steigerung der Umwelteffizienz: relative und absolute Entkopplung Luftverkehrswachstum und Entwicklung der Umweltbelastung	 <i>neue Anreize ja, allerdings nicht maximal</i> Es sind im Positivszenario keine maximalen Anreize aus Umweltsicht umgesetzt, sondern Anreize zur Steigerung der Umwelteffizienz im Spannungsfeld Umwelt-Wirtschaft, welche Umweltsituation im Vergleich zum branchenbezogenen Szenario 1 der DIW Econ-Studie erheblich verbessert ohne zu starke Einbußen bei den Luftfahrtakteuren und v.a. nicht der Volkswirtschaft Deutschlands.
Gesellschaft	
Erhalt der hohen Luftverkehrssicherheit (Safety und Security)	 <i>Keine Änderung der hohen Sicherheit im Luftverkehr.</i> Die raumseitige Vorsorge führt im Gegenteil langfristig dazu, dass weniger Personen unter Flugrouten wohnen.
Akzeptanz der Luftfahrt erhöhen, insbesondere über eine Minderung der Lärmbelastung und Lärmbelästigung und partizipativen Vorsorgeprozessen mit Abstimmung Siedlung-Lärm	 <i>verbessert, hat aber noch Potential</i> Sowohl Minderungsmaßnahmen als auch raumplanerische Vorsorgeprozesse können noch mehr Wirkung entfalten.
Schutz der einkommensschwachen und weniger stark organisierten Bevölkerungsgruppen. Partizipation bei der Infrastrukturentwicklung und ausgewogener Betriebskonzepte sicherstellen.	 <i>beide Ziele nicht explizit im Positivszenario berücksichtigt</i>

Tabelle INFRAS.

8 Fazit und Erkenntnisse

- ▶ Das Positivszenario Luftverkehr ergänzt die Überlegungen des BMVI zum Luftverkehrskonzept.
- ▶ Es liefert weitere Grundlagen zu den Zusammenhängen zwischen Wachstum und Erreichbarkeit, zu den Umweltwirkungen (insbesondere Emissionen) und zu den externen Umweltkosten. Daraus wird ersichtlich, dass eine einseitige Ausrichtung auf betriebswirtschaftliche Wachstumsziele nicht nachhaltig ist und insbesondere die Umweltziele damit nicht erreicht werden. Die abschließende Beurteilung zeigt auch, dass das Positivszenario die Umweltanliegen zwar stärker ins Zentrum rückt und relativ bessere Umweltergebnisse erzielt werden, aber noch keine vollständige Zielerreichung resultiert. Von großer Bedeutung sind die sich ergebenden Konflikte zwischen umweltseitigen und betriebswirtschaftlichen Zielen auf den Flughäfen mit Hub-Funktion, weil durch eine einseitige Orientierung an betriebswirtschaftlichen Zielen insbesondere die lärmkritischen Nachtrandzeiten belastet werden und das Wachstum die Klimaemissionen erhöht. Zudem ist der volkswirtschaftliche Nutzen von Transferpassagieren deutlich geringer als von deutschen Passagieren. Hubfunktionen erhöhen zwar die Anzahl der Direktflüge und Destinationen. Allerdings ist die Erreichbarkeit des Luftverkehrsstandorts bereits auf einem sehr hohen Niveau. Der zusätzliche Nutzen von mehr Verbindungen ist daher relativ gering.
- ▶ Deshalb ist für ein nationales Luftverkehrskonzept ein Szenario zu entwickeln, das in einem umfassenden Zielsystem – ausgerichtet auf die Nachhaltigkeitsdimensionen Wirtschaft, Gesellschaft, Umwelt insbesondere die Umweltaspekte konkretisiert, die Internalisierung der externen Kosten postuliert und gleichzeitig im Binnenverkehr Alternativen mit Bahnangeboten einbezieht.
- ▶ Das Positivszenario umfasst insbesondere die Internalisierung der externen Klimakosten (über Market-Based Measures, Emissionsshandel, etc), die Beibehaltung der Luftverkehrssteuer, lärmoptimierte Betriebszeiten und eine Intermodalitätsregel, die dafür sorgt, dass Fahrten mit einer Distanz unter 600 km (kostenoptimierte Distanz, wo aus gesamtwirtschaftlicher Sicht die Schiene günstiger ist als die Luftfahrt).
- ▶ Das Positivszenario führt bis 2030 zu einer Erhöhung der Passagiere ggü. heute um über 50%. Die Wertschöpfung steigt von 10 Mrd EUR auf 18,6 Mrd EUR, die Beschäftigung (direkter Effekt auf den Flughäfen) um 65.000 bis 70.000 Vollzeitäquivalente. Im Vergleich zum Wachstumsszenario von DIW Econ et al. (2015) ergibt sich aber in der Luftfahrt ein vermindertes Wachstum von 11%. Diese wird teilweise kompensiert durch die Stärkung der Schiene (Umlagerungseffekt) und durch weniger Wertschöpfungsabfluss im Bereich Tourismus (weil weniger Deutsche ins Ausland reisen). Insbesondere aber sinken die Klimaemissionen und die Lärmbelastungen bei den Flughäfen, da vor allem die kapazitätskritischen Nachtrandzeiten weniger belastet werden. Die geringere Umweltbelastung erhöht die Wohlfahrt.
- ▶ Mit dem Positivszenario sind – dank entsprechend gestalteten Landegebühren und über Einschränkungen der Betriebszeiten, dem Flottenmix in den Nachtrandstunden sowie in den Anflugverfahren in den lärmsensitiven Zeiten – merklich weniger Fluglärmbelastungen verbunden als im Szenario 1 von DIW Econ et al. (2015). Insgesamt können dadurch die formulierten Nachhaltigkeitsziele besser erreicht werden.
- ▶ Institutionell scheint es zentral, dass die zuständigen Stellen darum besorgt sind, dass die Umweltseite und das Umweltwissen im Thema Luftverkehr eingebettet wird (institutionelles Funktionsmodell). Dies kann beispielsweise mit einer Umweltstelle bei den für den Luftverkehr zuständigen Behörden oder einem gesicherten Prozess erfolgen, der das Umweltwissen anderer Behörden bei Luftverkehrsthemen in standardisierter Form einfließen lässt. Dies bedarf einer Definition von Ansprechpersonen/Stellen/Funktionen, damit diese Umweltaspekte unabhängig von politischen oder persönlichen Elementen immer in die Thematik einfließen.

Annex

Annex 1: Berechnung der Verkehrsleistungen im Personenluftverkehr für 2014 und 2030

Die Berechnungen der Verkehrsleistungen des Personenverkehrs in der Luftfahrt erfordert zwei Inputgrößen: Einerseits die Flugdistanzen in Kilometer, und andererseits die Anzahl Passagiere. Diese beiden Inputgrößen wurden für jede Relation multipliziert und dann zur gesamten Verkehrsleistung in Personenkilometern (pkm) aufaddiert.

Die Berechnung der **Flugdistanzen** erfolgte nach der gleichen Methodik wie im nationalen Verkehrsemissionsmodell TREMOD in zwei Schritten (s. IFEU und Öko-Institut 2012):

- ▶ Berechnung der Großkreisdistanz zwischen jedem Flughafenpaar basierend auf deren geographischen Koordinaten (Länge/Breite). Die Großkreisdistanz (GCD, Great Circle Distance) entspricht der kürzesten Distanz zwischen zwei Punkten auf der Erdoberfläche. Die Koordinaten der Flughäfen sind von openflights.org³⁹ verfügbar.
- ▶ Berechnung des Umwegs von Flügen gegenüber der Großkreisentfernung: Der mittlere Umweg beträgt gemäß IFEU und Öko-Institut (2012) mindestens 60 km; ab 100 Meilen (185,2 km) ist die reale Flugentfernung für jede zusätzliche Meile um 4% höher als die Großkreisentfernung. In Formeln ausgedrückt:
 Reale Flugentfernung (GCD > 185,2 km) = (GCD – 185,2 km) x 1,04 + 185,2 km + 60 km
 Reale Flugentfernung (GCD ≤ 185,2 km) = GCD + 60 km

Die **Anzahl Passagiere** für das Jahr 2014 wurde den Blättern 2.2.1 (innerdeutscher Verkehr), 2.3.1 (Passagiere ins Ausland) sowie 2.3.2 (Passagiere aus dem Ausland) der Publikation "Luftverkehr auf Hauptverkehrsflughäfen" (DESTATIS 2015) entnommen.

Die Relationen mit dem Ausland wurden aus Aufwandgründen pro Land zusammengefasst. Für diese wurde die Distanz zwischen Berlin-Schönefeld und dem jeweiligen Landesflughafen mit den meisten Passagieren aus Deutschland unterstellt.

Für die Berechnung der Zunahme der Passagierzahlen 2014-2030 wurden die Eckwerte des TREMOD-Trendszenarios (IFEU 2012) übernommen. Für den innerdeutschen Personenluftverkehr resultiert für den Zeitraum 2014-2030 ein Wachstum von 27,8% und für den internationalen Personenluftverkehr ein Wachstum von 63,8%. Diese Wachstumsraten wurden ohne weitere Differenzierung auf alle entsprechenden Relationen angewendet. Insgesamt resultieren aus der Berücksichtigung der Umwege (gegenüber der reinen Großkreisdistanz) rund 17% bis 19% und im internationalen Verkehr um ca. 4% höhere Verkehrsleistungen als in der Luftverkehrsstatistik von Destatis (vgl. auch IFEU und Öko-Institut 2012).

39 <http://openflights.org/data.html>, letzter Zugriff am 05.07.2016

Tabelle 27: Verkehrsleistungen im Personenluftverkehr, 2014 und 2030 in Mio. pkm.

	2014	2030	Δ 2014-2030
Innerhalb Deutschlands	11 500	14 700	27,8%
Vom/ins Ausland	420 300	688 600	63,8%
Gesamt	431 800	703 300	62,9%

Tabelle INFRAS. Quellen: IFEU 2012, DESTATIS 2015, openflights.org, eigene Berechnungen

Annex 2: Verlagerung auf die Bahn von Verkehren unter 600 km

Abbildung 22: Reisezeitdifferenz Flug vs. Bahn

DIFF. Reisezeit (in h)	Berlin-Schö	Berlin-Tegel	Bremen	Dresden	Düsseldorf	Frankfurt/M	Hamburg	Hannover	Köln/Bonn	Leipzig/Hall	München	Stuttgart
Berlin-Schönefeld	0.0	-1.8	0.0	-1.1	1.2	0.8	-1.0	-1.4	1.0	-1.7	2.3	2.1
	0.0	-1.2	0.6	-0.4	1.4	1.1	-0.6	-0.8	1.5	-1.2	3.6	3.0
	0.0	-0.6	1.2	0.1	2.4	2.0	0.2	-0.2	2.2	-0.5	3.5	3.3
	0.0	0.0	1.8	0.8	2.6	2.3	0.6	0.4	2.7	0.0	4.8	4.2
Berlin-Tegel	-1.8	0.0	0.3	-0.8	1.5	1.1	-0.9	-1.1	1.4	-1.4	2.6	2.4
	-0.6	0.0	0.8	-0.1	1.7	1.4	-0.5	-0.5	1.9	-0.9	3.9	3.3
	-1.2	0.0	0.9	-0.2	2.1	1.7	-0.3	-0.4	2.0	-0.7	3.2	3.0
	0.0	0.0	1.5	0.5	2.3	2.0	0.1	0.2	2.5	-0.3	4.6	3.9
Bremen	0.0	0.3	0.0	2.7	0.2	0.9	-1.6	-1.9	0.4	1.5	2.1	2.4
	1.2	0.9	0.0	3.4	0.4	1.3	-1.3	-1.3	0.9	2.0	3.4	3.3
	0.5	0.8	0.0	3.2	0.7	1.5	-1.1	-1.4	0.9	2.0	2.6	3.0
	1.7	1.5	0.0	3.9	0.9	1.8	-0.7	-0.8	1.4	2.5	4.0	3.9
Dresden	-1.0	-0.7	2.8	0.0	3.4	1.3	1.6	1.2	2.8	-1.6	2.4	2.8
	0.2	0.0	3.3	0.0	3.6	1.6	1.9	1.8	3.3	-1.1	3.7	3.7
	-0.3	0.0	3.5	0.0	4.1	2.0	2.3	1.9	3.5	-0.9	3.1	3.5
	0.9	0.7	4.0	0.0	4.3	2.3	2.6	2.5	4.0	-0.4	4.4	4.4
Düsseldorf	1.2	1.5	0.2	3.5	0.0	-1.2	1.2	0.0	-2.1	2.4	1.2	0.0
	2.4	2.1	0.7	4.2	0.0	-0.8	1.6	0.6	-1.6	2.9	2.5	0.9
	1.4	1.7	0.4	3.7	0.0	-1.0	1.4	0.2	-1.9	2.6	1.4	0.2
	2.6	2.3	0.9	4.4	0.0	-0.6	1.8	0.8	-1.4	3.1	2.7	1.1
Frankfurt/Main	0.9	1.1	0.9	1.3	-1.2	0.0	1.0	-0.7	-1.7	0.2	-0.3	-1.7
	2.1	1.8	1.5	2.0	-1.0	0.0	1.3	0.0	-1.2	0.6	1.0	-0.8
	1.2	1.5	1.3	1.6	-0.8	0.0	1.3	-0.3	-1.3	0.5	0.0	-1.3
	2.4	2.1	1.8	2.3	-0.6	0.0	1.7	0.3	-0.8	1.0	1.3	-0.4
Hamburg	-1.2	-0.9	-1.6	1.1	1.2	0.7	0.0	-1.3	1.3	0.5	2.5	2.4
	0.1	-0.2	-1.1	1.8	1.4	1.0	0.0	-0.7	1.8	1.0	3.8	3.3
	-0.8	-0.5	-1.3	1.5	1.6	1.0	0.0	-1.0	1.7	0.9	2.9	2.7
	0.4	0.1	-0.7	2.2	1.8	1.4	0.0	-0.4	2.2	1.4	4.2	3.6
Hannover	-1.4	-1.1	-1.8	1.1	0.0	-0.7	-1.1	0.0	0.0	0.1	0.7	1.3
	-0.2	-0.4	-1.3	1.8	0.2	-0.3	-0.7	0.0	0.5	0.5	2.0	2.2
	-0.8	-0.5	-1.2	1.7	0.6	0.0	-0.5	0.0	0.6	0.7	1.3	1.9
	0.5	0.2	-0.7	2.4	0.8	0.3	-0.1	0.0	1.1	1.1	2.6	2.8
Köln/Bonn	1.1	1.4	0.5	2.8	-2.1	-1.7	1.4	0.0	0.0	1.7	1.0	-0.6
	2.3	2.1	1.0	3.5	-1.9	-1.4	1.7	0.6	0.0	2.2	2.3	0.3
	1.6	1.9	1.0	3.3	-1.6	-1.2	1.9	0.5	0.0	2.2	1.5	-0.1
	2.8	2.6	1.5	4.0	-1.4	-0.9	2.2	1.1	0.0	2.7	2.8	0.8
Leipzig/Halle	-1.5	-1.5	1.3	-1.7	2.6	0.2	0.3	-0.2	1.8	0.0	1.6	1.7
	-0.4	-0.7	2.1	-0.9	2.8	0.5	0.9	0.6	2.3	0.0	2.9	2.6
	-1.0	-1.0	1.8	-1.2	3.1	0.6	0.8	0.3	2.2	0.0	2.0	2.2
	0.0	-0.2	2.5	-0.4	3.3	1.0	1.4	1.0	2.7	0.0	3.4	3.1
München	2.1	2.4	2.1	2.3	1.3	-0.4	2.6	0.6	1.2	1.5	0.0	-1.1
	3.3	3.0	2.6	3.0	1.5	0.0	3.0	1.2	1.7	2.0	0.0	-0.2
	3.5	3.7	3.4	3.6	2.7	1.0	4.0	2.0	2.5	2.9	0.0	0.3
	4.7	4.4	3.9	4.3	2.9	1.3	4.3	2.6	3.0	3.3	0.0	1.2
Stuttgart	2.2	2.5	2.3	2.9	-0.1	-1.5	2.4	1.3	-0.5	1.8	-1.2	0.0
	3.4	3.1	2.9	3.6	0.1	-1.2	2.8	1.9	0.0	2.3	0.2	0.0
	3.1	3.4	3.2	3.8	0.8	-0.6	3.3	2.2	0.5	2.7	-0.3	0.0
	4.3	4.0	3.8	4.5	1.0	-0.3	3.7	2.8	1.0	3.2	1.1	0.0

Pro Reisekorridor sind jeweils die Flugverbindungen in folgender Reihenfolge angegeben: City-City, Stadt-Flughafen, Flughafen – Stadt und Flughafen – Flughafen.

Abbildung 23: Reisezeit Luftverkehr

FLUG (in h)	Berlin-Schönefeld	Berlin-Tegel	Bremen	Dresden	Düsseldorf	Frankfurt/Main	Hamburg	Hannover	Köln/Bonn	Leipzig/Halle	München	Stuttgart
Berlin-Schönefeld	0.0	2.8	3.0	3.0	3.0	3.4	2.7	3.1	3.3	2.9	3.9	3.6
	0.0	2.5	2.7	2.7	2.9	3.2	2.5	2.8	3.0	2.7	3.3	3.1
	0.0	2.2	2.4	2.4	2.4	2.8	2.1	2.5	2.7	2.3	3.3	3.0
	0.0	1.9	2.1	2.1	2.3	2.6	1.9	2.2	2.4	2.1	2.7	2.5
Berlin-Tegel	2.8	0.0	2.7	2.8	2.8	3.1	2.6	2.7	2.9	2.6	3.7	3.3
	2.2	0.0	2.4	2.4	2.7	2.9	2.4	2.4	2.7	2.4	3.0	2.8
	2.5	0.0	2.4	2.4	2.4	2.8	2.3	2.4	2.6	2.3	3.3	3.0
	1.9	0.0	2.1	2.1	2.3	2.6	2.1	2.1	2.3	2.1	2.7	2.5
Bremen	3.0	2.7	0.0	2.7	2.5	2.9	2.5	2.9	2.7	2.7	3.6	3.1
	2.4	2.4	0.0	2.4	2.4	2.7	2.4	2.6	2.4	2.4	2.9	2.6
	2.7	2.4	0.0	2.4	2.3	2.6	2.3	2.6	2.4	2.4	3.3	2.8
	2.1	2.1	0.0	2.1	2.2	2.4	2.1	2.3	2.2	2.2	2.7	2.3
Dresden	3.0	2.8	2.7	0.0	2.8	3.0	3.0	2.9	2.9	2.7	3.4	3.1
	2.4	2.4	2.4	0.0	2.7	2.9	2.8	2.6	2.7	2.4	2.8	2.6
	2.7	2.4	2.4	0.0	2.4	2.7	2.6	2.6	2.6	2.3	3.1	2.7
	2.1	2.1	2.1	0.0	2.3	2.5	2.4	2.3	2.3	2.1	2.4	2.3
Düsseldorf	3.0	2.8	2.5	2.8	0.0	2.6	2.5	2.6	2.4	2.6	3.5	2.8
	2.4	2.4	2.3	2.4	0.0	2.4	2.3	2.3	2.2	2.4	2.9	2.4
	2.9	2.7	2.4	2.7	0.0	2.5	2.4	2.5	2.3	2.5	3.4	2.7
	2.3	2.3	2.2	2.3	0.0	2.3	2.2	2.2	2.1	2.3	2.8	2.3
Frankfurt/Main	3.4	3.1	2.9	3.0	2.6	0.0	2.9	3.0	2.8	2.9	3.5	3.0
	2.8	2.8	2.6	2.7	2.5	0.0	2.8	2.7	2.5	2.7	2.8	2.6
	3.2	2.9	2.7	2.9	2.4	0.0	2.8	2.8	2.6	2.7	3.3	2.9
	2.6	2.6	2.4	2.5	2.3	0.0	2.6	2.5	2.3	2.5	2.7	2.4
Hamburg	2.9	2.6	2.5	3.0	2.5	2.9	0.0	2.6	2.7	2.6	3.4	3.1
	2.3	2.3	2.3	2.6	2.4	2.8	0.0	2.3	2.4	2.4	2.7	2.7
	2.7	2.4	2.4	2.8	2.3	2.8	0.0	2.4	2.5	2.4	3.2	3.0
	2.1	2.1	2.1	2.4	2.2	2.6	0.0	2.1	2.3	2.2	2.5	2.5
Hannover	3.0	2.7	2.9	2.9	2.6	3.0	2.6	0.0	2.6	2.6	3.6	2.9
	2.4	2.4	2.6	2.6	2.5	2.8	2.4	0.0	2.4	2.4	2.9	2.5
	2.7	2.4	2.6	2.6	2.3	2.7	2.3	0.0	2.3	2.3	3.3	2.6
	2.1	2.1	2.3	2.3	2.2	2.5	2.1	0.0	2.1	2.1	2.6	2.2
Köln/Bonn	3.3	2.9	2.6	2.9	2.4	2.8	2.7	2.6	0.0	2.7	3.6	2.9
	2.7	2.6	2.3	2.6	2.3	2.6	2.5	2.3	0.0	2.5	2.9	2.4
	3.0	2.7	2.4	2.7	2.2	2.5	2.4	2.4	0.0	2.5	3.3	2.6
	2.4	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.3	2.1	0.0	2.3	2.7	2.2
Leipzig/Halle	2.8	2.8	2.9	2.8	2.6	2.9	2.9	2.9	2.7	0.0	3.3	2.9
	2.3	2.3	2.4	2.3	2.5	2.7	2.4	2.4	2.5	0.0	2.7	2.5
	2.5	2.5	2.6	2.5	2.4	2.7	2.6	2.6	2.5	0.0	3.1	2.7
	2.1	2.1	2.2	2.1	2.3	2.5	2.2	2.2	2.3	0.0	2.4	2.3
München	3.9	3.7	3.6	3.4	3.5	3.5	3.4	3.6	3.6	3.3	0.0	3.4
	3.3	3.3	3.3	3.1	3.4	3.3	3.2	3.3	3.3	3.1	0.0	2.9
	3.3	3.0	2.9	2.8	2.9	2.8	2.7	2.9	2.9	2.7	0.0	2.7
	2.7	2.7	2.7	2.4	2.8	2.7	2.5	2.6	2.7	2.4	0.0	2.3
Stuttgart	3.6	3.3	3.1	3.1	2.8	3.0	3.1	2.9	2.9	2.9	3.4	0.0
	3.0	3.0	2.8	2.7	2.7	2.8	3.0	2.6	2.6	2.7	2.7	0.0
	3.1	2.8	2.6	2.6	2.4	2.5	2.7	2.5	2.4	2.5	2.9	0.0
	2.5	2.5	2.3	2.3	2.3	2.3	2.5	2.2	2.2	2.3	2.3	0.0

Pro Reisekorridor sind jeweils die Flugverbindungen in folgender Reihenfolge angegeben: City-City, Stadt-Flughafen, Flughafen – Stadt und Flughafen – Flughafen.

Abbildung 24: Reisezeit Bahn

BAHN (in h)	Berlin-Schönefeld	Berlin-Tegel	Bremen	Dresden	Düsseldorf	Frankfurt/Main	Hamburg	Hannover	Köln/Bonn	Leipzig/Halle	München	Stuttgart
Berlin-Schönefeld	0.0	1.0	3.0	1.9	4.2	4.1	1.7	1.7	4.3	1.3	6.2	5.6
	0.0	1.4	3.2	2.3	4.3	4.3	1.9	2.0	4.5	1.5	6.9	6.1
	0.0	1.6	3.6	2.5	4.8	4.7	2.3	2.3	4.9	1.9	6.8	6.2
	0.0	2.0	3.8	2.9	4.9	4.9	2.5	2.6	5.1	2.1	7.5	6.7
Berlin-Tegel	1.0	0.0	3.0	1.9	4.2	4.1	1.7	1.7	4.3	1.3	6.2	5.6
	1.6	0.0	3.2	2.3	4.3	4.3	1.9	2.0	4.5	1.5	6.9	6.1
	1.3	0.0	3.3	2.3	4.6	4.5	2.0	2.0	4.6	1.6	6.6	6.0
	1.9	0.0	3.6	2.6	4.7	4.6	2.2	2.3	4.9	1.8	7.2	6.4
Bremen	3.0	3.0	0.0	5.4	2.7	3.8	0.9	1.0	3.0	4.2	5.7	5.5
	3.6	3.3	0.0	5.7	2.8	3.9	1.1	1.3	3.3	4.4	6.4	5.9
	3.2	3.2	0.0	5.7	3.0	4.0	1.2	1.3	3.3	4.4	6.0	5.7
	3.8	3.5	0.0	6.0	3.1	4.2	1.4	1.6	3.6	4.7	6.6	6.2
Dresden	2.1	2.1	5.5	0.0	6.2	4.3	4.5	4.1	5.8	1.1	5.8	5.9
	2.7	2.4	5.8	0.0	6.3	4.5	4.7	4.4	6.0	1.3	6.5	6.3
	2.4	2.4	5.9	0.0	6.5	4.6	4.9	4.4	6.1	1.5	6.2	6.2
	3.0	2.7	6.1	0.0	6.6	4.8	5.0	4.7	6.4	1.7	6.8	6.7
Düsseldorf	4.3	4.3	2.7	6.3	0.0	1.4	3.7	2.6	0.4	5.0	4.7	2.8
	4.9	4.6	3.0	6.6	0.0	1.6	3.9	2.9	0.6	5.3	5.4	3.2
	4.4	4.4	2.8	6.4	0.0	1.5	3.8	2.7	0.5	5.1	4.8	2.9
	5.0	4.7	3.1	6.7	0.0	1.7	4.0	3.0	0.7	5.4	5.5	3.3
Frankfurt/Main	4.2	4.2	3.8	4.3	1.4	0.0	3.9	2.3	1.1	3.1	3.2	1.4
	4.8	4.5	4.0	4.7	1.5	0.0	4.1	2.6	1.3	3.3	3.8	1.8
	4.4	4.4	3.9	4.5	1.6	0.0	4.1	2.5	1.3	3.2	3.3	1.5
	5.0	4.7	4.2	4.8	1.7	0.0	4.2	2.8	1.5	3.5	4.0	2.0
Hamburg	1.7	1.7	0.9	4.1	3.7	3.6	0.0	1.2	4.0	3.1	5.9	5.5
	2.3	2.0	1.2	4.4	3.8	3.8	0.0	1.5	4.3	3.4	6.5	6.0
	1.9	1.9	1.1	4.3	3.8	3.8	0.0	1.4	4.2	3.3	6.0	5.7
	2.5	2.2	1.4	4.6	3.9	4.0	0.0	1.7	4.4	3.5	6.7	6.1
Hannover	1.6	1.6	1.1	4.0	2.6	2.3	1.5	0.0	2.6	2.7	4.2	4.2
	2.2	2.0	1.4	4.4	2.7	2.5	1.7	0.0	2.9	2.9	4.9	4.7
	1.9	1.9	1.4	4.3	2.9	2.6	1.8	0.0	2.9	3.0	4.5	4.5
	2.5	2.3	1.7	4.7	3.0	2.8	2.0	0.0	3.2	3.2	5.2	5.0
Köln/Bonn	4.3	4.3	3.1	5.7	0.4	1.1	4.1	2.7	0.0	4.5	4.5	2.3
	4.9	4.6	3.4	6.1	0.5	1.2	4.2	3.0	0.0	4.7	5.2	2.7
	4.6	4.6	3.3	6.0	0.6	1.3	4.3	2.9	0.0	4.7	4.8	2.5
	5.2	4.9	3.6	6.3	0.7	1.5	4.5	3.2	0.0	5.0	5.5	3.0
Leipzig/Halle	1.3	1.3	4.2	1.1	5.2	3.1	3.2	2.7	4.5	0.0	4.9	4.6
	1.9	1.6	4.5	1.5	5.3	3.2	3.3	3.0	4.8	0.0	5.6	5.1
	1.5	1.5	4.4	1.3	5.4	3.3	3.4	2.9	4.7	0.0	5.1	4.9
	2.1	1.9	4.7	1.7	5.5	3.5	3.6	3.2	5.0	0.0	5.8	5.3
München	6.1	6.1	5.7	5.7	4.9	3.2	6.0	4.2	4.8	4.8	0.0	2.3
	6.7	6.4	5.9	6.0	5.0	3.3	6.2	4.5	5.0	5.1	0.0	2.7
	6.7	6.7	6.3	6.4	5.5	3.8	6.6	4.8	5.5	5.5	0.0	3.0
	7.3	7.0	6.6	6.7	5.6	4.0	6.8	5.1	5.7	5.7	0.0	3.4
Stuttgart	5.8	5.8	5.4	6.0	2.7	1.5	5.6	4.2	2.4	4.7	2.2	0.0
	6.4	6.1	5.7	6.3	2.8	1.6	5.7	4.5	2.7	5.0	2.9	0.0
	6.2	6.2	5.8	6.4	3.2	1.9	6.0	4.7	2.9	5.2	2.6	0.0
	6.8	6.5	6.1	6.8	3.3	2.1	6.2	5.0	3.1	5.4	3.3	0.0

Pro Reisekorridor sind jeweils die Flugverbindungen in folgender Reihenfolge angegeben: City-City, Stadt-Flughafen, Flughafen – Stadt und Flughafen – Flughafen.

Abbildung 25: Anzahl Passagiere auf innerdeutschen Flüge unter 600 km

Startflughafen	Berlin-Schönefeld	Berlin-Tegel	Bremen	Dresden	Düsseldorf	Frankfurt/Main	Hamburg	Hannover	Köln/Bonn	Leipzig/Halle	München	Stuttgart	TOTAL
Berlin-Schönefeld		460	250	760	1'385	460	122	179	1'274	1'968	218	330	7'406
Berlin-Tegel	694		465	1'116	559'650	895'884	1'772	1'085	658'172	754	934'554	501'336	3'555'482
Bremen	88	151		613	539	169'029	1'044	381	169	3'850	166'171	75'031	417'066
Dresden	1'314	541	199		107'693	167'319	9'235	800	68'614	1'066	116'752	49'386	522'919
Düsseldorf	418	555'444	144	107'332		196'280	301'160	3'205	188	46'282	763'653	75'765	2'049'871
Frankfurt/Main	713	897'130	164'715	162'580	200'287		672'829	182'529	713	123'415	551'166	155'714	3'111'791
Hamburg	1'806	1'267	228	9'143	304'908	672'140		621	199'257	1'314	-	367'561	1'558'245
Hannover	3'217	614	1'400	95	2'139	178'998	1'993		1'233	363	252'541	99'887	542'480
Köln/Bonn	1'027	664'300	23	68'372	2'743	3'274	201'109	1'723		42'279	509'131	1'587	1'495'568
Leipzig/Halle	1'623	544	4'252	542	44'165	123'818	509	836	42'319		81'178	40'578	340'364
München	590	936'816	172'356	124'485	766'885	556'635	-	255'952	496'123	83'330		76'896	3'470'068
Stuttgart	898	499'486	75'449	47'880	73'769	161'363	372'746	102'172	535	40'566	77'745		1'452'609
TOTAL	12'388	3'556'753	419'481	522'918	2'064'163	3'125'200	1'562'519	549'483	1'468'597	345'187	3'453'109	1'444'071	18'523'869

Anzahl Passagiere pro Reisekorridor

Annex 3: Literaturanalyse Lärmmaßnahmen

Quelle	Massnahmen	Wirkung
Bericht Expertengremium Aktiver Schallschutz 2010, Frankfurt a.M. Allgemeine Wirkungen	Im Bericht diskutierte Maßnahmen: ▪ Vertikale Optimierung Abflugverfahren ▪ Umrüstung der Boeing 737-Flotte der Lufthansa ▪ Erhöhung Anteil von Betriebszeiten mit Westbetrieb ▪ Einführung neues Abflugverfahren (Anflug aus Osten) ▪ Dedicated Runways Operations (bevorzugte Bahnnutzung) ▪ Optimierung CDA ▪ Probetrieb 3,2 Grad Gleitwinkel auf NW-Bahn	Allgemeine Wirkungen: ▪ Hat auch eine lärmverteilende Wirkung, trotzdem in den meisten Fällen positiv gewertet. ▪ Pegelminderung Abflug (bis 1500 Fuss): -0,5 dB Pegelminderung weiterer Flugverlauf: -1,5 dB Pegelminderung Zwischen- und Endanflug: -2,4 dB ▪ Lärmpausen (Piloten dagegen) ▪ weniger Betroffene und Mehr Abstand zu den Betroffenen
Bericht Expertengremium Aktiver Schallschutz 2010, Frankfurt a.M. Beschrieb Szenarien	Maßnahmenpakete pro Szenario: Szenario Tag Ist: ▪ Vertikale Optimierung Abflugverfahren ▪ Umrüstung der Boeing 737-Flotte ▪ Erhöhung Anteil von Betriebszeiten mit Westbetrieb (+6 Tage) Szenario Tag 2020: ▪ Vertikale Optimierung Abflugverfahren ▪ Probetrieb 3,2 Grad Gleitwinkel auf NW-Bahn ▪ Erhöhung Anteil von Betriebszeiten mit Westbetrieb (+6 Tage) Szenario Nacht Ist: ▪ Vertikale Optimierung Abflugverfahren ▪ Umrüstung der Boeing 737-Flotte ▪ Einführung neues Abflugverfahren (Anflug aus Osten) ▪ Dedicated Runways Operations (bevorzugte Bahnnutzung) ▪ Erhöhung Anteil von Betriebszeiten mit Westbetrieb (+6 Tage)	Wirkung pro Szenario: ▪ Tag Ist: -8,9% nach Index (FTI), (Hoch Betroffene sogar -16%) ▪ Tag 2020: -1,9% nach Index (FTI), (Hoch Betroffene sogar -6,6%) ▪ Nacht Ist: -20% nach Index (FNI), (Hoch Betroffene sogar -40%) Der Index ist im Bericht beschrieben. Veränderungen in Prozent dürfen nicht einfach auf den Lärmpegel übersetzt werden. Zusätzlich enthält der Bericht Karten, die hilfreich sind für die GIS Umsetzung.

BMVI 2008, Strategien zur Lärminderung an der Quelle, DLR-Institut für Antriebstechnik	Kombinationen aller bekannten nachrüstbaren Geräuschminderungsmassnahmen an der Quelle und Anwendung lärmoptimierter operationeller Verfahren Szenarien: Referenz Szenario Mod 1, nur lärmoptimierte An- und Abflugverfahren (SLDLP und MODATA) Szenario Mod 2, Szenario Mod 1 mit nachrüstbaren Massnahmen	▪ Lärminderungspotenzial bei Anflugverfahren durchschnittlich 1 - 3 dB, in grösserer Entfernung vom Flughafen bis zu 7,5 dB. ▪ Bei Anwendung von Nachrüstung erreichbare Pegelminderung zwischen 1 und 3 dB. ▪ Steilstart (ICAO-Steilstart) liefert im Bereich von 6-12 km deutlich niedrigere Pegel, seitlich nur bis ca. 2 km messbare Unterschiede. Szenarienvergleich: Mod 1: Flächenabnahmen der Lärmkonturen im Hauptanflugbereich zwischen 5% und 10% Mod 2: Reduktion der Emissionswerte um ca. 2 dB, Flächenreduktion der Lärmkonturen von -25% ggü. Referenzfall
UBA 2012; Strategien zur wirksamen Minderung der zukünftigen Fluglärmbelastung an Flughäfen	▪ Bewegungs- und Lärmkontingentierung ▪ Nachtflugbeschränkung und -verbot ▪ Lärm mindernde Anflugverfahren und Routenoptimierung ▪ Lärmentgelte ▪ Bau und Raumbezogene Massnahmen (Schallschutzfenster etc.)	Die Wirkungen werden sowohl qualitativ (Effektivität, administrativer Aufwand) als auch quantitativ (Veränderung der Betroffenen nach Sensitivität) beschrieben.
Sachverständigenrat für Umweltfragen 2014, Fluglärm reduzieren, Sondergutachten	Partizipation der Bevölkerung bei der Planung der Flugrouten UVP. Flugrouten-Lärmgrenzwerte für Flughäfen schaffen. Einzelfreigaben begrenzen aktiven und passiven Lärmschutz stärken	Keine Wirkungen in der Studie, nur Rechtssetzung und Reformbedarf analysiert
NGO-Luftverkehrskonzept, BUND 2015	Große Sammlung an Massnahmen zur Minderung von Fluglärm: ▪ Technische Massnahmen an der Quelle, Triebwerke, Flügel etc. ▪ Betriebliche Massnahmen steileres Anflugverfahren, Verbesserung Streckenführung bei An-/Abflug, vermeiden von langen Zwischenflügen in geringer Höhe, virtuelle Waypoints ▪ Rechtliche Massnahmen, Einbahnbetrieb, Nachtflugverbot, Kontingentierung nach Lärmentwicklung, Lärmklassenbeschränkungen ▪ ökonomische Massnahmen, Lärmdifferenzierte Landentgelte, spürbare Erhöhung Lärmentgelte, Streichung des lautesten Flugmusters, Subventionsabbau	▪ Lärmschutz an der Quelle: Mit Technologiesprung ist eine Reduktion des Triebwerklärms von 10-12 dB in 20 Jahren erreichbar. ▪ Flugbetriebliche Massnahmen: in der Summe deutlich weniger Wirkung als erwartet. Anwendbarkeit ist beschränkt, z.B. nur in betriebsarmen Zeiten oder sie entfalten sich erst in großer Entfernung (z.B. CDA erst ab 20km). Steilstarts umstritten, weil Lärm unter den Flugzeugen abnimmt aber seitlich der Flugzeuge zunimmt. Steilere Landewinkel (3,2 Grad) technisch nicht für alle

	planerische Massnahmen, Siedlungsbegrenzungen in Flughafennähe, Anwendung FluLärmG	- Flugzeuge möglich, zudem können Piloten nicht dazu gezwungen werden. - Betriebsbeschränkungen, sehr hohe Wirkung aber kaum im Einsatz, z.B. Nachtflugverbot etc. - Rest nur Forderungen, keine konkreten Wirkungen beschrieben
Technische Uni Chemnitz, 2015, Effiziente und nachhaltige Flughafenentwicklung in Deutschland	Lärm nur am Rand ein Thema, Kapazitätsverbesserungen durch Auslastungssteigerung und technische Fortschritte z.B. Eliminierung unnötiger Flüge, Größere Flugzeuge auch auf Kurz- und Mittelstrecken, Verlagerung von Direktflügen etc.	Keine quantitativen Wirkungen, nur mögliche Lösungsvorschläge für bekannte Probleme, Lärm nur am Rand ein Thema
Fluglärmreport 2015, Bundesverband der deutschen Luftverkehrswirtschaft	- Investition in neue Flugzeugtechnologien - Lokale Massnahmen im Flughafenumfeld (z.B: passiver Schallschutz, Siedlungspolitik, lärmabhängige Flughafenentgelte) - Lärmreduzierte Verfahren Boden und Luft	- Flugzeugtechnologien, -25 dB leiser als noch vor 60 Jahren, Flugzeuge unterschreiten Lärmgrenzwerte nach Chicagoer Abkommen um -10 dB - Getriebefan verkleinern den Lärmteppich um rund 70% im Flughafenumfeld - Wirbelgeneratoren reduzieren Gesamtschall im Landeanflug in Reichweite bis 17 Kilometer um bis zu 4 dB. - kontinuierlicher Sinkflug verringert Fluglärm im Bereich 55 km bis 18 km vor der Landebahn um bis zu 5 dB
Fraport, Bericht über den Schallschutz am Flughafen Frankfurt	Probetrieb Lärmpausen ausdehnen, das heisst, an späten Abend- und frühe Morgenstunden werden einzelne Start- und Landebahnen nicht mehr genutzt.	- Ausgedehnte Lärmpausen betrifft in Frankfurt rund 20% der Passagiere (ca. 15% der Flugbewegungen) - Durch Einführung Lärmpausen Nacht (23-5h) im Jahr 2005 sind heute rund 60% weniger Personen betroffen.
Ökoinstitut, DIW Berlin; Ökonomische Maßnahmen zur Reduzierung der Umweltauswirkungen des Luftverkehrs: Lärmabhängige Landegebühren	Lärmentgelte	- Frankfurt: Neue Verordnung brachte verursachergerechtere Differenzierung der Entgelte, bzgl. Lärm kann keine direkte Wirkung identifiziert werden. - Köln/Bonn: Verschiebung weg von lauten Flugzeugen hin zu lärmarmen Flugzeugtypen. Eine detaillierte Analyse zeigt allerdings, dass die Veränderung vor allem auf die neue Nachtflugregelung zurückzuführen ist.

Bündnis 90/Die Grünen: Flughafenentgelte. Situation, Probleme, Änderungsvorschläge Umweltbundesamt; Lärmbilanz 2010	▪ Start-, Lande- und Abstellentgelte ▪ Lärmkartierung	▪ Zürich: Auch hier ist kein direkter Zusammenhang auszumachen ▪ Wenig zur Wirkung der Entgelte. ▪ wenig Fluglärm, fast nur Straße und Schiene
---	--	--

Tabelle INFRAS.

9 Quellenverzeichnis

- BAKBASEL 2015: Erreichbarkeit als Standortfaktor: Globale und kontinentale Erreichbarkeit im Jahr 2014, Studie im Auftrag von Kanton Aargau, Kanton Basel-Stadt, Kanton Zürich und Flughafen Zürich AG, Basel.
- Bel G., Fageda X. 2008: Getting there fast: globalization, intercontinental flights and location of headquarters. *Journal of Economic Geography* 8, pp. 471-495. Oxford.
- BUMB 2015: Umweltbewusstsein in Deutschland 2014, Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, Berlin.
- Bundesverband der Deutschen Tourismuswirtschaft (BTW), DIW Econ 2012: Wirtschaftsfaktor Tourismus Deutschland: Kennzahlen einer umsatzstarken Querschnittsbranche. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Berlin.
- BUND 2015: NGO-Luftverkehrskonzept, Schritte zu einem zukunftsfähigen und umweltverträglichen Luftverkehr in Deutschland; Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V., Berlin 2015
- Bundesvereinigung gegen Fluglärm e.V. 2015: Flugbewegungen an den zwölf wichtigsten internationalen deutschen Verkehrsflughäfen (2010-2014). Düsseldorf.
- EASA 2016: European Aviation Environmental Report 2016, Studie im Auftrag von EASA, EEA und EUROCONTROL, 2016
- DESTATIS 2015: Luftverkehr auf allen Hauptverkehrsflughäfen, 2014. Statistisches Bundesamt (DESTATIS), Wiesbaden.
- DG MOVE 2014: Update of the Handbook on External Costs of Transport, Final Report for the European commission, DG Move, 2014
- DIW Econ GmbH, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, MKmetric Gesellschaft für Systemplanung GmbH, Technische Universität Darmstadt, UNICONSULT Universal Transport Consulting GmbH, Waldeck Rechtsanwälte PartmbB 2015: Grundlagenermittlung für ein Luftverkehrskonzept der Bundesregierung. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin/ Karlsruhe/ Hamburg/ Frankfurt/ Darmstadt/ Otto-brunn.
- Eurostat 2015: Air passenger transport. Eurostat Datenbank. Luxembourg
- Forum Flughafen und Region, 2010: Bericht Expertengremium «aktiver Schallschutz», Erstes Massnahmenpaket Aktiver Schallschutz am Flughafen Frankfurt/Main, Forum Flughafen und Region/ Gemeinnützige Umwelthaus GmbH, 2010
- Grassl, Brockhagen 2007: Climate forcing of aviation emissions in high altitudes and comparison of metrics, An update according to the Fourth Assessment Report, IPCC 2007
- Greiser & Greiser 2010; Greiser, E. und Greiser, C.: Risikofaktor nächtlicher Fluglärm, Abschlussbericht über eine Fall-Kontroll-Studie zu kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn, Epi.Consult GmbH, Förderkennzeichen 3708 51 101, UBA-FB 001339, Dessau-Roßlau, März 2010.
- IATA 2013: International Air Transport Association, carbon neutral growth 2020 Strategy (CNG2020)
- ICAO 2013: International Civil Aviation Organization, Environmental Report 2013, Aviation and climate change.
- IFEU/INFRAS 2016: Knörr, W. et al. (ifeu Heidelberg, INFRAS Bern, LBST München) (2016): Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050; im Auftrag des Umweltbundesamtes, UBA-Texte 56/2016, Dessau-Roßlau. <<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaschutzbeitrag-des-verkehrs-bis-2050>>
- IFEU 2012: Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030“ (TREMOM, Version 5.3) für die Emissionsberichtserstattung 2013 (Berichtsperiode 1990-2011). Endbericht. Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU), Heidelberg. [http://www.ifeu.de/verkehrundumwelt/pdf/IFEU%282012%29_Bericht%20TREMOM%20FKZ%20360%2016%20037_121113.pdf].
- IFEU, Öko-Institut 2012: Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Energieeinsätze und Emissionen des zivilen Flugverkehrs - TREMOM AV. Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) und Öko-Institut e.V. im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA), Dessau-Roßlau. [<http://www.uba.de/uba-info-medien/4357.html>].
- INFRAS, CE Delft, TASK 2014: The EU Emission Trading Schemes. effects on competitive situation within national and international aviation, Peter M., Bertschmann D., Faber J., Smit M., van Velzen A., Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Oktober 2014, Zürich/ Delft/ Utrecht.

INFRAS 2012: Auswirkungen der Einführung der Luftverkehrsteuer auf die Unternehmen des Luftverkehrssektors in Deutschland, Ex-post-Analyse nach einem Jahr, Peter M., Bertschmann D., Zandonella R., Maibach M., Studie im Auftrag des Bundesministeriums der Finanzen, Juni 2012, Zürich.

INFRAS, Fraunhofer ISI 2009: Verkehrsträgeranalyse: Kosten, Erträge und Subventionen des Strassen-, Schienen- und Luftverkehrs in Deutschland. Studie im Auftrag der Initiative «Luftverkehr für Deutschland», Zürich/Karlsruhe.

Intraplan 2014: Verkehrsverflechtungsprognose 2030, Los 3: Erstellung der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen unter Berücksichtigung des Luftverkehrs, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).

Kuik et al. 2009: Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions: A meta-analysis, Energy Policy 37, S 1395 – 1403

Lindmaier, Myck und Weinandy 2015: Perspektiven der Fluglärminderung in Deutschland – Lärmkontingentierung.

UBA 2010: Lärmwirkungen - Dosis-Wirkungsrelationen; UBA Texte 13/2010. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, erarbeitet durch D. Giering.

UBA 2012: Strategien zur wirksamen Minderung der zukünftigen Fluglärmbelastung an Flughäfen; erarbeitet vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart zusammen mit Infrass Zürich und der Universität Salzburg, 2012

UBA 2014: Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung. Anhang B der «Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten». Studie im Auftrag des Umweltbundesamts, Dessau, 2014.

UBA 2015: Nutzen statt Besitzen: Neue Ansätze für eine Collaborative Economy. Studie von Öko-Institut e.V. und INFRAS im Auftrag des Umweltbundesamts, Dessau 2015

UBA 2016: Finanzierung einer nachhaltigen Güterverkehrsinfrastruktur, Anforderungen und Rahmenbedingungen für eine zukunftsorientierte Entwicklung des Güterverkehrs – eine systematische Analyse auf der Grundlage eines Ländervergleichs. Studie von INFRAS im Auftrag des Umweltbundesamts, Dessau 2016

UIC 2011: External Costs of Transport in Europe, Update Study for 2008, CE Delft/ Infrass/ Fraunhofer ISI, Delft 2011

VCO 2015: Mobilität älterer Menschen ändert sich. VCO Factsheet. Wien.

World Bank 2015: World Development Indicators. World Data Bank, Washington

Wothge J. 2016: Die körperlichen und psychischen Wirkungen von Lärm, in: Umwelt und Mensch – Informationsdienst, UMID Nr. 01/2016, Herausgeber: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Robert Koch-Institut (RKI), Umweltbundesamt (UBA).

WHO (2009): Night noise guidelines for Europe, World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2009.

WHO (2011): Burden of disease from environmental noise, World Health Organization, 2011