UBA Forum
mobil & nachhaltig

Wohin geht die Reise?

Luftverkehr der Zukunft: umwelt- und klimaschonend, treibhausgasneutral, lärmarm



Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

Impressum

Herausgeber:
Umweltbundesamt
Abteilung I 2 „Verkehr, Lärm und räumliche Entwicklung“
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

/umweltbundesamt.de
/umweltbundesamt
/umweltbundesamt
/umweltbundesamt

Autorinnen und Autoren:
Juliane Bopst, Olaf Hölzer-Schopohl, Jörn Lindmaier, Thomas Myck, Martin Schmied, Jan Weiß

sowie
Carsten Alsleben, Juliane Berger, Annegret Biegel-Engler, Michael Bölke, Maxie Bunz, Andreas Burger, Ulrich Claussen, Ute Dauert, Martyn Douglas, Katrin Dziekan, Daniel Eichhorn, Benno Hain, Gerolf Hanke, David Hartmann, Reinhard Herbener, Hans-Joachim Hermann, Falk Hilliges, Matthias Hintzsche, Hermann Kessler, Kay Köhler, Manuela Krakau, Marcel Kruse, Christoph Kühleis, Martin Lambrecht, Jürgen Landgrebe, Martin Lange, Marcel Langner, Benjamin Lünenbürger, Tina Mutert, Gertrude Penn-Bressel, Katja Purr, Jörg Rechenberg, Daniel Reißmann, Nadja Salzborn, Jan Seven, Wolfgang Straff, Roman Thierbach, Myriam Tobollik, Julia Treichel, Thomas Voigt, Carla Vollmer, Ulrike von Schlippenbach, Ulrike Wachotsch, René Weinandy, Frank Wetzel, Dirk Wintermeyer, Frank Wolke, Jördis Wothge

Lektorat:
Dipl.-Ing. Christa Friedl, Wissenschaftsjournalistin, Krefeld

Satz und Layout:
www.3fdesign.de

Diese Publikation ist kostenfrei zu beziehen beim Umweltbundesamt. Der Weiterverkauf ist untersagt. Bei Zuwiderhandlung wird eine Schutzgebühr von 15 Euro/Stück erhoben.

Publikationen als pdf:
www.umweltbundesamt.de/publikationen

Stand: November 2019

ISSN 2363-832X

Bildquellen:
S. 1 © Oleksii Nykonchuk – fotolia.com,
S. 4/5 © ralfbeier – fotolia.com,
S. 6 © Bernd Jürgens – stock.adobe.com,
S. 7 © Gerhard Seybert – stock.adobe.com,
S. 8/9 © Oleksii Nykonchuk – fotolia.com,
S. 11 © Ewald_Fröch – stock.adobe.com,
S. 14/15 © Maksym Yemelyanov – stock.adobe.com,
S. 16 © WoGi – stock.adobe.com,
S. 18 © vschlichting – stock.adobe.com,
S. 21 © Janet Worg – stock.adobe.com,
S. 22/23 © Jürgen Effner – fotolia.com,
S. 26/27 © Animaflora PicsStock – stock.adobe.com,
S. 28 © Robert Kneschke – stock.adobe.com,
S. 30/31 © jotily – stock.adobe.com,
S. 41 © JenkoAtaman – stock.adobe.com,
S. 42 © alphaspirit – stock.adobe.com,
S. 48/49 © Jürgen_Fälchle – stock.adobe.com,
S. 50/51 © belleepok – stock.adobe.com

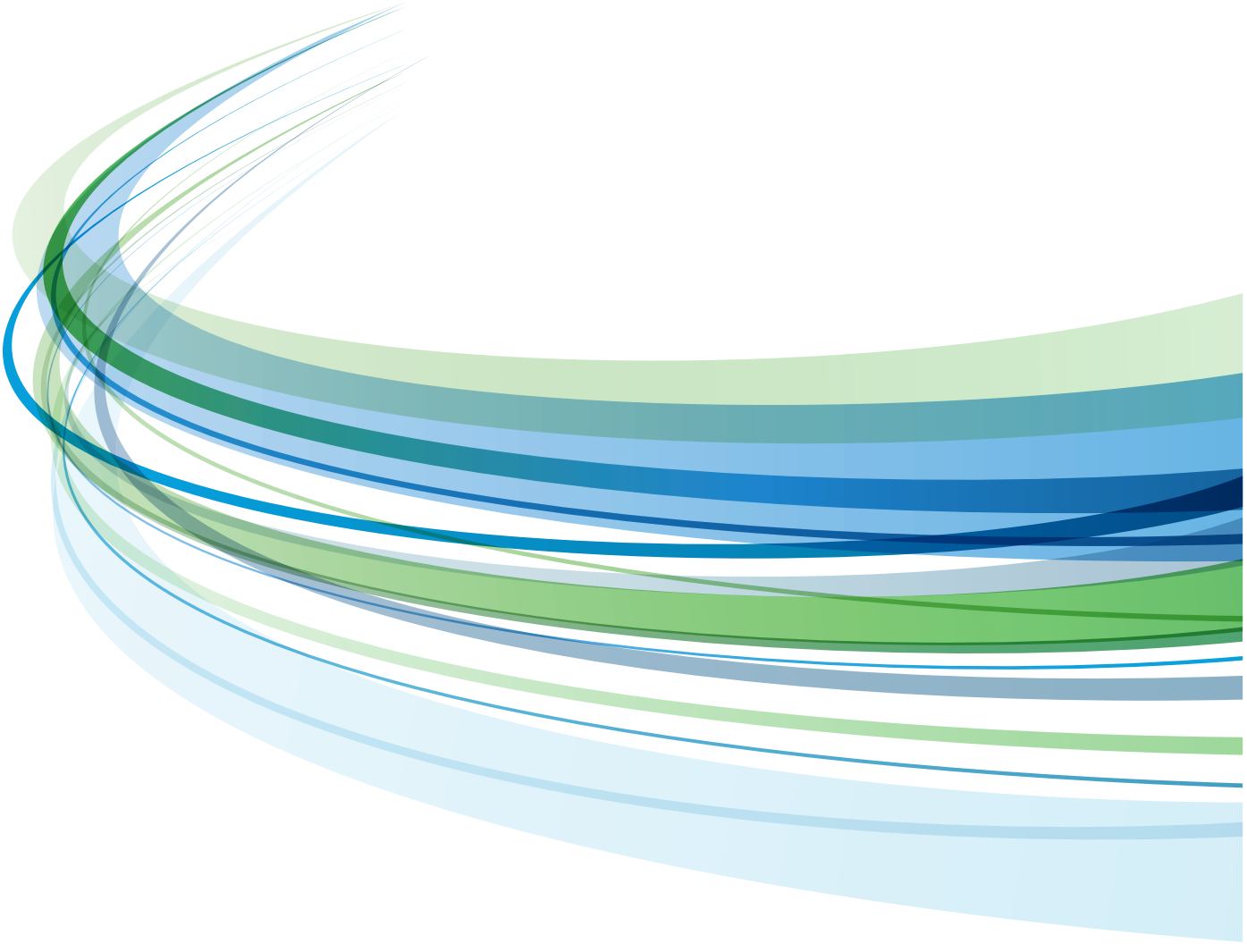
UBA Forum
mobil & nachhaltig

Wohin geht die Reise?

UBA Forum 2019

Luftverkehr der Zukunft

umwelt- und klimaschonend
treibhausgasneutral
lärmarm



Inhalt



6 **1 | Einleitung**

8 **2 | Luftverkehr der Zukunft:**
Es wird eng am Himmel

Einführung
- Fliegen ist erschwinglich.
- Fliegen ist Status.
- Fliegen ist Alltag.
- Fliegen sichert die Versorgung.

„Und in Zukunft?“

14 **3 | Ungeliebte Fracht:**
Umweltbelastungen durch den Luftverkehr

- Energieverbrauch
- Klimaeffekte
- Luftbelastung
- Fluglärm
- Flächenverbrauch
- Wasser und Boden

22 **4 | Viel Luft nach oben:**
Vision eines umweltschonenden Luftverkehrs

Baustein 1: Infrastruktur nachhaltig gestalten

Baustein 2: Kurzstreckenflüge auf die Schiene verlagern

Baustein 3: Klimarelevante Emissionen minimieren
- Ziel 2030: Treibhausgasemissionen deutlich reduzieren
- Ziel 2050: weitgehend klimaneutral fliegen

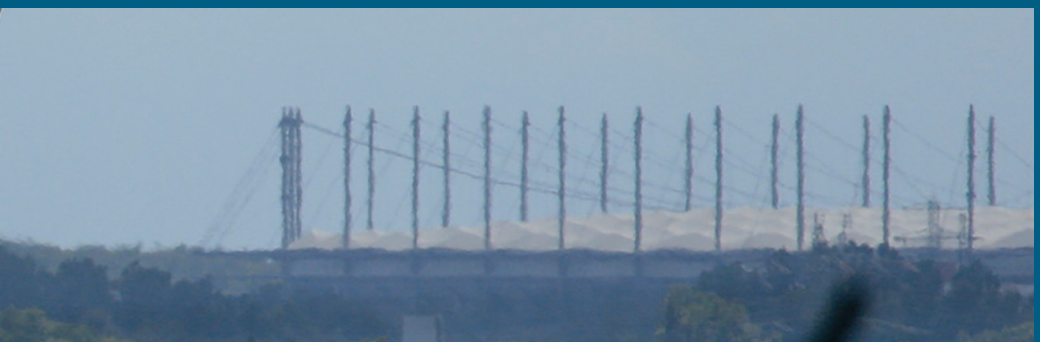
Baustein 4: Lärm reduzieren – Bevölkerung schützen

Baustein 5: Externe Umweltkosten dem Verursacher anlasten

Baustein 6: Für saubere Luft vor Ort sorgen

Baustein 7: Ressourcen schonen, Rohstoffe effizient nutzen

Baustein 8: Bewusster reisen



30 **5 | Was wir tun können: Instrumente und Maßnahmen**

Der richtige Rahmen: ökonomische und raumplanerische Instrumente

- Reform der Luftverkehrssteuer
- Einführung einer Kerosinsteuer
- Innovations- und Demonstrationsfonds Luftverkehr
- Weiterentwicklung des Emissionshandels
- Flughafenplanung durch den Bund

Der Fuel Switch: Von fossilem Kerosin zu Power-to-Liquid

- Einführungsstrategie für Power to Liquid
- Beimischungsquote für PtL

Klimaschäden drosseln: CO_2- und Nicht-CO_2-Effekte

- Internationaler CO_2-Standard
- Weniger Verbrauch durch Tankstopps
- Flugroutenmanagement
- Minderung der Nicht-CO_2-Klimaeffekte

Leise abheben: Lärmschutz für alle

- Einführung von Lärmkontingenten
- Nachtflugverbot an stadtnahen Flughäfen
- Lärmmindernde Flugverfahren
- Lärmabhängige Start- und Landeentgelte
- Verschärfung der Zulassungsanforderungen
- Lärmschutz auf dem Flughafengelände
- Betriebsbeschränkungen für Drohnen
- Lärmschutz im Überschallverkehr

Auf dem Boden bleiben: Schiene statt Flugzeug

- Anbindung von Flughäfen
- Schaffung von Angeboten
- Mobilitätsmanagement
- Frachtzug statt Frachtflug
- Slow Tourism

Weniger dicke Luft: Schadstoffminderung am Boden

- Grenzwerte für Triebwerke
- E-Fahrzeuge für den Flughafen
- Schadstoffabhängige Start- und Landeentgelte

48 **6 | Luftverkehr der Zukunft: ein Ausblick**



1

Einleitung

Fürs Fliegen gibt es einige Gründe: Fliegen verbindet Menschen und Kulturen, ist Ausdruck des wachsenden Wohlstandes rund um den Globus und ermöglicht den Austausch von Waren, Wissen und Werten.

Es sprechen aber auch Gründe dagegen. Zu den negativen Seiten des Luftverkehrs gehören der Ausstoß von Luftschadstoffen, Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen sowie eine hohe Lärmbelastung.

Immer mehr Menschen fliegen. Allein 2018 nahm der weltweite Passagierluftverkehr gegenüber dem Vorjahr um 6,7 Prozent zu. Und er wächst weiter. Damit wachsen auch die Belastungen. Das Umweltbundesamt (UBA) widmet sich mit dieser Broschüre daher einer wichtigen und zugleich sehr komplexen Materie. Wieviel Luftverkehr ist tatsächlich notwendig? Zu welchen Kosten für Mensch, Klima und Umwelt ist er in Zukunft tragbar? Wie gelingt eine Verkehrswende, die nicht nur Flugzeuge und Flughäfen, sondern auch Veränderungen in Wirtschaft und im Konsumverhalten erfasst?

Flugverkehr ist größtenteils eine grenzüberschreitende Angelegenheit, daher haben international abgestimmte Aktivitäten besonderes Gewicht. Maßnahmen und Instrumente können aber auch auf nationaler oder europäischer Ebene ihre Wirksamkeit entfalten. Bereits heute existiert eine breite Palette von Möglichkeiten, um Umweltauswirkungen des Luftverkehrs zu mindern. Allerdings setzt dies ein schnelles und konsequentes Handeln von Akteurinnen und Akteuren auf allen Ebenen voraus.



Diese Broschüre basiert auf einer umfassenden Ausarbeitung des UBA, die eine Gesamtstrategie für einen umweltschonenden Luftverkehr der Zukunft beschreibt. Die Ziele, Maßnahmen und Instrumente, die das UBA in der Strategie vorschlägt und die diese Broschüre im Überblick vorstellt, fokussieren auf den gewerblichen Linien-, Charter- und Luftfrachtverkehr, weil dieser den Hauptteil der Lärm-, Schadstoff- und Klimabelastung des Flugverkehrs verursacht. Sie erlauben die Umsetzung einer „Vision eines umweltschonenden Luftverkehrs“, in der das UBA umwelt- und verkehrspolitische Ziele konkretisiert, die kurz- (2020), mittel- (2030) als auch langfristig (2050) erreicht werden sollen.



Luftverkehr der Zukunft: Es wird eng am Himmel


2

Luftverkehr der Zukunft: Es wird eng am Himmel

Der weltweite Luftverkehr nimmt seit Jahrzehnten zu und verzeichnet fast jedes Jahr neue Rekorde. 2018 wurden mit 4,3 Milliarden Passagieren weltweit so viele Menschen befördert wie nie zuvor – derzeit steigt also rein rechnerisch jeder zweite Bewohner bzw. jede zweite Bewohnerin der Erde mindestens einmal im Jahr in einen Flieger. Tatsächlich ist die Nutzung des Luftverkehrs aber sehr ungleich verteilt: ein sehr kleiner Teil der Weltbevölkerung fliegt sehr viel, wohingegen die allermeisten Personen noch nie geflogen sind. In Deutschland hat sich die Zahl der Fluggäste in den vergangenen 28 Jahren gar verdreifacht.

Die Gründe dafür:

Fliegen ist erschwinglich. Die reinen Transportkosten sanken innerhalb von 20 Jahren um die Hälfte. Niedrige Treibstoffpreise und hohe Treibstoffeffizienz, gesunkene Personalkosten und Beschaffungskosten für Flugzeuge und eine optimierte Abwicklung des Flugverkehrs haben Ticketpreise ermöglicht, die sich viele leisten können. Geflogen wird seit Jahren in einer „flug-freundlichen" Welt: immer mehr Flughäfen, immer mehr Verbindungen, ein maßgeschneidertes Angebot von Hotel- und Freizeitinfrastruktur und vereinfachte Visabestimmungen machen das Flugzeug zu einem sehr attraktiven Verkehrsmittel. Auf der Nachfrageseite ist festzustellen, dass wachsender materieller Wohlstand mit mehr Flugreisen pro Haushalt einhergeht, was sich beispielsweise in den gesellschaftlichen Mittelschichten von Europa, USA, und zunehmend auch Indien oder China zeigt.

Fliegen ist Alltag. Nichts vor am langen Wochenende? Warum nicht mal nach Rom oder London fliegen? Der spontane Billigflug ist Alltag für einen Teil der Bevölkerung geworden und der Tourismus ist ein entscheidender Treiber für das stark wachsende Passagieraufkommen. Eine repräsentative Erhebung in Deutschland ergab, dass insbesondere Personen des „gehobenen" sowie „kritisch-kreativen" Milieus viel fliegen. Besonders Singles steigen häufig in den Flieger. Auch im alltäglichen globalen Business ist Fliegen der Normalfall. 20,8 Mio. Geschäftsreisen wurden 2017 mit dem Flugzeug unternommen. Bemerkenswert: Jede und jeder zweite Geschäftsreisende flog in diesem Jahr im Durchschnitt sogar elf Mal oder mehr. Das bedeutet auch: Bei einer Verteuerung von Flugreisen wären die negativen sozialen Effekte begrenzt, weil sozioökonomisch schwächere Zielgruppen ohnehin seltener das Flugzeug benutzen.

Fliegen ermöglicht weltweit schnelle Lieferung. Auch das Luftfrachtaufkommen ist enorm gewachsen – zwischen 1991 und 2017 allein in Deutschland um rund 240 Prozent. Über den ganzen Globus verteilte Lieferketten und Wertschöpfungsstufen wären ohne Flugzeug für viele Waren nicht denkbar. Obwohl die Preise für Luftfracht um ein Vielfaches höher liegen als der Gütertransport per Straße, Schiene oder auf See, ist das Flugzeug für Waren mit hoher Dringlichkeit, kurzer Lebensdauer oder besonders hohen Werten rentabel. Vor allem aber haben sich sowohl Firmen als auch Konsumenten daran gewöhnt, dass Produkte aus fernen Ländern jederzeit und unverzüglich zur Verfügung stehen. Für die deutsche Volkswirtschaft gilt, dass 27 Prozent des Wertes aller ein- und ausgeführten Güter in Drittstaaten heute per Flugzeug transportiert werden.

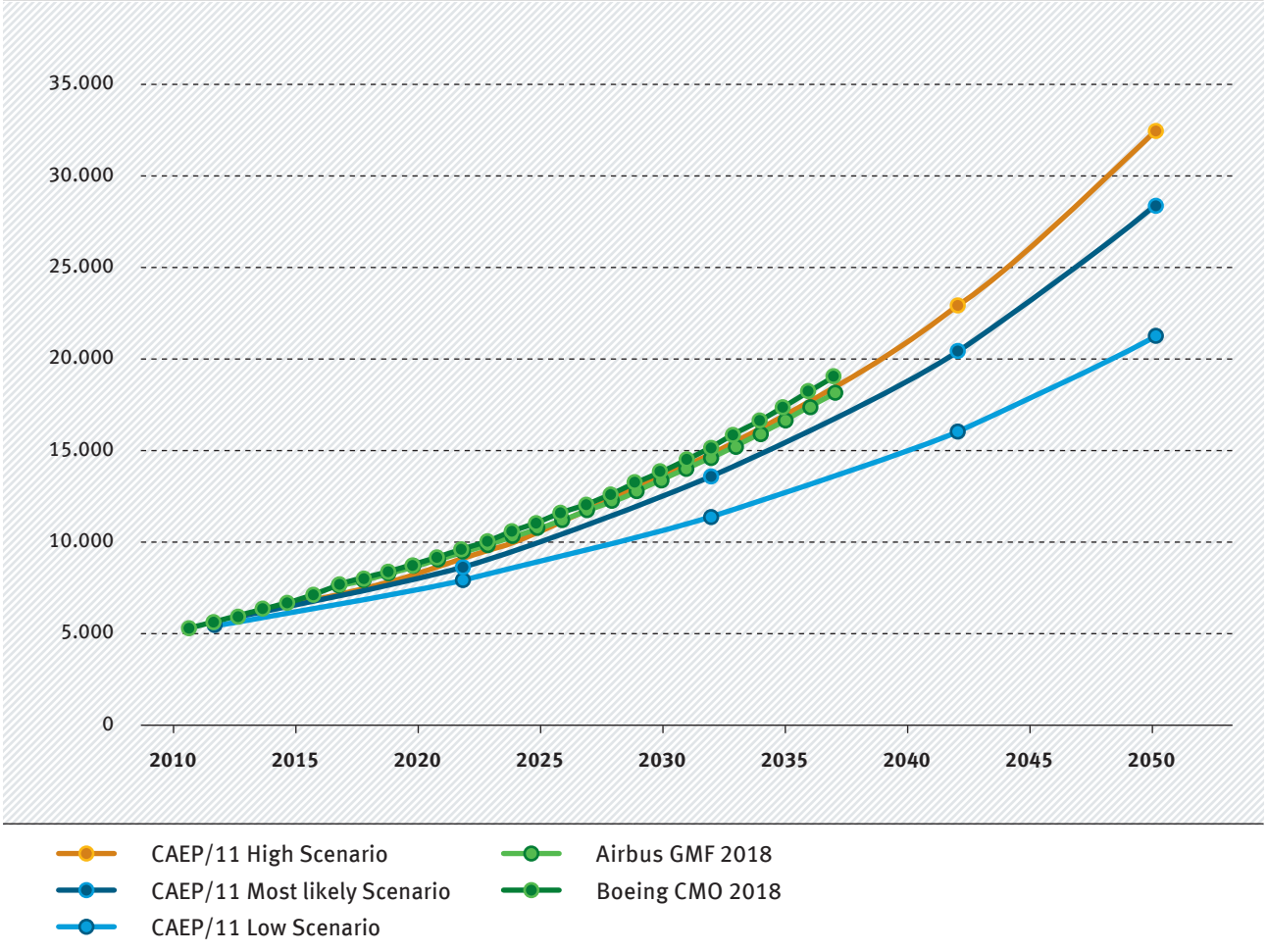
Und in Zukunft?

Der Luftverkehr wird weiter wachsen – zumindest wenn alles so weitergeht wie bisher. Darin sind sich sowohl die Flugzeughersteller Airbus und Boeing als auch Behörden, Forschungsinstitute und die Internationale Zivilluftfahrt-Organisation ICAO einig. Wie steil die Wachstumskurve wird, hängt u. a. von der Weltwirtschaftslage ab. Die ICAO – die Sonderorganisation der Vereinten Nationen für den internationalen zivilen Luftverkehr – geht davon aus, dass in einer wirtschaftlich florierenden Welt die Zahl der Passagierkilometer pro Jahr um 4,8 Prozent ansteigt, selbst bei geringem Wirtschaftswachstum liegt das jährliche Plus immer noch bei 3,6 Prozent. Das von der ICAO als am wahrscheinlichsten angesehene Szenario (siehe Abbildung 01, „most likely scenario") kommt auf einen Zuwachs von jährlich 4,4 Prozent – damit würde sich die Verkehrsleistung etwa alle 16 Jahre verdoppeln.

Abbildung 01

Vergleich der Luftverkehrsprognosen bis 2037 bzw. 2050

Verkehrsleistung (Mrd. Personenkilometer)



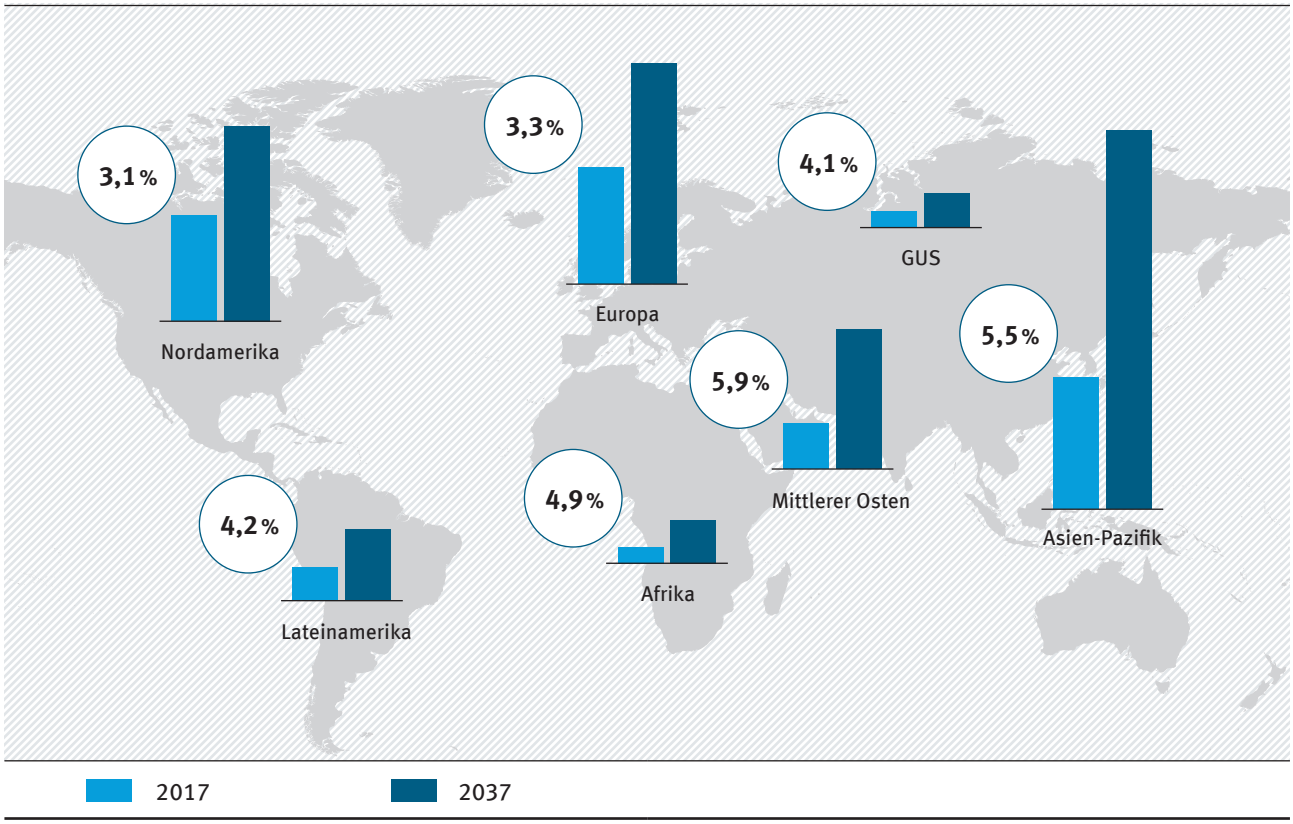
Quelle: Eigene Darstellung nach Öko-Institut (2019)

Sicher ist auch: Das Plus fällt nicht überall auf der Welt gleich groß aus. Relativ hohe Wachstumsraten der Verkehrsleistung mit bis zu sechs Prozent jährlich sind für Asien und den Mittleren Osten zu erwarten (siehe Abbildung 02). Die verkehrsstärksten Regionen Europa und Nordamerika werden um gut drei Prozent pro Jahr wachsen.



Abbildung 02

Wachstum der Verkehrsleistung 2017 bis 2037 in Personenkilometer, nach Weltregionen



Quelle: Eigene Darstellung nach Airbus (2018)

Für Deutschland ist bis 2030 mit einer jährlichen Zunahme der Passagierzahlen von 3,3 Prozent zu rechnen. In Zahlen: Gab es 2017 rund 115 Millionen Einsteiger, werden es 2030 etwa 175 Millionen sein. Der rein innerdeutsche Luftverkehr wächst dabei mit knapp 1,5 Prozent bis 2030 deutlich langsamer und erreicht allmählich eine Sättigung. Ganz anders beim Frachtverkehr. Er legt in Deutschland bis 2030 auf 7,3 Millionen Tonnen zu, was seit 2014 mehr als einer Verdreifachung gleichkommt und einem jährlichen Wachstum von 7,5 Prozent entspricht.

Wenn mehr Menschen fliegen und mehr Fracht transportiert wird, sind mehr und größere Flugzeuge notwendig. Airbus rechnet mit einer Verdopplung der globalen Flugzeugflotte bis 2036. Dieses Wachstum führt zu mehr Emissionen, mehr Lärm, höherem Ressourcenverbrauch und erfordert weltweit einen Aus- und Neubau der notwendigen Infrastruktur. Neue, deutlich effizientere und leisere Flugzeuge können Emissionen und Lärm zwar reduzieren. Sie durchdringen den Markt aber nur allmählich, da eine Maschine durchschnittlich rund 20 Jahre im Einsatz ist.

Der gewerbliche Luftverkehr wurde in den letzten Dekaden fast ausschließlich mit kerosinbetriebenen Strahlturbinen-Flugzeugen abgewickelt, die 100 bis 500 Passagiere befördern können. Künftig könnten aber auch elektrische Antriebe eine Rolle spielen. Allerdings sind für tonnenschwere Flugzeuge, die Strecken von mehreren tausend Kilometern zurücklegen, die Anforderungen an Batteriesysteme ungleich höher als beispielsweise für Pkw. Die Energiedichte der Speicher erreicht derzeit erst etwa ein Zehntel der benötigen Leistung, die der Einsatz im Luftverkehr verlangt. Expertinnen und Experten erwarten daher, dass möglicherweise zunächst hybride Flugzeuge an den Start gehen, bei denen Strom nur einen Teil der Antriebsenergie bereitstellt. Daher werden flüssige Kraftstoffe weiterhin den gewerblichen Linien- und Charterluftverkehr dominieren.





Ungeliebte Fracht: Umwelt-belastungen durch den Luftverkehr


3

Ungeliebte Fracht: Umweltbelastungen durch den Luftverkehr

Im Grunde weiß es jeder: Der Verkehr am Himmel schadet Umwelt und Klima, verschlechtert die Luftqualität und kann so auch negativ auf die Gesundheit der Menschen wirken. Der Bau von Flugzeugen und Flughäfen verbraucht Flächen und Material. Ein besonders großes Problem ist für viele Menschen der Lärm, den Flugzeuge verursachen.



Energieverbrauch: Kerosinverbrauch und Endenergiebedarf des Luftverkehrs steigen kontinuierlich. Da immer mehr geflogen wird, können daran auch effizientere Flugzeuge wenig ändern. In Deutschland hat sich die getankte Kerosinmenge zwischen 1990 und 2017 mehr als verdoppelt, weltweit stieg sie in dieser Zeit um 73 Prozent. Schätzungen zufolge wird der Luftverkehr im Jahr 2050 zwei- bis viermal so viel Kerosin verbrennen wie heute.

Klimaeffekte: Beim Verbrennen von Kerosin entsteht Kohlendioxid (CO_2) und in kleineren Mengen Methan und Lachgas. Diese Gase verändern die Strahlungsbilanz und erzeugen einen zusätzlichen Treibhauseffekt – die Erde heizt sich auf. Außerdem emittiert ein Flugzeug Partikel, Wasserdampf, Schwefel- und Stickoxide, die in Reiseflughöhe für die Bildung von Kondensstreifen und zusätzlichen Zirruswolken verantwortlich sind sowie auf die Konzentrationen einiger atmosphärischer Gase Einfluss nehmen. Von diesen so genannten Nicht-CO_2-Effekten haben einige eine abkühlende, andere eine erwärmende Wirkung. Unterm Strich haben sie nach Überzeugung der Klimaforschung aber eine aufheizende Wirkung.

Die Gesamtklimawirkung aller Abgase eines Flugzeugs liegt in Reiseflughöhe etwa um den Faktor zwei bis drei höher als die der reinen CO_2-Emissionen.

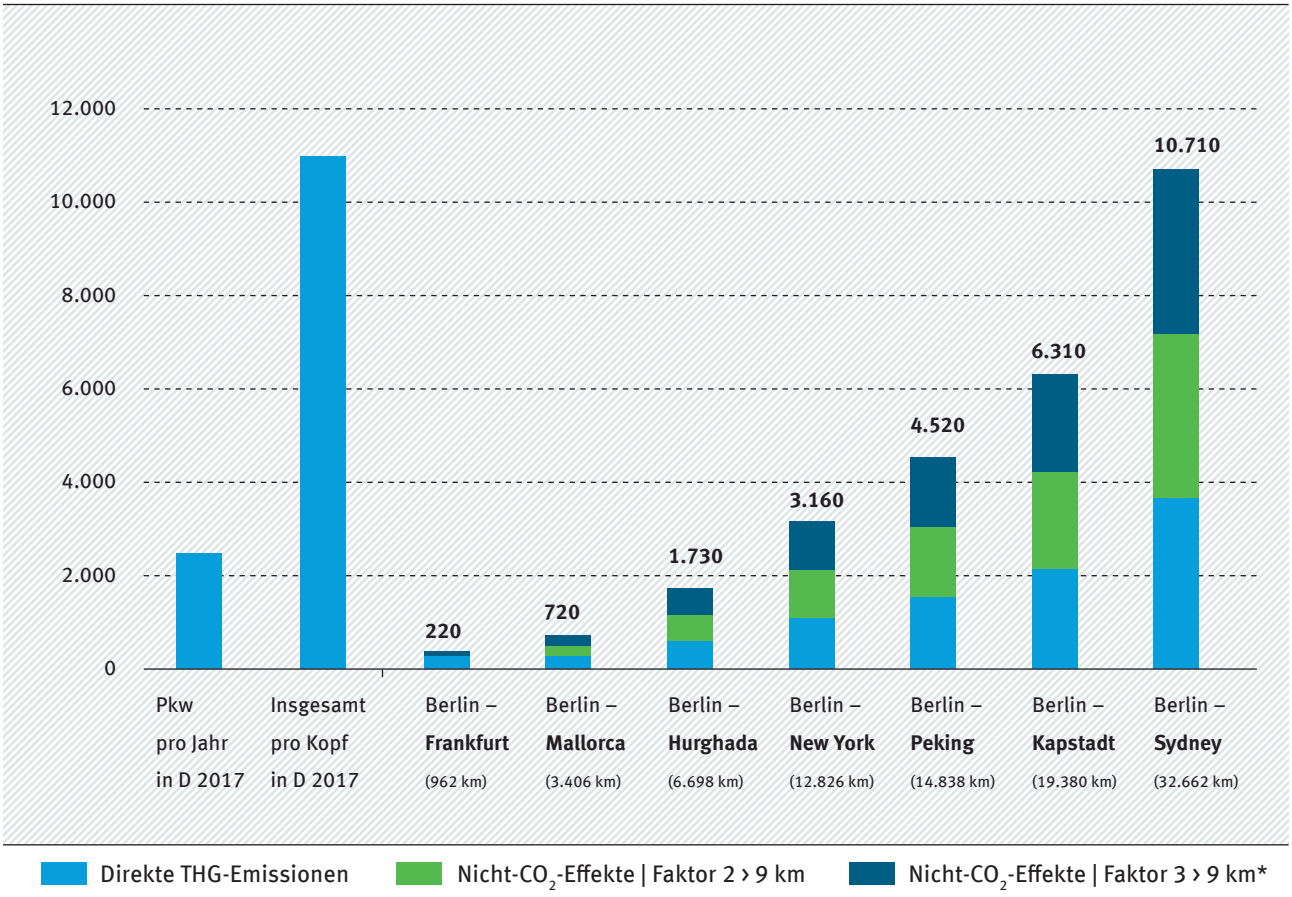
Zwar scheint der Flugverkehr im Gesamtbild – verglichen beispielsweise mit Kraftwerken oder Autoverkehr – derzeit einen noch relativ kleinen Teil der vom Menschen erzeugten Treibhausgase zu verursachen. So entfallen derzeit rund 2,5 Prozent der weltweit emittierten CO_2-Emissionen auf den Luftverkehr. Diese Zahl berücksichtigt aber nicht die höhere Klimawirksamkeit von schädlichen Stoffen in Reiseflughöhe. Rechnet man die Nicht-CO_2-Effekte mit ein, liegt schon heute der Anteil des Luftverkehrs an der globalen Klimawirkung bei fünf bis acht Prozent.

Zudem handelt es sich hierbei nur um eine Momentaufnahme. Die CO_2-Emissionen des Flugverkehrs drohen den einschlägigen Prognosen nach innerhalb der kommenden 20 bis 30 Jahre deutlich zuzunehmen – in Deutschland um rund 45 Prozent bis 2050, global mindestens um das Doppelte. Da der Flugverkehr wächst, nehmen auch seine Klimawirkung und damit sein Anteil am Klimawandel zu. Nicht zuletzt: Wer fliegt, legt in aller Regel größere Distanzen zurück als mit Zug oder Auto. In der Folge kann bereits mit einer einzelnen Langstrecken-Flugreise ein höherer Klimaschaden entstehen als durch ein ganzes Jahr Autofahren (siehe Abbildung 03).

Verschärft werden die Klimaeffekte durch zivile Überschallflugzeuge, die derzeit von mehreren Firmen entwickelt werden. Es wird erwartet, dass diese im Vergleich zu heutigen Maschinen die fünf- bis siebenfache Menge an CO_2 pro Passagier ausstoßen. Da sie voraussichtlich noch höher und damit in empfindlicheren Luftschichten fliegen, werden sie auch die Nicht-CO_2-Effekte verstärken.

Abbildung 03

Klimawirkung von Hin- und Rückflug pro Person im Vergleich
in kg CO_2-Äquivalenten



* Differenz zu Faktor 2

Quelle: Eigene Berechnung nach atmosfair (2019)

Die Belastungen durch den weltweiten Flugverkehr sind eine große Herausforderung für die Klimaschutzziele der internationalen Staatengemeinschaft: Diese will die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzen, wofür weltweit eine Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 erreicht werden muss. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlicher haben errechnet, wie groß das CO_2-Budget ist, das bis dahin global noch emittiert werden darf, um diese Ziele zu erfüllen. Demnach benötigt der gesamte zivile Luftverkehr bis 2050 zwischen 4,3 und 14,8 Prozent dieses Budgets – je nachdem, wie stark die Weltwirtschaft in dieser Zeit wachsen wird.

Die internationale Luftfahrtbranche hat sich bisher nur darauf verständigt, die direkten CO_2-Emissionen bis 2050 auf die Hälfte des Ausgangsniveaus von 2005 zu senken. Vor allem durch die Kompensation mit Emissionsminderungszertifikaten soll das Wachstum des Luftverkehrs ab 2020 bis 2035 CO_2-neutral erfolgen. Auch wenn das gelingen sollte, bleibt ein Problem: Die klimaschädlichen Nicht-CO_2-Effekte des Luftverkehrs sind ausgeklammert. Klimaneutrales Fliegen ist also auch langfristig mit den bisherigen Technologien nicht möglich. Die Staatengemeinschaft müsste somit nicht nur die direkten Treibhausgas-Emissionen des Luftverkehrs reduzieren, sondern auch die Nicht-CO_2-Effekte drastisch mindern, wenn sie ihre Klimaschutzziele ernst nimmt.

Luftbelastung: Der Flugbetrieb und die weiteren Aktivitäten am Flughafen erzeugen Luftschadstoffe wie Stickoxide, Kohlenwasserstoffe oder Feinstaub. Vergleichsmessungen zeigen aber, dass die Konzentration dieser Schadstoffe an und um einen Flughafen nicht auffallend höher ist als in anderen Gebieten. Triebwerke erzeugen allerdings auch ultrafeine Partikel (UFP), die aus Ruß und schwefelhaltigen Teilchen bestehen. Da diese Partikel winzig sind, können gängige Analyseverfahren sie derzeit nur unzureichend erfassen. Wissenschaftliche Einzelmessungen in den USA, in den Niederlanden und Dänemark zeigen zwar eine erhöhte UFP-Belastung in Flughafennähe. Klare Aussagen zum Beitrag des Luftverkehrs sind aber schwierig, weil Ultrafeinstäube auch durch Autoverkehr, Industrie und Heizungen in Privathaushalten entstehen.

Relevant für die Gesundheit sind aus heutiger Sicht insbesondere Feinstaub und Stickstoffdioxid (NO2). Letzteres hat eine stark oxidative Wirkung und kann im Lungengewebe Zellschäden und Entzündungen auslösen. Auch Feinstäube dringen tief in die Atemwege ein, UFP kann sogar in den Blutkreislauf übergehen und wird für Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit verantwortlich gemacht. Zwar fehlt es bislang an belastbaren Aussagen insbesondere über die langfristigen gesundheitlichen Effekte von Ultrafeinstäuben. Gemäß dem Vorsorgeprinzip sollten dennoch die Emissionen der UFP und deren relevanter Vorläufersubstanzen reduziert werden.

Fluglärm: Fliegen macht Krach und kaum jemand möchte in unmittelbarer Nähe eines Flughafens wohnen. Umfragen des UBA zeigen, dass sich vier von zehn Menschen in Deutschland durch Fluglärm belästig fühlen. Flugzeuge sind für viele die schlimmste Lärmquelle im Verkehrssektor, weil sie bei gleichem Lärmpegel mehr stören als Autos oder Züge. Die aktuelle Lärmkartierung nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie aus dem Jahr 2017 zeigt, dass an den elf großen deutschen Flughäfen mehr als 800.000 Menschen von Fluglärm betroffen sind, nachts mehr als 200.000 Menschen. Die meisten davon leben in der Nähe der Flughäfen von Berlin, Frankfurt/Main und Köln/Bonn (siehe Tabelle 01).

Tatsächlich ist die Zahl der Lärmgeplagten noch größer. Nicht erfasst von dieser Kartierung werden zum einen kleinere Verkehrsflughäfen, militärische Flugplätze und Landeplätze für Propellerflugzeuge. Zum anderen sind hier nur Personen mit einer Belastung von über 55 dB(A) für den 24-Stunden-Tag (L_{DEN}) und 50 dB(A) für die Nacht (L_{Night}) aufgelistet.



Tab. 01

Fluglärm-Betroffene an Großflughäfen in Deutschland 2017 nach EU-Umgebungslärmrichtlinie

Bundesland	Großflughafen	L_{DEN} >55 dB(A)	L_{DEN} >60 dB(A)	L_{DEN} >65 dB(A)	L_{DEN} >70 dB(A)	L_{Night} >50 dB(A)	L_{Night} >55 dB(A)	L_{Night} >60 dB(A)
Brandenburg/Berlin	Berlin-Schönefeld	34.600	12.100	400	0	14.000	600	0
Berlin	Berlin-Tegel	278.800	133.900	25.300	2.500	90.200	16.200	1.000
Baden-Württemberg	Stuttgart	35.500	4.500	0	0	1.700	0	0
Bayern	München	13.700	2.900	200	0	3.600	200	0
Bayern	Nürnberg	12.100	1.900	100	0	4.300	200	0
Hessen	Frankfurt am Main	189.300	18.400	0	0	36.700	300	0
Hamburg	Hamburg-Fuhlsbüttel	63.400	17.600	4.100	200	9.900	1.800	200
Niedersachsen	Hannover-Langenhagen	19.500	4.700	200	0	9.200	1.600	0
Nordrhein-Westfalen	Düsseldorf	56.700	19.600	3.400	1.000	9.800	2.600	0
Nordrhein-Westfalen	Köln/Bonn	101.400	17.700	600	0	53.000	10.600	300
Sachsen	Leipzig/Halle	10.500	2.600	0	0	8.100	2.100	0
Summe		815.500	235.900	34.300	3.700	240.500	36.200	1.500

Quelle: Umweltbundesamt (2018)

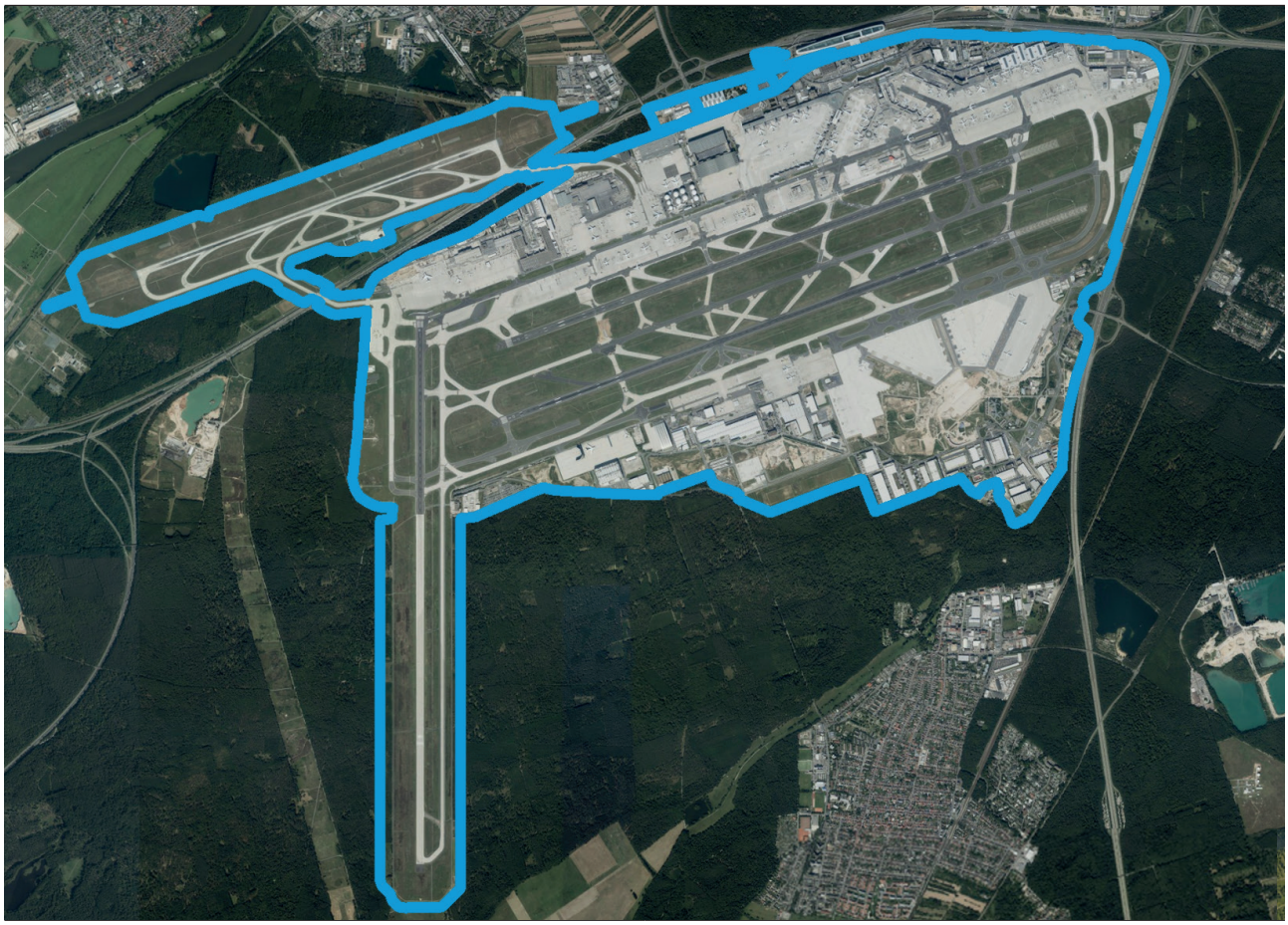
Die Zahl der Fluglärmgeplagten ist seit 2012 gewachsen, denn es fliegen immer mehr große Jets und immer mehr Flugzeuge in der Nacht. Für die 47 größten europäischen Flughäfen sagen Prognosen voraus, dass die Belastung bis 2040 in etwa gleichbleibt. Zwar steigt künftig der Anteil an leiseren Flugzeugen, dieser Vorteil aber wird durch den Zuwachs an Flugbewegungen weitgehend kompensiert.

Zuviel Fluglärm kann krank machen. Er mindert die Lebens- und Schlafqualität und kann Blutdruck, Herzfrequenz, Hormonhaushalt und Stoffwechsel beeinträchtigen. Die Weltgesundheitsorganisation empfiehlt daher, dass zum Schutz vor Fluglärm ein L_{DEN}-Wert von 45 dB(A) und ein L_{Night}-Wert von 40 dB(A) eingehalten werden soll, um die Bevölkerung vor den Auswirkungen des Lärms auf die menschliche Gesundheit zu schützen. Diese Empfehlungen unterstützt das UBA.

Flächenverbrauch: Flughäfen brauchen Platz – für Start- und Landebahnen, Vorfeld, Hangars, Anlagen der Flugsicherung und Gebäude für Verwaltung, die Abfertigung von Passagieren und den Umschlag von Luftfracht. Hinzu kommen Zufahrtsstraßen, Parkplätze, Hotellerie, Gastronomie und Gewerbe. Ein moderner Flughafen gleicht heute oft einer kleinen Siedlung mit angeschlossenem Rollfeld. Start- und Landebahnen machen dabei nur einen kleinen Teil aus.

Abbildung 04

Luftbildaufnahme des Flughafens Frankfurt/Main
Hervorhebung der Flughafengrenze



Abrenzung des Flughafens

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Basis-DLM (AAA) und DOP20 © GeoBasis-DE / BKG (2019)

Für die 25 deutschen Verkehrsflughäfen mit jährlich mindestens 200.000 Passagieren beträgt die Gesamtfläche aller Flughafengelände rund 140 Quadratkilometer. Nur etwa 4 Prozent davon sind Start- und Landebahnen. 40 Prozent der Gesamtfläche sind im Durchschnitt versiegelt. Weitere 13 Regionalflughäfen beanspruchen zusätzlich rund 40 Quadratkilometer. Alle deutschen Verkehrs- und Regionalflughäfen zusammen haben damit in etwa die Größe der Stadt Potsdam. Erstaunlich dabei: Weitere ca. 190 km² – und damit nochmal etwas mehr als die Gesamtfläche aller Verkehrs- und Regionalflughäfen – benötigen ca. 950 kleine Landeplätze, die nur zum Teil für den gewerblichen Luftverkehr und ansonsten für sportliche oder private Zwecke oder für Rettungsdienste genutzt werden. Die Flächeneffizienz, also das Passagier- und Frachtaufkommen pro Hektar, ist bei kleineren Landeplätzen ausgesprochen ungünstig.



Wasser und Boden: Damit ein sicherer Flugbetrieb gewährleistet ist, müssen Flugzeuge und Betriebsflächen im Winter enteist werden. Dabei entsteht Abwasser, das mit Kohlenwasserstoffen, aber auch mit Salzen und Schadstoffen verunreinigt ist. Das Abwasser muss daher getrennt aufgefangen und gereinigt werden, was an deutschen Flughäfen auch erfolgt. Problematisch ist der Einsatz fluorhaltiger Löschschäume bei Bränden von Flüssigkeiten und schmelzenden Feststoffen. Die im Schaum enthaltenen Fluorchemikalien (per- und polyfluorierte Chemikalien – PFC) sind chemisch so stabil, dass sie weder im Boden noch in Kläranlagen zu unbedenklichen Stoffen abgebaut werden. Die heute verwendeten PFC in Löschschäumen sind sehr mobil, d.h. sie werden von Böden kaum zurückgehalten und werden dadurch schnell in das Grundwasser verlagert.

Deshalb muss das Löschwasser aufgefangen, gereinigt und fachgerecht entsorgt werden. Für die Sanierung der verunreinigten Böden und Grundwässer sind für diese sogenannten kurzkettigen PFC keine effektiven und effizienten Verfahren verfügbar. Aufgrund der Umweltproblematik haben einige Flughäfen bereits auf fluorfreie Löschschäume umgestellt, darunter auch internationale Flughäfen, wie der Flughafen London-Heathrow.

Viel Luft nach oben: Vision eines umweltschonenden Luftverkehrs




4

Viel Luft nach oben: Vision eines umweltschonenden Luftverkehrs

Der globale Luftverkehr steuert derzeit in die falsche Richtung. Sein enormes Wachstum durchkreuzt globale Klimaschutzziele, gefährdet die Gesundheit der Menschen durch Lärm und Luftschadstoffe, verbraucht endliche Ressourcen und ist alles andere als nachhaltig. Daher rät das UBA zu einem deutlichen Umsteuern.

Wie aber sieht ein besserer Luftverkehr aus? Welche Ziele müssen bis wann erreicht werden? Und über welche Wege? Das UBA hat dafür eine **Vision eines umweltschonenden Luftverkehrs** entwickelt. Sie konkretisiert die umwelt- und verkehrspolitischen Ziele, die sowohl mittelfristig (2030) und langfristig (2050) erreicht werden sollen.

Die **acht Bausteine** der Vision basieren auf einer Palette von Instrumenten und Maßnahmen auf nationaler, europäischer und internationaler Handlungsebene. Manche Bausteine sind einfacher, andere schwerer zu realisieren. Dennoch ist die Beschränkung auf einzelne Maßnahmenbereiche nicht ratsam, da dann andere Umweltprobleme des Luftverkehrs ungelöst bleiben. Viele der Ziele sind miteinander verzahnt – auch das spricht dagegen, nur einzelne Bausteine zu realisieren.

Eine Vision blickt stets nach vorne und muss mit ihren Zielen vom Boden abheben. Das gilt auch für die UBA-Vision eines umweltschonenden Luftverkehrs. Sie ist dennoch keine Utopie, denn die Ziele und Szenarien sind erreichbar: mit den richtigen ökonomischen Rahmenbedingungen, mit ehrgeizigen Zielvorgaben und abgestimmten, ambitionierten Maßnahmenpaketen.

Werden die acht Bausteine Realität, kann Luftverkehr im Jahr 2050 verträglich für Mensch und Umwelt sein. Geflogen wird dann mit wesentlich leiseren, emissionsarmen und effizienteren Luftfahrzeugen – und einem völlig neuen, umweltschonenden Treibstoff. Die Nicht-CO_2-Effekte in großen Höhen sind minimiert. Kurzstreckenflüge werden überflüssig. Das Flugaufkommen entwickelt sich im Einklang mit seiner Umweltverträglichkeit.



Baustein 1:
Infrastruktur nachhaltig gestalten

In der Vision des UBA nutzt der Bund konsequent seine Steuerungsmöglichkeiten, um in Deutschland eine umweltverträgliche Luftverkehrsinfrastruktur zu realisieren. Flugplätze werden nur dann erweitert, wenn die Pläne im Einklang stehen mit einer bundesweiten Standortplanung und die umweltpolitischen Ziele erfüllen – dies gilt insbesondere für die Flughäfen mit Nachtflugbetrieb. Weitere Verkehrsflughäfen werden in Deutschland nicht mehr gebaut. Standorte, für die laut dieser Planung kein Bedarf festgestellt wurde, werden bis 2050 geschlossen, die frei werdenden Flächen renaturiert oder umgewidmet.

Wer Flughäfen betreibt und nutzt, muss für die Kosten aufkommen – Subventionierungen darf es nicht mehr geben. Entsprechend angepasste verursachergerechte Steuern und Gebühren werden bis 2050 dazu beitragen, das Luftverkehrsaufkommen zu lenken und die vorhandene Infrastruktur so zu nutzen, dass Umweltbelastungen rund um die Flughäfen so weit wie möglich verringert werden. Die bundesweite Flughafenstandortplanung wirkt auch darauf hin, dass auf bereits stark belastenden, siedlungsnahen Flughäfen nur noch der an diesem Standort unbedingt notwendige Verkehr stattfindet.



Baustein 2:
Kurzstreckenflüge auf die Schiene verlagern

Auf Strecken, auf denen der Zug ähnlich schnell ist wie der Flieger (inklusive An-/Abfahrt, Check-In/Check-Out), finden 2030 keine Linienflüge mehr statt. Denn die Bahn ist durch den konsequenten Ausbau des Schienennetzes und ein deutlich verbessertes Angebot zu einer attraktiven Alternative geworden.

Dies gilt insbesondere für Verbindungen zwischen den Ballungszentren, die innerhalb von rund vier Stunden auch mit der Bahn erreichbar sind. Durch die Verlagerung von Kurzstreckenflügen auf die Bahn werden an den Flughäfen Kapazitäten frei. Eine enge Anbindung der deutschen Großflughäfen an das Fernverkehrsnetz ersetzt Zubringerflüge. Eine Änderung des steuerlichen Rahmens für Luft- und Schienenverkehr erhöht zudem die Attraktivität der Bahn.

Bis 2050 verfügt Deutschland über ein gutes Schienenverkehrsangebot mit hoher Servicequalität, das nahezu alle Linienflüge zwischen deutschen Verkehrsflughäfen und Ballungszentren ersetzen kann. Das gilt auch für viele kürzere, grenzüberschreitende Flugverbindungen. Bei längeren Flugstrecken macht die Verknüpfung von Bahnfahrt und Flug mit einem einzigen Ticket die Anreise mit dem eigenen Auto überflüssig. Von einer leistungsfähigen Schiene profitiert auch der Güterverkehr: Bis 2050 ersetzen schnelle Güterzüge, die auch nachts unterwegs sind, nationale Frachtflüge.



Baustein 3:

Klimarelevante Emissionen minimieren

Ziel 2030: Treibhausgasemissionen deutlich reduzieren

Deutschland und Europa werden Instrumente einführen, die bis 2030 die CO_2-Emissionen des Luftverkehrs auf das Niveau von 2010 zurückführen. Gleichzeitig wird sich die internationale Staatengemeinschaft auf einen globalen Klimaschutzmechanismus verständigen, der die CO_2-Emissionen des Luftverkehrs weltweit reduziert.

Parallel beginnt die Umstellung auf synthetische Kraftstoffe, die aus erneuerbarem Strom hergestellt werden (Power to Liquid, PtL). Im ersten Schritt entstehen weltweit Demonstrationsanlagen an Standorten, an denen ausreichend erneuerbarer Strom zu günstigen Preisen zur Verfügung steht. Durch erhebliche Anlageninvestitionen der führenden Volkswirtschaften wie Deutschland gelingt bis 2030 die PtL-Produktion in großtechnischen Mengen und zu marktfähigen Preisen. Einzelne Airlines beginnen mit der großflächigen Einführung von PtL und ersetzen Schritt für Schritt fossiles Kerosin. Ordnungspolitische Maßnahmen auf nationaler, später auf europäischer Ebene, z. B. eine verbindliche Beimischungsquote, beschleunigen die Markteinführung von PtL.

Da klimawirksame Emissionen z. B. von Wasserdampf selbst beim Einsatz von PtL nicht völlig vermeidbar sind, müssen auch die Nicht-CO_2-Effekte des Luftverkehrs gemindert werden. Bis 2030 sind die Klimawirkungen von Nicht-CO_2-Emissionen der Flugzeuge detaillierter erforscht und für Einzelflüge quantifizierbar, so dass Flugrouten nach ihrer Klimawirkung optimiert werden können. Die Integration der Nicht-CO_2-Effekte in einen effizienten, globalen Klimaschutzmechanismus beginnt. Sind globale Regelungen dafür nicht oder nicht schnell genug umsetzbar, beginnen europäische Vorreiternationen mit der Integration der Nicht-CO_2-Effekte in den Emissionshandel.

Ziel 2050: weitgehend klimaneutral fliegen

Bis zum Jahr 2050 realisieren nicht nur Deutschland und die EU, sondern auch andere große Wirtschaftsregionen wie USA, Japan und China einen CO_2-neutralen Luftverkehr. Die direkten Treibhausgasemissionen aus fossilem Kerosin werden bis 2050 auf null reduziert, unter anderem, indem PtL-Kraftstoffe global flächendeckend eingesetzt werden. Flugzeuge der Zukunft sind so effizient, dass sie 2050 rund 55 Prozent weniger Kraftstoff pro Personen- und Tonnenkilometer benötigen als 2010. Über diesen Zeitraum steigt die Effizienz der Flugzeugflotte um etwa zwei Prozent pro Jahr.

Zur Minimierung der Nicht-CO_2-Effekte werden diese, über das klimafreundliche Routing eines jeden Fluges hinaus, in den Klimaschutzmechanismus des Luftverkehrs integriert. Die Nicht-CO_2-Effekte sind bis 2050 im Vergleich zu 2010 deutlich geringer.

Baustein 4:

Lärm reduzieren – Bevölkerung schützen

Gravierende gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Fluglärm werden vermieden, indem bis 2030 alle deutschen Flughäfen mit Lärmkontingenten die Mittelungspegel in Wohngebieten tagsüber auf 63 dB(A) begrenzen.

Bis zum Jahr 2050 wird auf allen stadtnahen Flughäfen zwischen 22 und 6 Uhr der reguläre Flugbetrieb eingestellt. Nicht vermeidbare nächtliche Flüge werden an wenigen Flughäfen in dünn besiedelter Umgebung abgewickelt, so dass nachts Mittelungspegel in städtischen Wohngebieten von maximal 40 dB(A) eingehalten werden. Zudem werden Lärmminderungsmaßnahmen entschieden vorangetrieben und die Lärmkontingentierung verschärft, was die Fluglärmbelastung am Tag in Wohngebieten auf einen Mittelungspegel von 58 dB(A) senkt.

Diese Vorgaben können siedlungsferne Flughäfen durch strenge Emissionsauflagen und innovative Flugverfahren erfüllen. Stadtnahe Flughäfen realisieren die Lärmschutzziele auch durch eingeschränkten Flugbetrieb: Ein Teil der Verbindungen wird auf siedlungsferne Flughäfen mit einem leistungsfähigen Schienenanschluss verlagert.

Baustein 5:

Externe Umweltkosten dem Verursacher anlasten

Die erheblichen volkswirtschaftlichen Umwelt- und Gesundheitskosten, die der weltweite Luftverkehr verursacht, tragen künftig die Verursacher. Die Klimafolgekosten werden in Europa bis 2030 und weltweit bis 2050 verursachergerecht in vollem Umfang angelastet. Ähnliches gilt für die Gesundheitskosten durch Lärm und Luftschadstoffe. Sie werden in Deutschland bis 2030 zum großen Teil, bis 2050 in vollem Umfang dem Verursacher angelastet. Klima- und umweltweltschädliche Subventionen im Luftverkehr verschwinden – das gilt insbesondere für die Befreiung des Kerosins von der Energiesteuer, die bis 2030 schrittweise beendet wird. Die Internalisierung externer Kosten führt zu mehr Kostenwahrheit, verringert die Luftverkehrs-Nachfrage und verbessert die Wettbewerbsfähigkeit alternativer Verkehrsträger. Die erzielten Mehreinnahmen werden genutzt, um innovative Umwelt- und Klimaschutztechnologien im Luftverkehr voranzubringen.



Baustein 6:
Für saubere Luft vor Ort sorgen

Bis zum Jahr 2030 liegen umfangreiche Erkenntnisse über die Emissionsquellen (insbesondere von Stickoxiden, Partikeln und deren relevanter Vorläufersubstanzen) und kontinuierliche Daten über Ultrafeinstaubkonzentrationen im Umfeld von deutschen Flughäfen vor. Auch ist bis dahin geklärt, wie sich diese Emissionen reduzieren lassen und wie die gesetzlichen Immissionsgrenzwerte sicher eingehalten bzw. unterschritten werden können.

Flugzeuge verbrennen Kraftstoffe nur noch bei Start, Flug und Landung. Das wird möglich durch konsequente Elektrifizierung des Vorfeldverkehrs und durch die Versorgung geparkter Maschinen mit Bodenstrom und Frischluft über die Fluggastbrücke. Der verbleibende NO_x-Ausstoß je Start und Landung wird bis 2050 um 90 Prozent im Vergleich zu 2000 gemindert. Vergleichbare Reduktionen werden auch bei Partikelemissionen bzw. weiteren Vorläufersubstanzen der Partikelbildung erzielt.

Baustein 7:
Ressourcen schonen, Rohstoffe effizient nutzen

Bis 2030 werden neue Flugzeuge so konstruiert und die Werkstoffe so ausgewählt, dass Flieger möglichst leicht sind. Gezielt ausgewählte Werkstoffe machen es möglich, dass ausrangierte Luftfahrzeuge bis 2050 zum größten Teil recycelbar sind. Bei der Produktion von Flugzeugen wird Energie nur aus erneuerbaren Quellen genutzt. Zur effizienten Ressourcennutzung gehört auch der sparsame und schonende Umgang mit Flächen und Böden bei Erweiterung und Umbau von Flughäfen einschließlich Maßnahmen zur Nachnutzung oder Renaturierung aufgegebener Flugplatzflächen.

Baustein 8:
Weniger fliegen

Die zunehmenden Umwelt- und Gesundheitsprobleme durch den Flugverkehr erhalten mehr Raum in der politischen, gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Debatte. Bis zum Jahr 2030 findet bei vielen Menschen in Deutschland und Europa allmählich ein Umdenken statt. Unternehmen und Konsumenten reflektieren stärker als bisher ihre Wahl des Verkehrsträgers. Sie werden auf Grund ökonomischer Anreize, regulatorischer Maßnahmen und neuer Alternativen im Bahnverkehr seltener das Flugzeug wählen.

Bis 2050 setzt sich dieser Trend auch weltweit durch. Im besten Fall bedeutet das: Die Vermeidung von Urlaubsflügen, der Ersatz von Geschäftsflügen durch leistungsfähige Kommunikationsinfrastruktur und eine wachsende Nachfrage nach regional angebauten oder produzierten Waren tragen dazu bei, das Luftverkehrsaufkommen bis 2050 zu reduzieren.





Abbildung 05

Vision des Umweltbundesamtes für einen umweltschonenden Luftverkehr 2030/2050

Acht Bausteine



Baustein 1: Infrastruktur nachhaltig gestalten
Der Bund steuert mit einer übergeordneten ökologisch-orientierten Bedarfsplanung die Entwicklung der Luftverkehrsinfrastruktur. Eine Nutzerfinanzierung ist eingeführt.



Baustein 2: Kurzstreckenflüge auf die Schiene verlagern
Durch den Ausbau der Schieneninfrastruktur einschließlich Hochgeschwindigkeitstrassen können nahezu sämtliche innerdeutsche Flüge des Fracht- und Passagierverkehrs auf die Schiene verlagert werden.



Baustein 3: Klimarelevante Emissionen minimieren
Die klimarelevanten Emissionen des Luftverkehrs, einschließlich der Nicht-CO_2-Effekte, werden in internationale Klimaschutzmechanismen basierend auf einer CO_2-Bepreisung integriert. Regeneratives PtL wird bis 2050 als treibhausgasneutraler Kraftstoff weltweit eingeführt. Treibhausgasneutrales Fliegen ist 2050 Realität.



Baustein 4: Lärm reduzieren –Bevölkerung schützen
Bis 2050 werden an bedeutenden deutschen Flugplätzen Lärmkontingente eingeführt, welche die Fluglärmbelastung am Tag in Wohngebieten auf einen Mittelungspegel von 58 dB(A) begrenzen. An stadtnahen Flughäfen findet spätestens 2050 zwischen 22 und 6 Uhr kein regulärer Flugbetrieb mehr statt.



Baustein 5: Externe Umweltkosten dem Verursacher anlasten
Die Umwelt- und Gesundheitskosten des Luftverkehrs werden verursachergerecht angelastet (Internalisierung der externen Kosten). Umweltschädliche Steuervergünstigungen werden abgebaut.



Baustein 6: Für saubere Luft vor Ort sorgen
Die spezifischen Emissionen von Stickoxiden (NO_x), Partikeln und Vorläufersubstanzen werden bei Start- und Landevorgängen durch neue Triebwerkstechnologien bis 2050 um 90 % gegenüber 2000 gesenkt. Der Vorfeldverkehr wird durch Elektrifizierung emissionsfrei.



Baustein 7: Ressourcen schonen, Rohstoffe effizient nutzen
Die Herstellung von Luftfahrzeugen erfolgt bis 2050 vollständig recycelbar und mit erneuerbaren Energien. Durch sparsamen und schonenden Umgang mit Flächen und Böden bei der Entwicklung der Flughafeninfrastruktur sowie Maßnahmen zur Nachnutzung oder Renaturierung aufgegebener Flugplatzflächen wird die Flächennutzung minimiert.



Baustein 8: Weniger fliegen
Wo technische Innovationen und Maßnahmen nicht zu den erforderlichen Reduktionen der Klimawirkungen, Lärmimmissionen und Luftschadstoffemissionen führen, wird die Entwicklung des Luftverkehrsaufkommens mittels regulatorischer Instrumente und ökonomischer Anreize an seine Umweltverträglichkeit gekoppelt.

Quelle: Umweltbundesamt (2019)



Was wir tun können: Instrumente und Maßnahmen


5

Was wir tun können: Instrumente und Maßnahmen

Klar ist: Soll die Vision des Umweltbundesamtes für einen lärmarmen, umwelt- und klimaschonenden Luftverkehr Realität werden, ist dies eine große Herausforderung für alle Akteurinnen und Akteure. Es gibt kein Patentrezept und keine einfachen Lösungen. Erfolg verspricht nur ein Bündel von Maßnahmen und Instrumenten, von denen einige lokal oder national, manche europäisch, andere auf internationaler Ebene verankert werden müssen.

Ziel aller Maßnahmen und Instrumente ist es, den Luftverkehr idealerweise treibhausgasneutral zu gestalten, den Lärm deutlich zu mindern und von der Gesellschaft getragene Umweltkosten zu internalisieren, um für mehr Kostengerechtigkeit zu sorgen und wirksame umweltökonomische Anreize zu setzen. Die Empfehlungen und Handlungsvorschläge heben das bekannte System Luftverkehr nicht aus den Angeln. Vielmehr sind die meisten davon bereits Gesetz oder zumindest bekannt, in Ansätzen erprobt oder in Entwicklung.

Entscheidend ist die Zeit. Um die negativen Auswirkungen des Luftverkehrs auf Mensch und Umwelt abzubremsen, muss schnell gehandelt werden.

Bei globalen Herausforderungen, vor allem beim Klimaschutz, versprechen weltweite Instrumente natürlich größere Wirkung gegenüber nationalen oder europäischen Lösungen. Globale Abkommen oder Vorschriften brauchen aber lange. Wo eine große Lösung nicht in Sicht ist, müssen einzelne Akteure wie Deutschland oder die Europäische Union die ersten Schritte tun.

Der richtige Rahmen: ökonomische und raumplanerische Instrumente

Flugverkehr unterliegt einer Vielzahl von nationalen, europäischen und internationalen Abkommen, Gesetzen und Vorschriften. Das wird auch in Zukunft nicht anders sein. Von großer Bedeutung für einen umweltschonenden Luftverkehr sind daher die richtigen Rahmenbedingungen.

Wer sich über ein Billigticket für den nächsten Urlaub freut, sollte wissen, dass der günstige Preis auch Folge von Subventionen ist. Beispielsweise ist der grenzüberschreitende gewerbliche Luftverkehr in Europa von der Mehrwertsteuer befreit. Diese Subventionen liegen alleine für den deutschen Flugverkehr jährlich bei rund 4,2 Mrd. Euro. Subventioniert wird auch der Treibstoff. Auf Kerosin ist keine Energiesteuer zu entrichten. Würde die in Deutschland getankte Kerosinmenge mit einer Energiesteuer analog zu Benzin (65,45 Cent pro Liter) bepreist, beliefen sich die Steuereinnahmen auf rund 8,1 Mrd. Euro.

Die Befreiung von Mehrwertsteuer und Energiesteuer führt in Deutschland zu Wettbewerbsnachteilen für andere Verkehrsmittel wie der Bahn. Ein entsprechender Subventionsabbau im Luftverkehr hätte daher eine beträchtliche ökologische Lenkungswirkung und würde für mehr Steuergerechtigkeit sorgen.

Die Treibhausgasemissionen des Luftverkehrs müssen einen Preis bekommen. Ökonomische Instrumente beeinflussen die Kosten von Kerosin und Flugtickets, die Kosten von Luftfracht und die Höhe von Start- und Landeentgelten.

Ihr großes Plus: Durch sie können Umweltschutzziele zu geringeren volkswirtschaftlichen Kosten erreicht werden als beispielsweise durch ordnungsrechtliche Maßnahmen und Instrumente. Die Verursacherin bzw. der Verursacher entscheidet selbst, was für sie bzw. ihn wirtschaftlicher ist: die umweltschädlichen Belastungen zu reduzieren oder für die Belastungen einen Preis zu zahlen. Ihre Stärken haben ökonomische Instrumente insbesondere dort, wo die Gesamtbelastung entscheidend ist, z. B. beim Klimaschutz. Aber auch lokal können sie Belastungen mindern, ein Beispiel dafür sind lärm- und schadstoffabhängige Start- und Landeentgelte an Flughäfen.

Preispolitische Maßnahmen sind essentiell für einen umwelt- und klimaschonenden Luftverkehr, sie sind allein aber nicht ausreichend. Planungen helfen ebenfalls, den Luftverkehr in umweltfreundliche Bahnen zu lenken. Raumplanerische Instrumente bestimmen über die räumliche Verteilung der Flughafenkapazitäten, die Anbindung der Flughäfen an das Schienennetz sowie die Verteilung der Lärmbelastung und damit die Zahl der Lärmbetroffenen.

Deutschland, die EU, aber auch die internationale Staatengemeinschaft müssen sich stärker als bisher für ökonomische und raumplanerische Instrumente einsetzen, um einen stabilen Rahmen für umwelt- und klimaschonenden Luftverkehr zu formen. Das UBA schlägt hierfür fünf konkrete Aktionen vor.

Reform der Luftverkehrssteuer: 2011 wurde in Deutschland die Luftverkehrssteuer eingeführt. Seit Anfang 2019 werden pro Passagier für Kurzstreckenflüge 7,38 Euro, für Mittelstreckenflüge inkl. innerdeutsche Zubringerflüge 23,05 Euro, für Langstreckenflüge 41,49 Euro als Ticketsteuer fällig. Für die allermeisten Passagiere ist das ein eher bescheidener Zuschlag. Der günstige Kurzstreckentarif gilt nicht nur für geografisch kurze Entfernungen, sondern umfasst nahezu den gesamten Mittelmeerraum. Die Mittelstrecke reicht bis zur arabischen Halbinsel.

Die Luftverkehrssteuer ist auf 1 Mrd. Euro pro Jahr gedeckelt und an den europäischen Emissionshandel gekoppelt: Steigen die Einnahmen aus dem Handel mit Zertifikaten, sinken die Steuersätze entsprechend.

Ein Schritt für mehr Umweltschutz im Luftverkehr und für höhere Steuergerechtigkeit zwischen den Verkehrsträgern wäre die Aufhebung der Deckelung und die Entkopplung der Ticketsteuer vom Emissionshandel. Eine Reform der Luftverkehrssteuer ist zudem eine Gelegenheit, die Zuschläge auf ein ökologisch wirksames Maß anzuheben.

Konkret empfiehlt das UBA, kurzfristig die Luftverkehrssteuer mindestens zu verdoppeln und bis 2030 so weit zu erhöhen, dass die Steuerausfälle durch die Mehrwertsteuerbefreiung grenzüberschreitender Flüge ausgeglichen werden. Gleichzeitig ließen sich im Rahmen einer Reform die Entfernungsklassen überarbeiten und verursachergerechter gestalten. Würde die Ticketsteuer zudem danach gestaffelt, wieviel Lärm und Emissionen die eingesetzten Flugzeuge verursachen, würden sauberere und leisere Flugzeuge deutlich wirtschaftlicher.

Einführung einer Kerosinsteuer: Aus Sicht des UBA wäre eine EU-weite Kerosinsteuer ein weiterer wichtiger Schritt zur Gleichhandlung der Verkehrsarten und neben dem Emissionshandel eine zweite starke Säule für mehr Klima- und Umweltschutz im Luftverkehr. Die EU-Energiesteuerrichtlinie von 2003 erlaubt die Besteuerung bei Inlandsflügen und zwischen Mitgliedstaaten, die dies bilateral entsprechend vereinbaren. Allerdings wehren sich einige EU-Mitgliedstaaten gegen neue Steuern aufs Fliegen. Als ersten Schritt empfiehlt das UBA deshalb zeitnah eine solche Steuer auf nationaler Ebene: die Einführung des EU-Mindestenergiesteuersatz von 33 Cent pro Liter für inländische Flüge. Deutschland sollte zudem bilaterale Abkommen mit anderen Mitgliedstaaten schließen und somit zunächst im kleinen Kreis eine Kerosinsteuer einführen. Bilaterale Vereinbarungen können den Kern einer künftigen EU-weiten Lösung bilden, die bis 2030 umgesetzt sein sollte.

Innovations- und Demonstrationsfonds Luftverkehr: Die Erhöhung der Luftverkehrssteuer und die Einführung der Kerosinsteuer schaffen noch keine CO_2-Bepreisung im Luftverkehr, aber sie fördern eine steuerliche Gleichbehandlung der verschiedenen Verkehrsträger. Was aber tun mit den erzielten Steuermehreinnahmen aus dem Luftverkehr? Selbstverständlich wieder anteilig in gezielte Maßnahmen für umweltschonenderes Fliegen investieren! Dies kann – so der Vorschlag des UBA – ein neuer „Innovations- und Demonstrationsfonds Luftverkehr“ realisieren, über den beispielsweise Investitionen in moderne Flugzeugflotten, leisere Flieger, verbesserte Flugrouten, Suffizienzmaßnahmen und die Markteinführung alternativer, postfossiler Treibstoffe wie nachhaltiges Power to Liquid (PtL) gefördert werden. Bei der Auswahl der richtigen Projekte sollten erzielbare Emissionsminderung, Innovationsgrad, Übertragbarkeit und potenzielle Kostensenkungen ausschlaggebend sein.

Weiterentwicklung des Emissionshandels: Seit 2012 ist die Luftfahrtbranche wirksam eingebunden in den europäischen Emissionshandel (EU-ETS). Die Idee dahinter: Jedes Luftfahrtunternehmen, das Flüge zwischen europäischen Flughäfen durchführt, muss Berechtigungen für den Ausstoß von CO_2 abgeben. Die Höhe der gesamten Emissionen wird von der EU gedeckelt, dieser Deckel sinkt Jahr für Jahr ein wenig ab. Reichen die anfangs von den Staaten zugeteilten Berechtigungen nicht aus, muss die Airline am Markt CO_2-Zertifikate („Verschmutzungsrechte“) zukaufen. Dadurch, so das Ziel, sind alle verpflichteten Unternehmen daran interessiert, möglichst wenige Zertifikate zu beanspruchen und die eigenen Emissionen aktiv abzusenken.

Diese Rechnung ging bisher noch nicht ganz auf. Die Emissionen des Flugverkehrs sind trotz Emissionshandel weiter gestiegen. Ein Grund dafür sind die Rahmenbedingungen des EU-ETS, die bisher zu wenig anspruchsvoll für den Luftverkehr sind. So müssen Airlines nicht unbedingt ihre eigenen Emissionen mindern, sondern können fehlende Verschmutzungsrechte bei anderen Branchen (z. B. von Industrieanlagen oder Kraftwerken) innerhalb des EU-ETS zu kaufen. Auch erhielten die Fluggesellschaften aktuell noch rund die Hälfte ihrer benötigten Zertifikate kostenlos zugeteilt. Durch das Überangebot an Zertifikaten lag der Zertifikatspreis außerdem lange Jahre bei bescheidenen fünf bis zehn Euro pro Tonne CO_2, ist inzwischen aber zumindest auf über 25 Euro gestiegen.

In Kürze wird der Rahmen für den EU-ETS überarbeitet. Nach Auffassung des UBA müssen die Bedingungen deutlich verschärft werden. Besonders wirksam wäre eine schrittweise Beschränkung der Möglichkeit von Luftfahrtunternehmen, Zertifikate bei anderen Branchen zuzukaufen. Auch eine schnellere Absenkung des Emissionsdeckels, die Ausweitung der Versteigerungen und die Einbindung der Nicht-CO_2-Effekte in den Emissionshandel würden das Instrument Emissionshandel stärken. Sollte es zu keiner Verschärfung des EU-ETS bis 2030 kommen, sieht das UBA die Einführung einer CO_2-Komponente bei der Kerosinsteuer als Alternative. Für fossiles Kerosin würde dann eine höhere Steuer fällig als beispielsweise für mit erneuerbarem Strom produzierten Treibstoff (PtL).

Die ICAO strebt ab 2020 ein CO_2-neutrales Wachstum des internationalen Luftverkehrs an. Mit dem neuen „Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation“ (CORSIA) soll eine Kompensation von CO_2-Emissionen durch Erwerb von Gutschriften aus Klimaschutzprojekten und durch Zertifikate aus bestehenden Emissionshandelssystemen erfolgen. Zusätzlich sollen Flugzeuge effizienter werden, Flugrouten optimiert und nach und nach alternative Treibstoffe (darunter versteht die ICAO synthetisch hergestellte Treibstoffe, aber auch Biokraftstoffe und „bessere“ konventionelle Kraftstoffe) eingeführt werden.

CORSIA erfasst nach jetzigen Planungen etwa zwei Drittel der Gesamtemissionen des weltweiten zivilen Luftverkehrs. Flüge in weniger entwickelte Länder sind ausgeklammert. Die Teilnahme ist für Staaten bis 2026 freiwillig, ab 2027 soll es verpflichtende Kriterien für alle geben. Aus Sicht des UBA bedeutet CORSIA zwar eine Chance für mehr Klimaschutz auf globaler Ebene, in seiner jetzigen Ausgestaltung aber ist das System nicht schnell und nicht ambitioniert genug, um internationale Klimaziele zu erfüllen. Langfristig sieht das UBA aber in der Weiterentwicklung von CORSIA zu einem weltweiten Emissionshandelssystem eine große Chance, die CO_2-Emissionen des Luftverkehrs global zu bepreisen und dadurch zu senken.

Flughafenplanung durch den Bund: Flughafenneubau oder -erweiterung betrifft mehrere Planungsbehörden und -ebenen in Bund und Ländern und ist damit recht komplex und langwierig. Die Kompetenzen sind per Gesetz zwar verteilt. Das Land prüft beispielsweise verschiedene Standorte für einen Flughafen und erteilt die Zulassung für den Bau. Das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung dagegen bestimmt u. a. die Flugrouten, die die Flugzeuge später mal fliegen. Es fehlt jedoch eine übergeordnete Standortplanung durch den Bund, die eine koordinierende Funktion für die Aktivitäten und Interessen der Länder übernimmt und aus übergeordneter Perspektive Prioritäten setzt.

Bisher werden Aspekte des Umweltschutzes (v.a. Lärmschutz) für den einzelnen Flughafenstandort zwar berücksichtigt, das gesamte Potenzial aber bei weitem nicht ausgeschöpft. Das UBA empfiehlt daher, dass der Bund ein zwischen allen fachlich betroffenen Bundesministerien abgestimmtes übergreifendes Standortkonzept erstellt, das unter Umweltschutzaspekten optimiert ist und klare Funktion für die aus Bundessicht wesentlichen Standorte festgelegt. Ein solches Konzept würde auf einer Bedarfsplanung des Bundes basieren, die soziale, ökonomische aber vor allem auch ökologische Kriterien berücksichtigt. In der Bedarfsplanung sind die standortspezifischen Funktionen anhand der (umwelt-)politischen Ziele und der zuvor festgelegten Kriterien zu prüfen, z. B. ob Frachtflughäfen mit Nachtflugbetrieb künftig noch benötigt werden. Standorterweiterungen wären an den festgestellten Bedarf gebunden. So könnte zum Beispiel entschieden werden, einen Flughafen nicht weiter auszubauen, weil länderübergreifende Kooperationen oder die Verlagerung von Warentransporten auf die Schiene dazu führen, dass dort gar nicht mehr so viel Luftverkehr erforderlich ist.

Am Ende würde auf diese Weise ein bundesdeutsches Flughafennetz entstehen, das mit weniger Standorten auskommt, die zudem unterschiedliche Schwerpunktfunktionen haben. Über den Bundesverkehrswegeplan würde ferner sichergestellt, dass alle Verkehrsflughäfen in Deutschland an den Schienenfernverkehr angeschlossen werden. Vor allem würde diese bundesweite Planung gewährleisten, dass unabhängig von den Planungen der Länder jeder Flughafen seine spezifische Rolle im Gesamtsystem einnimmt.

Auch die Festlegung von Flugrouten kann und muss optimiert werden. Wichtig ist beispielsweise, dass alle in Frage kommenden Flugkorridore bei der Planfeststellung auf ihre Umweltauswirkungen hin untersucht werden.

Bei den Entscheidungen über die zukünftige Flughafeninfrastruktur und die Flugrouten ist die Öffentlichkeit zu informieren und zu beteiligen. Damit eine solche Beteiligung für viele möglich wird, ist es unverzichtbar, dass die Beteiligung rechtzeitig erfolgt und der Prozess nachvollziehbar und die relevanten Unterlagen verständlich sind.

Tab. 02

Übersicht ökonomische und raumplanerische Instrumente und Maßnahmen

Maßnahmen und Instrumente	Spätester Wirkungs-zeitpunkt	Wer beschließt?	Wer setzt um?
Erhöhung der Luftverkehrssteuer auf 2 Mrd. € p.a.,Entkopplung vom Emissionshandel, Einbezug von Frachtflügen, Höhergewichtung Tarif für Kurzstrecke	2020	Bund	Fluggesell-schaften
Erhöhung der Luftverkehrssteuer auf Höhe der MwSt-Verlust (4,2 Mrd. € p.a.), Differenzierung/Anreize bzgl. Lärm und Emissionen	2030	Bund	Fluggesell-schaften
Erhebung des EU-Mindestenergiesteuersatzes auf Kerosin von 33 Cent/l für inländische Flüge	2020	Bund	Fluggesell-schaften
Bilaterale Abkommen mit EU-Staaten zur Erhebung des EU-Mindest-steuersatzes auf Kerosin von 33 Cent/l, mittelfristig EU-weite Lösung	2030	Bund + EU-Staaten	Fluggesell-schaften
Schaffung eines Innovations- und Demonstrationsfonds Luftverkehr, insbesondere für die Markteinführung nachhaltiges PtL	2020	Bund	Bund
Verschärfung Emissionshandel, insbesondere Absenkung des Cap, Nutzungsbeschränkung der Zukäufe von Zertifikaten aus dem statio-nären Bereich, Berücksichtigung der Nicht-CO_2-Effekte	2030	EU	Fluggesell-schaften
Verschärfung CORSIA, insbesondere ambitionierter Reduktionspfad, Anrechnung PtL, Anrechnung PtL	2030	ICAO	Fluggesell-schaften
Erstellung eines unter Umweltschutzaspekten optimierten Standort-konzepts für das nationale Flughafensystem	2030	Bund	Bund, Länder
Umsetzung des Flughafen-Standortkonzepts an allen betroffenen Flughäfen	2050	Bund, Länder	Bund, Länder
Verbesserung der Festlegung von Flugrouten, insbesondere reguläre Umweltverträglichkeitsprüfung und Öffentlichkeitsbeteiligung	2030	Bund	Bundesauf-sichtsamt für Flugsicherung

Quelle: Umweltbundesamt (2019)

Der Fuel Switch: Von fossilem Kerosin zu Power-to-Liquid

Für einen klima- und umweltverträglichen Flugverkehr muss fossiles Kerosin über kurz oder lang ersetzt werden. Das ist keine einfache Aufgabe. Triebwerke sind für eine bestimmte Mischung aus flüssigen Kohlenwasserstoffen mit einer definierten, ausreichend hohen Energiedichte ausgelegt. Die Auswahl an nicht-fossilen Alternativen, die in heutigen Triebwerken verbrannt werden können, ist daher nicht besonders groß. In Frage kommen Biokraftstoffe oder synthetisch hergestellte Kohlenwasserstoffe, die ähnliche Eigenschaften haben wie Kerosin. Für alle Alternativen gilt: Damit sie einen Vorteil für Umwelt und Klima haben, muss ihre Herstellung treibhausgasneutral sein. Zudem dürfen sie keine anderen negativen ökologischen Folgewirkungen haben.

Biokraftstoffe, die aus Kulturpflanzen hergestellt werden, scheiden daher aus. Sie sind hinsichtlich der Nachhaltigkeit ihrer Rohstoffe problematisch. Eine Ausweitung der Ackerflächen für Kraftstoffe führt sowohl zu einer intensiveren Bewirtschaftung als auch zur Vergrößerung der landwirtschaftlichen Fläche. Beides ist mit erhöhten Treibhausgasemissionen verknüpft, so dass diese Biokraftstoffe nicht treibhausneutral sind. Zudem steht die Verwendung von Anbaubiomasse als Kraftstoff in Konkurrenz zu anderen, höherwertigen Nutzungen: Biomasse kann bei der Herstellung unterschiedlicher Produkte beispielsweise fossile Rohstoffe ersetzen.

Kraftstoffe aus Abfall- oder Reststoffen haben diese Nachteile nicht. Die verfügbare Menge an diesen Biokraftstoffen ist allerdings sowohl national als auch global begrenzt. Sie könnten daher nur einen kleinen Anteil des Energiebedarfs des Flugverkehrs decken. Auch hier gibt es Konkurrenz mit anderen Anwendungen: Würde diese Biomasse tatsächlich energetisch genutzt, wäre dies beispielsweise in der Industrie oder der Energiewirtschaft viel effizienter und damit im Transformationspfad mit höherer Treibhausgasminderung verbunden.

Einführungsstrategie für Power to Liquid: Alle Hoffnungen liegen also auf den synthetischen Kraftstoffen, die als Power to Liquid-Kerosin (PtL-Kerosin) oder als E-Kerosin bezeichnet werden. Die Erzeugung von PtL ist allerdings aufwändig: Zunächst wird aus Wasser mit Hilfe von Strom Wasserstoff abgespalten. Der Wasserstoff reagiert in chemischen Anlagen mit einer Kohlenstoffverbindung (Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid), welche aus der Luft, aus Industrieprozessen, Abgasen oder Biomasse stammen kann. Bei diesen Synthesen entstehen unterschiedliche Kohlenwasserstoffe, die in einer Raffinerie zum gewünschten Kraftstoff fraktioniert werden. Dabei wird eine flüssige Mischung erzeugt, die dem fossilen Kerosin sehr ähnlich ist.

Ganz wesentlich dabei: Der benötigte Strom für die Wasserstoff-Elektrolyse muss aus erneuerbaren Quellen stammen. Zudem ist von Bedeutung, dass für die gesamte Wertschöpfungskette verpflichtende Nachhaltigkeitsstandards entwickelt werden. Hierzu gehört auch, dass der verwendete Kohlenstoff nicht zu Mehr-Emissionen führt sondern beispielsweise aus der Luft gewonnen wird. Nur wenn erneuerbarer Strom und eine treibhausgasneutrale Kohlenstoffquelle eingesetzt werden, ist das erzeugte PtL ein treibhausgasneutraler Treibstoff.

An Herstellungsverfahren für PtL wird weltweit geforscht, allerdings gibt es bis heute nur wenige Versuchs- und Pilotanlagen. Erste Großanlagen sind zwar in Planung, dennoch wird synthetisches Kerosin in ausreichender Menge erst langfristig zur Verfügung stehen. Das UBA spricht sich daher für den schnellen Bau von Demonstrationsanlagen an Standorten weltweit aus, an denen ausreichend erneuerbarer Strom kostengünstig verfügbar ist, um eine Machbarkeit der Verfahren zu demonstrieren. Hierfür sollen Einnahmen aus dem Innovations- und Demonstrationsfonds Luftverkehr genutzt werden. Auch die Entwicklung und großtechnische Erprobung von Komponenten und Prozessen für eine effiziente PtL-Herstellung sollen über den Fonds gefördert werden, dazu gehören die Hochtemperaturelektrolyse, die CO_2-Gewinnung aus Luft und neuartige Katalysatormaterialien.

Zur Einführungsstrategie gehört auch der globale Blick: PtL lässt sich dort am wirtschaftlichsten herstellen, wo erneuerbarer Strom günstig ist und in großer Menge zur Verfügung steht. Nur wenn eine PtL-Anlage zu vielen Stunden im Jahr betrieben werden kann, ist sie wirtschaftlich. Es sind also Strategien notwendig, die auch andere Staaten bei der Prozessentwicklung und Herstellung von PtL miteinschließen. Das UBA spricht sich dafür aus, den

Innovations- und Demonstrationsfonds Luftverkehr dafür zu nutzen, den Aufbau von großtechnischen PtL-Anlagen im Ausland zu unterstützen. Davon profitiert nicht zuletzt der deutsche Maschinen- und Anlagenbau – viele Komponenten von PtL-Anlagen könnten zukünftig „Made in Germany“ sein.

Beimischungsquote für PtL: Ob synthetisches Kerosin schnell genug und in ausreichender Menge hergestellt und eingeführt wird, hängt nicht zuletzt von den Kosten ab. Auch wenn durch Kerosinsteuer und europäischen Emissionshandel der Kostendruck wächst, wird Kerosin noch längere Zeit deutlich günstiger bleiben als postfossile, treibhausgasneutrale Treibstoffe.

Daher empfiehlt das UBA als Ergänzung zu den vorgeschlagenen ökonomischen Maßnahmen eine PtL-Beimischungsquote. Eine solche Quote gibt vor, welche Menge an nachhaltigen PtL die Inverkehrbringer von Kerosin dem herkömmlichen Kraftstoff zusetzen müssen. Die Höhe der Quote würde sich an zwei Faktoren orientieren: zum einen daran, wie schnell die nachhaltigen PtL-Mengen hergestellt werden können. Zum anderen an dem übergeordneten Ziel, bis zum Jahr 2050 das gesamte Kerosin durch postfossiles PtL zu ersetzen.

Ambitionierter Klimaschutz verlangt baldiges Handeln. Die Einführung einer Quote erscheint dem UBA auf nationaler Ebene am schnellsten umsetzbar. Gleichzeitig sollte die Bundesregierung sich für eine Lösung auf EU-Ebene stark machen. Um die Treibhausgasemissionen des Luftverkehrs bis Mitte des Jahrhunderts auf null zu reduzieren, erscheinen bereits im Jahr 2030 für Deutschland rund zehn bis 20 Terrawattstunden nachhaltiges PtL sinnvoll. Das entspricht etwa zehn Prozent des heute für Deutschland benötigten Kerosins.

Das UBA empfiehlt daher im ersten Schritt eine nationale PtL-Beimischquote von zehn Prozent (gemessen am Energiegehalt des Treibstoffs). Idealerweise wäre eine europäische Beimischquote anzustreben. Durch die damit ausgelöste Nachfrage nach größeren Mengen nachhaltigem PtL sinken die Produktionskosten. Wichtig ist: Strenge Nachhaltigkeitskriterien an die Herstellung sind notwendig, um unter anderem die Treibhausgasneutralität zu sichern, und sie müssen parallel zur PtL-Beimischquote beschlossen werden.

Allerdings: Auch bei der Verbrennung von postfossilen Kraftstoffen werden weiterhin Luftschadstoffe und Wasserdampf in Reiseflughöhe emittiert. Deren Nicht-CO_2-Effekte wirken weiterhin auf den Strahlungshaushalt der Atmosphäre und beeinflussen das Klima. Daher ermöglicht PtL zwar eine Treibhausgasneutralität, aber keine Klimaneutralität des Flugverkehrs.

Tab. 03

Übersicht Maßnahmen zum Fuel Switch

Maßnahmen und Instrumente	Spätester Wirkungszeitpunkt	Wer beschließt?	Wer setzt um?
Nationale PtL-Beimischquote von 10 %, bilaterale Abkommen mit EU-Staaten, mittelfristig EU-Lösung	2030	Bund, EU-Staaten	Inverkehrbringer von Flugkraftstoffen
Setzung strenger Nachhaltigkeitskriterien für die PtL-Herstellung	2030	Bund, EU-Staaten	Inverkehrbringer von Flugkraftstoffen

Quelle: Umweltbundesamt (2019)

Klimaschäden drosseln: CO_2- und Nicht-CO_2-Effekte

Effizienz ist für einen umweltschonenden Flugverkehr ein ganz entscheidender Faktor. Durch effiziente Flugzeuge und Triebwerke sinkt der Bedarf an Kraftstoffen, so dass die PtL-Quote leichter erreichbar und die Energiewende im Luftverkehr kostengünstiger wird. Emissionen und Klimaeffekte werden gemindert. Eine wesentliche Rolle spielt dabei die Internationale Zivilluftfahrtorganisation ICAO. Sie setzt die Anforderungen für die Zertifizierung neuer Triebwerks- und Flugzeugtypen.

Internationaler CO_2-Standard: Ab 2020 gilt erstmals in der Luftfahrt ein internationaler CO_2-Standard. Er wurde 2016 von der ICAO beschlossen und gilt ab 2020 für neu entwickelte Flugzeugtypen, ab 2023 für bereits bestellte Maschinen. Ab 2028 sollen dann auch ältere Flugzeugtypen nur noch gebaut werden, wenn sie die Vorgaben der ICAO einhalten. Die Ermittlung des Standards ist kompliziert. Im Wesentlichen werden Grenzwerte für den Treibstoffverbrauch (pro geflogenem Reiseflug-Kilometer und bezogen auf eine Maßzahl für die Kabinengröße) in Abhängigkeit von der maximalen Abflugmasse festgelegt.

Eine Pflicht zur Nachrüstung von Flugzeugen, die bereits im Betrieb sind, enthält der Standard allerdings nicht. Er wird sich daher erst in den kommenden Jahrzehnten positiv auf den Kerosinverbrauch der Flugzeugflotte bemerkbar machen. Problematisch ist zudem, dass er nicht zwischen Flugzeuggewicht und Ladung differenziert und somit kaum Anreize für Leichtbau setzt. Derzeit ist der Standard auch weniger ambitioniert als beispielsweise das Programm „Flightpath 2050“, das die EU-Kommission und die europäische Luft- und Raumfahrtindustrie bereits 2011 vorgestellt haben. Laut Flightpath sollen bis zum Jahr 2050 Flugzeuge, Flugverfahren und Energieversorgung so weiterentwickelt bzw. ausgestaltet werden, dass die CO_2-Emissionen pro Passagierkilometer 75 Prozent niedriger liegen als im Jahr 2000.

Aktuell liegen die jährlichen Effizienzverbesserungen zwischen einem und zwei Prozent. Dies reicht aber nicht aus, um die oben genannten Flightpath-Ziele zu erreichen. Das UBA empfiehlt daher eine verschärfte Zielsetzung: Die Effizienz der Flugzeugflotte soll pro Jahr um zwei Prozent steigen – dies schließt allerdings auch Effizienzverbesserungen im Betrieb mit ein. Größere Fortschritte sind aber nur mit anspruchsvollen CO_2-Standards der ICAO möglich, für die sich Deutschland international einsetzen sollte.

Weniger Verbrauch durch Tankstopps: Starts und Landungen brauchen besonders viel Kerosin. Direktflüge sind daher meist effizienter als Umsteigeverbindungen. Bei Langstrecken kehren sich die Vorzeichen um: Ein Zwischenstopp kann den spezifischen Verbrauch senken, da beim Start weniger Kerosin getankt werden muss und die Maschine insgesamt leichter wird. Für eine Boeing 777-300 gilt beispielsweise, dass ab etwa 5.500 Kilometern Flugstrecke ein Tankstopp den spezifischen Verbrauch senken kann. Da Emissionen bei Start und Landung weniger klimaschädlich sind als im Reiseflug in großen Höhen, könnte ein Zwischenstopp auch schon bei kürzeren Distanzen positive Effekte zeigen. Non-Stopp-Flüge um die halbe Welt sind besonders ineffizient. Die große Kerosinmenge benötigt viel Platz und reduziert die Zahl der Sitzplätze im Flugzeug, damit steigt der Verbrauch pro Passagier. Eine gesetzliche Begrenzung des Tankvolumens könnte künftig sehr weite Direktflüge verhindern und zugleich Anreize für den Bau besonders effizienter Flugzeuge schaffen. Auch hierfür sollte sich Deutschland international bei der ICAO einsetzen.

Flugroutenmanagement: Umwege und Warteschleifen erhöhen den Kerosinverbrauch und damit die Emissionen. Die Europäische Kommission hat Ende der 1990er-Jahre die Single European Sky-Initiative (SES) ins Leben gerufen. SES hat zum Ziel, den europäischen Luftraum effizienter zu nutzen, die Verkehrsströme neu zu strukturieren und dessen Zersplitterung durch nationale Grenzen und Interessen aufzulösen. Seither entstehen so genannte funktionale Luftraumblöcke, in denen der Luftverkehr ungeachtet der Landesgrenzen ganzheitlich abgewickelt werden kann. Deutschland, Frankreich, die Beneluxländer und die Schweiz gehören dem Block Europe Central an. Durch kürzere Strecken und weniger unnötige Warteschleifen ließen sich schätzungsweise zehn bis 15 Prozent Kerosin einsparen. Bislang allerdings werden die Sparpotentiale erst wenig ausgeschöpft. Hier ist die EU gefordert, die Potentiale möglichst kurzfristig zu erschließen.

Minderung der Nicht-CO_2-Klimaeffekte: Triebwerke emittieren im Reiseflug neben CO_2 auch Partikel, Wasserdampf, Schwefel- und Stickoxide. Diese Stoffe wirken indirekt, indem aus ihnen durch physikalische und chemische Prozesse Substanzen entstehen, die die Strahlungsbilanz verändern, oftmals durch die Bildung von Zirruswolken. Diese Wirkung wird stark durch meteorologische Bedingungen und durch die Jahres- und Tageszeit beeinflusst.

Nicht-CO_2-Klimaeffekte lassen sich zunächst dadurch mindern, dass weniger geflogen wird oder der Kraftstoffverbrauch und damit die Schadstoffemissionen der eingesetzten Flugzeuge möglichst niedrig sind. Auch durch die Verringerung der Zirrenbildung würden diese Klimaeffekte deutlich gemindert. Großen Einfluss darauf haben die „Flugverfahren", also die standardisierten Regelungen, die dem Piloten u. a. Flugrichtung, Höhe und Geschwindigkeit vorgeben. Durch eine Flexibilisierung dieser Flugverfahren könnten besonders klimasensitive Gebiete und Lufthöhen gemieden werden.

Wirksam wäre daneben eine verursachergerechte Bepreisung der Nicht-CO_2-Effekte über eine Durchfluggebühr für sensible Lufträume, die sich an den Klimawirkungen orientiert. Die Klimawirkungen könnten vereinfachend auf Basis der durchschnittlichen meteorologischen Bedingungen einer bestimmten Route berechnet werden. Drosseln ließen sich die Nicht-CO_2-Klimaeffekte nicht zuletzt über eine Integration in den Emissionshandel. Sie sollten daher mittel- bzw. langfristig im europäischen EU-ETS und im globalen CORSIA-System bepreist werden. Sperrungen oder Durchfluggebühren sind eher Übergangslösungen.

Tab. 04

Übersicht Maßnahmen zur Minderung der CO_2- und Nicht-CO_2-Klimaeffekte

Maßnahmen und Instrumente	Spätester Wirkungszeitpunkt	Wer beschließt?	Wer setzt um?
Schrittweise Verschärfung des CO_2-Grenzwertes bei der Luftfahrzeugzulassung auf 45 % des Wertes im Vergleich zum Jahr 2010	2050	ICAO	Luftfahrzeughersteller
Zivile Überschallflugzeuge müssen die jeweils geltenden CO_2-Zulassungsanforderungen erfüllen	2030	ICAO	Bund, Luftfahrzeughersteller
Begrenzung des Tankvolumens von Langstreckenflugzeugen zur Verhinderung von sehr weiten Langstreckenflügen	2030	ICAO	Luftfahrzeughersteller
Nutzung der Potentiale durch Neuregulierung des Luftraumes (Single European Sky-Initiative), zur Vermeidung von Umwegen	2030	EU	Flugsicherung
Verhinderung von Nicht-CO_2-Effekte durch zeitweise Sperrung von klimasensitiven Gebieten zur Vermeidung von Zirrenbildung, oder diesbezügliche Durchflugsgebühr	2020	EU	Flugsicherung
Berücksichtigung der Nicht-CO_2-Effekte im EU-Emissionshandel und CORSIA	2030	EU, ICAO	EU, ICAO

Quelle: Umweltbundesamt (2019)

Leiser fliegen: Lärmschutz für alle

Fliegen macht Krach. Die Triebwerke von Flugzeugen erbringen vor allem beim Start enorme Leistungen und erzeugen entsprechend viel Lärm. Auch beim Landeanflug, wenn die Triebwerke größtenteils im Leerlauf laufen, verursacht die das Flugzeug umströmende Luft erhebliche Lärmemissionen. Für viele Menschen in der Nähe eines Flughafens ist Lärm daher der schlimmste Effekt des Fliegens.

Fluglärm ist kein neues Problem. Moderne Flugzeuge sind leiser als alte Maschinen, da die Triebwerkshersteller bei jedem neuen Modell auch die Lärmemissionen mindern. An vielen Flughäfen aber wird der Fortschritt durch das starke Wachstum der Flugbewegungen und den Einsatz größerer Flugzeuge aufgezehrt. In Zukunft kommt es vor allem darauf an, alle Möglichkeiten auszuschöpfen, die Fluglärm und damit die Gesundheitsauswirkungen mindern können.

Einführung von Lärmkontingenten: Ein vielversprechendes Instrument sind Lärmkontingente, die eine maximal zulässige Lärmbelastung festgelegen, die auf eine Person oder ein Grundstück dauerhaft einwirken darf. Ein Lärmindex wirkt ähnlich, er berücksichtigt die Anzahl der Betroffenen und die Höhe der Belastung pro „Pegelklasse".

Die Vorteile von Lärmobergrenzen: Airlines und Flughafenbetreiber ergreifen zuerst die wirksamsten und effizientesten Maßnahmen, da sie den größten Schritt hin zum Ziel versprechen. Die Flughäfen werden motiviert, den Flugbetrieb möglichst lärmarm durchzuführen, um innerhalb der Lärmgrenzen möglichst viele Flugbewegungen abwickeln zu können. Für Obergrenzen spricht auch, dass der Luftverkehr von relativ wenigen Akteuren bestimmt wird, Einführung und Umsetzung also in akzeptabler Zeit möglich wären. Nicht zuletzt erfüllt eine Kontingentierung das grundsätzliche Ziel der Umweltpolitik, nicht an erster Stelle den Luftverkehr zu reglementieren, sondern dessen negative Auswirkungen.

Wichtig sind in jedem Fall klare Ziele – beispielsweise, dass die Lärmbelastung gegenüber der derzeitigen Situation nicht weiter steigen darf oder eine festgelegte, maximal akzeptable Lärmbelastung bis zu einem bestimmten Stichtag erreicht werden muss. Das UBA empfiehlt daher, in einem ersten Schritt bis zum Jahr 2030 die Mittelungspegel am Tag auf 63 dB(A) zu deckeln, bis 2050 dann auf 58 dB(A).

Nachtflugverbot an stadtnahen Flughäfen: Eine besondere Art der Lärmkontingentierung betrifft die Nacht, weil ungestörter Schlaf für die geistige und körperliche Erholung des Menschen von essentieller Bedeutung ist. Das UBA spricht sich dafür aus, auf stadtnahen Flughäfen in der Zeit von 22:00 bis 6:00 Uhr keinen regulären Flugbetrieb mehr durchzuführen.

Deutschland ist über den Luftfrachtverkehr stark in den internationalen Handel eingebunden – und gerade Frachtflüge finden oftmals nachts statt. Das UBA hält es für notwendig, dass nur noch der unbedingt erforderliche Nachtflugbetrieb durchgeführt wird, und zwar nur an einem oder sehr wenigen Flughäfen in dünn besiedelter Umgebung. Dies setzt voraus, dass der Bund eine übergeordnete Planung der deutschen Flughafenstandorte durchführt und diese Fracht-Flughäfen an das deutsche Schienennetz für den Güterverkehr angeschlossen werden. Diese Maßnahme lässt sich nicht innerhalb weniger Jahre umsetzen, dennoch spricht sich das UBA dafür aus, mit den Planungen kurzfristig zu beginnen und sie bis 2030 abzuschließen. Damit wäre eine Basis geschaffen, um ein Nachtflugverbot an allen stadtnahen Flughäfen nach 2030 zu realisieren und bis 2050 vollständig umzusetzen.

Lärmmindernde Flugverfahren: Nicht nur Alter, Typ und Größe eines Flugzeugs bestimmen die Lautstärke, sondern auch die Betriebsweise, also z. B. Geschwindigkeit, Schub oder Klappenstellung. Zudem gilt, dass mit wachsendem Abstand zur Lärmquelle die Belastungen deutlich abnehmen. Daher können optimierte Flugverfahren den Lärm mindern – beispielsweise, indem der Pilot Siedlungen umfliegt oder in ausreichender Höhe überfliegt, bei Start und Landung den Triebwerksschub reduziert oder mit etwas steilerem Winkel anfliegt.

Aus Sicht des UBA sollten die Potentiale lärmmindernder Flugverfahren an den Flughäfen bis 2030 systematisch untersucht und deren Festlegung und Nutzung vorangetrieben werden.



In der Praxis kommt es zudem vor, dass Flugzeuge durch sogenannte Einzelfreigaben gehäuft von Flugverfahren abweichen. Dies ist vor allem dann ein Problem, wenn diese Flugrouten lärmoptimiert sind. Aus Sicht des UBA sollte dies nur in Ausnahmefällen (z. B. aus Gründen der Flugsicherheit) erlaubt sein. Bei Änderung oder Neueinführung von Flugverfahren mit möglicherweise erheblichen Umweltauswirkungen sollte künftig die Öffentlichkeit beteiligt werden.

Lärmabhängige Start- und Landeentgelte:
Airlines müssen für die Benutzung eines Flughafens an den Flughafenbetreiber Geld bezahlen. Start- und Landeentgelte berücksichtigen heute bereits die Lärmemissionen der Flugzeuge. Sie benötigen zwar eine Genehmigung der Landesluftfahrtbehörde, die einzelnen Flughäfen können die genaue Höhe aber selbst festlegen, weshalb die Entgelte stark variieren. Relativ fortschrittlich agiert beispielsweise der Flughafen Frankfurt/Main. Er differenziert nach 15 Lärmklassen, nach Start- und Landezeit und spreizt die Tarife so, dass der Betrieb alter, lauter Flugzeuge besonders teuer ist.

Die Berücksichtigung von Lärm beim Entgelt ist richtig, geschieht bisher aber zu zaghaft. Wirkungsvoller wären beispielsweise Tarife, die sich am tatsächlich verursachten Lärmpegel jedes einzelnen Fluges orientieren und nicht wie bisher am gemittelten Pegel über alle Flugzeuge eines Typs. Aus Sicht des UBA wäre ein ausdifferenziertes, verursachergerechtes Entgeltsystem auf Basis einer standardisierten Lärmbewertung (z. B. dieselben Entgelte pro dB und Person) für alle Flughäfen erstrebenswert. Das schließt nicht aus, dass es auf Grund unterschiedlicher lokalen Gegebenheiten bei den einzelnen Flughäfen zu unterschiedlichen Kosten pro Flug kommt.

Verschärfung der Zulassungsanforderungen:
Die zulässigen Lärmemissionen von neu auf den Markt kommenden Luftfahrzeugtypen sind international in einem Luftfahrtabkommen der ICAO geregelt. Sie hängen u. a. vom Gewicht des Flugzeugs, der Triebwerksart und der Zahl der Triebwerke ab. Flugzeuge sind in der Vergangenheit kontinuierlich leiser geworden. In den letzten Jahren bzw. Jahrzehnten fallen diese Lärmfortschritte aber immer geringer aus.

Für neue Maschinen mit einem Gewicht von mindestens 55 Tonnen gilt seit 2018 ein verschärfter Lärmgrenzwert. In der Regel unterschreiten neue aber auch zum Teil bereits in Verkehr befindliche Flugzeuge die gültigen Lärmgrenzwerte deutlich. Es besteht also kein Anreiz, noch leisere Flugzeuge zu entwickeln und möglichst schnell an den Start zu bringen. Da zudem die Zahl der Flugzeuge von Jahr zu Jahr wächst, gehen die Fortschritte beim einzelnen Flugzeug im Gesamtbild unter. Aus Sicht des UBA sollten diese Lärmgrenzwerte zu einem echten Ziel werden und nicht nur ein Zurückfallen hinter den erreichten Stand verhindern.

Das Programm „Flightpath 2050“ der EU-Kommission in Zusammenarbeit mit dem Advisory Council for Aeronautics Research in Europe (ACARE) forderte bereits 2011: Die Lärmemissionen eines neuen Flugzeugs sollen im Jahr 2050 um 65 Prozent niedriger liegen als bei einer vergleichbaren Maschine im Jahr 2000. Dies ist ambitioniert, aber möglich. Nach Ansicht des UBA sollte sich die Bundesregierung bei der ICAO dafür einsetzen, dass langfristig entsprechende Lärmgrenzwerte international eingeführt und passende Zwischenziele für 2030 formuliert werden.

Lärmschutz auf dem Flughafengelände: Nicht nur startende und landende Flieger, sondern auch der alltägliche Flughafenbetrieb erzeugt Lärm. Vorfeldfahrzeuge wie Busse, Tankwagen oder Schlepper sind da noch das kleinere Problem. Lärm erzeugen vor allem Wartung und Instandsetzung der Maschinen, wenn die Triebwerke dabei zu Testzwecken hochgefahren werden. Hier können Schutzeinrichtungen wie Lärmschutzwände oder Lärmschutzhallen die Belastung der Flughafenanrainer deutlich reduzieren. Eine wesentliche Lärmquelle am Boden sind daneben die Hilfstriebwerke (APU), die die meisten Flugzeuge im Heck haben. Sie liefern in der Parkposition Strom für das Bordnetz und Druckluft für die Klimaanlage. Der Betrieb der APU sollte aus Sicht des UBA auf ein Minimum beschränkt werden. Ideal wäre eine stationäre oder mobile Energieversorgung durch den Flughafen, die den Betrieb der APU ersetzt. Eine Vorbildfunktion kommt hier dem Flughafen Hamburg zu, der den APU-Betrieb an den Parkpositionen verbietet.



Betriebsbeschränkungen für Drohnen: Sie wirken klein und unauffällig, sind derzeit noch eine Randerscheinung, können in der Masse aber eine lästige Lärmquelle sein: Drohnen. Bestehende Regelungen wie die Notwendigkeit einer Flugerlaubnis für Nachtflüge oder der beschränkte Einsatz von Drohnen in Wohngebieten schützen zwar vor Belästigung durch kleine Geräte bis zwei Kilogramm. Für größere und schwerere Drohnen sind diese Regelungen dagegen nicht ausreichend – insbesondere angesichts der Tatsache, dass Logistikunternehmen künftig Pakete mit Drohnen möglichst rund um die Uhr ausliefern wollen.

Dringend notwendig sind daher wirkungsvolle Zulassungsanforderungen mit einer Begrenzung der erlaubten Lautstärke, die auch Bewertungskriterium eines Öko-Labels für Drohnen sein sollten. Zudem sollte nach Auffassung des UBA der Überflug in niedriger Flughöhe über Wohngebiete – insbesondere nachts – verboten werden. Eine Besonderheit sind Drohnen, die für den Personentransport vorgesehen sind. Diese so genannten Lufttaxis haben ähnliche Flugeigenschaften wie Hubschrauber. Aufgrund der Lärmemissionen in niedrigen Flughöhen und der zukünftig möglicherweise zahlreichen Lufttaxis könnten hierdurch erhebliche Lärmbelästigungen verursacht werden. Je nach Verbreitung und Anzahl der Lufttaxis sieht daher das UBA hier ein erhebliches Konfliktpotenzial und damit Regelungsbedarf beim Schutz vor Lärm.

Lärmschutz im Überschallverkehr: Derzeit werden insbesondere in den USA und in Japan zivile Überschallflugzeuge entwickelt, die etwa ab 2026 an den Start gehen könnten. Beim Reiseflug kommt es durch extreme Stoßwellen am Flugzeug zum kurzen aber sehr lauten Knall, der auch bei großen Flughöhen am Boden hörbar ist. Neue Konstruktionsformen der Flugzeuge sollen den Knall leiser machen, auch größere Flughöhen, geringere Geschwindigkeit und spezielle Steigprofile sollen ihn mindern. Die ICAO erarbeitet derzeit Lärmschutzanforderungen für die neuartigen Maschinen. Aus Sicht des UBA sollte dabei dringend das Ziel sein, dass diese bei Start und Landung die derzeit für herkömmliche Verkehrsflugzeuge geltenden Lärmschutzanforderungen erfüllen. Im Reiseflug über Land plädiert das UBA für ein Verbot von Flügen mit Überschallgeschwindigkeit.

Tab. 05

Übersicht Maßnahmen zum Lärmschutz

Maßnahmen und Instrumente	Spätester Wirkungs-zeitpunkt	Wer beschließt?	Wer setzt um?
Begrenzung der Lärmimmission am Tage auf 63 dB durch eine Lärm-kontingentierung von 6 bis 22 Uhr	2030	Bund	Länder, Flughäfen
Begrenzung der Lärmimmission am Tage auf 58 dB	2050	Bund	Länder, Flughäfen
Verbot des regulären Flugbetriebs von 22 bis 6 Uhr auf stadtnahen Flughäfen	2050	Bund	Länder, Flughäfen
Verlagerung von unbedingt notwendigen Nachtflügen auf Flugplätze in dünnbesiedelten Gebieten	2050	Bund, Länder	Flughäfen
Entwicklung und Nutzung der Potentiale lärmmindernder Flug-verfahren, Flugverkehrskontrollfreigaben nur aus Gründen der Flugsicherheit	2030	Bund	Flugsicherung
Verbesserung der Festlegung von Flugrouten, insbesondere regu-läre Umweltverträglichkeitsprüfung und Öffentlichkeitsbeteiligung	2030	Bund	Bundesauf-sichtsamt für Flugsicherung
Erhöhung der Lenkungswirkung lärmabhängiger Start- und Lande-entgelte durch verursachergerechte Kostenanlastung	2030	Bund	Flughäfen
Verschärfung der Lärmzulassung für Unterschallflugzeuge um kumuliert 20 bis 23 EPNdB gegenüber dem aktuellem Standard	2030	ICAO	Bund, Luftfahr-zeughersteller
Verschärfung der Lärmzulassung für Unterschallflugzeuge um kumuliert 28 EPNdB gegenüber dem aktuellem Standard	2050	ICAO	Bund, Luftfahr-zeughersteller
Durchführung von Triebwerksprobeläufen nur in geschlossenen Lärmschutzhallen	2030	Bund	Länder, Flughäfen
Ersatz des APU-Betriebs von Luftfahrzeugen durch boden-gebundene Versorgung der Luftfahrzeuge an Flughäfen	2030	Bund	Länder, Flughäfen
Lärmzulassungsanforderungen für Drohnen und Lufttaxis und gene-relle nächtliche Überflugverbote für Drohnen über Wohngebiete	2030	Bund, Länder	Luftfahrzeug-hersteller, Flugsicherung
Zivile Überschallflugzeuge müssen die geltenden Lärmzulassungs-anforderungen für vergleichbare Unterschallflugzeuge erfüllen	2030	ICAO	Bund, Luftfahr-zeughersteller
Verbot von zivilen Überschallflügen über Land	2030	ICAO, EU	Fluggesell-schaften
Förderung der Entwicklung und Umrüstung von leichten Propeller-flugzeugen zur Lärmminderung, ggf. auch Elektrifizierung	2030	Bund	Luftfahrzeug-hersteller

Quelle: Umweltbundesamt (2019)

Auf dem Boden bleiben: Schiene statt Flugzeug

Es ist ein Irrtum zu glauben, dass Fliegen immer Zeit spart. Tatsächlich sind Ziele bis zu vier Stunden Reisezeit – von Zentrum zu Zentrum – zwischen großen Städten oder Ballungszentren oft ähnlich schnell mit der Bahn zu erreichen. Das gilt sowohl für den Städtetrip im Urlaub als auch für Zubringerflüge zum Großflughafen, für Dienstreisen oder das wöchentliche Pendeln zwischen Familienwohnsitz und Arbeit.

Anbindung von Flughäfen: Entscheidend für die Verlagerung von Kurzstreckenflügen auf die Schiene ist eine enge Anbindung der Flughäfen an den Schienenfernverkehr, um Zubringerflüge zu vermeiden. Genauso wichtig ist die Verbesserung des Schienenfernverkehrs zwischen den Metropolen. So hat in der Vergangenheit der Ausbau des Hochgeschwindigkeitsverkehrs beispielsweise zwischen Frankfurt und Köln oder zwischen Berlin und Hamburg dazu geführt, dass sämtliche Linienflüge auf diesen Relationen eingestellt wurden. Diese Entwicklung steht im Einklang mit dem Ziel im Koalitionsvertrag, die Zahl der Fahrgäste im Fernverkehr auf der Schiene bis 2030 zu verdoppeln.

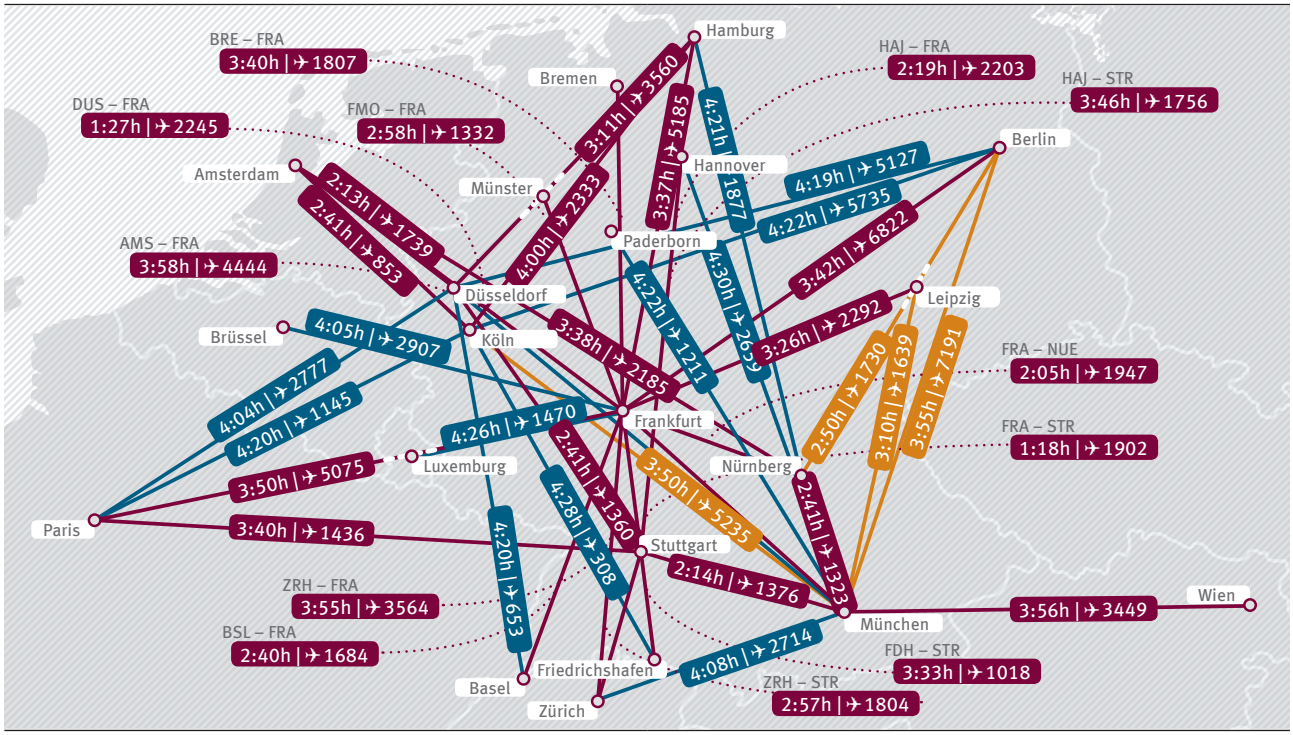
Schaffung von Angeboten: Die Verlagerung von Flügen ist insbesondere für Verbindungen unter vier Stunden Bahnfahrzeit relativ problemlos möglich. Die Vier-Stunden-Grenze ist nicht willkürlich gesetzt, sondern gilt in der Verkehrsforschung als Schwellenwert dafür, bis zu welchem Zeitaufwand die Bahn mit dem Flugzeug auf Augenhöhe ist. Voraussetzung dafür, dass mehr Ziele mit der Bahn in maximal vier Stunden zu erreichen sind, sind ein konsequenter Ausbau der Hochgeschwindigkeitstrecken, flächendeckende Angebote sowie eine Vertaktung der Bahnverbindungen.

Einen wichtigen Beitrag wird die Einführung des „Deutschland-Takts“ bis 2030 liefern. Werden diese Angebotsverbesserungen konsequent umgesetzt, können aus Sicht des UBA nahezu alle innerdeutschen und zahlreiche grenzüberschreitenden Kurzstreckenflüge bis 2050 auf die Schiene verlagert werden. Würden alle innerdeutschen Flüge unter 600 Kilometer mit der Bahn zurückgelegt, wären pro Jahr rund 200.000 Flüge entbehrlich – das entspricht 73 Prozent der innerdeutschen Verkehrsleistung des Luftverkehrs. Neben den Angebotsverbesserungen werden die Erhöhung der Luftverkehrssteuer, die Ein-

Abbildung 06

Auf die Schiene verlagerbare innerdeutsche und grenzüberschreitende Kurzstreckenflüge

der 10 aufkommensstärksten deutschen Flughäfen (ab 300 Flügen pro Jahr, je Richtung, 2014)



Mit der Bahn erreichbar Innerhalb von — 4 Std. — 4,5 Std. — 4 Std. (ab 2018/2020)

1:00h | ✈1000 Bahnfahrtzeit | Anzahl Flüge (eine Richtung, „Starts“)

Quelle: Eigene Darstellung nach BUND (2015)

führung der Kerosinsteuer und die CO_2-Bepreisung über den Emissionshandel dazu führen, dass Bahnangebote günstiger sind.

Mobilitätsmanagement: Wer beruflich auf Reisen geht, hat meist eine klare und knappe Agenda für seine Termine. Wer ähnlich präzise und frühzeitig seine Ab- und Abreise plant, kann auch bei Dienstreisen häufig aufs Fliegen verzichten. Klare Leitlinien können Führungskräfte und Beschäftigte sowohl in Behörden als auch in Unternehmen dazu anregen, prinzipiell Verkehrsmittel mit den geringsten Umweltbelastungen zu wählen. Dass dies noch recht selten systematisch geschieht, liegt meist nicht an einer mangelnden Auswahl der Verkehrsmittel, sondern einem fehlendem, klar verankerten Mobilitätsmanagement mit definierten Zielen.

Während Unternehmen bei Dienstreisen großen Handlungsspielraum haben, sind Behörden durch das Bundesreisekostenrecht verpflichtet, in erster Linie die Reisekosten niedrig zu halten. Das UBA spricht sich dafür aus, eine Gleichrangigkeit zwischen dem Wirtschaftlichkeitsgebot und der Umweltverträglichkeit bei der Verkehrsmittelwahl festzulegen. Zudem sollten Telefon- und Videokonferenzen häufiger genutzt werden. Dafür müssen aber die technischen und organisatorischen Möglichkeiten vielfach deutlich ausgebaut und verbessert werden. Bei Inlandsdienstreisen sollte die Bahn das Verkehrsmittel der ersten Wahl sein.

Das Bundesministerium für Umwelt und Verkehr fördern das betriebliche Mobilitätsmanagement, u. a. mit Erstberatungen in den Betrieben und über ein spezielles Förderprogramm. Ist eine Flugreise nicht zu vermeiden, sollten die Klimawirkung der dabei freigesetzten Treibhausgase, inklusive der Nicht-CO_2-Effekte, durch freiwillige Kompensationszahlungen in Klimaschutzprojekte ausgeglichen werden. Wesentlich dabei ist, dass die Emissionen realistisch berechnet und den Klimaschutzprojekten hohe Qualitätskriterien zugrunde gelegt werden.

Frachtzug statt Frachtflug: Luftfracht wird meist nachts transportiert. Auch im nationalen Güterverkehr ist eine Verkehrsverlagerung auf die Schiene möglich. Ähnlich wie beim Personenverkehr gilt auch hier: Gute Angebote, Zuverlässigkeit und schnelle Verbindungen sind hier entscheidend. Eine bessere Anbindung der Flughäfen an das deutsche Schienennetz und intensivere intermodale Kooperationen zwischen Luft- und Bahnfracht sind essentiell, um mehr Güter auf die Schiene zu bringen. Dies gilt besonders für die Flughäfen mit Nachtflugbetrieb in dünnbesiedelten Regionen, die zukünftig schwerpunktmäßig Frachtflüge abwickeln werden. Bis 2050 könnten zudem nach Auffassung des UBA leistungsstarke Güterzugverbindungen über Nacht sämtliche nationalen Frachtflüge ersetzen.

Nachhaltiger Tourismus: Wer in Urlaub fährt, tut dies heutzutage meist mit Auto oder Flugzeug. Da der weltweite Tourismus weiter wächst, werden seine CO_2-Emissionen des Tourismus im Jahr 2035 schätzungsweise 130 Prozent höher liegen als 2005. Rund drei Viertel davon verursachen An- und Abreise, 40 Prozent dieser Emissionen geht auf das Konto des Luftverkehrs.

Einige Urlauberinnen und Urlauber planen nach dem Motto „je weiter, desto lieber“. Aber umweltschonendes Reisen ist möglich. Angebote hierfür haben sich in den vergangenen Jahren etabliert und es steht eine vielfältige, professionell zertifizierte Auswahl zur Verfügung. Wer sein Urlaubsglück in der Nähe sucht, will bequeme Zug- und Busverbindungen, einen guten öffentlichen Verkehr und sichere und attraktive Möglichkeiten, mit dem Fahrrad oder zu Fuß ans Ziel zu gelangen. Wer sich mehr Urlaubstage am Stück gönnt, hat mehr Zeit für eine langsamere und bewusstere An- und Abreise. Nachtzugverbindungen ermöglichen zudem die umweltschonende Anreise auch zu entfernteren Reisezielen. Nicht zuletzt will das Reiseziel gut überlegt sein: Exotische Destinationen sind meist nur mit dem Flugzeug erreichbar. Ein ähnlich großes Urlaubsvergnügen versprechen häufig aber auch der näher gelegene Strand oder das Wandergebiet. Entscheidend ist, die Umweltkosten in den Reisepreis verpflichtend zu integrieren, umso Verzerrungen zwischen nachhaltigen und nicht nachhaltigen Reiseangeboten zu verhindern. Darüber hinaus bestehen Zertifizierungen von Reisen, auf die Reisende in geeigneter Form aufmerksam gemacht werden sollten.

Tab. 06

Übersicht Maßnahmen zur Verlagerung Schiene statt Flugzeug

Maßnahmen und Instrumente	Spätester Wirkungs-zeitpunkt	Wer beschließt?	Wer setzt um?
Ermöglichung von Zugreisezeiten zwischen deutschen Ballungszentren und Flughäfen von vier Stunden, Verlagerung von Kurzstreckenflügen auf die Bahn	2050	Bund, Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU)	EVU
Schaffung leistungsstarker Güterzugverbindungen, Verlagerung nächtlicher nationaler Frachtflüge auf die Bahn	2050	Bund, EVU	EVU, Logistikunternehmen
Änderung des Bundesreisekostengesetzes: Gleichrangigkeit zwischen Wirtschaftlichkeit und der Umweltverträglichkeit eines Verkehrsmittels für eine Dienstreise von Bundesbediensteten	2020	Bund	Bundesbedienstete
Verstärken des ökologischen Mobilitätsmanagement bei Unternehmen und Behörden, auch Landes- und Kommunalbehörden, inkl. CO_2-Kompensationen von Flugreisen	2030	Unternehmen, Behörden	Unternehmen, Behörden
Verbesserung der Durchführung bzw. verstärkte Nutzung von Telefon- und Videokonferenzen als Ersatz für Dienstreisen	2030	Unternehmen, Behörden	Unternehmen, Behörden
Auf umweltschonende Reiseoptionen in geeigneter Form aufmerksam machen insbesondere bzgl. Wahl des Reiseziels und Verkehrsmittels	2030	Bund	Reiseanbieter
Verpflichtende CO_2-Kompensationen von Flugreisen	2030	Bund	Reisende

Quelle: Umweltbundesamt (2019)

Weniger dicke Luft: Schadstoffminderung am Boden

Nicht nur das Fliegen selbst, sondern auch der Betrieb eines Flughafens hat Umweltauswirkungen. Vor allem Stickoxide (NO_x), aber auch Partikel und deren Vorläufersubstanzen sind ein Gesundheitsrisiko. Bisherige Studien zeigen, dass die vom Luftverkehr und Flughafenbetrieb ausgehenden Luftschadstoffemissionen einen nennenswerten Anteil an der Gesamtbelastung in benachbarten Kommunen ausmachen können. Aktuell zeigt sich zudem ein weiteres Problem: hohe Belastungen durch Ultrafeinpartikel im Flughafenumfeld, wobei derzeit noch eine genaue Zuordnung zu den Quellen fehlt. Der Flugbetrieb und das Management des Bodenbetriebs nehmen daher großen Einfluss auf die Luftqualität am Flughafen und seiner direkten Umgebung.

Grenzwerte für Triebwerke: Der ICAO-Grenzwert für Flugzeugtriebwerke sollte so weiterentwickelt und verschärft werden, dass bis 2050 eine Reduktion des NO_x-Ausstoßes um 90 Prozent im Vergleich zum Jahr 2000 erreicht wird. Dies entspräche dem Ziel zur NO_x-Minderung der EU-Kommission und der europäischen Luftfahrtbranche in ihrem Programm „Flightpath 2050“. Zur Bestimmung der Stickoxidemissionen sollte zudem künftig nicht mehr das Druckverhältnis des Triebwerks, sondern dessen Kraftstoffverbrauch als Korrelationsparameter gelten. Auch die Grenzwerte für Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid, nichtflüchtige Partikel und relevante Vorläufersubstanzen für die Partikelbildung müssen verschärft werden, um die Entwicklung emissionsarmer Triebwerke zu forcieren.

E-Fahrzeuge für den Flughafen: Durch den Einsatz elektrisch betriebener Bodenfahrzeuge können verbrennungsbedingte Emissionen deutlich gemindert werden. Die vollständige oder zumindest teilweise Elektrifizierung der Bodenfahrzeuge ist aus technischer Sicht möglich und zur Minderung von Luftschadstoffbelastung eine naheliegende Option. Das gilt für Vorfeldbusse, Pkw und leichte Nutzfahrzeuge, aber auch für spezielle Flughafenanwendungen wie Hubwagen, Flugzeugschlepper, Containertransporter, fahrbare Passagiertreppen oder Liftfahrzeuge. Da die Nutzungsprofile der Fahrzeuge oftmals gut bekannt sind, ist eine maßgeschneiderte Auslegung der Leistungsdaten für einen batterieelektrischen Betrieb kein Problem. E-Fahrzeuge werden beispielsweise im Projekt „E-PORT AN“ am Frankfurter Flughafen erprobt, auch am Flughafen München werden mehr als 280 Fahrzeuge und Abfertigungsgeräte mit Strom betrieben. Eine Elektrifizierung der Fahrzeuge auf dem Flughafenvorfeld ist leicht umsetzbar und sollte bis 2030 an deutschen Flughäfen möglichst vollständig realisiert sein.

Schadstoffabhängige Start- und Landeentgelte: Die Start- und Landeentgelte eines Flughafens müssen laut Luftverkehrsgesetz zwingend Lärmschutzgesichtspunkte berücksichtigen. Daneben soll laut Gesetz eine Differenzierung nach Schadstoffemissionen erfolgen. Diese Soll-Vorgabe wird an verschiedenen deutschen Flughäfen umgesetzt. Die Betreiber erheben dort zusätzlich Entgelte, vor allem auf NO_x-Emissionen, aber auch Emissionen von Kohlenwasserstoffen. Das Entgelt ist für die Emissionen pro Triebwerk zu entrichten und basiert auf dem Start/Landezyklus der ICAO. Nach Überzeugung des UBA sollten bis spätestens 2030 auch (Ultra-)Feinstaubemissionen berücksichtigt werden. Schadstoffabhängigen Entgelte sollten an allen deutschen Flughäfen eingeführt und nach der Höhe der lokal verursachten externen Umweltkosten bemessen werden.

Tab. 07

Übersicht Maßnahmen zur Minderung lokaler Luftschadstoffe

Maßnahmen und Instrumente	Spätester Wirkungszeitpunkt	Wer beschließt?	Wer setzt um?
Umstellung sämtlicher Bodenfahrzeuge und Abfertigungsgeräte auf dem Flughafenvorfeld auf elektrischen Betrieb	2030	Bund	Länder, Flughäfen
Erhebung NO_x-abhängiger Start- und Landeentgelte an allen deutschen Flughäfen, verursachergerechte Kostenanlastung, Einführung auch für (Ultra-)Feinstaubpartikel und deren relevanter Vorläufersubstanzen	2030	Bund	Länder, Flughäfen
Ersatz des APU-Betriebs von Luftfahrzeugen durch bodengebundene Versorgung der Luftfahrzeuge am Flughafen	2030	Bund	Länder, Flughäfen
Schrittweise Verschärfung der Luftschadstoffzulassungsanforderungen für Luftfahrzeugtriebwerke (insbesondere der NO_x-Emissionen um 90 % gegenüber 2000)	2050	ICAO	Bund, Luftfahrzeughersteller

Quelle: Umweltbundesamt (2019)



Luftverkehr der Zukunft: Ein Ausblick


6

Luftverkehr der Zukunft: Ein Ausblick

Im Luftverkehr stehen derzeit alle Signale auf „mehr“: mehr Flugzeuge, mehr Passagiere, mehr Fracht, mehr Flugbewegungen. Das heißt aber auch, dass Treibhausgase, Luftschadstoffe, Lärm und Flächenverbrauch kontinuierlich steigen. Ein „Weiter wie bisher“ ist daher keinesfalls möglich. Es braucht Antworten auf die gegenwärtigen und künftigen ökologischen Herausforderungen.

Der Luftverkehr unterliegt schon immer einer Vielzahl von Abkommen, Regelungen, Vorschriften und Standards. Was bislang fehlt, ist ein ähnlich konsequentes und abgestimmtes Korsett für seine Umwelt- und Klimaverträglichkeit. Solange Mensch und Umwelt von den Auswirkungen des Luftverkehrs betroffen sind, muss er auf ein umweltverträgliches Maß reguliert werden. Da immer mehr geflogen wird, müssen Maschinen und Antriebe, Kraftstoffe, Flugverfahren und die Bedarfsplanung für Flughäfen regelmäßig auf den gesetzlichen bzw. technischen Prüfstand.

Die Zeit drängt: Der Luftverkehr muss Kurs auf die Pariser Klimaziele nehmen. Der europäische Emissionshandel und der geplante weltweite Klimaschutzmechanismus CORSIA sind zwar Ansätze für mehr Klimaschutz, eine spürbare Reduzierung der weltweiten Netto-Treibhausgasemissionen versprechen sie derzeit jedoch noch nicht. Umwelt- und Gesundheitskosten, die der Flugverkehr verursacht, müssen konsequenter den Verursachern angelastet werden, beispielsweise durch einen globalen Zertifikatehandel. Die Emissionen durch fossiles Kerosin müssen bis 2050 schrittweise auf null reduziert werden.

Große Lösungen brauchen viel Zeit. Es wird also darauf ankommen, welche Instrumente Politik und Luftfahrtbranche innerhalb welcher Fristen umsetzen. Dabei gilt, dass Deutschland und Europa vorangehen und Vorbilder für andere Staaten sein müssen. Erste Schritte sind beispielsweise die Erhöhung der Luftverkehrssteuer und die Einführung einer nationalen Kerosinsteuer für Inlandsflüge. Beides würde in Deutschland ungerechtfertigte Wettbewerbsvorteile des Luftverkehrs gegenüber der Schiene abbauen. Kurzstrecken-, Zubringer- und Inlandsflüge würden sogar völlig überflüssig, wenn die Bahn vergleichbar schnelle und bequeme Alternativen anböte. Der Ausbau des Schienenfernverkehrs und die Anbindung der Flughäfen ans Schienennetz sind daher von zentraler Bedeutung.

Die Erhöhung der Luftverkehrssteuer und die Einführung der Kerosinsteuer, die möglichst bald auch EU-weit eingeführt werden sollte, schaffen noch keine CO_2-Bepreisung im Luftverkehr. Zudem ist es sinnvoll, auch Nicht-CO_2-Klimaeffekte zu internalisieren. Daher sind zusätzlich schärfere Anforderungen im europäischen Emissionshandel und die Berücksichtigung der Nicht-CO_2-Effekte in das Handelssystem notwendig. Langfristig muss ein globaler Emissionshandel für den Luftverkehr das Ziel sein.

Wichtiges Standbein einer Energiewende im Luftverkehr sind neue, nachhaltig produzierte Treibstoffe, die möglichst schnell auf dem Markt eingeführt werden. Bereits 2030 müssten rund zehn Prozent des fossilen Kerosins durch Power-to-Liquid-Kraftstoffe (PtL) ersetzt sein. Das erfordert konsequentes Handeln auf mehreren Ebenen: eine ordnungspolitische Flanki-



erung durch eine nationale, später eine europäische PtL-Beimischungsquote, staatliche Förderung für die Entwicklung und Erprobung von Anlagen und Anlagenkomponenten im In- und Ausland, die Einrichtung eines „Innovations- und Demonstrationsfond Luftverkehr“, der die notwendigen Entwicklungen für nachhaltig produziertes PtL tatkräftig unterstützt und beschleunigt sowie Alternativen zum Fliegen, z. B. durch soziale Innovationen stärkt.

Zum umweltschonenden Luftverkehr gehört neben mehr Nachhaltigkeit und Klimaschutz vor allem auch eines: konsequenter Lärmschutz für alle Betroffenen. Die Liste der möglichen Maßnahmen ist lang, allerdings erfordert ein konsequenter Lärmschutz eine Kombination aus umweltorientierter Planung des Luftverkehrssystems in Deutschland verzahnt mit einer Lärmkontingentierung für die einzelnen Flughäfen. Konkret: Die Planung der Flughafenstandorte muss stärker als bisher durch den Bund erfolgen. Standorte in dünnbesiedelten Gebieten werden gezielt für unbedingt notwendige Nachtflüge genutzt, auf stadtnahen Flughäfen soll der reguläre Flugbetrieb zwischen 22 und 6 Uhr vollständig ruhen. Lärmkontingente ermöglichen zweierlei: Die Flughäfen können zum einen weiter wachsen – vorausgesetzt, dass sie leisere Flugzeuge und Flugverfahren einsetzen. Zum anderen erhalten Betreiber ausreichend Spielraum, um die jeweils kostengünstigsten Lärmschutzmaßnahmen zu ergreifen.

Trotz der Vielzahl der möglichen Instrumente für einen lärmarmen, klima- und umweltschonenden Luftverkehr bleiben einzelne Aspekte ungelöst. Dazu gehört der Umgang mit so genannten Nicht-CO_2-Effekten des Luftverkehrs. Diese können selbst bei Integration in den Emissionshandel, durch optimierte Flugverfahren oder erneuerbar hergestellte Kraftstoffe nicht vollständig vermieden werden. Damit wird der Luftverkehr selbst 2050 nicht klimaneutral sein.

Erlaubt sein muss die Frage: Können wir uns das Wachstum des Flugverkehrs aus Umwelt- und Klimaschutzgründen weiter leisten? Denn im Flugverkehr sind so genannte Rebound-Effekte die Regel. Der technische Fortschritt bringt zwar beim einzelnen Flugzeug, für bestimmte Routen oder bei Abläufen auf einem Flughafen Verbesserungen. Die positiven Effekte aber werden durch die stark wachsende Verkehrsleistung schlichtweg aufgezehrt. Oder persönlicher formuliert: Ist der gerade geplante Urlaubs- oder Geschäftsflug wirklich nötig?

Die Antwort kennt jeder. Fliegen muss nicht immer sein. Nicht so häufig und nicht so weit. Nicht ungeplant und unüberlegt. Vielmehr braucht eine nachhaltige Gesellschaft ein qualitativ hochwertiges und zukunftsfähiges Verkehrssystem, das Personen und Waren unter Wahrung der Umweltqualitätsziele und Sozialstandards transportiert. Das kommt allen zugute. Nicht nur Umwelt und Klima. Sondern auch der Industrie, indem Wettbewerbsverzerrungen beseitigt, Kooperationen befördert und Effizienzpotenziale ausgeschöpft werden. Und vor allem uns Reisenden, die sicher und zuverlässig, aber auch schonend für Umwelt und Klima ans Ziel wollen.





▸ **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

www.facebook.com/umweltbundesamt.de
www.twitter.com/umweltbundesamt
www.youtube.com/user/umweltbundesamt
www.instagram.com/umweltbundesamt/