

# O B E N



IHR FLUGBEGLEITER

**WIR** ALLE FLIEGEN.  
IMMER **MEHR**.  
DEN GLOBALEN  
LUFTVERKEHR  
**NACHHALTIG** ZU  
GESTALTEN IST  
EINE **GEMEINSAME**  
AUFGABE.

■■■ HEINRICH  
BÖLL  
STIFTUNG

**AIRBUS**  
GROUP

# IMPRESSUM

**OBEN** IHR FLUGBEGLEITER ist eine gemeinsame Publikation der Heinrich-Böll-Stiftung und der Airbus Group.

Projektmanagement, Texte (soweit nicht anders gekennzeichnet): Dietmar Bartz  
Art Direktion und Herstellung: Ellen Stockmar

**Atlas**  **Manufaktur**  
52° 31' N, 13° 24' O

Textchefin: Elisabeth Schmidt-Landenberger  
Recherche: Jörg Meyerhoff  
Dokumentation, Schlussredaktion: Infotext Berlin

V.i.S.d.P.: Annette Maennel, Heinrich-Böll-Stiftung  
1. Auflage, Mai 2016

Kontakt:

Ute Brümmer, Heinrich-Böll-Stiftung, Schumannstraße 8, 10117 Berlin, [bruemmer@boell.de](mailto:bruemmer@boell.de)  
Florian Keisinger, Airbus Group, Rahel-Hirsch-Straße 10, 10557 Berlin, [florian.keisinger@airbus.com](mailto:florian.keisinger@airbus.com)

Druck: Druckerei Conrad GmbH, Berlin  
klimaneutral gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

**ClimatePartner**<sup>o</sup>  
**klimaneutral**

Druck | ID: 11380-1605-1001

Bestell- und Download-Adresse:  
Heinrich-Böll-Stiftung, Schumannstraße 8, 10117 Berlin,  
[www.boell.de/oben](http://www.boell.de/oben)

# LIEBE LESERINNEN UND LESER!

**D**er Luftverkehr ist ein zentraler Bestandteil der modernen, global vernetzten Welt. Das gilt für das Berufsleben wie für unsere private Lebenswelt. Er bildet ein weltweites Netz, das Menschen und Güter verbindet. Wer die Welt kennenlernen und am globalen Austausch teilnehmen möchte, kommt um das Fliegen nicht herum.

Aktuell verzeichnen wir etwa 3,3 Milliarden Flugreisen im Jahr. In 20 Jahren werden es voraussichtlich doppelt so viele sein. Vor allem in Asien, im Mittleren Osten und in anderen aufsteigenden Regionen wächst der Flugverkehr rasant. Entsprechend wird auch die Zahl der Passagierflugzeuge zunehmen. Auch hier wird in den kommenden zwei Jahrzehnten mit einer Verdoppelung auf rund 37.500 Flieger gerechnet.

Bis vor Kurzem war das Fliegen lediglich einer kleinen Gruppe privilegierter Menschen vorbehalten – vorwiegend im westlichen Teil der Welt. Das hat sich in den letzten Jahren grundlegend geändert. Günstigere Ticketpreise und das Anwachsen der globalen Mittelschicht haben zu einer »Demokratisierung des Fliegens« geführt. Fliegen ist ein Teil der modernen Massenkultur geworden.

Der Umstand, dass Anhänger der Grünen häufiger als andere mit dem Flugzeug reisen, wirft ein Licht auf die Konflikte, in denen sich ökologisch bewusste Menschen bewegen, wenn es um das Thema Fliegen geht. Mobilität bedeutet ein Stück Freiheit. Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Kultur sind immer stärker global vernetzt. Zugleich lässt sich das Wissen um die ökologischen Auswirkungen des Fliegens nicht länger verdrängen.

Das gilt insbesondere mit Blick auf den Klimawandel. Die beachtlichen Effizienzgewinne beim Treibstoffverbrauch werden durch die hohen Wachstumsraten im internationalen Flugverkehr übertroffen. Im Ergebnis steigen die klimarelevanten Emissionen. Damit die Luftfahrt ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten kann, braucht es eine Trendwende. Der Flugverkehr muss umweltverträglicher und nachhaltiger werden. Das betrifft die Antriebstechnik, die eingesetzten Kraftstoffe, die Bauweise von Flugzeugen und die verwendeten Materialien ebenso wie das Luftverkehrsmanagement und den Flughafenbetrieb. Bis die Vision vom CO<sub>2</sub>-neutralen Fliegen Wirklichkeit wird, braucht es noch einige Jahrzehnte. Auf dem Weg dahin muss es gelingen, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in der Luftfahrt deutlich zu reduzieren.

Mit Einführung neuer Flugzeuge wie dem A350 oder dem A320neo wird die Umweltbilanz moderner Flugzeugflotten um rund 20 Prozent verbessert. Dennoch muss – und wird – der Kerosinverbrauch auch in Zukunft weiter sinken. Das gilt erst recht, wenn künftig CO<sub>2</sub>-Emissionen im globalen Flugverkehr mit Abgaben belegt werden. Ähnliches gilt für den

Lärmschutz. Nur durch immer leisere Flugzeuge können Start- und Landezeiten in Ballungsgebieten optimal genutzt werden. Gleichzeitig werden Umweltbelange immer wichtiger für die gesellschaftliche Akzeptanz des Flugverkehrs. Trotz aller Verbesserungen beim Lärm- und Emissionsschutz, die bereits in den vergangenen Jahren erzielt wurden, bleibt also auf politischer und technischer Seite viel zu tun.

**W**ie die Luftfahrt reguliert werden soll und welche Auflagen überhaupt Sinn ergeben, ist umstritten. Sie sollten möglichst international erfolgen, einen einheitlichen Wettbewerbsrahmen setzen und technische Innovationen befördern. Die Handlungsoptionen für einen nachhaltigen Flugverkehr zu sondieren war das Ziel eines offenen Dialogs zwischen der Airbus Group und der Heinrich-Böll-Stiftung im vergangenen Jahr. In den Gesprächen wurde deutlich, dass es – trotz mitunter divergierender Auffassungen – durchaus einen Grundkonsens gibt, wohin die Reise gehen soll.

Bei der Frage nach dem nachhaltigen Fliegen stehen Ökonomie und Ökologie nicht zwangsläufig im Widerspruch. Im Gegenteil: Ökologische und ökonomische Vernunft sind eng verzahnt und bedingen einander. In Zeiten, in denen – trotz des derzeit moderaten Ölpreises – der Treibstoff weiterhin Kostenfaktor Nummer eins im Luftverkehr ist, wird Airbus nur dann im weltweiten Wettbewerb bestehen, wenn seine Flugzeuge so effizient wie irgend möglich fliegen. In dieser Hinsicht ist in den letzten Jahren bereits vieles geschehen.

Auch bei gemeinsamen Zielen kann es unterschiedliche Auffassungen zur Frage des Weges geben. Das gilt insbesondere für die Gestaltung der politischen Rahmenbedingungen für den Luftverkehr mit Rücksicht auf Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Branche. Entsprechend war dieses Thema auch ein Schwerpunkt der Dialogreihe. Der Austausch zwischen Flugzeugindustrie und Luftfahrtbranche mit grüner Politik und Nichtregierungsorganisationen war ein lohnendes Unternehmen.

Auch wenn die vorliegende Publikation keine abschließenden Antworten liefert, vermittelt sie doch wichtige Einsichten in den aktuellen Stand der technischen Entwicklungen und der politischen Debatte um eine nachhaltige Zukunft des Fliegens. Darauf lässt sich in den kommenden Jahren im weiteren Dialog aufbauen.

## **RALF FÜCKS**

Vorstand  
Heinrich-Böll-Stiftung

## **TOM ENDERS**

CEO  
Airbus Group



# AUSGANGSPUNKT

Der Luftverkehr wächst, und mit ihm die Emission von Treibhausgasen. Im Jahr 2008 beschlossen Fluggesellschaften, Flugzeughersteller und Flughäfen eine Selbstverpflichtung der Luftfahrtindustrie.

Ab 2020 will die Branche  
**CO<sub>2</sub>-NEUTRAL WACHSEN.**

Bis 2050 will sie den  
**CO<sub>2</sub>-AUSSTOSS** im Vergleich zu 2005 um 75 Prozent **SENKEN.**

Die **EMISSION** von **STICKOXIDEN** soll um 90 Prozent, die **LÄRMEMISSION** um 65 Prozent **SINKEN.**

Keine andere Industriebranche hat so weitreichende globale Klimaziele formuliert. Wie sind sie zu erreichen? Welche Innovationen und welche politischen Rahmenbedingungen sind nötig? Wir starten.

# OBEN

## IHR FLUGBEGLEITER

**UMWELT**

**FLIEGEN IM VERKEHRSVERGLEICH** Fachleute in Deutschland und der EU berechnen die ökologische Rangfolge der Transportmittel // 06

**TREIBSTOFF**

**DIE GRÜNEN BEI AIRBUS** Kerosin aus Algen-Öl soll die Luftfahrt nachhaltig machen. In München-Ottobrunn suchen Fachleute die ergiebigen Seegräser //////////////// 08

**UMFRAGE**

**GRÜNE VIELFLIEGER** // 14

**KONSTRUKTION**

**TECHNIK DER ZUKUNFT** Ingenieure entwerfen elektrische und hybride Antriebe. Und sie wollen Flugzeuge drucken // 16

**KONTROVERSE**

**FLUGLÄRM PRO + KONTRA** Airbus-Manager Charles Champion und Grünen-Politikerin Mona Neubaur über Nachtflugverbote //////////////// 21

**GESCHICHTE**

**DIE ÄLTESTEN VERWANDTEN DES AIRBUS** Mit Leonardo da Vinci hat alles angefangen //////////////// 22

**PROTOKOLL**

**3 FACHGESPRÄCHE, 50 FACHLEUTE** Ihre Aufgabe: Wege zur Dekarbonisierung des Luftverkehrs aufzuzeigen. Heinrich-Böll-Stiftung und Airbus Group diskutierten die Zukunft des Fliegens. Heraus kam ein Katalog der Gemeinsamkeiten und Unterschiede //////////////// 24

**SCHRITTE**

**STETIG, STETIG** Inkrementelle Innovationen verbessern Flugzeuge fortlaufend. Bei Airbus wurde daraus ein strategischer Prozess //////////////// 30

**SPRÜNGE**

**TEMPO, TEMPO** Radikale Innovationen führen zu neuen Flugzeugen. Die Nerds im Silicon Valley wissen vielleicht, wie es schneller geht //////////////// 32

**INTERVIEW**

**HAUSAUFGABEN FÜR POLITIK UND WIRTSCHAFT** Ralf Fücks, Vorstand der Heinrich-Böll-Stiftung, und Airbus-Chef Tom Enders im Gespräch // 34

**DATEN**

**DIE GROSSEN TRENDS** Luftfahrtboom und Kerosinverbrauch in Zahlen und Fakten //////////////// 37

**KLIMAPOLITIK**

**VERHANDLUNGSSACHEN** Die EU kann ihr Emissionshandelssystem international nicht durchsetzen // 40

**LUFTRAUM**

**EIN HIMMEL VOLLER UMWEGE** Der »Single European Sky« lohnt. Aber die nationalen Widerstände sind groß //////////////// 42

**INFRASTRUKTUR**

**DEUTSCHLANDS REGIONALE FLUGHÄFEN** Viele Landesregierungen haben sich kleine Airports gebaut. Jetzt schreiben sie rote Zahlen /////// 44

**AKTEURE**

**KONZEPTE, PLÄNE, ANSICHTSSACHEN** Acht Nichtregierungsorganisationen legten ein eigenes Luftverkehrskonzept vor. Die Gegenseite reagierte: Der Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft stieg in den Ring //////////////// 46

**ALLTAG**

**»GUTEN FLUCH!«** Der Cartoonist Til Mette fliegt und leidet // 50

**SYNOPSIS**

**HÖHENFLÜGE, NIEDERLAGEN** Die Entwicklung von Grünen und Airbus – eine Zeitreise //////////////// 52

**IMPRESSUM** // 02

**NACHWEISE** // 55

# FLIEGEN IM VERGLEICH



## Fachleute in Deutschland und der EU berechnen die ökologische Rangfolge der Verkehrsmittel

**M**it der Bahn? Dem Auto? Dem Bus? Oder gar dem Flugzeug? Was die umweltfreundlichste Reise von A nach B ist, hängt davon ab, wie modern das Verkehrsmittel sein soll, wie viel Zeit zur Verfügung steht, wie gut ausgebaut die Infrastruktur ist und wo die Orte A und B liegen. Auch die Zahl der Mitreisenden spielt eine Rolle: Je mehr Menschen je länger gemeinsam unterwegs sind, umso besser wird die Ökobilanz pro Kopf. Auch wenn zurzeit noch durch das rasante Wachstum des globalen Luftverkehrs die ökologische Belastung insgesamt steigt.

Paradox: Der Boom des Luftverkehrs macht die einzelnen Reisen umweltfreundlicher. Nicht nur technische Verbesserungen, sondern auch effizien-

tere Betriebsabläufe sowie längere und damit verbrauchsgünstigere Flugdistanzen lassen den Kerosinverbrauch der deutschen Flotte fortlaufend sinken. Der Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft (BDL) hat dazu 2015 einen »Energieeffizienzreport« veröffentlicht. Lag der Verbrauch 1990 noch bei 6,3 Litern pro Passagier und 100 Kilometern, ist er 2014 auf 3,6 Liter gefallen (*Grafik links unten*). Auf Kurzstrecken (bis 800 Kilometer) liegt er bei 4,2 bis 6,8, auf Mittelstrecken (800 bis 3.000 Kilometer) bei 2,6 bis 4,2 Litern und auf Langstrecken (über 3.000 Kilometer) bei 2,9 bis 3,5 Litern. Reine Touristikflüge verbrauchen im Schnitt pro Person weniger Kerosin, weil sie tendenziell langfristig geplant und gebucht werden und in der Regel höher ausgelastet sind als Linienflüge.

Der Durchschnittswert von 3,6 Litern für Deutschland, der auf Angaben der BDL-Mitglieder beruht, entspricht ungefähr den 4,9 Litern Benzinäquivalent, die das Computermodell »Tremod« (Transport Emission Control) für 2014 ermittelt hat. Tremod wird von den Bundesministerien, den Automobilherstellern, der Bahn und dem Umweltbundesamt genutzt. Mit 6,1 Litern liegt der Treibstoffverbrauch von Autopassagieren deutlich über dem von Fluggästen, weil im Durchschnitt nur eineinhalb Personen in einem Pkw fahren, aber 71 Prozent der Flugzeugsitze belegt sind.

Anders sieht die Luftverkehrsbilanz bei den Emissionen von Treibhausgasen aus. Werden sie in Kohlendioxidäquivalente umgerechnet, um sie vergleichbar zu machen, entfallen im Mix 21,1 Kilogramm auf eine 100 Kilometer weit fliegende Person. Wer das Auto nimmt, stößt 14,2 Kilogramm aus, und mit 3,2 Kilogramm fahren auch hier die Reisebusse

## VERBRAUCH DER DEUTSCHEN FLOTTE

Kerosin, Liter pro Passagier und 100 Kilometer, Jahresdurchschnitt



## STRASSE, SCHIENE, LUFT

Emissionen in Gramm pro Passagier und Kilometer, Benzinäquivalent in Liter pro Passagier und Kilometer, 2014

		Pkw	Reisebus	Eisenbahn, Fernverkehr	Flugzeug	Linienbus	Eisenbahn, Nahverkehr	Stadt- bahnen
zugrunde gelegte Auslastung		1,5 Pers./Pkw	60 %	50 %	71 %	21 %	28 %	19 %
Treibhausgase <sup>1</sup>	g/Pkm	142	32	41 <sup>2</sup>	211 <sup>3</sup>	76	67 <sup>2</sup>	71
Kohlenmonoxid	g/Pkm	0,66	0,05	0,03	0,15	0,07	0,05	0,04
flüchtige Kohlenwasserstoffe	g/Pkm	0,14	0,02	0	0,04	0,03	0,01	0
Stickoxide	g/Pkm	0,31	0,21	0,06	0,55	0,41	0,21	0,07
Feinstaub	g/Pkm	0,005	0,004	0	0,005	0,003	0,002	0
Verbrauch Benzinäquivalent	l/100 Pkm	6,1	1,4	1,9	4,9	3,3	3,0	3,3

<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O angegeben in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

<sup>2</sup> Produktion des Bahnstroms nach durchschnittlichem Strommix in Deutschland

<sup>3</sup> unter Berücksichtigung aller gesicherten klimawirksamen Effekte des Flugverkehrs

wieder vorneweg. Mit 4,1 Kilogramm im Fernverkehr und 6,7 Kilogramm im Nahverkehr ist die Bahn schlechter dran. Bei der Übertragung vom Kraftwerk auf den Zug geht Antriebsenergie verloren, und auch die Kraftwerke selbst stoßen große Schadstoffmengen aus. Bei vielen weiteren Emissionen weist der Schienenverkehr allerdings bessere Werte auf als der Straßen- und Luftverkehr (Tabelle oben). Durch Kondensstreifen und die Bildung von Zirruswolken in großen Höhen ist die Belastung des Klimas durch den Luftverkehr möglicherweise noch bedeutend höher als bisher angenommen. Allerdings fehlen dazu bislang Daten.

Die EU bemüht sich seit 1999, genauere Kosten des Verkehrs zu errechnen: solche, die in der Gesellschaft oder Natur entstehen und nicht von den am Verkehr Teilnehmenden finanziert werden. Diese »externalisierten« Kosten entstehen durch Staus und Unfälle, Luft- und Lärmverschmutzung, Boden- und Wasserverunreinigung, durch Klimawandel und Bodenversiegelung. Kalkuliert wird, was sich in Geld ausdrücken lässt, anhand von Fragen wie: Was würde es kosten, diese Schäden zu beseitigen oder zu vermeiden? Wie stark wird eine Volkswirtschaft durch Leerlauf, Krankheit und vorzeitigen Tod, durch Ernteaufschläge oder den Rückgang der Biodiversität belastet?

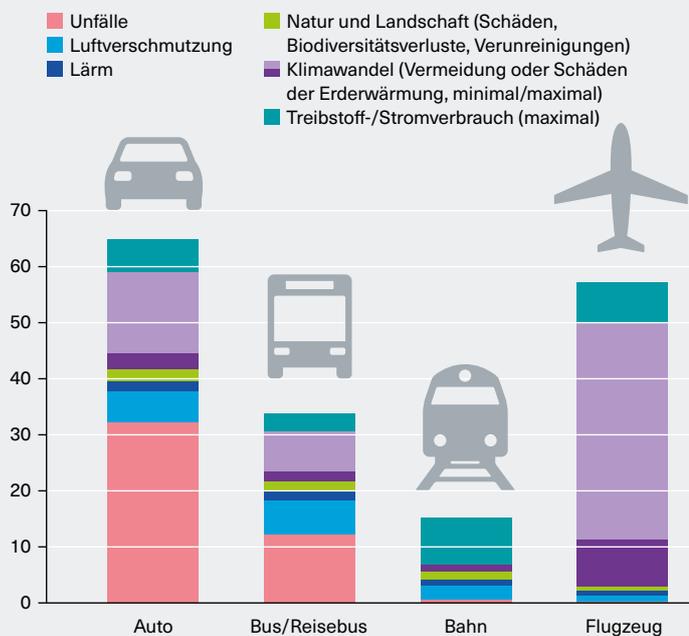
Die Berechnungen für 2014 waren so genau, dass die EU-Fachleute beispielsweise den Fluglärm durch eine Landung und einen Start in Luxemburg mit externalisierten Kosten von 285 Euro veranschlagen konnten; in Warschau waren es nur 27 Euro. Große Unsicherheiten gibt es noch bei der Frage, wie der Klimawandel zu Buche schlägt. Beispielsweise lässt sich kaum plausibel kalkulieren, welcher Anteil an Über-

schwemmungs- oder Sturmschäden sich der Erderwärmung zurechnen lässt. Im Vergleich der Verkehrsträger, den die EU für das Jahr 2008 aufgestellt hat (Grafik unten), zeigen sich solche Ungewissheiten vor allem beim Flugverkehr, weil er die meisten Treibhausgase emittiert. Ein Resümee ist aber doch schon möglich: Bei maximaler Schädlichkeit der Emissionen liegen Flug- und Autoverkehr bei den externalisierten Kosten ungefähr gleichauf.



## VERDECKTE KOSTEN

Euro pro Person und 1.000 Kilometer in der EU, Luftverkehr: innereuropäische Flüge, 2008



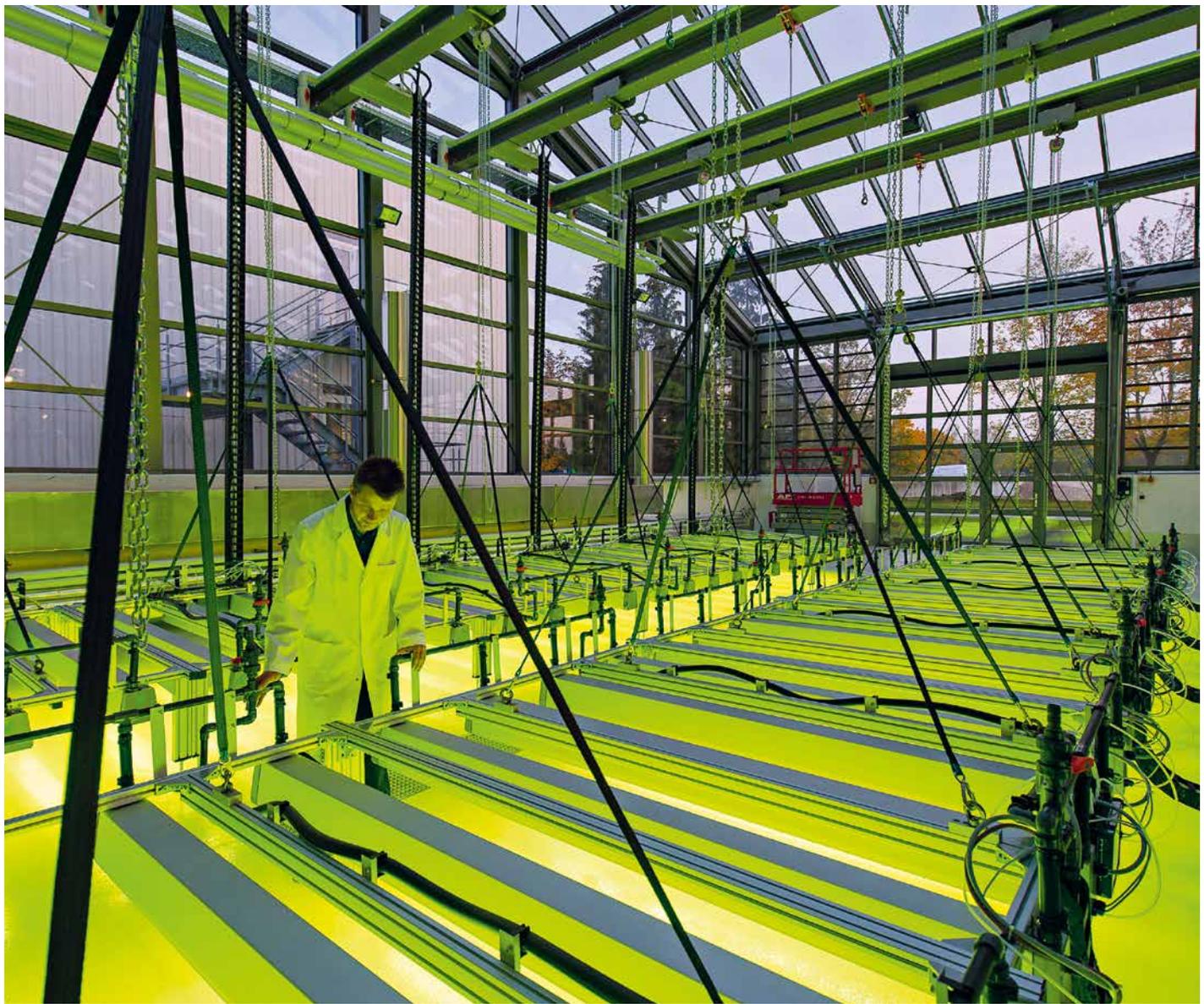
# DIE GRÜNEN BEI AIRBUS



In der Halle des neuen Algentechnikums der Technischen Universität München auf dem Gelände von Airbus wachsen die Seegräser heran

## KEROSIN AUS ALGEN-ÖL SOLL DEN TREIBSTOFF NACHHALTIG MACHEN

**D**ie Idee: Kerosin aus nachwachsenden Algen, in stetig zunehmenden Anteilen dem fossilen Treibstoff beigemischt, könnte die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Fliegens entscheidend verbessern. Denn durch technischen Fortschritt beim Turbinenbau oder in der Aerodynamik lassen sich die Emissionen pro Flugkilometer nicht weit genug verringern.

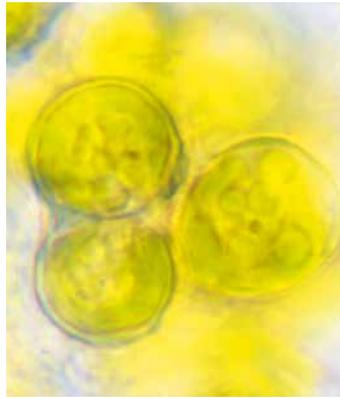


Algen wachsen, wenn es hell ist. Hier wird getestet, wie viele Stunden Sonnenschein bei welchen Wassertemperaturen optimal sind



Unter dem Mikroskop: Gesucht wird eine Super-Alge, die schnell wächst und dünne Zellwände hat, um einfach ausgepresst werden zu können

Schon 2010 startete ein mit Algenkerosin betanktes Kleinflugzeug zu einem Testflug



Das Problem: Öl aus Raps und anderen Pflanzen, noch vor einem Jahrzehnt als nachwachsender Rohstoff und Ersatz für Treibstoffe aller Art gefeiert, ist unter ökologischen Gesichtspunkten nicht mehr akzeptabel. Wegen der enormen Mengen, die gebraucht werden, sind überall auf der Welt riesige Monokulturen entstanden. Sie zerstören die Biodiversität, vernichten in Entwicklungsländern natürlich gewachsene Vegetationen und konkurrieren mit der Produktion von Lebensmitteln. »Tank statt Teller« ist eine Fehlsteuerung erster Güte.

Das soll anders werden, haben sich Algenforscher vorgenommen. Die Experimente stehen noch am Anfang, aber Airbus verfolgt den Ansatz mit großem Interesse und beteiligt sich an den Untersuchungen. So entstand auf dem Bolkow-Campus gleich neben dem Airbus-Firmengelände in München-Ottobrunn ein global einzigartiges Laboratorium, organisatorisch

der Technischen Universität zugehörig: das »Algentechnikum«. Hier soll Flugkerosin entwickelt werden, das auf Algenbiomasse basiert.

An alles scheint gedacht. Angestrebt ist eine möglichst einfache Technik für möglichst große

**DIE BEWOHNER DER SALZWASSERBECKEN SOLLTEN ZWÖLFMAL SCHNELLER WACHSEN ALS PFLANZEN AUF DEM LAND**

Mengen. Die Algen sollen in offenen Becken gezogen werden, zwölfmal schneller als Landpflanzen wachsen und einen 30-mal höheren Ölertrag haben als Raps & Co. Genutzt werden sollen Brach- statt Landwirtschaftsflächen.

Um einen Konflikt um Süßwasser zu vermeiden, sollen es »saline Algen« sein, also solche,



Professor Thomas Brück an einem offenen Photobioreaktor. In solchen Becken werden die vielversprechendsten Organismen gezüchtet

die im Salzwasser leben. Entlang der Küsten steht diese Ressource in unbegrenzter Menge zur Verfügung. Möglich sind Algenfarmen auch an stickstoffreichen, überdüngten Gewässern, an Kläranlagen oder Molkereien. Technisch

Salzwasser länger zur Verfügung als im Süßwasser, wo es schnell ausgast und dann die Algen nicht mehr ernährt.

In Südeuropa, heißt es, stünden genug Flächen zur Verfügung, um 30 Prozent des Gesamtverbrauchs an Kerosin in Europa – 1,7 Milliarden Liter jährlich – zu decken. Besonders auf Griechenland und Albanien haben die Forscher ihr Augenmerk gerichtet.

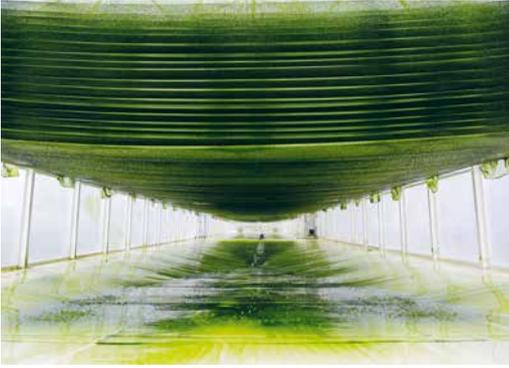
Parameter sind Sonnenlicht, Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Die wegen der Sonneneinstrahlung offenen Becken kämen auf eine Größe von 100 Hektar. Sturm, Staub und Regen können der Zucht von Salzwasseralgen nicht viel anhaben. Sie gilt deswegen als besonders robust, während das Wachstum in Süßwasser ständig von solchen Kontaminationen bedroht wäre. Außerdem ist

## ENERGIEPFLANZEN WACHSEN BISHER AUF AGRARFLÄCHEN. FÜR DIE ALGEN SOLL ÖDLAND GENUTZT WERDEN

vorstellbar ist sogar, wachstumsstimulierendes CO<sub>2</sub> aus Gasbefeuerungsanlagen oder anderen industriellen Prozessen einzuleiten. Die wassergebundene Form des Kohlendioxids steht in

Nicht nur in München wird experimentiert, um Algen-Öl für Flugbenzin herzustellen. Das Forschungszentrum Jülich hat Schläuche als Photobioreaktoren für Süßwasseralgen aufgehängt (oben). Der Hersteller Ingepro versuchte es in den Niederlanden mit Freilandbecken (unten)





Im »Algen Science Center« in Jülich: Durch dicht angeordnete Siebe tropfen Algen und Nährlösung, aber es ist aufwendig, die Platten herzustellen und zu warten

der Inhalt des Tanks für die ihn umgebende Natur kein Problem: Selbst wenn Lebewesen mit dem Salzwasser eingeschleppt werden, können sie sich nicht ansiedeln.

Am Ende eines solchen Produktionsprozesses steht eine pampige Masse mit einem Wassergehalt von 60 Prozent. Die Trennung und Aufarbeitung der Öle erfolgt mit Chemikalien, »grünen Lösungsmitteln«, wie sie heißen. Sie sollen 92 Prozent der Öle abtrennen. Die Reststoffe sollen zur Gewinnung von Biogas, Wasserstoff und Methan eingesetzt werden, woraus wiederum Energie zu gewinnen ist. Im Idealfall bleiben aus dem ganzen Prozess keine Reste übrig.

Über die CO<sub>2</sub>- und die Energiebilanz ist noch keine rechte Auskunft möglich. Unklar ist weiterhin, wie viel Fläche für welche Mengen Kerosin benötigt wird. Der Ertrag nach allen Produktionsschritten könnte bei 25 Gramm pro Quadratmeter liegen. Zum Vergleich: Wird Biomasse in Treibstoff umgewandelt, liegt der Ertrag bei etwa 2,5 Litern pro Quadratmeter und Jahr. Allerdings ist ein Erntezyklus bei Algen sehr viel kürzer als bei Raps oder Mais.

Bevor es so weit ist, muss erst einmal erforscht werden, mit welchen Algenstämmen das zu bewerkstelligen ist. 120.000 gibt es insgesamt. Davon sind 37 in der engeren Auswahl. Um ihr Wachstum genauer zu untersuchen, wird auf dem Bolkow-Campus das Sonnenlicht mithilfe von LED-Leuchten simuliert. So können die Algen sich verhalten, als lebten sie in Hawaii oder Kalifornien. Mit aktuellen Daten eines Geoinformationssystems kombiniert können sogar reale Wetterverläufe simuliert werden. Und in sieben bis zehn Jahren ist an einen kommerziellen Einsatz zu denken, heißt es optimistisch.

## »FAST ALLES IST NEU«

### THOMAS BRÜCK, Professor für Industrielle Katalyse an der Technischen Universität München, über Fortschritte im Algentechnikum

**Im Oktober 2015 wurde das Algentechnikum eröffnet. Haben Sie schon etwas herausgefunden?**

Ja. Wir haben drei Algenstämme neu entdeckt. Sie wachsen besser als das, was wir in der Literatur gefunden haben. Sie haben einen sehr guten Fettanteil, im Labor liegt er schon bei 50 Prozent, aber wir kommen noch höher. Im Algentechnikum haben wir einige Stämme getestet. Bislang lag der höchste in der Literatur beschriebene Ertrag bei 40 Gramm pro Liter. Wir sind jetzt schon bei 60 Gramm.

**Zehn bis elf Millionen Euro hat Ihre Anlage gekostet. Angesichts des Problems, das Sie lösen sollen – ist ein so niedriger Betrag angemessen?**

Die Algenbiotechnologie ist noch am Anfang. Bei der Abschätzung, ob sich die Forschung lohnt, also beim Technology Readiness Level, liegen wir bei vier bis fünf von zehn Punkten. Die Wirtschaftlichkeit und die Frage, ob wir später ausreichend Flächen bekommen, sind noch nicht berücksichtigt. Und wir brauchen Zeit. Aber Airbus hat sich mit vier Millionen Euro beteiligt. Das ist eine Menge.

**Warum brauchen Sie sieben bis zehn Jahre?**

Fast jeder Prozessschritt ist neu, nicht nur die Kultivierung, sondern auch die Abtrennung und die Verarbeitung zu Treibstoff. Die Verfahren und die Logistik müssen zu den laufenden Operationen eines Mineralölunternehmens passen. Wir arbeiten hier im Liter-Bereich, aber unser Partner OMV denkt in Größenordnungen von Millionen Litern am Tag.

**Wenn ein Drittel des Kerosinbedarfs in Europa von Algen stammen soll – wie viel Fläche ist dafür nötig?**

Wenn wir den gesamten Kerosinbedarf in der EU aus Algen decken wollen, brauchen wir ungefähr eine Fläche wie die von Portugal. Ein Drittel ist machbar. Wir gehen aber zunächst von den fünf Prozent aus, auf die die IATA als Verband der Fluglinien abzielt, also 85 Millionen Liter im Jahr.

**Das wären dann 50.000 Quadratkilometer oder fünf Millionen Hektar. Wo sollen die Flächen liegen?**

Es muss lange hell und warm sein, um die Prozesse optimal laufen zu lassen. Daher kommen Portugal und Spanien, Griechenland und Albanien in Betracht. Dort gibt es genügend ungenutzte Küstenstriche, die durch große Meerwasserbecken ökologisch nicht belastet würden. In Nordafrika wären es alle Anrainerländer des Mittelmeers.



# GRÜNE FLIEGEN AM MEISTEN



# UND MIT DEM SCHLECHTESTEN GEWISSEN

**Ausgerechnet die Wähler und Wählerinnen der Grünen sitzen im Vergleich am häufigsten im Flugzeug, hat eine Umfrage ergeben.**

»Ich bin in den letzten 12 Monaten geflogen« – dies bejahten 32 Prozent der SPD-Anhänger, 36 Prozent der CDU/CSU-Sympathisanten und 42 Prozent der Linken-Wähler. Bei den Grünen waren es **49 Prozent**.

»Ich bin noch nie mit einem Flugzeug geflogen« – das sagten 16 Prozent der CDU/CSU-Wähler, 13 Prozent der SPD- und 17 Prozent der Linken-Wähler. Anteil der Noch-nie-Flieger unter den Grünen-Sympathisanten: **null Prozent**.

»Es ist gut, dass es sich heute viele Menschen leisten können zu fliegen« – dem stimmten nur **48 Prozent** der Grünen-Wähler zu, aber 69 bis 77 Prozent der anderen.

Über die Interpretation herrscht weithin Einigkeit: Wer mit den Grünen sympathisiert, ist oft gut ausgebildet, verdient überdurchschnittlich und ist häufiger geschäftlich unterwegs. Hinzu kommen Neugier auf die Welt und die Lust auf Fernreisen. Doch eine starke Minderheit denkt: Solange das Fliegen die Umwelt schädigt, sollten die Menschen besser darauf verzichten.

Die repräsentative Befragung der Forschungsgruppe Wahlen für den Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft (BDL) wurde im Herbst 2014 veröffentlicht.

# TECHNIK DER ZUKUNFT



**In den nächsten Jahrzehnten können neue Antriebe und Fertigungsmethoden das Fliegen nachhaltiger machen. Das »hybride Fliegen« mit elektrischer Energie hat begonnen. Und der 3D-Druck verspricht mehr Wirtschaftlichkeit und eine sauberere Produktion**

**E**s ist weniger als ein Plan, aber mehr als eine Idee. Techniker stellen sich vor, wie das Passagierflugzeug des Jahres 2050 funktioniert: Beim Start und im Steigflug treiben der Strom aus einer Gasturbine und der aus der Batterie gemeinsam die Schaufelblätter an, die für den Schub sorgen. Im Reise-

flug übernimmt allein die Turbine die Antriebsleistung, gleichzeitig lädt sie die Energiespeicher wieder auf. In der ersten Phase des Sinkfluges wird sie ausgeschaltet. Das Flugzeug ist nun ein Segelflieger, und der Strom für die Bordsysteme kommt aus der Batterie. Während der zweiten Phase werden die Schaufeln vom Luftstrom angetrieben, und die Elektromotoren verwandeln sich in Generatoren, die erneut die Batterie laden. Für die Landung schließlich wird die Gasturbine wieder gestartet und liefert auf einem niedrigen Niveau Schub für das Antriebssystem, um bei Bedarf das elektrische Landen zu unterstützen.

Dieses Szenario des »hybriden Fliegens« haben der Flugzeugbauer Airbus, der Turbinenhersteller Rolls-Royce und die Cranfield Univer-



Airbus-Konzeptstudie »E-Thrust«:  
Kleinere Turbinen für hybrid  
angetriebene Flugzeuge erlauben  
eine bessere Aerodynamik

statt nur Luftwiderstand darzustellen. Wenn die Spitzenleistung eines Antriebs, die heute nur beim Start abgerufen wird, auf Gasturbine und Batterien verteilt wird, kann die Gasturbine im Vergleich zu heute deutlich kleiner werden. Das Flugzeug wird leiser. Weniger Gewicht und weniger aerodynamischer Widerstand wiederum erlauben es, Tragflächen und Leitwerke zu verkleinern – was Gewicht und Treibstoffverbrauch weiter senkt.

Die Liste der wechselseitigen positiven Einflüsse lässt sich fortsetzen. Aber noch fehlt es an Basistechnologien, die diesen Durchbruch erlauben. Dazu gehört die Supraleitfähigkeit. Sie entsteht in bestimmten Materialien, wenn sie auf Temperaturen von weit unter minus 100 Grad

**25 JAHRE GEBEN DIE FLUGZEUGBAUER DEN ELEKTROTECHNIKERN, UM NEUE ENERGIESPEICHER ZU ENTWICKELN**

Celsius heruntergekühlt sind und ihr elektrischer Widerstand verschwindet. Dann lassen sich Motoren und Kabel, die den Strom von Turbine und Batterien zu den Fans bringen, so konstruieren, dass sie um ein Vielfaches leichter, kleiner und effizienter werden. Die Bauteile zu kühlen wird dann die nächste Herausforderung sein.

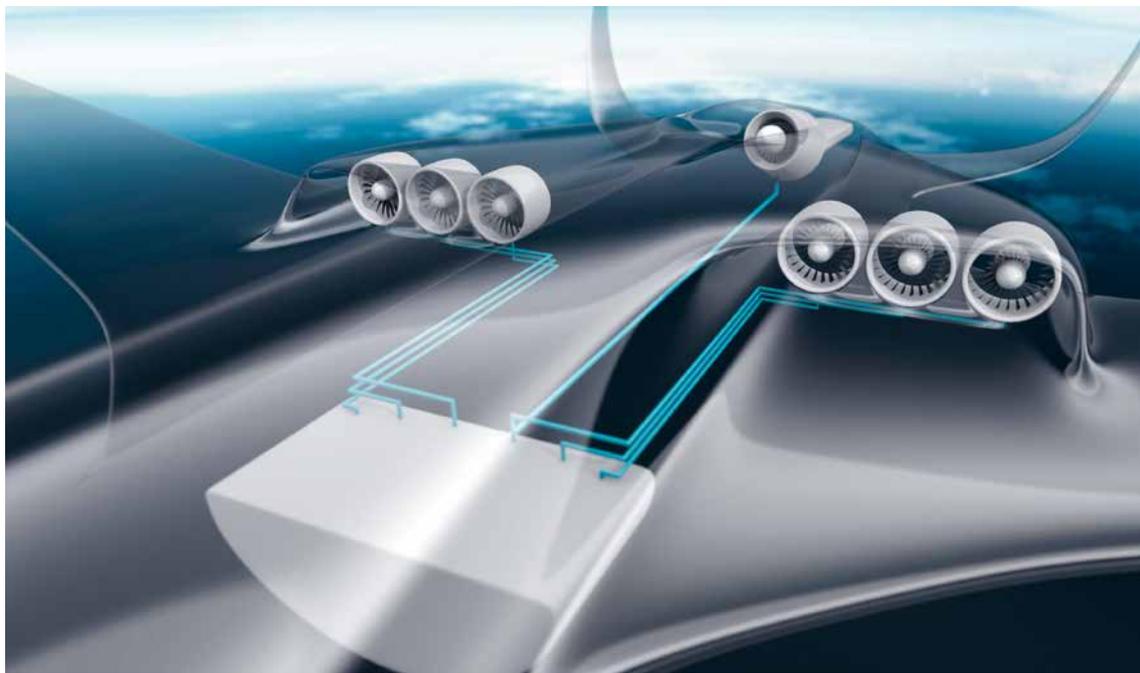
Außerdem fehlt noch, was landläufig unter »besseren Batterien« verstanden wird. Gemeint ist eine neue Generation von Energiespeichersystemen. Hoffnung erwecken Lithium-Luft-Akkumulatoren, deren Energiedichte mehr als doppelt so hoch ist wie die Speicher von heute. 25 Jahre Zeit geben die Flugzeug- und Turbinenbauer ihren Kollegen von der Elektrotechnik dafür, sie zur technischen Reife zu entwickeln. So lange brauchen sie auch selbst, um Turbinen, Flugzeugstruktur und Aerodynamik anzupassen.

Das Zieljahr 2050 ist dabei nicht beliebig festgelegt. Auf diesen Zeitraum hat die Luftfahrtindustrie ihre Ziele im Umweltschutz ausserichtet, wie sie auch im Bericht »Flightpath 2050 – Europe’s Vision for Aviation« der Europäischen Kommission vom Jahr 2011 dargelegt sind. Diese Ziele beinhalten eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Flugzeugen um 75 Prozent, der Stick-



sity bei London gemeinsam entwickelt und es E-Thrust genannt, was auf Deutsch »Elektroschub« bedeutet. Sie haben ein komplett neues Flugzeug entworfen, bei dem die Tragflächen weit nach hinten zurückversetzt sind. Der Antrieb ist in den Rumpf integriert. Mehrere elektrisch angetriebene Schaufelblätter, die Fans, liegen auf den Flügelansätzen. Anders als bisher sind Turbine und Fan getrennt, was ganz neue Konstruktionen mit Optimierung beider Elemente und am Ende geringerem Benzinverbrauch ermöglicht.

Die aerodynamischen Vorteile im Vergleich mit den heute verwendeten Turbinen unter den Flügeln sind ebenfalls enorm. Auch die Luft, die am Flugzeug entlang strömt, kann zu den Fans geleitet werden und dem Schub zugutekommen,



Im E-Thrust sind Turbine und Schaufeln, die »Fans«, getrennt. Beim Start kommt Strom aus einem Speicher, den die Fans im Sinkflug laden

oxide um 90 Prozent und des Geräuschpegels um 65 Prozent. Die Eckwerte entsprechen in etwa denen, die die Luftfahrtindustrie in ihrer Selbstverpflichtung von 2008 genannt hat.

## IDEEN FÜR NEUE FLUGZEUGE BEREITEN AUF DIE KONKURRENZ DER NÄCHSTEN JAHRZEHNTE VOR

3D-Druck eines E-Thrust-Modells (links) und eines Werkstücks (rechts). Wenn sich Strukturen an der Natur orientieren, sind sie stabiler und verbrauchen weniger Material als in herkömmlicher Bauweise

Schneller als mit dem E-Thrust soll es mit einer kleineren, ebenfalls hybriden Lösung gehen. Bis 2030, also in weniger als 15 Jahren, will Airbus einen Passagierjet für den Regionalverkehr mit bis zu 100 Personen serienreif haben.

Da ist ein weiter Weg zurückzulegen. Die Maschine könnte aus dem kleinen, voll elektrischen Trainingsflugzeug hervorgehen, das unter der

Bezeichnung E-Fan 2.0 in naher Zukunft in Südfrankreich in Serie gebaut wird. Es soll als »Technologiedemonstrator«, fliegender Prüfstand und – in der Luftfahrt von enormer Bedeutung – als Vorbild für die Zertifizierung von elektrischen Flugzeugkonzepten dienen. Das Anschlussmodell 4.0 erhält bereits einen zusätzlichen Verbrennungsmotor im Rumpf, der die Reichweite deutlich erhöhen wird.

Der hybride Antrieb könnte auch aus Deutschland kommen. Im April 2016 haben Airbus und der Technologiekonzern Siemens vereinbart, bis 2020 eine Reihe von Prototypen für verschiedene Antriebssysteme zu entwickeln. Von Siemens stammt bereits ein Elektromotor für Flugzeuge, dessen Leistung bei gleichem Gewicht innerhalb weniger Jahre um das Fünffache gesteigert wurde.

Eines der Konzepte von 2020 könnte dann für den Jet von 2030 in Betracht kommen. Aber auch



an hybriden Helikoptern, an unbemannten Flugzeugen mit elektrischen und hybriden Antrieben sowie an Drohnen könnten Airbus und Siemens arbeiten. 200 Mitarbeiter haben die beiden Unternehmen dafür zusammengezogen; die Investitionen in den nächsten fünf Jahren sollen bei über 100 Millionen Euro liegen.

Im Zentrum all dieser Forschungen und Entwicklungen steht nicht nur der Klimaschutz. Es geht auch um die technologische Führerschaft auf dem weltweiten Flugzeugmarkt, wie die EU in ihrem Flightpath-Bericht offen formuliert hat. Mit dem Regionaljet würde Airbus einen Markt betreten, auf dem sich bereits zwei Unternehmen vom amerikanischen Kontinent darum bemühen, zum weltweit drittgrößten Flugzeugbauer nach Airbus und Boeing zu werden: Embraer aus Brasilien und Bombardier aus Kanada.

durchaus dynamischen Umfeld kann eine technologische Führerschaft beim hybriden Fliegen mit Regional- und Kurzstreckenjets gleich mehrere Wettbewerber auf Abstand halten.

Die Elektroingenieure mit dem E-Fan-Zweisitzer von heute haben auch den 100-Sitzer von

**NACH DEM DURCHBRUCH BEI DEN KOHLEFASERVERBUNDSTOFFEN LOCKT NUN DER 3D-DRUCK**

morgen und den 300-Sitzer von übermorgen im Blick. Ebenso geht es den Verfahrensingenieuren. Im Fach Kohlefaser Verbundstoffe haben sie einen Gutteil ihrer Hausaufgaben gemacht, seit



Umgekehrt drängen beide in das »höhere« Segment der Kurzstreckenflugzeuge, das von Airbus und Boeing beherrscht wird. Schließlich ist mit dem erst 2008 gegründeten Staatsunternehmen Comac in Shanghai noch ein weiterer Wettbewerber auf den Plan getreten. Ein zweistrahliger Regionaljet, mit Turbinen von General Electric ausgerüstet, wurde bereits 2015 ausgeliefert, und ein Comac-Kurzstreckenflugzeug soll Ende 2018 serienreif sein. Zudem haben Comac und Bombardier 2011 ein langfristiges Kooperationsabkommen unterzeichnet, um Alternativen zu Airbus und Boeing zu entwickeln. In diesem

der A350 zu mehr als 50 Prozent aus dem leichten carbonfaserverstärkten Kunststoff besteht. Dahinter lockt der nächste Schritt. Der Einsatz von 3D-Druckern hat auch im Flugzeugbau begonnen. Das Herstellen von Formen ist nicht erforderlich, und der Materialverlust ist gering, weil Schneiden, Drehen und Bohren entfällt.

In den Hallen stehen schon nicht mehr die allseits bekannten Schichtdrucker, die nur simple Geometrien beherrschen. Heute sind es Laser, die aus einem Pulverstrahl im Raum komplexe Strukturen erschmelzen, zum Beispiel überhängende Formen (siehe Bild links außen). Auch die

Der kleine Elektroflieger E-Fan geht in Serie. Aus ihm soll bis zum Jahr 2030 ein Regionalflugzeug mit 70 bis 90 Plätzen entstehen



Beschleunigung ist enorm. Was im Schichtdruck noch 15 Stunden dauerte, ist jetzt in zwei bis drei Stunden zu bewerkstelligen.

Aber sobald die Fertigung über Prototypen und Einzelstücke hinausgeht, beginnt das Rechnen. So ressourcensparend das Verfahren sein kann: Stellt es nur eine technologische In-

## DER MASCHINENBAU STEHT NACH 30 JAHREN VOR DER NÄCHSTEN VOLLSTÄNDIGEN UMSTRUKTURIERUNG

sellösung dar, werden die Investitionskosten zu hoch. Der Druck ist dann nicht mehr günstiger als die bisherigen Verfahren. Um den Einsatz der Drucker zu optimieren, müssen mehr und mehr Abschnitte des Produktionsprozesses darauf ausgerichtet werden. Einen solchen Schritt hat der Maschinenbau zuletzt in den 1980er-Jahren erlebt, als das Computer Integrated Manufacturing (CIM) zur durchgehenden Vernetzung kompletter Entwurfs- und Fertigungsstrecken führte.

Ein Strategiewechsel steht bei Airbus bereits auf der Agenda. Bislang wurden Bauteile nur von Zulieferern gekauft. Doch das Airbus-Werk in Varel hat bereits mit dem Drucken eigener Komponenten begonnen. Bis zu zehn Prozent der Bau- und Ersatzteile sollen künftig auf hauseigenen Anlagen hergestellt werden.

Schon wird vom kompletten Flugzeug aus dem Drucker geträumt. Modell auswählen, Zahl der Sitzplätze festlegen, auf den Knopf drücken, und am nächsten Morgen rollt der Airbus-Rohling aus der Druckerhalle?

Erste Schritte sind getan. In Hamburg hat Airbus das Mini-Flugzeug »Thor« gedruckt; nur die beiden Elektromotoren und die Steuerung gehören noch zur klassischen Ausstattung. Das unbemannte Fluggerät mit seinen vier Metern Länge und ebensolcher Flügelspannweite befindet sich bereits in der Erprobung. Noch ist es aus fast 50 Teilen montiert, weil der größte aufzutreibende Drucker nur 2,10 Meter lange Stücke herstellen kann. Vier bis sechs Wochen waren dafür nötig. Doch die Industrie arbeitet an leistungsfähigeren Anlagen. Damit die Airbus-Entwickler sich mit den technologischen Möglichkeiten vertraut machen, hat sich der Konzern in den USA an der Autoschmiede Local Motors beteiligt, die ihre Autos drucken will. Mehrere Dutzend Ingenieure werden jetzt in 3D-Druck fortgebildet.

Beim »Thor« waren die Teile noch aus dem Pulver des Plastik Kunststoff Polyamid erschmolzen. In den kommenden zwei Jahren werden sie aus Titan, Edelstahl und Aluminium entstehen. 2025 könnte das erste Verkehrsflugzeug gedruckt werden. Der Rohling würde zwar immer noch aus Einzelteilen zusammengesetzt, aber vielleicht nicht mehr, wenn 2050 der E-Thrust startet.

Airbus-Technologiebeauftragter Peter Sander und sein Team haben das Versuchsflugzeug »Thor« zum Fliegen gebracht. Es besteht aus rund 50 gedruckten Einzelteilen



# FLUGLÄRM PRO + KONTRA

**Flughäfen belasten die Menschen in ihrer Umgebung. Immerhin: Der Lärm bei Starts und Landungen ist in den vergangenen Jahren gesunken. Vier Fragen an MONA NEUBAUR, Landesvorsitzende der Grünen in Nordrhein-Westfalen und Fluglärmkritikerin, sowie an CHARLES CHAMPION, Entwicklungsleiter bei Airbus**

**Haben wir den auf Fluglärm bezogenen »Peak Noise«, also das Lärmmaximum, bereits überschritten, wenigstens in Europa?**

**Mona Neubaur:** Es gibt Messergebnisse, die auf ein Erreichen oder gar Überschreiten des Peak Noise in Europa hindeuten. Die weitere Entwicklung hängt allerdings von vielen Faktoren ab, etwa, wie stark der Flugverkehr wächst und welche Art von Maschinen und Triebwerken zum Einsatz kommen. Fluglärm ist und bleibt für Zehntausende Anwohner von Flughäfen und damit auch für uns Grüne ein wichtiges Thema.

**Charles Champion:** Dass der wahrgenommene Lärm rückläufig ist, liegt maßgeblich an den bedeutenden technologischen und funktionalen Verbesserungen, um die Geräuschentwicklung an der Quelle zu senken, und an optimierten Betriebsabläufen. In Europa haben die geflogenen Passagierkilometer um 32 Prozent zugenommen, während im gleichen Zeitraum die Zahl der vom Fluglärm betroffenen Menschen um zwei Prozent gesunken ist.

**Was sind die nächsten wichtigen Schritte, um den Fluglärm weiter zu verringern?**

Der Bund ist gefordert: Er sollte ein System von Lärmschutz-Grenzwerten einführen, aus dem sich aktive und passive Lärmschutzmaßnahmen für die Anwohner ableiten. Besonders die Nachtruhe der Anwohner muss geschützt werden – möglichst von 22 bis 6 Uhr. Im Interesse der Gesundheit können sich – in Abwägung mit dem volkswirtschaftlichen Interesse an einem funktionierenden Luftverkehr – Veränderungen an den Betriebszeiten oder den Flugrouten ergeben.

Wir sind den Zielen des EU-Berichtes »Flightpath 2050« mit der Verminderung des wahrgenommenen Lärms um 65 Prozent verpflichtet. Airbus unterstützt zudem den »Balanced Approach« der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation ICAO, der sich mit der Lärmreduzierung an der Quelle, durch Betriebsabläufe, Flächennutzungspläne und Betriebsbeschränkungen befasst. Wir testen zum Beispiel optimierte Starts und Landungen, etwa im Gleitflug, die erheblich zur Lärmreduzierung beitragen.

**Führt weniger Fluglärm zu mehr Verkehr auf den Flughäfen? Haben wir einen Rebound- oder sogar Backfire-Effekt?**

Ein Flughafen ist auch bei leicht rückläufigen Lärm-Messwerten eine große Belastung für jeweils Tausende betroffene Anwohner. Deshalb befürworten wir wirksame Lärmschutz-Maßnahmen. Wir gehen davon aus, dass die Anwohner bei rückläufigen Lärmwerten das Mehr an Lebensqualität schätzen werden und kein Rebound-Effekt eintritt.

Nein, weil der Flughafenverkehr von vielen Faktoren abhängt. Die Umweltperformance des Luftverkehrs kann durch die Zusammenarbeit der verschiedenen Beteiligten – Flugzeug- und Turbinenhersteller, Fluglinien, Flugsicherungen, Behörden, Forschungszentren, Flughäfen – weiter verbessert werden, um die weltweit besten und effizientesten Lösungen zu entwickeln und einzuführen.

**Könnten sehr leise Turbinen zu einer Verkürzung des Nachtflugverbotes führen? Könnte dies ein wirtschaftlicher Anreiz sein, solche Turbinen schnell zu entwickeln?**

Der Schutz der Anwohner vor Lärm – insbesondere in der Nacht – ist für uns entscheidend. Das Recht auf eine geregelte Nachtruhe steht für uns nicht zur Diskussion. Jede Initiative, die den Lärm reduziert, begrüßen wir gleichwohl, denn Flüstertriebwerke reduzieren die Lärmbelastung ja auch tagsüber.

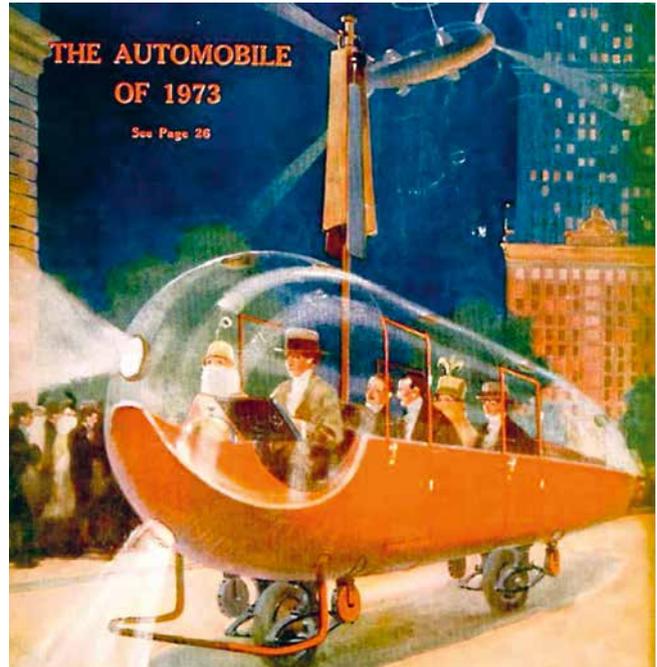
Bei der Planung eines neuen Flugzeugs sind viele Faktoren zu berücksichtigen. Im Hinblick auf Lärm setzt Airbus weiter auf bahnbrechende Eigenschaften, wie wir sie zum Beispiel für den A350 XWB erreicht haben: Dessen zertifizierter Außenlärmlevel liegt weit unter der aktuellen Norm, nämlich um 21 Dezibel effektiv wahrgenommener Lärmpegel unter den Kapitel-4-Lärmstandards der ICAO.

# DIE ÄLTESTEN VERWANDTEN DES AIRBUS

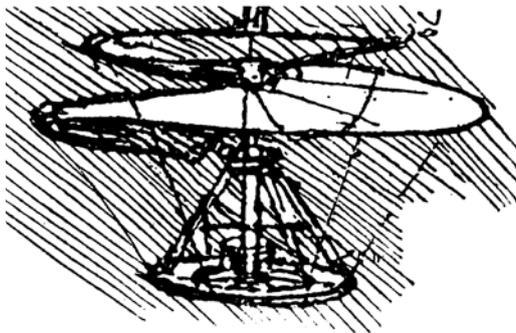
Leonardo da Vinci hat schon im 15. Jahrhundert das Fliegen per Drehflügel dargestellt. Dazu erfand er mit »Helikopter« gleich den Namen für eine ganze Gattung von Luftfahrzeugen. Im 19. Jahrhundert war das Ziel der Konstrukteure bereits erkennbar: der Personentransport in einem Omnibus der Lüfte.

Trotz aller Utopien haben es Hubschrauber nie zum schnellen und preiswerten Massenverkehrsmittel gebracht. Unverzichtbar wurden sie aber als Arbeits- und Rettungsgerät sowie für militärische Zwecke.

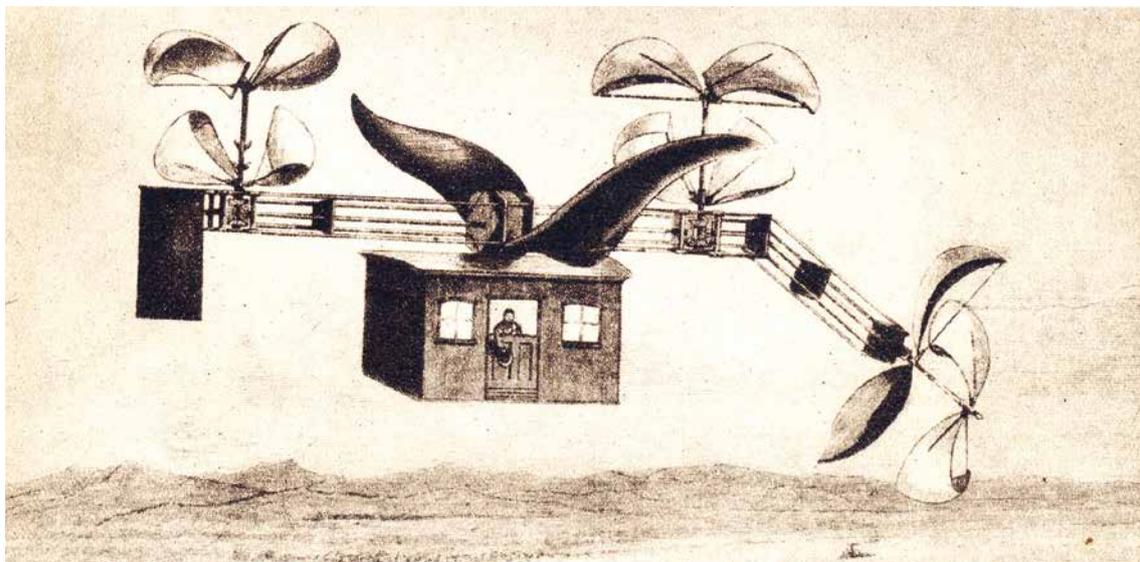
Der Name »Airbus« hingegen ging auf ein Flugzeug über. Heute trägt ihn ein ganzer Luft- und Raumfahrtkonzern. Dessen Hubschrauber haben die Bezeichnung jetzt doch noch erhalten: Seit 2015 heißen alte und neue Modelle »Airbus Helicopters«.



Das Magazin *Science and Invention* nahm 1923 einen aerodynamisch geformten Kabinenschrauber auf die Titelseite. So sollte das Auto fünfzig Jahre später aussehen – 1973



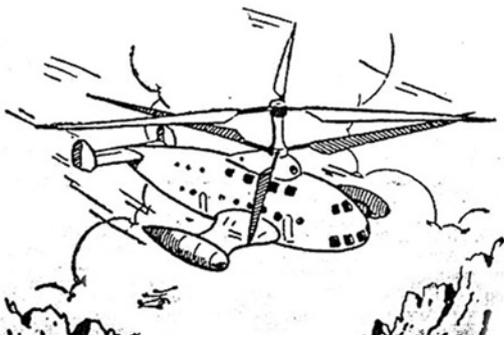
Ein Universalgenie will in die Luft und zeichnet einen Helikopter. Leonardo da Vinci skizzierte seinen Drehflügler zwischen 1487 und 1490



Ein Stich aus *Frank Leslie's Illustrated Newspaper* von 1877 zeigt die Kutsche als Vorbild für den Lufttransporter. Der Antrieb mit Flügeln und Segeln gälte heute als hybrid



»Here Comes the Flying Bus« – in einer Werbeanzeige der US-Aluminiumfabrik Bohn ließ der Grafiker Arthur C. Radebaugh 1946 seiner Fantasie im späten Art-déco-Stil freien Lauf



Im Herbst 1944, unmittelbar nach der Befreiung von den deutschen Besatzern, erschien das belgische Comic-Magazin *Spirou* wieder. Zeichner Kulavik entwarf noch in diesem Jahr eine Kombination aus Rotor- und Starrflügeln

**Zusammengestellt und kommentiert von Heinrich Dubel, Berlin**  
**Blog: [helikopterysteriezwo.blogspot.com](http://helikopterysteriezwo.blogspot.com)**

Airbus-Helikopter der Zukunft: Der X6 ist eine 2015 vorgestellte Konzeptstudie für den Einsatz in der Öl- und Gasindustrie auf See



# 3 FACHGESPRÄCHE, 50 FACHLEUTE. IHRE AUFGABE: WEGE ZUR DEKARBONISIERUNG DES LUFTVERKEHRS AUFZUZEIGEN

Heinrich-Böll-Stiftung und Airbus Group diskutierten die Zukunft des Fliegens. Das kam dabei heraus: ein Katalog der Gemeinsamkeiten und Unterschiede

**W**er weniger Kerosin verbraucht, belastet auch das Klima weniger. Die Senkung der Treibstoffkosten und die Reduktion des Ressourcenverbrauchs gehen Hand in Hand. Sobald der Verbrauch pro Flugkilometer stärker abnimmt, als der Luftverkehr wächst, bewegt sich die Branche in die ökologisch erwünschte Richtung. So weit herrscht Einvernehmen zwischen der Luftverkehrsbranche und ihren Kritikern.

Doch mit welchen Mitteln lässt sich das Fliegen nachhaltig gestalten? 90 Prozent der Mittel für Forschung und Entwicklung bei Airbus zielen auf effizienteres und umweltverträglicheres Fliegen. Was ist darüber hinaus technisch noch

nach Gemeinsamkeiten sowie nach Verständnis für die Perspektive der andere Seite.

## ORDNUNGSPOLITIK

Die Regulierung der zivilen Luftfahrt unterliegt einem Dilemma, das branchenspezifisch ist. Sie findet in einem internationalen Markt statt, wird

JE WENIGER KEROSIN, DESTO WENIGER  
NATURVERBRAUCH. BEIM SPAREN  
TREFFEN SICH INDUSTRIE UND ÖKOS

machbar, wo gibt es Spielräume trotz Konkurrenzdruck, welche Rolle kann die Politik spielen? Mit diesen Fragen beschäftigten sich drei Gesprächsrunden, die von der Airbus Group und der Heinrich-Böll-Stiftung veranstaltet wurden. Eingeladen waren auch zahlreiche Fachleute aus Unternehmen, Verbänden, Instituten und der Politik. Bei den Diskussionen dominierte die Suche



aber national gesteuert. Mit der EU kommt noch eine regionale Zwischenstufe hinzu. Nationale und EU-weite Auflagen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken, sollen lenkende Wirkung haben und dafür sorgen, dass »heimische« Fluglinien und Flughäfen eine Vorreiterrolle einnehmen.

Zugleich konkurrieren in der EU privatwirtschaftliche, auf ein Mitgliedsland ausgerichtete Carrier mit vielen staatlichen oder staatsnahen Fluggesellschaften, deren Firmensitze und Drehkreuze außerhalb des Regulierungsgebietes angesiedelt sind. Für sie ist das regulierte Europa nur ein kleiner Teil ihres Geschäftsfeldes. Mehrkosten durch Auflagen können recht einfach umverteilt werden. Das können die Carrier, die die meisten Flüge in der »teuren« EU absolvieren, nicht. Wenn asymmetrische Umweltauflagen daher die Tickets der einen Unternehmen verteuern, wandern kostenbewusste Passagiere zu den anderen außerhalb der EU ab. Auf diese Weise sind sogar Rückschritte in der Klimapolitik möglich.

Aus der Sicht der Industrie können also nationale Eingriffe oder solche der EU dazu führen, dass zwischen den Fluglinien das internationale »level playing field« – das Spiel auf Augenhöhe – nicht mehr gewährleistet ist. Wie also kann die Wettbewerbsfähigkeit der einheimischen Unternehmen gefördert, wie ein Kostennachteil kompensiert werden? Eine Lösung aus umweltpolitischer Sicht ist, die Einnahmen des Staates nicht in die Haushalte zu überführen, sondern

»im System zu belassen«. Nicht nur Verteuerung, auch Verbilligung kann Innovationsdruck erzeugen. Ein Beispiel: Um Fluglinien zum Kauf leiserer Maschinen zu bewegen, werden nach traditionellem Denken einfach die Landegebühren

## EIN REGULIERUNGSDILEMMA: WENN UMWELTVERSCHMUTZER VON UMWELTAUFLAGEN PROFITIEREN

ren für laute Flugzeuge erhöht. Der Anreiz ist aber deutlich stärker, wenn in gleichem Umfang die Landegebühren für leise Maschinen gesenkt werden.

Etwa 40 Prozent der Gesamtkosten des Flugbetriebs entfallen auf das Kerosin. Damit ist ein geringerer Kraftstoffverbrauch zweifellos der stärkste Innovationstreiber dieser Branche. Ein zweiter ist die staatliche Regulierung mit ihren technischen und rechtlichen Auflagen. Wenn nun die Flugzeughersteller aus eigener Kraft die Emissionen nicht hinreichend senken können – muss dann der Staat einspringen und durch neue Vorschriften etwa über Biokraftstoffe die Innovationslücke schließen?

Es gibt zudem bei Flugzeugen einen Zielkonflikt. Einerseits sollen sie lange in Betrieb sein, andererseits müssen technische Innovationen schnell greifen. Rund 30 Jahre sind große Pas-

Gäste und Gastgeber, Auswahl: Matthias von Randow, Hauptgeschäftsführer, BDL (1). Dieter Janecek, MdB, B'90/Die Grünen (2). Katrin Göring-Eckardt, Fraktionsvorsitzende, B'90/Die Grünen (3). Marwan Lahoud, Strategievorstand, Airbus Group (vorne), Werner Reh, BUND (4). Dirk Langolf, Fraunhofer MOEZ (5). Kerstin Andreae, MdB, B'90/Die Grünen (6). Ivo Rzegotta, Leiter Strategie, BDL (7). Klaus-Peter Sieglösch, Präsident, BDL (8). Cem Özdemir, Parteivorsitzender, B'90/Die Grünen (9). Anton Hofreiter, Fraktionsvorsitzender, B'90/Die Grünen (10)



sagiermaschinen im Einsatz. Eine solch hohe Lebensdauer sorgt für einen strukturellen Nachlauf veraltender und veralteter Maschinen im globalen Flottenmix. Wenn einzelne alte gegen neue Bauteile ausgetauscht werden, ist das oft nur ein

»Anbindungsqualität« von Flughäfen: Um sie umweltfreundlicher zu erreichen, bedarf es vor allem überregionaler Verkehrskonzepte mit Beteiligung der Bahn. Sie soll sich auch bemühen, Kurzstreckenflüge zu ersetzen. Für gut angebundene Flughäfen ergäben sich wegen des vergrößerten Radius der Einbindung mehr Passagiere.

»Was erwarten Sie von der Politik?« In den Gesprächen fragten grüne Politikerinnen und Politiker, welche Ansprüche die Flugbranche an eine Luftfahrtpolitik stelle, die einen Beitrag der Industrie zum Klimaschutz anerkenne und fördern wolle. Sorge bereitet der Branche, dass die Entwicklung des Flugverkehrs national oder EU-weit gebremst werden könnte. Bei dem starken globalen Wachstum der Luftfahrt würden Skaleneffekte nach kurzer Stagnation allerdings zur schnellen Schrumpfung führen. Der Flugverkehr ginge dadurch nicht zurück, sondern die Passagiere würden mit anderen Airlines fliegen. Unter klimapolitischen Gesichtspunkten sei daher zu vermuten, dass dies wiederum Fluglinien und Flughäfen mit niedrigeren Umweltzielen nützt.

## FLUGZEUGE SOLLEN LANGE HALTEN. ABER IRGENDWANN VERHINDERN SIE DEN KAUF BESSERER MASCHINEN

Alexis von Hoensbroech, Vorstand Produkt und Vertrieb, Lufthansa Cargo (1). Stefan Schulte, Vorstandsvorsitzender, Fraport (2). Anja Hajduk, MdB, B'90/Die Grünen (3). Winfried Hermann, Minister für Verkehr und Infrastruktur, Baden-Württemberg (4). Philipp Lehmann, Airbus Group (5). Sabine Gores, Öko-Institut (6). Alexander Mahler, FÖS (7). Peter Gerber, Vorstandsvorsitzender, Lufthansa Cargo (8). Thorsten Posselt, Institutsleiter, Fraunhofer MOEZ (vorne), Volker Thum, Hauptgeschäftsführer, BDLI (9). Matthias Duwe, Ecologic Institut (10)

kleiner Fortschritt. Ein großer setzt voraus, dass das ganze Flugzeug umgestaltet wird. Um also die Emissionen deutlich zu senken, muss ein neues erworben werden – während das alte verkauft wird und noch lange in Regionen weiterfliegt, wo es auf Emissionen nicht sonderlich ankommt. Könnten also neue technische Standards die Lebenszeit verkürzen, um die globale Flotte zu modernisieren? Auch bei den »Fluggesprächen« gab es darauf keine abschließende Antwort.

Die Anforderungen an die Infrastruktur des Luftverkehrs und die regionalen wirtschaftlichen Bedürfnisse decken sich nicht immer. Nationale Interessen wie die, deutsche Drehkreuze zu erhalten und zu fördern, vertragen sich nicht mit dem Wunsch nach internationalen Direktflügen auch von kleineren Flughäfen aus, ohne in Frankfurt am Main oder München umsteigen zu müssen. Nötig ist auch eine bessere

### STEUERUNGSMASCHINEN

Der Luftverkehr ist global und benötigt global gültige Standards, auch bei der Reduktion von Treibhausgasen. Doch der internationale Luft- und Schiffsverkehr blieb vom Kyoto-Protokoll ausgenommen. Das anzustrebende Steuerungsinstrument sollte daher ein globaler marktba-



sierter Mechanismus (GMBM) sein. Die UN-Luftfahrtorganisation ICAO will einen globalen Handel mit Zertifikaten ab 2020 einführen. Ob er auf eine tatsächliche Senkung von Emissionen hinausläuft oder auf Kompensation (»Offsetting«) – etwa durch Verrechnung mit Geldern zum Schutz der Regenwälder –, wird im Verlauf des Jahres 2016 festgelegt.

Die ICAO, so die allgemeine Erwartung bei den Fluggesprächen, wird sich am Ende der Verhandlungen auf ein Offsetting-Modell verständigen, denn das Instrument Emissionshandel ist aus politischen Gründen im globalen Maßstab nicht mehr durchsetzbar. Offsetting und Bio-kerosin bringen wegen der nötigen Mengen und Flächen allerdings gewaltige Probleme mit sich. Die einst erhofften 30 Prozent Reduktion durch einen globalen Mechanismus werden durch Offsetting nicht zu erreichen sein.

Um lenkend in den Luftverkehrsmarkt einzugreifen und umweltpolitische Ziele überhaupt oder schneller zu erreichen, sind in der Vergangenheit in Deutschland und der EU einige Steuerungsinstrumente entwickelt worden. Ihr Einsatz stößt an Grenzen, weil sie nur für eine Gruppe von Anbietern gelten und den Wettbewerb verzerren können. Zu diesen Insellösungen gehörte, den internationalen Luftverkehr in das System des *EU-Emissionshandels* (ETS) aufzunehmen. Dies hat in der Vergangenheit zu Konflikten und Boykottandrohungen aus den USA und China geführt. Nachdem die Maßnahme für

Nicht-EU-Gesellschaften rückgängig gemacht wurde, wurden europäische Airlines weiter einseitig belastet. Für die Grünen bleibt das europäische ETS allerdings attraktiv, um auch den Luftverkehr zu dekarbonisieren.

Ein marktbasierter Mechanismus ist nur eine von vier Maßnahmen, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Luftverkehr zu senken. Daneben muss sich die Luftfahrtindustrie auf Innovationen durch neue Rumpf- und sauberere Triebwerkstechnologien konzentrieren. Effizientere Anflugverfahren und Flugbewegungen am Boden sollen das Air Traffic Management verbessern. Ferner werden alternative Kraftstoffe entwickelt. Die Industrie fordert von der Politik, diese vier Maßnahmen durch Innovationsförderung sowie struktur- und

## WAS ALLE BEDAUERN: DER EMISSIONSHANDEL FÜR DEN GLOBALEN LUFTVERKEHR HAT KAUM CHANCEN

ordnungspolitische Maßnahmen zu fördern, um die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten.

Ein weiteres Steuerungsinstrument ist die nationale *Kerosinsteuer* für kommerzielle Inlandsflüge. Sie ist seit 2003 rechtlich möglich, wurde aber kaum genutzt; Umweltverbände und Bahnunternehmen fordern sie. Eine solche Steuer würde die Kosten für Kerosin als ohnehin schon größten Kostenfaktor für die Airlines erhöhen. Die Lenkungswirkung einer solchen Steuer ist strittig.

Die in Deutschland seit 2011 erhobene *Luftverkehrsabgabe* hat sich kaum auf den Umfang des Flugverkehrs ausgewirkt. Ob in nennenswertem Maße Flugverkehr in Nachbarländer abgewandert ist, bleibt strittig. Überfällig ist eine koordinierte EU-weite Strategie, die bei allen derartigen Maßnahmen auch in den Mitgliedsländern für ein »level playing field« sorgt.

Auf Tickets für Flüge innerhalb Deutschlands zahlen Flugpassagiere den vollen Mehrwertsteuersatz in Höhe von 19 Prozent, ebenso wie Passagiere im Schienenfernverkehr. Eine *Mehrwertsteuer auf Tickets für internationale Flüge* ist maximal nur für den Flugabschnitt über deutschem Hoheitsgebiet möglich. Hiervon hat der Gesetzgeber im Umsatzsteuergesetz abgesehen; die Grünen streben die Ausweitung auf internationale Flüge ebenfalls nicht an.

*Regulatorische Instrumente* für Flughäfen sind zum Beispiel eingeschränkte Betriebszeiten sowie Start- und Landgebühren, die sich nach



dem Lärmaufkommen richten. Allerdings ist der wirtschaftliche Druck nicht hoch genug, um deswegen eine Flotte umzustrukturieren. Die meisten deutschen Flughäfen befinden sich in öffentlichem Besitz. Daher steht auch die Politik in der

## DAS TEMPO BEI DEN INNOVATIONEN MUSS ZUNEHMEN. SONST VERFEHLT DIE FLUGBRANCHE IHRE EMISSIONSZIELE

Pflicht, die erheblichen Emissionen am Boden sowie die Lärmbelastung weiter zu senken und Flughäfen insgesamt anwohnerfreundlicher zu machen. Für die Grünen bleibt ein striktes Nachtflugverbot nötig. Flughäfen und Fluglinien beklagen, dass es das Wachstum hemmt. Vor allem Frachtflüge würden zu nahen Auslandsflughäfen abwandern. Zumindest sollten die Betriebszeiten nicht noch weiter verkürzt und der jetzige Status sollte festgeschrieben werden.

### INNOVATIONSPOLITIK

Technologische Innovationen bei den Antrieben und den im Flugzeugbau verwendeten Materialien haben in den vergangenen Jahren die Ökoeffizienz des Fliegens erheblich verbessert. Sie haben auch wirtschaftliche Vorteile gebracht. Neue Flugzeugtypen wie der A350, der A320neo oder der A380 emittieren 25 bis 40 Prozent we-

niger CO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> als ihre Vorgängermodelle. Allerdings reicht das bisherige Tempo bei den Innovationen nicht aus, um die mittel- und langfristigen CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele im Flugverkehr zu erreichen, insbesondere angesichts der globalen Wachstumsdynamik dieses Sektors. Dafür sind nicht nur fortlaufende (»inkrementelle«) Optimierungen erforderlich, sondern »radikale« oder Sprunginnovationen in der Antriebstechnik und bei den eingesetzten Kraftstoffen.

Das 1995 begonnene Luftfahrtforschungsprogramm der Bundesregierung (LuFo) hat sich aus Sicht der Unternehmen als ein wichtiger Innovationstreiber und geeignetes Instrument für die deutsche Luftfahrtbranche bewährt. Diskussionsbedarf herrscht in Bezug auf eher grundsätzliche Möglichkeiten der Förderung, etwa im Rahmen einer steuerlichen Begünstigung für Aufwendungen bei Forschung und Entwicklung. Als Idee kam auch auf, die Luftfahrt stärker bei der Förderung von Elektromobilität zu berücksichtigen.

Wenn, wie auch von den Grünen gefordert, neue Kraftstoff- und Antriebskonzepte, neue Materialien und Fertigungsmethoden schneller als bisher eingeführt werden – soll dies ebenfalls von der staatlichen Forschungsförderung unterstützt werden? Industrieforschung allein würde Sprunginnovationen im erforderlichen Umfang nicht schaffen; die Grundlagenforschung gehört dazu. Schneller können Durchbrüche allerdings erreicht werden, wenn sie mit neuen politischen Anforderungen kombiniert werden. Bei Treibstoffen wäre dies etwa die Vernetzung von Mobilitäts- und Energiewende. Power-to-Liquid, in Windparks gewonnen, könnte fossile Brennstoffe ersetzen. Wie schnell die Industrie reagieren kann, wenn eine Technologie Marktreife erlangt, zeigte sich in Deutschland etwa, als die Photovoltaik aufkam.

### INTERNATIONALE VERKEHRSPOLITIK

Wenig ist derzeit von der EU-Verkehrspolitik zu erwarten. Der Luftraum über Europa besteht bislang aus vielen Einzelzonen in nationaler ziviler oder militärischer Verantwortung. Er sollte vereinheitlicht werden, um das Luftraummanagement zu optimieren. Die Initiative heißt Single European Sky (SES). Konkrete Ziele sind, die Luftraumkapazität und die Sicherheit zu erhöhen und dabei die Kosten des Flugverkehrsmanagements und die Umweltbelastung zu senken. Mit optimierten Verfahren ließen sich bis zu zwölf Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen des europäischen Luftverkehrs einsparen. Doch weitere Fortschritte sind derzeit blockiert, weil in der EU

Stephan Kühn, MdB, B'90/  
Die Grünen (vorne), Michael  
Kerkloh, Vorsitzender der  
Geschäftsführung und  
Arbeitsdirektor, Flughafen  
München (1). Tom Enders,  
CEO, Airbus Group (2).  
Alexander Reinhardt,  
Vorstandsbeauftragter für  
Politik- und Regierungsan-  
gelegenheiten, Airbus Group  
(3). Ralf Fücks, Vorstand,  
Heinrich-Böll-Stiftung (4)



der Einigungswille fehlt. Gegner der Reform befürchten Durchgriffsrechte der EU-Kommission auf hoheitliche Aufgaben. Außerdem drohe, dass die bestehenden Flugsicherungsorganisationen mit ihren Zehntausenden von Fluglotsen aufgelöst werden und die Nutzung des Luftraums für militärische Zwecke beeinträchtigt wird.

Um global einheitlich zu bewerten, ob Umweltauflagen und andere politischen Schritte zu Wettbewerbsverzerrungen führen, ist ein globales Schiedsgericht nötig. Die ICAO verfügt über marktrelevante Kompetenzen, aber nicht über etablierte Institutionen zur Austragung von Konflikten. Daher ist zu überlegen, ob für den Luftverkehr analog zum WTO-Regime entsprechende internationale Regeln aufgestellt werden oder die WTO direkt mit dieser Aufgabe betraut werden sollte.

### KOSTENWAHRHEITEN

In der Diskussion über die klimapolitisch wünschenswerte Ausgestaltung des Verkehrswesens zeigt das Konzept der »Kostenwahrheit«, wie hoch die ökologischen Folgeschäden sind. Auch die Luftfahrtbranche hat sich in den vergangenen Jahren immer stärker diesem Ansatz gestellt. Sie weist aber darauf hin, dass neben der ökologischen auch die betriebswirtschaftliche Kostenwahrheit für alle drei Branchensegmente (Flugzeugbau, Fluggesellschaften und Flughäfen) zu fordern ist. Direkte und indirekte Subventionen widersprechen einer Nutzerfinanzierung und einer wettbewerbsneutralen Ausgestaltung des internationalen Marktes.

### KLIMAPOLITISCHE ZIELE

Die europäische Luftfahrtindustrie hat sich mit der Vision »Flightpath 2050« der Europäischen Kommission ambitionierte Ziele gesetzt. Ziel ist es, ab 2020 CO<sub>2</sub>-neutrales Wachstum zu ermöglichen. Aus der Sicht der Klimapolitik ist es allerdings nicht ausreichend, die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Luftfahrt in den kommenden Jahrzehnten lediglich konstant zu halten. Auch diese Branche müsse ihren Beitrag zur Dekarbonisierung von Industrie und Verkehr leisten.

In den vergangenen 50 Jahren hat die Luftfahrtindustrie ihre relativen (auf Flugleistung bezogenen) CO<sub>2</sub>-Emissionen um 70 Prozent, ihre NO<sub>x</sub>-Emissionen um 90 Prozent und ihre Lärmemissionen um 75 Prozent reduzieren können. Dies gelang vor allem, weil neue Technologien eingesetzt und Betriebsabläufe verbessert wurden. Ziel der internationalen Luftfahrtindustrie ist es, für die gesamte Flotte in einer Größenordnung von jährlich 1,5 Prozent bis zum Jahr

2020 Kraftstoff einzusparen. Danach soll der Netto-Ausstoß von CO<sub>2</sub> um 75 Prozent bis zum Jahr 2050 im Vergleich zu 2005 reduziert werden. Airbus-Produkte wie die neo-Versionen bestehender Flugzeugfamilien (A320, A330; »neo« steht für »new engine option«) leisten hier mit Einsparungen von bis zu 20 Prozent bereits einen wichtigen Beitrag. Da die Flugzeuge eine lange Lebensdauer haben, muss die nächste Flugzeuggeneration allerdings noch deutlich weniger CO<sub>2</sub> abgeben.



**ICAO.** Die International Civil Aviation Organization (ICAO) ist eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen mit 191 Mitgliedsstaaten. Ihre Versammlungen finden alle drei Jahre statt. Das Treffen von 2013 beschloss, bis zur nächsten Sitzung im Jahr 2016 ein System zur CO<sub>2</sub>-Reduktion zu entwickeln, das ab 2020 ein CO<sub>2</sub>-neutrales Wachstum und bis 2050 eine Verringerung der Emissionen um die Hälfte des Standes von 2010 ermöglicht.

Die Sitzungen waren bestimmt von Debatten um das Vorgehen der EU. Sie hatte nach einem Beschluss von 2007 ihr Emissionshandelssystem per 2012 auf den interkontinentalen Luftverkehr ausgedehnt. Nach erheblichen Spannungen mit Indien, Russland, den USA und China setzte die EU-Kommission die Regelung aus. Die 39. Versammlung der ICAO ist für den Herbst 2016 am Sitz der Organisation in Montreal/Kanada einberufen.

### LUFTVERKEHRSKONZEPTE.

In Deutschland tagte 2013 die sogenannte Posch-Kommission, eine Initiative des Bundesverbandes der Deutschen Luftverkehrswirtschaft (BDL). Ihre elf Mitglieder kamen vom BDL, vom Bundesverband der Deutschen Industrie sowie von Bund und Ländern. Unter der Leitung des vorigen hessischen Ver-

kehrsministers Dieter Posch entwickelten sie ein Papier über »Anforderungen an ein Luftfahrtkonzept für Deutschland«. Es befasste sich mit Wettbewerbsfähigkeit, Klimaschutz/Treibstoffe, Infrastruktur, Bürgerbeteiligung, Fluglärm, Innovationsförderung, Flugsicherung und Gefahrenabwehr. Der Koalitionsvertrag vom November 2013 sieht die Ausarbeitung eines Luftverkehrskonzeptes noch in dieser Legislaturperiode vor. Es wird vermutlich erst Ende 2016 fertig.

2014 hörte das federführende Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) in drei Sitzungen die Länder, Bundesverbände und Organisationen sowie die zuständigen Bundesressorts. Eine von BDL und Posch-Kommission gewünschte Markt- und Standortanalyse wurde im Frühjahr 2015 ausgeschrieben. Dieses Gutachten soll die wirtschaftliche Bedeutung der deutschen Luftfahrt darstellen. Darauf aufbauend, entwickelt das BMVI das Luftfahrtkonzept der Bundesregierung. Es soll Ende 2016 veröffentlicht werden.

Mitte 2015 verabschiedeten acht Nichtregierungsorganisationen ein eigenes Luftverkehrskonzept. Im Vorgriff auf das des Bundes wird in zehn Punkten eine klima- und umweltverträgliche Umgestaltung des Sektors gefordert.

# STETIG, STETIG

»Inkrementelle« Innovationen verbessern die Flugzeuge fortlaufend. Der Prozess ist von strategischer Bedeutung – und reicht alleine doch nicht aus

		ENTWICKELT UND GEBAUT	
Markt	neu	radikale Innovation	disruptive Innovation
	alt	inkrementelle Innovation	radikale Innovation
		alt	neu
		Technologie	

Standardschema mit Typen von Innovationen: »Inkrementelle« verändern Produkte und Unternehmen langsam, »radikale« sprunghaft. »Disruptive« Innovationen können alles Bisherige zerstören

Zu den Aufgaben der Innovationsforschung gehört, technische Fortschritte einzuordnen. In welcher Beziehung sie zueinanderstehen, verdeutlicht ein Standardmodell mit den beiden Achsen »Markt« und »Technologie« (siehe nebenstehende Grafik). In ihren vier Segmenten entstehen drei Typen von Neuerungen: »disruptive«, »radikale« und »inkrementelle«.

Die weitreichendsten sind die disruptiven. Sie entstehen durch eine neue Technologie. Mit ihr bildet sich zugleich ein ganz neuer Markt heraus. Disruptive Innovationen wirken sich im ganzen Unternehmen und in der ganzen Produktion aus, und sie sind sehr selten. Als Beispiel gilt das iPhone mit seiner Kombination aus Displaysteuerung, Onlinezugang und externen Apps. Solche Mobilfunkgeräte ersetzen immer mehr andere Produkte, vom Laptop bis zum Fernseher. Sie krepeln den Markt für Information und Kommunikation um.

Allerdings ist die Kennzeichnung »disruptiv« auch zum Buzzword geworden. Kaum eine bedeutende technische Entwicklung, der die Medien nicht irgendwann dieses Etikett anhängen – im Flugzeugbau reicht dies von neuen Antrieben über neue Baustoffe bis hin zu neuen Bauweisen. Doch Fachleute wissen, dass solche Fortschritte eher »radikal« sind: Sie formen ihren Markt zwar um, bilden aber keinen ganz neuen. Konkurrierende Produkte können durch solche radikalen, sprunghaften Innovationen schlagartig Marktanteile verlieren.

Die Suche nach weniger spektakulären, »inkrementellen«, schrittweisen Innovationen gehört hingegen zum Alltagsgeschäft der Forschungs- und Entwicklungsabteilungen eines Hightech-Unternehmens. Es sind die fortlaufenden Neuerungen, die auch als »kontinuierlicher Verbesserungsprozess« bekannt sind. Wer mehr davon in seinen Produkten unterbringt als die Konkurrenz, wird mit dem allmählichen Gewinn von Marktanteilen belohnt. Im Unterschied zu »radikalen« Innovationen sind die wirtschaftli-

chen Risiken bei den inkrementellen überschaubar, weil sie an bereits erprobte Produkte anknüpfen und keine neuen und fehlerträchtigen Arbeitsabläufe erfordern. Die Risiken können noch weiter sinken, wenn Novitäten durch Nachjustierung entstehen, weil der Kunde sie bestellt.

Airbus wendet bei rund 60 Milliarden Euro Umsatz pro Jahr mehr als drei Milliarden Euro für Forschung und Entwicklung auf. Diese Mittel lassen sich nicht einfach als »inkrementell« oder »radikal« charakterisieren. Auch wenn es immer ein »radikales« Grundrauschen in der Airbus-Forschung gibt – auf der Agenda stehen derzeit keine solchen Anforderungen an ein neues Flugzeug. Es käme auf zehn Milliarden Euro – oder das Doppelte? Stattdessen wird seit 2010 an ein bis zwei Milliarden teuren Generalüberholungen bestehender Modelle gearbeitet. Im Mittelpunkt stehen wirtschaftlichere Turbinen. Die Bezeichnungen für die Maschinen tragen die ergänzende Abkürzung »neo« für »new engine option«, »neue Triebwerksvariante«.

Diese Modernisierung kompletter Serienflugzeuge besteht im Kern aus inkrementellen Innovationen und ist unter dieser Bezeichnung zur offiziellen Konzernstrategie aufgestiegen. Rund 15 bis 20 Prozent Kerosineinsparung, gemessen in der branchenüblichen Größe »Liter pro 100 Kilometer und Sitz«, lassen sich mit den neuen Modellen realisieren. Beim Vergleich der Jets müssen allerdings die veränderten Reichweiten und die Sitzkonfigurationen berücksichtigt werden. So hängt zum Beispiel der Pro-Sitz-Verbrauch davon ab, wie groß die Business-Klasse mit ihrem erhöhten Platzbedarf ist.

Das »neo«-Programm umfasst derzeit zwei Modellreihen. Die eine ist die A320-Familie, eine Gruppe von Kurz- und Mittelstreckenflugzeugen, zu der außer dem Basismodell A320 auch der verkürzte A319 und der verlängerte A321 gehört. Ein 320neo absolvierte den ersten kommerziellen Flug im Januar 2016 auf einer

Lufthansastrecke von Frankfurt nach München. Der A321neo wird um etwa zwei Jahre versetzt folgen; der Prototyp flog zum ersten Mal im Februar 2016. Die Langstreckenversion LRneo ist für 2018 geplant. Ein Erstflug des A319neo steht noch aus.

Das zweite Modell mit »neo«-Lifting ist der A330, ein Großraumflugzeug für Mittel- und Langstrecken. Die beiden Versionen mit bis zu 406 beziehungsweise 440 Sitzen sollen ab Ende 2017 ausgeliefert werden. Die Modellpolitik ist hier selbst innovativ. Airbus hat noch ein Übergangsmodell entwickelt, einen A330-300 mit einem um acht Tonnen erhöhten Startgewicht für den Langstreckeneinsatz. Das Modell verbraucht dennoch ein bis zwei Prozent weniger Kerosin, weil darin bereits mehrere inkrementelle Neuerungen verbaut sind, die die Aerodynamik verbessern. So änderten die Ingenieure den Rumpftank zwischen den Flügeln und die Vorflügel am vorderen Rand der Tragflächen, und die Verkleidungen der Landeklappenantriebe wurden strömungsgünstig verkürzt.

Das für dieses Modell angebotene Triebwerk Trent 700 von Rolls-Royce ist eine Vorstufe zum Trent 7000, einer Neuentwicklung, die exklusiv für den A330neo eingesetzt wird. Nach Angaben des Herstellers soll die Turbine allein bereits zehn Prozent Treibstoff sparen. Die beiden künftigen A330neo-Modelle erhalten zugleich eine um 3,7 Meter vergrößerte Spannweite, und die Aerodynamik wird weiter verbessert. Am Ende soll die Ersparnis an Treibstoff bei 14 Prozent pro Sitz gegenüber den Vorgängermodellen liegen, kündigte Airbus an.

**B**ei der Fortentwicklung des A330 lässt sich gut ein Zusammenhang von Steuerungstechnik und Verbrauch erkennen. Eine neue elektronische Böenlastkontrolle verhindert durch automatische Ruderausschläge, dass ein Flügel bei Turbulenzen überlastet wird. Deshalb kann Airbus einen für ein ursprünglich leichteres Flugzeug berechneten Flügel ohne strukturelle Verstärkungen – die Gewicht und Verbrauch hochtreiben würden – verwenden.

Die optisch auffälligste Innovation geht allerdings quer durch die Modellpalette. Es sind die bei Airbus »Sharklets« genannten hochgeknickten Flügellenden. Ihre Form erinnert an Haiflossen, aber funktional sind sie den Flügelspitzen einiger Vogelarten nachempfunden. Die 2,4 Meter hohen Bauteile verringern den Luftwiderstand und senken den Treibstoffverbrauch und damit auch die Emissionen um etwa vier Prozent; auch

GEMESSEN UND VERGLEICHEN								WIKIPEDIA
Vorgängermodell	Erstflug Jahr	Sitze	Verbrauch*	»neo«-Modell	Sitze	Verbrauch*	Strecken**	
A320	1987	150	2,61	A320neo	154	2,25	RK	
A321-200	1996	180	2,50	A321neo	192	2,19	RK	
–	–	–	–	A321LRneo	154	2,41	M	
A330-200	1997	241–293	2,37–3,11	A330-800neo	k. A.	k. A.	ML	
A330-300	1992	262	2,98	A330-900neo	310	2,42	ML	

\* l/100 km und Sitz. \*\* Regional- (R), Kurz- (K), Mittel- (M), Langstrecke (L). k. A. = keine Angaben

der Lärm wird reduziert. Für die gleiche Aufgabe gibt es auch scheibenförmige »Wingtip Fences«, die Airbus auf oder unter die Flügel montiert. Sie verändern die Spannweite nicht und erlauben daher auf beengten Verkehrsflughäfen ein uneingeschränktes Rollen und Parken.

Einzelne inkrementelle Innovationen können also zu beachtlichen CO<sub>2</sub>-Senkungen führen. Dennoch reichen sie in der Summe nicht aus. Das liegt zum einen am Rebound-Effekt: Die mit den Einsparungen von Kerosin verbundenen Preisvorteile führen dazu, dass mehr geflogen wird. Zum anderen reduziert die lange Lebensdauer eines Flugzeugs die Einsparungen. Eine Maschine, die 30 Jahre mit 15 Prozent weniger Kerosin fliegt, bringt es damit im Jahr durchschnittlich nur auf 0,5 Prozent Verbesserung. Mit den Modernisierungen im Laufe eines Flugzeuglebens mag sich der Betrag sogar auf ein bis eineinhalb Prozent erhöhen. Das aber ist noch immer zu wenig, um die selbst gesteckten Ziele einer Reduktion zu erreichen,

Im Vergleich zu ihren Vorgängern weisen die »neos« günstigere Verbrauchswerte auf. Viele Verbrauchsdaten sind nur kalkuliert. Aber der Wettbewerb erzwingt realistische Angaben

BESTELLT UND AUSGELIEFERT							WIKIPEDIA
»neo«-Modell	Erstflug Jahr	Auslieferung Jahr	bestellt/ausgeliefert Stück	Sitze (max.)	Reichweite km	Listenpreis Mio. Dollar	
A319neo	2016*	k. A.	50/0	160	7.800	98,5	
A320neo	2014	2016	3.344/2	189	6.900	107,3	
A321neo	2016	k. A.	1.114/0	240	6.760	125,7	
A321LRneo	2018*	k. A.		206	7.400	k. A.	
A330-800neo	2017*	2018*	10/0	406	13.900	252,3	
A330-900neo	2016*	2017*	176/0	440	12.130	287,7	

Stand: 29. Februar 2016. \* = erwartet. k. A. = keine Angaben

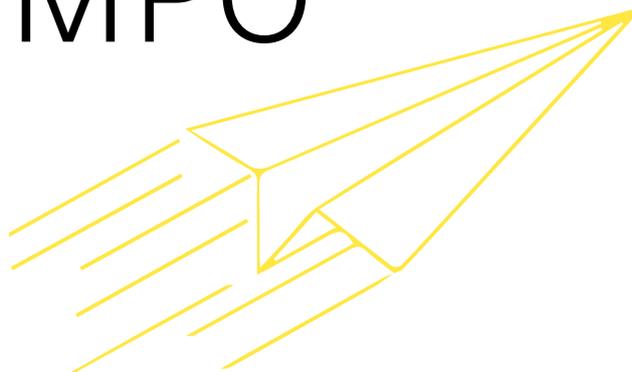
die deutlich über dem Jahreswachstums im Luftverkehr von 4,7 Prozent in den nächsten 20 Jahren liegt.

Die Flugzeug- und Turbinenbauer sind nicht alleine dafür verantwortlich, dass diese Hausaufgaben erledigt werden. In der Verantwortung stehen auch die Fluggesellschaften, die Flughäfen und die Verkehrspolitik. Doch ohne radikale Innovationen, die die selbst gesteckten Ziele erreichen und die Emissionen um 20, 30 oder gar 40 Prozent senken, wird es nicht gehen. Darüber ist sich die Branche einig.

Nach Bestellzahlen ist das »neo«-Programm ein großer Erfolg. Noch ist kaum eine Maschine im kommerziellen Einsatz, aber fast 5.000 Stück sind geordert



# TEMPO, TEMPO



**Bei den radikalen Innovationen im Flugzeugbau hat das Silicon Valley bislang keine große Rolle gespielt. Das soll sich jetzt ändern**

**D**ie Bemerkung galt dem neuen Elektroflugzeug E-Fan, einem Zweisitzer. »Den haben wir unter Silicon-Valley-Bedingungen gebaut«, erklärte ein Airbus-Manager stolz. Tatsächlich hatte ein Team von fünf bis 18 Leuten die Entwicklung in nur 18 Monaten vom Start des Projektes bis zum Erstflug im März 2014 geschafft. Jetzt muss eine neue Fabrik in Südfrankreich gebaut und mit Hochdruck daran gearbeitet werden, dass schon 2017 ein serienmäßiger Zwei- und 2019 ein Viersitzer an den Start gehen kann. Erst wenn Airbus diese Deadlines hält, ist der Beweis für die Einhaltung der »Silicon-Valley-Bedingungen« erbracht.

Bislang ist das, wofür das Silicon Valley steht, eher das Gegenteil des Flugzeugbaus. In der kalifornischen Hightech-Industrie entstehen fortlaufend Ideen und Innovationen. Ein Produktzyklus bei Intel oder AMD bemisst sich nach Monaten, Updates von Adobe oder Cisco kommen alle paar Wochen. An den Standorten von Airbus und Boeing hingegen entstehen Maschinen, die zu entwickeln ein Jahrzehnt dauerte. Dann kommen noch einmal 30 Jahre Lebensdauer hinzu.

Hier die Hoodies, dort die Weißkittel – diese plakative Gegenüberstellung streift allerdings nur die Oberfläche. Dazu ist sie ungerecht. Denn Airbus und Boeing stellen ihre Flugzeuge selbst her, während die Werkbank des Valleys oder wenigstens ein Teil davon in China steht. Doch das Valley hat die kurzen Wege, jede Menge Vielfach-Millionäre unter 40 und die hippesten Arbeitgeber der Welt. Die Flugzeugfirmen gelten hingegen als hierarchische Riesenapparate, in denen das Durchschnittsalter der Ingenieure steigt.

## **KULTURELLE KLUFT**

Der Stanford-Kommunikationsprofessor Fred Turner schreibt in seinem Buch »From Counterculture to Cyberculture« über die Wurzeln vieler Hightech-Gründungen in der Hippiebewegung Kaliforniens. Die Kritik am Konformen und Rigiden der damaligen Technik habe nicht allein zur Verweigerung geführt, sondern auch zu dem Versuch, sich die Maschinen anzueignen und sie dadurch »dem Militär und der Politik wegzunehmen« – Computer vor allem. Aus diesem Geist entstand die typische Westcoast-Mischung von Drop-outs und Start-ups. Dazu gehört auch eine gehörige Distanz zum

Staat. Unter den Nerds im Silicon Valley ist sie wie selbstverständlich. Dabei waren es Aufträge von Pentagon und NASA, die den ersten großen Aufschwung der Gegend ausgelöst hatten. Im Kalten und im Vietnamkrieg waren die dortigen Rüstungskonzerne, etwa Lockheed Martin, und die militärische Forschung an der Stanford University die Treiber der Innovation.

Auch Boeing mit einem Rüstungsanteil von über 50 Prozent des Umsatzes passt in das Bild. Airbus hat 20 Prozent und wurde obendrein von Politikern ins Leben gerufen. Allerdings blieben die Europäer in den USA lange kaum beachtet. Zu Boeing jedenfalls hielten die digitalen Utopisten den szenenüblichen Abstand. Eine Untersuchung zeigte, dass es am Boeing-Stammsitz in Seattle (nicht im Silicon Valley, aber ebenfalls an der Westküste gelegen) über lange Zeit kaum Kontakt zwischen den je mehreren Zehntausend Beschäftigten von Boeing und Microsoft gab; Bill Gates' Konzernzentrale liegt im benachbarten Redmond.

Eine Synergie mit dem Valley hat immerhin der Tech-Blogger Paul Gray ausgemacht. Boeing, lästerte er, habe sich wohl von dem bedeutungshuberischen ersten Buchstaben im Namen von Apples iPod inspirieren lassen, seinem neuen Passagierflugzeug 7E7 ebenfalls einen trendigen Vokal zu verpassen. Doch nicht für lang: Die Maschine wurde alsbald in 787 umbenannt.

## **UNGENUTZTES POTENZIAL**

Konzerne sind es gewohnt, dass sich die eigenen Entwicklungsabteilungen um die fortlaufenden, »inkrementellen« Innovationen kümmern. Sie verlangen ein Weiter-, nicht aber ein Umdenken. Anders die Sprung- oder »radikalen« Innovationen, die zu ganz neuen Produkten führen. Sie werden oft durch Querdenker, Grundlagenforscher und Enthusiasten angestoßen. Wer keinen Zugang zu ihnen hat, muss sie suchen.

Doch das unkonventionelle Valley zeigte nicht viel Interesse an den konventionellen Flugzeugbauern und ihren Produkten. Und umgekehrt. Dabei hätte das Wissensprofil der »Computerfreaks«, wie sie bei den Verständnislosen hießen, durchaus zu den Sprunginnovationen gepasst, mit denen sich Airbus und Boeing seit drei Jahrzehnten gegenseitig größere

Marktanteile abnehmen. Möglicherweise hätte es dann mehr Durchbrüche gegeben als die großen vier, die den Flugzeugbau grundlegend verändert haben, seit Airbus und Boeing Hauptkonkurrenten sind.

**SPRUNG 1: FLY-BY-WIRE**

Das Fly-by-wire, also die elektronische Flugzeugsteuerung »per Kabel«, war ein solcher Sprung. 1987 als digitales System mit dem Airbus A320 eingeführt, ersetzte es das traditionelle mechanische Steuern. Ausgangspunkt war eine Schwäche von Airbus: die Vielzahl von Standorten, aus denen die Politiker in Frankreich, Deutschland, Spanien und Großbritannien einen teilstaatlichen Luft- und Raumfahrtkonzern zusammengebaut hatten. Seither werden Rümpfe, Flügel und Kabinen kreuz und quer durch Europa transportiert, bis aus ihnen komplette Passagierflugzeuge entstehen. Boeing hingegen montierte seine Maschinen zentral bei Seattle und konnte die Steuerungen, deren Züge und Leitungen durch das ganze Flugzeug führten, ohne Probleme installieren.

Die Dezentralität von Airbus erzwang die Montage der vorgefertigten Komponenten mit Kabelsteckverbindungen und digitaler Signalübertragung. Die enorme konstruktive Vereinfachung durch viel weniger Mechanik sicherte Airbus bedeutende wirtschaftliche Vorteile. Bei Boeing stieß das Konzept auf Widerstand. Denn nicht mehr das Körpergefühl des Piloten am Steuer entschied, sondern die Programmierung eines Bordcomputers und das Fliegen per Joystick. 1994 führte Boeing mit der neuen 777 eine ähnliche Steuerung ein. Aber sie blieb noch lange an das alte System angelehnt, denn sie simulierte zugleich die gewohnte Mechanik.

**SPRUNG 2: COCKPIT-KOMMUNALITÄT**

Noch eine weitere »Keep it simple«-Idee von Airbus gilt heute als radikale Innovation: in den Cockpits vieler Modelle möglichst baugleiche Apparate und Instrumente zu verwenden. Diese sogenannte Kommunalität spart nicht nur Kosten in der Produktion und Wartung, sondern ermöglicht auch, die Piloten auf verschiedensten Maschinen einzusetzen.

**SPRUNG 3: KOMPOSITWERKSTOFFE**

Mit dem Einsatz von Kompositwerkstoffen verschaffte sich Boeing wieder einen technischen Vorsprung. Die seit 2011 ausgelieferte neue 787 besteht zu 50 Prozent aus Verbundmaterialien, um Gewicht zu sparen. Der Kerosinverbrauch sank im Vergleich zum Vorgängermodell um 21 Prozent. Airbus zog nach: Der Ende 2014 in Dienst gestellte A350 besteht sogar zu 53 Prozent aus Kohlefaser-Kunststoff-Mischungen. Er soll sechs Prozent weniger Kraftstoff brauchen als die 787.

Nur: Boeing könnte die Nase um 300 Auslieferungen weiter vorne haben. Denn die 787 kam um drei Jahre später an den Start als geplant. Boeing hatte erstmals größere Teile der Produktion an Unternehmen in der ganzen Welt vergeben, um vom globalen Wissen über die Werkstoffe zu profitieren – für manche Fachleute die eigentliche Innovation. Doch es gab zahlreiche Verzögerungen in der Abstimmung und Dokumentation. Oft mussten die Zulieferer aufeinander warten. Die

Kommunikation war zu komplex – ein Problem wie geschaffen für die Netzwerkexperten des Silicon Valley.

**SPRUNG 4: NEUE ANTRIEBE**

Boeing und Airbus stellen ihre Triebwerke nicht selber her, sondern beziehen sie zumeist von den großen Herstellern GE Aviation, Pratt & Whitney und Rolls-Royce. Deren letzte Sprunginnovation datiert aus den 1960er- und 1970er-Jahren und brachte das High-Bypass-Mantelstromtriebwerk, das die drei Firmen seither stetig weiterentwickeln. Hier setzt eine eigene Sprunginnovation der Flugzeugbauer an. Seit Kurzem bieten sie den Airlines, ihren Kunden, sehr ausdifferenzierte Kombinationen von Flugzeug- und Triebwerksvarianten mit wahlweise zwei oder vier Turbinen an. Airbus ist Boeing darin wiederum schnell gefolgt. Diesmal reichten allerdings die Bordmittel der Hersteller. Silicon-Valley-Tugenden waren dafür nicht nötig.

**BLICK INS TAL**

Am Ende aber haben Innovationen im Flugzeugbau doch eine Menge mit dem Silicon Valley zu tun. Erstens, weil Airbus und Boeing dessen Produkte in ihren Flugzeugen und bei deren Produktion einsetzen. Zweitens, weil beide Unternehmen durchaus den Kontakt mit dem Valley pflegen. Airbus etwa hat Anfang 2016 in San Jose mit dem A<sup>3</sup> (lies: A-cubed) ein eigenes Innovationszentrum in Betrieb genommen.

Drittens winken ganz neue Synergien zwischen den heißen Valley-Projekten und dem Passagierflugzeugbau, und zwar nicht nur im 3D-Druck. Wer jetzt einen Tesla kauft, dürfte der-einst auch in einen strombetriebenen Jet steigen. Wer von einem fahrerlosen Google-Mobil oder einer Frachtdrohne von Amazon nicht mehr erschreckt wird, der fliegt irgendwann auch in einer pilotenlosen Maschine.

Der Innovationsprozess selbst könnte ebenfalls radikal sein. Ein Beispiel: Inmitten des Tech-Firmen liegt das – von Google betriebene – Moffett Airfield. Was würde wohl passieren, wenn Airbus den Valley-Ingenieuren dort eine Maschine hinstellen würde, zum Spielen, zum Demontieren, zum Ausprobieren? Es wäre wie eine Offenlegung des Quellcodes. Auf diese Weise ist schon Android zum weltweit erfolgreichsten Betriebssystem für Handys geworden.

Dies setzt die Bereitschaft voraus, sich von den Ideen der Entwickler überraschen zu lassen, von jungen Leuten ohne Betriebsblindheit und ohne jeden Respekt vor Traditionen. Ein paar Wochen könnten sie durch die Maschine kriechen und dann zum Tüfteln in ihre Garagen verschwinden. Oder in ihre Firmen mit 500 Angestellten. Und dann geht es nicht mit dem üblichen betrieblichen Vorschlagswesen weiter, sondern es wird wirklich unter Silicon-Valley-Bedingungen gearbeitet: Wer eine formidable Idee hat, macht ein Start-up draus und Airbus zu seinem ersten Kunden. Investoren dafür gibt es genug.

Einer davon könnte Airbus Group Ventures sein. Der Konzern hat kürzlich diesen Beteiligungsfonds gegründet, mit 150 Millionen Dollar ausgestattet und 2016 an den Start geschickt. Er residiert in Menlo Park – mitten im Silicon Valley.





»Von alleine passiert zu wenig.«

**RALF FÜCKS**

# HAUSAUFGABEN FÜR POLITIK UND WIRTSCHAFT

Im Gespräch: **RALF FÜCKS** ist Vorstand der Heinrich-Böll-Stiftung.

**TOM ENDERS** ist Vorstandsvorsitzender der Airbus Group

*Herr Enders, Herr Fücks, setzt die Klimadebatte die Luftfahrtbranche unter Druck?*

**Ralf Fücks:** Zu Recht! Das Flugzeug ist das schmutzigste Transportmittel.

*Das sagen ausgerechnet Sie, Herr Fücks! Auf Facebook kann jeder verfolgen, wie Sie um die Welt jetten.*

**Fücks:** Ich lebe in derselben Schizophrenie wie ein guter Teil der grünen Wählerschaft. Wir wissen um die schädlichen Folgen des Fliegens, und wir tun es trotzdem. Unsere Stiftung hat Partner und Projekte in aller Welt. Also bin ich viel unterwegs. Alles ist heute global: Politik und Wirtschaft, Wissen-

»Regulierung produziert keinen Fortschritt.«

**TOM ENDERS**

schaft und Kultur – selbst die Liebe. Ich will deshalb die Fliegerei so umweltfreundlich wie möglich machen und zugleich überflüssige Flüge reduzieren.

**Was meinen Sie damit?**

**Fücks:** Ich finde es dekadent, mal eben zum Shoppen nach London zu fliegen. Und im innerdeutschen Flugverkehr können wir die meisten Flüge durch Zugfahrten ersetzen.

**Tom Enders:** Es gibt Untersuchungen, die sagen: Niemand ist so viel in der Luft wie die Anhänger der Grünen. Zugleich sind die Grünen diejenigen, die allen anderen das Fliegen untersagen wollen. Wein trinken und Wasser predigen, das ist Ihre Devise!

**Fücks:** Einspruch: Wir wollen den Leuten das Fliegen nicht austreiben. Ich setze nicht auf Moralpredigten und Verbote, sondern auf den Erfindungsgeist von Wissenschaft und Industrie.

**Enders:** Bill Gates hat einmal gesagt, das Fliegen war das erste World Wide Web, das die Menschen global miteinander verbunden hat. Und das ist heute wichtiger denn je.

**Aber Fliegen ist eben auch wesentlich umweltfeindlicher als das Internet.**

**Enders:** Wir sind schon viel länger ökoeffizient, als es dieses Wort überhaupt gibt. Unsere Kunden, die Airlines,

waren schon aus Kostengründen immer an sparsamen Flugzeugen interessiert. Das kommt auch der Umwelt zugute. Die Motoren benötigen heute 70 Prozent weniger Kerosin als vor 40 Jahren.

**Fücks:** Reden Sie die Dinge nicht schön. Der Flugverkehr wächst weltweit um fünf Prozent im Jahr. So viel Kerosin können Sie durch mehr Effizienz bei konventioneller Technik gar nicht einsparen. Allein das Fliegen trägt heute fünf Prozent zum Klimawandel bei.

**Enders:** Nun mal halblang! Wenn man den Ausstoß von Kohlendioxid betrachtet, sind es gerade mal zwei Prozent.

**Fücks:** Sie müssen auch Stickoxide, Rußpartikel und Wasserdampf einbeziehen. Die steigern den CO<sub>2</sub>-Effekt erheblich.

**Enders:** Die Abholzung von Regenwäldern trägt im Schnitt 25 Prozent zum Klimawandel bei. Würden die Grünen sich mit der gleichen Intensität um die Regenwälder kümmern wie um den Luftverkehr, wäre uns mehr geholfen.

**Fücks:** Tun wir doch.

**Enders:** Wir sind die einzige Industrie, die sich harte Klimaziele gesetzt hat. Vom Jahr 2020 an werden wir CO<sub>2</sub>-neutral wachsen, obwohl der Luftverkehr weiter zunimmt. Bis 2050 senken wir den CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 75 Prozent, die Stickoxide sogar um 90 Prozent. Die Flugzeuge verursachen dann 60 Prozent weniger Lärm. Fast unsere kompletten Forschungs-



gelder geben wir für Ökoeffizienz aus. Da muss ich mir nicht vorwerfen lassen, dass wir zu wenig tun.

**Fücks:** Da müssen Sie die Innovationsgeschwindigkeit aber noch enorm steigern. Durch Verbesserungen der vorhandenen Technologien werden Sie diese Ziele nie und nimmer schaffen. Dafür brauchen wir Sprunginnovationen bei Antrieb, Kraftstoffen und Material. Schließlich wird sich die Zahl der Flugzeuge bis Mitte der 2030er-Jahre weltweit verdoppeln. Da gibt es einen Zielkonflikt: Die Industrie scheut den Wechsel in neue Technologien, weil sie erst alte Investitionen amortisieren will.

**Die Antwort von Herrn Enders befriedigt Sie nicht, Herr Fücks?**

**Fücks:** Nein. Man muss der Industrie verbindliche Klimavorgaben machen. Und ihr endlich die Privilegien und Subventionen streichen.

**Welche?**

**Fücks:** Die Flugzeugindustrie ist bisher vom Handel mit CO<sub>2</sub>-Verschmutzungsrechten ausgenommen, Kerosin wird nicht besteuert, und auf internationalen Flügen fällt keine Mehrwertsteuer an. In der Summe sind das Subventionen von zehn Milliarden Euro, ohne dass Gegenleistungen für die Umwelt erbracht werden müssen. Da braucht es dringende verbindliche Vorgaben.

**Enders:** Dieses Argument geht ins Leere! Der Luftverkehr ist der einzige Verkehrsträger, der sich selbst finanziert. Außerdem wäre schon viel gewonnen, würde die Politik ihre



»WIR SETZEN AUF  
ERFINDUNGSGEIST,  
NICHT VERBOTE.«

Hausaufgaben machen. Die europäische Kleinstaaterei etwa bei der Luftüberwachung kostet viele Tonnen Kerosin, weil die Flugzeuge Umwege und Warteschleifen fliegen müssen.

**Fücks:** Ich bleibe dabei: Ohne politische Regulierung geht es nicht. Von alleine passiert zu wenig. Ambitionierte Umweltauflagen wirken als Innovationstreiber der Industrie. Sie befördern also nicht nur den ökologischen, sondern auch den technischen Fortschritt.



»DIE POLITIK SOLL  
IHRE HAUSAUFGABEN  
MACHEN.«

**Zwischenbilanz: Sie, Herr Enders, sagen: Wir sind aus Wettbewerbsgründen ökologisch innovativ. Sie, Herr Fücks, bestehen auf Regulierung.**

**Fücks:** Ja. Wer als Erster ein Flugzeug auf den Markt bringt, das mit einer Kombination von Elektroantrieb und Algensprit fliegt, wird auch wirtschaftlich die Nase vorn haben.

**Enders:** Einspruch! Regulierung produziert keinen Fortschritt. Innovationsschübe sind auch nicht das Ergebnis von Regulierung, sonst wäre die DDR doch ein Hightech-Staat gewesen. Und Tatsache ist: Wir arbeiten an Elektroflugzeugen, alternativen Antrieben, leichteren Materialien und vielem mehr.

**Fücks:** Am Beispiel VW kann man sehen, wohin es führt, zu lange an alten Technologien festzuhalten.

**Enders:** Alles Geld, das die Airlines für Regulierung zahlen, können sie nicht in Forschung oder Produkte für mehr Ökoeffizienz investieren. Ich bin nicht grundsätzlich gegen jede Regulierung. Aber wenn sie erfolgt, dann bitte nicht einseitig, sondern auf globaler Ebene. Denn unsere Industrie ist global.

**Der extrem niedrige Kerosinpreis macht die Airlines träge?**

**Enders:** Nein, denn die Spritpreise können sich rasch wieder verteuern. Das wissen unsere Kunden; sie planen immer langfristig. Es gibt keine Abbestellungen. Die Leute fliegen lieber mit modernen Maschinen um die Welt.

**Wann werden wir mit einem geräuschlosen, batteriebetriebenen Airbus von Frankfurt nach New York fliegen?**

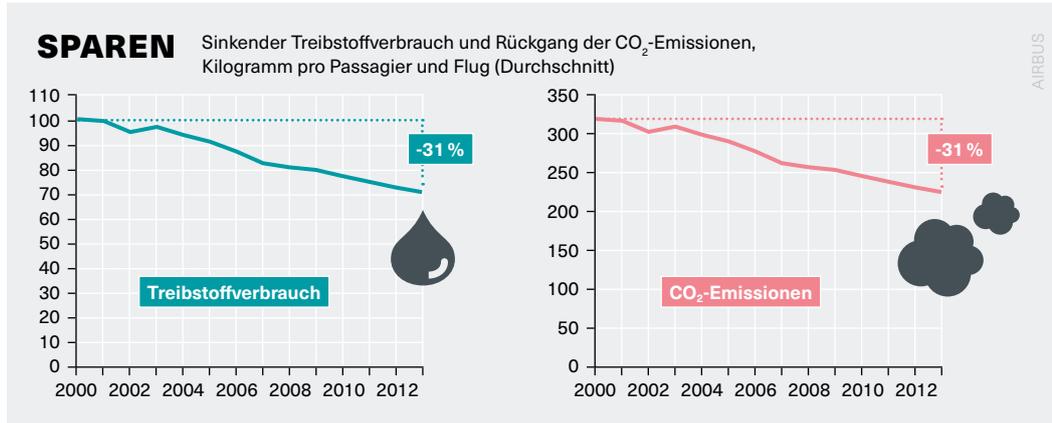
**Enders:** Wir haben eine klare technologische Vision: Wir wollen in 20 Jahren ein Flugzeug mit rund 90 bis 100 Sitzen elektrisch fliegen lassen, fast geräuschlos und emissionsfrei. In solchen Themen liegt die Zukunft, auch wenn hier – zugegeben – noch viel Arbeit vor uns liegt.

Das Gespräch führten Ralph Bollmann und Rainer Hank. Es erschien am 22. November 2015 in der Frankfurter Allgemeinen Sonntagszeitung



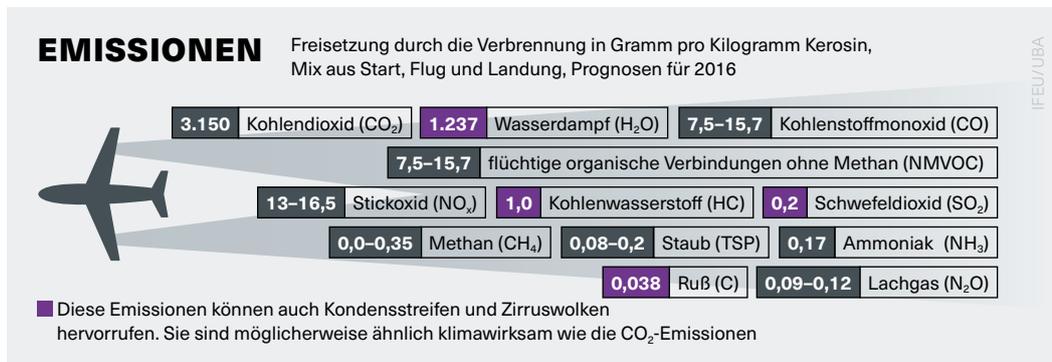
# DIE GROSSEN TRENDS

Ökonomie und Ökologie, Kerosin und Kohlendioxid bestimmen die Zukunft der Luftfahrt gleichermaßen. Die Luftflotte wird moderner. Der Markt boomt da, wo die Umwelt nicht im Fokus steht



Innerhalb von zwölf Jahren sind Kerosinverbrauch und Kohlendioxidemissionen pro Flug um fast ein Drittel gefallen. Ein Teil des Rückgangs liegt an besser ausgelasteten Maschinen

Innerhalb von zwölf Jahren hat sich der Flugverkehr fast verdoppelt. Krisen haben den Zuwachs nur gedämpft



Das Kohlendioxid des Luftverkehrs trägt mit zwei bis drei Prozent zum Klimawandel bei. Werden alle Schadstoffe berücksichtigt, liegt der Anteil bei mehr als fünf Prozent

## DIE NEUE FLOTTE

Bestellung von Passagierflugzeugen mit mehr als 100 Sitzen und von Frachtflugzeugen über 10 Tonnen Ladung, 2015 bis 2034



AIRBUS

Um 32.600 große Zivilflugzeuge wächst die Weltflotte bis 2034, schätzt Airbus. Die neuen Jets müssen verbrauchsgünstiger werden, denn auch sie bleiben Jahrzehnte auf dem Markt

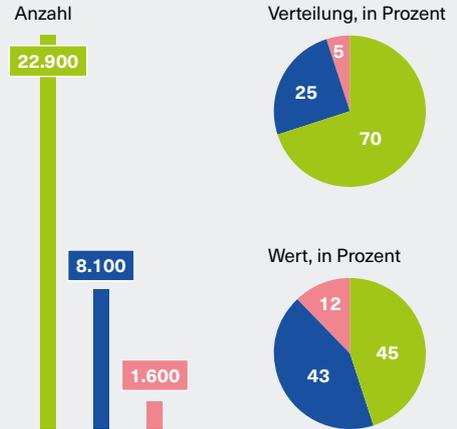
Die Trendlinie zeigt: Innerhalb von 40 Jahren ist der Kerosinverbrauch neu entwickelter Modelle um ein Viertel gesunken. Und ein weiterer Konkurrent ist auf dem Markt

Je größer die Flugzeuge, umso lukrativer ihre Herstellung. Doch auch in den kommenden zwei Jahrzehnten sorgen die kleineren Maschinen für das Massengeschäft

## WERTVOLLER 2. GANG

Auslieferung von Passagierflugzeugen über 100 Sitze und von Frachtflugzeugen über 10 Tonnen Ladung, 2015 bis 2034 nach Größe, Anzahl und Umsatzstärke

- »Single-aisle« (mit nur einem Kabinengang)
- »Twin-aisle« (mit zwei Kabinengängen)
- »Very large aircraft« (mit über 400 Sitzen)

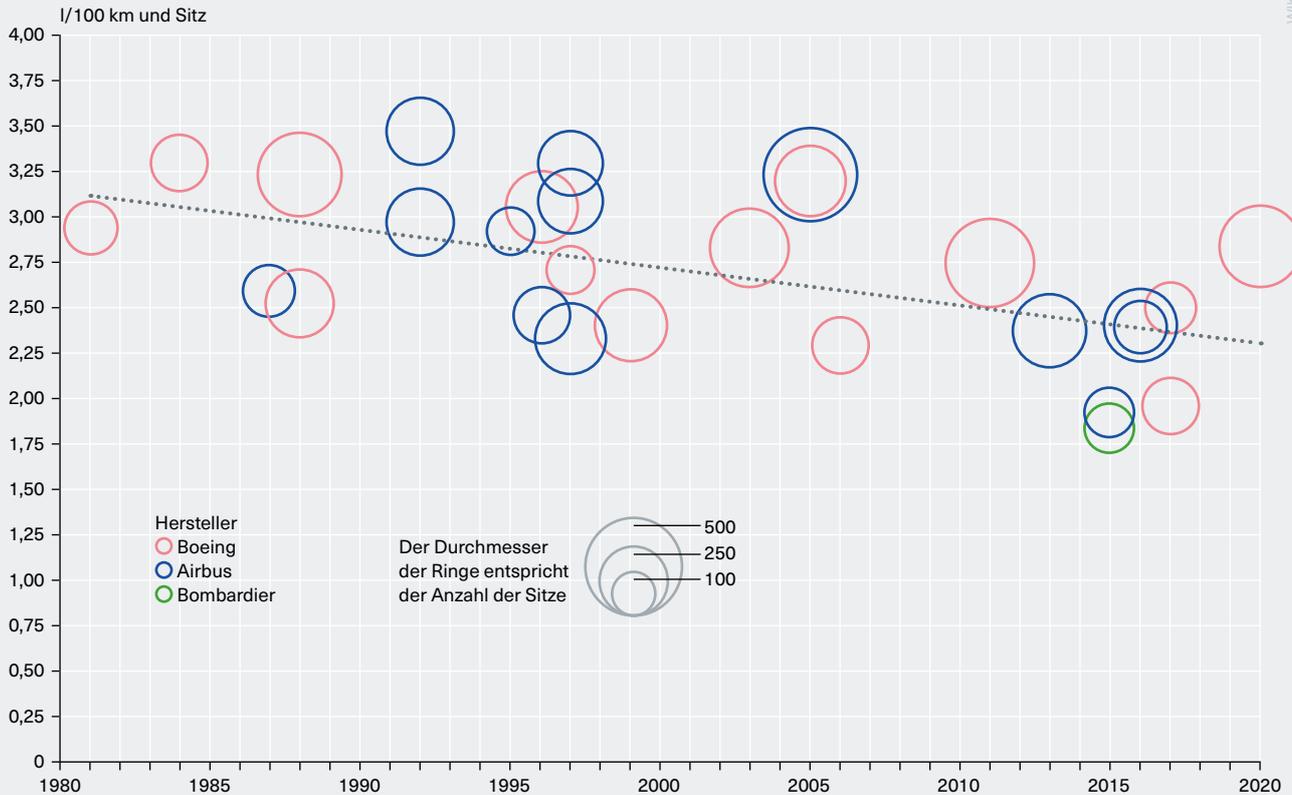


AIRBUS

## IM SINKFLUG

Treibstoffverbrauch ausgewählter Flugzeugtypen nach Jahr des Erstflugs oder Kalkulationen, Verbrauch, Zahl der Sitze und Hersteller, Auswahl

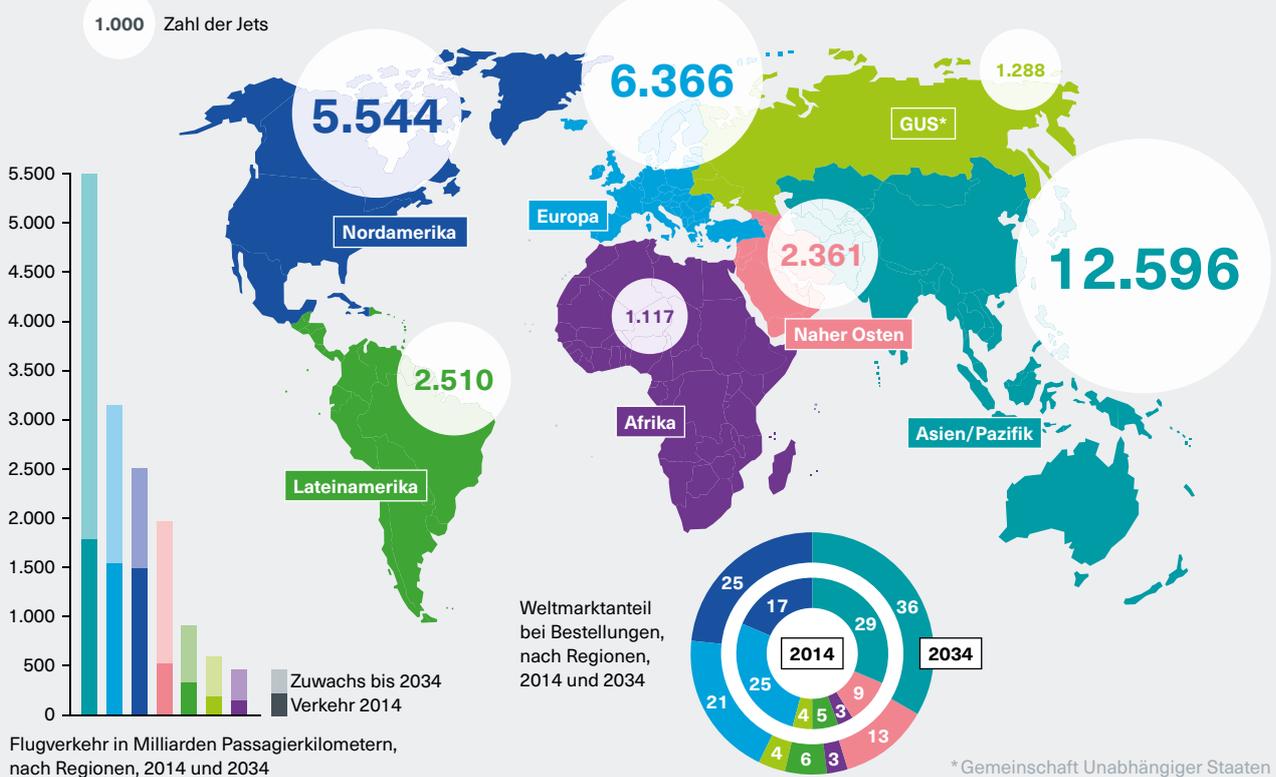
WIKIPEDIA



# DER BOOM BLEIBT ASIATISCH

Bestellte Passagierflugzeuge nach Herkunftsregion der Fluglinien, 2014–2034, und Transportleistung 2014/2034

AIRBUS



Wenn die Mittelklassen Chinas und Indiens weiter expandieren, steigt die globale Nachfrage. Auf Asien/Pazifik und den Nahen Osten mit den Golfländern soll bis 2034 rund die Hälfte aller Flugzeugbestellungen entfallen

Die Zeit behäbiger Staatsflieger ist vorbei. Der Kampf um Marktanteile nimmt zu

## MEHR WETTBEWERB

Airlines, die Flüge von Frankfurt am Main nach Peking anbieten, Stand: April 2015

BDL

deutsche europäische  
aus Drittstaaten

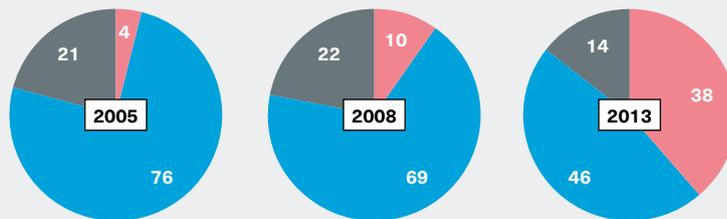


## VERLORENE KUNDSCHAFT

Passagiere im Verkehrsstrom USA–Indien–USA, Verteilung auf Umsteigeregionen in Prozent, ohne Direktflüge

BDL

Europa  
Naher Osten  
andere Regionen



Auch wenn die Strecken länger sind und die Emissionen größer: Im Asienverkehr locken die Flughäfen am Golf mit niedrigen Kerosinpreisen und Flughafenengebühren

# VERHANDLUNGSSACHEN

**Die EU wollte international Druck machen, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Flugverkehrs schneller zu senken. Doch sie scheiterte, weil Klimapolitik auch die Interessenkonflikte aufzeigt**

**A**m 1. Januar 2012 dehnte die Europäische Union ihr Emissionshandelssystem (Emissions Trading System, ETS) auf den Luftverkehr aus. Sie wollte damit einen Preisdruck erzeugen, um auch diesen Industriezweig zu dekarbonisieren, also seinen Ausstoß an Klimaschadstoffen deutlich zu verringern. Alle Fluglinien, die in der EU\* starten oder landen, sollten im Laufe des Jahres die CO<sub>2</sub>-Emissionen ihrer Flüge melden.

Der Plan sah in Grundzügen Folgendes vor: Für 87 Prozent dieser Menge werden die Fluggesellschaften nicht belastet. Für den Rest haben sie EU-Zertifikate zu ersteigern. Die EU verknappt die Ausgabe dieser Zertifikate, 2012 um drei Prozent und von 2013 bis 2020 um fünf Prozent jährlich. Damit werden sie immer teurer. Um wie viel, entscheidet auf den Versteigerungen die Nachfrage und damit der Markt. Das einfachste Mittel gegen diese Kosten ist, Kerosin zu sparen. So könnten im Jahr 2020 etwa 70 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> weniger als bisher emittiert werden, kalkulierte die EU.

Im Flugverkehr von und nach Europa belasten in erster Linie die Europäer das Klima. Sie zahlen dafür, die anderen nicht

Doch rund um die Welt machte sich Empörung breit. Die EU stülpe anderen Staaten die eigene Agenda über und stelle sogar deren Souveränität infrage. Denn das ETS sollte die Emissionen auf der gesamten Flugstrecke erfassen, also auch in den Herkunfts- und Zielländern sowie über dem Meer. Anstatt sich zu beteiligen, drohten China, Indien und die USA mit Vergeltung, zum Beispiel Überflugrechte zu verweigern.

Die EU setzte daraufhin die Einführung des ETS erst für ein Jahr aus. Dann reduzierte sie die Strecken auf das EU-Territorium, nahm alle Fluglinien aus Drittländern aus und verlängerte schließlich diese Regelung bis 2016. Dem ETS unterliegen nur noch Fluglinien mit Sitz in der EU, und sie klagen nun über Kostennachteile im Vergleich mit der Konkurrenz aus den Drittländern. Und manche EU-Airlines schlugen einfach die Mehrkosten auf die Tickets auf. So wurde das Fliegen geringfügig teurer, aber kein Quäntchen sauberer.

Zugleich wird der Druck höher, endlich eine weltweite Lösung für das Problem zu finden. Das Kyoto-Protokoll von 1990 wies die UN-Luftfahrtorganisation ICAO an, ein Reduktionsmodell zu entwickeln. Die ICAO schlug 1997 eine freiwillige Effizienzverbesserung um nur zwei Prozent jährlich vor. Erst 2012 folgten globale Modelle. Dazu gehörte der Emissionshandel, aber auch das Offsetting. Bei dieser »Verrechnung« werden CO<sub>2</sub>-Emissionen mit der Finanzierung von CO<sub>2</sub>-Reduktionen an anderer Stelle, etwa beim Waldschutz, kompensiert. Die Emissionen selbst sinken jedoch nicht.

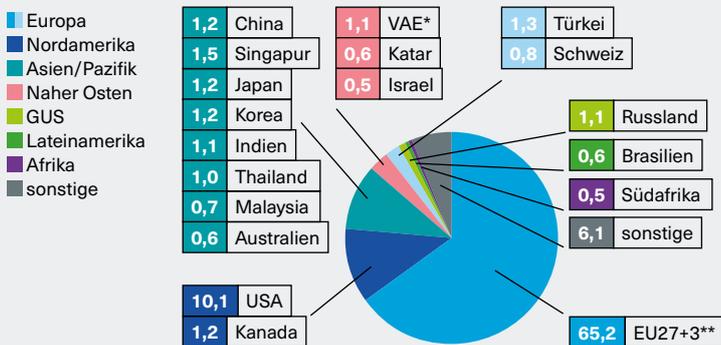
Für einen Beschluss auf der ICAO-Versammlung von 2013 kam die Vorlage zu spät. Da die Organisation nur alle drei Jahre tagt, wurde beschlossen, auf der Sitzung 2016 über das neue System zu entscheiden. Es soll, das ist bereits vereinbart, 2020 in Kraft treten.

\*Auch Norwegen, Island und Liechtenstein gehören zum ETS.



## EIGENE ZWEIDRITTELMEHRHEIT

CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Geltungsbereich des EU-Emissionshandelssystems, nach Sitzland der Fluglinien, 2011, in Prozent



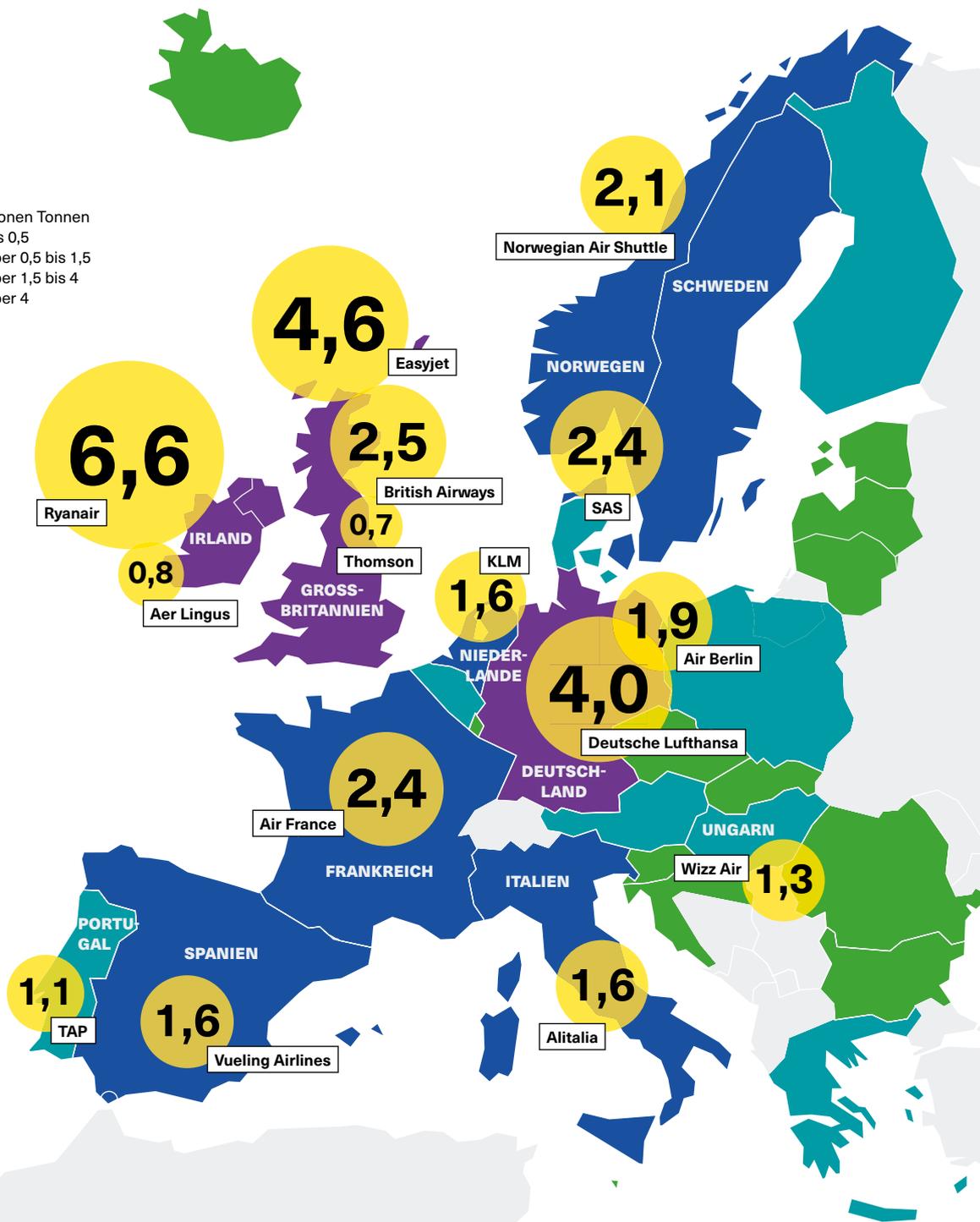
\*Vereinigte Arabische Emirate \*\* mit Norwegen, Island und Liechtenstein

**NOCH VIEL ZU TUN**

Bestätigte Emissionen 2014 des Luftfahrtsektors nach Sitzländern der Fluglinien sowie die 15 Fluglinien mit den höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen, nach Daten des EU-Emissionshandelssystems, Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>

Millionen Tonnen

- bis 0,5
- über 0,5 bis 1,5
- über 1,5 bis 4
- über 4



CARBON MARKET DATA

# EIN HIMMEL VOLLER UMWEGE

**Der »Single European Sky« könnte das umständliche, teure und umweltschädliche europäische Luftverkehrssystem ablösen. Doch eine breite Allianz wehrt sich dagegen, den Luftraum einheitlich zu organisieren**

Im Verlauf der 1990er- und frühen 2000er-Jahre häuften sich die Verspätungen im europäischen Luftraum. Sie wurden zu einem ernsten verkehrspolitischen und wirtschaftlichen Problem. Umständlich organisierte Zuständigkeiten, die miteinander inkompatible Technik der Flugsicherungen, Umwege entlang von Staatsgrenzen und militärischen Sperrzonen – das Fliegen von Warteschleifen gehörte zum Alltag. Eurocontrol, die für die Harmonisierung des Systems zuständige Fachorganisation, war Meisterin in der Verwaltung dieses Wirrwarrs. Zugleich war sie überfordert, weil ihre Kompetenzen nicht ausreichten, um daran viel zu ändern.

So entstand bei der Europäischen Kommission der Plan, unter der Bezeichnung »Single European Sky« (SES) ein einheitliches europäisches Flugmanagement zu schaffen. Denn 60 Kontrollzentren zerlegen den Luftraum in zahlreiche Fragmente. Fünf große Flugsicherungen wickeln 54 Prozent des Luftverkehrs ab, der Rest verteilt sich auf 32 kleine Einrichtungen.

Alle 37 zusammen kosten 8,6 Milliarden Euro jährlich. Sie haben 57.000 Beschäftigte. Davon sind 17.000 Fluglotsen, die täglich etwa 27.000 Flüge kontrollieren. Rechnerisch erfordert jeder einzelne Flug etwa zwei Drittel eines Lotsen-Arbeitstages.

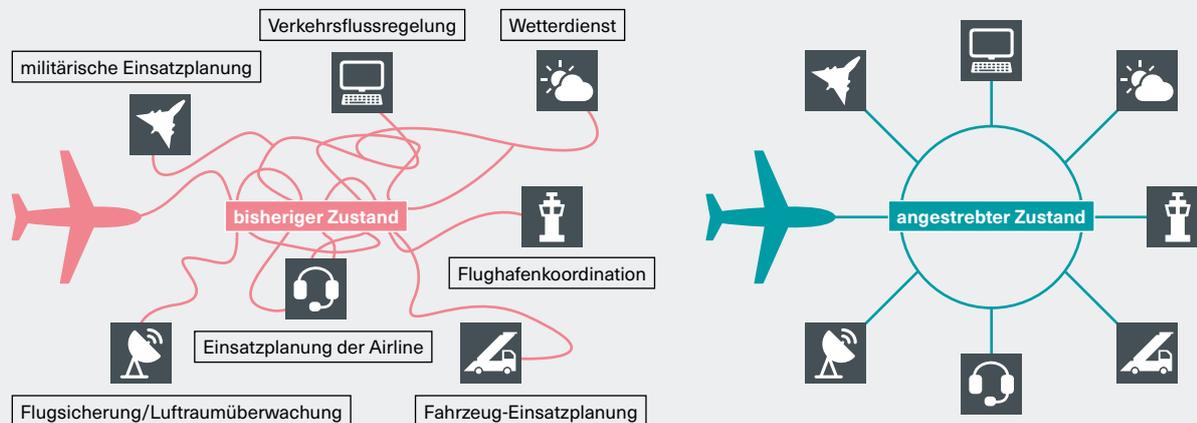
Die Kommission beziffert die Kosten durch die »Nichtexistenz« des SES auf jährlich vier Milliarden Euro für die Airlines und ihre Kunden. Jeder Flug, rechnete die EU aus, ist durchschnittlich 49 Kilometer länger als die kürzeste Verbindung. 2006 wurden allein durch die Umwege im Luftverkehr zusätzlich 4,7 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> ausgestoßen, etwa fünf Prozent der gesamten Emissionen. 2010 sagte EU-Verkehrskommissar Siim Kallas, die Summe aller unnötigen Luftverkehrsemissionen in Europa lägen bei 16 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>.

Denn es geht nicht nur um die kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten, sondern auch um optimale Steig- und Sinkverläufe sowie die Flughöhen. Sie können für einzelne Maschinen aus technischen, Verkehrs- oder Wettergründen

Das EU-Programm SWIM (System Wide Information Management) soll eine Netzstruktur für den europäischen Luftraum schaffen

## VIELE AKTEURE UND WENIG ORDNUNG

Schematische Darstellung bisheriger und möglicher künftiger Informationswege im Luftverkehrsmanagement, nach EU-Plänen





ganz unterschiedlich sein. Aber die Strukturen, das zu kommunizieren und zu steuern, fehlen. Die europaweit einheitliche Technik sollte schon vor zehn Jahren 20 Milliarden Euro kosten.

Die EU wollte nun die bisher 37 Zonen zugunsten weniger »funktioneller Luftraumblöcke« auflösen; sie sollten die nationalen Grenzen überwinden und zugleich die militärischen Belange berücksichtigen. Doch kaum war 2001 das erste Konzept fertig und 2020 als Zieljahr für den SES festgelegt, begannen die Probleme.

Eigeninteressen der jeweils zuständigen EU-Mitgliedsstaaten dominieren die Verhandlungen – es fehlt eine zentrale Steuerung, die gesamteuropäische Interessen verfolgt. Die Flugsicherungen sprechen sich gegen Umstrukturierungen, private Konkurrenz und marktorientierte Gebühren aus. Gewerkschaften und

Berufsverbände wehren sich mit Streiks und Protesten gegen Personalabbau und neue Belastungen. Ohnehin akzeptieren mehrere Staaten keine Kontrollen ihrer Militärflüge durch eine zivile EU-Flugsicherung.

Um den mühsamen Reformprozess zu beschleunigen, trat Ende 2015 ein EU-Programm namens »SES2+« in Kraft. Neue Institutionen sollen den Druck vor allem auf die Mitgliedsländer erhöhen. Die Vertreter der Wirtschaft in den Gremien kritisieren indes die Kommission, weil hinter Flugsicherheit und Wirtschaftlichkeit die Nachhaltigkeit noch immer zurückstehe. Airlines und Hersteller pochen darauf, die klimapolitischen Ziele einzuhalten, um beim SES voranzukommen und die Kosten zu senken. CO<sub>2</sub>-Emissionen als Argument der Industrie für Reformen – der Preisdruck des globalen Wettbewerbs macht's möglich.

Der zivile Luftverkehr muss den Militärzonen ausweichen. Je nachdem, ob eine Zone aktuell offen oder gesperrt ist, ergeben sich andere Flugkorridore



# DEUTSCHLANDS REGIONALE FLUGHÄFEN

**Viele Landesregierungen haben sich kleine Airports gebaut. Allesamt schreiben sie rote Zahlen. Doch die EU hat ihnen eine Deadline gesetzt**

**K**assel-Calden, Rostock-Laage, Lübeck-Blankensee, Erfurt-Weimar – die Liste der Regionalflughäfen, die wirtschaftlich nicht überleben können, ist lang. Sie lässt sich auch zusammenfassen: Alle deutschen Regionalflughäfen sind defizitär. Manche sind insolvent. Andere gingen für wenig Geld an Investoren aus fernen Ländern, ohne dass die neuen Eigner seither auch nur einen Cent investierten. Dritte meldeten falsche Passagierzahlen. Und alle sind von Subventionen abhängig oder waren es vor ihrer Pleite.

Allein 271 Millionen Euro Steuergelder stecken im Bau des berüchtigten Flughafens von Kassel-Calden, 2013 eröffnet und jetzt in Airport Kassel umbenannt. Das Terminal dort wird nur ein-, zweimal täglich genutzt und an manchen Tagen gar nicht. Daher liegt der Jahresverlust bei sieben Millionen Euro. Anders ausgedrückt: Bei 65.000 Passagieren ab Kassel wird jedes Ticket mit über 100 Euro bezuschusst, zwei Drittel aus Landes- und ein Drittel aus kommunalen Mitteln.

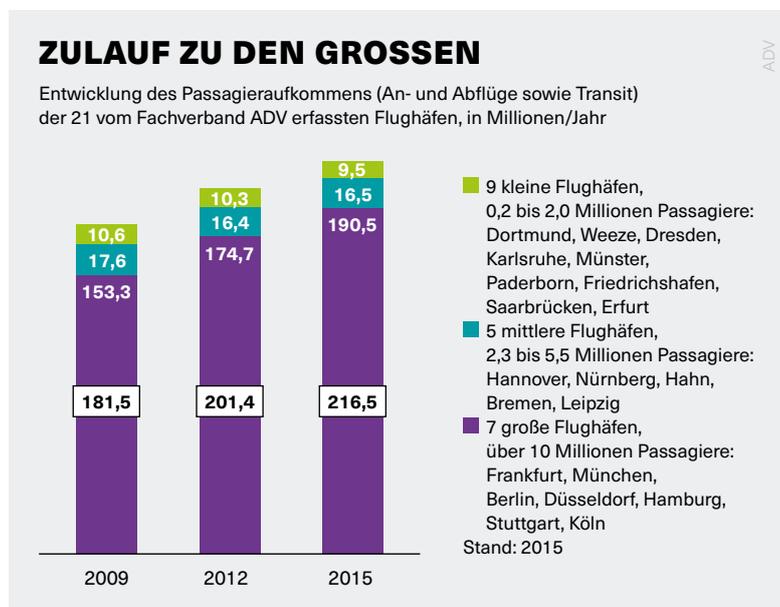
70 Kilometer weiter liegt die Anlage von Lippstadt/Paderborn, von den Gesellschaftern mit rund zwei Millionen Euro gestützt. 80 Autobahnkilometer westlich davon bezuschussen die Stadtwerke Dortmund ihren Airport mit 18 Millionen Euro. Wiederum 80 Kilometer nach Norden befindet sich der Flughafen Münster/Osnabrück, der den öffentlichen Eignern 2014 fast 13 Millionen Euro Verlust brachte.

Der rheinland-pfälzische Flughafen Zweibrücken hingegen ist geschlossen. Weil der Flughafen Saarbrücken fast in Sichtweite lag, hielt die EU die Subventionierung einer zweiten Anlage für unzulässig. Mit reduzierten Flughafengebühren hatte Zweibrücken zudem einige Airlines angezogen – auch noch ein Fall von Wettbewerbsverzerrung, befanden die Prüfer. Schließlich sollten 47 Millionen Euro staatliche Beihilfen zurückgezahlt werden, verlangte die EU von der Betreibergesellschaft. Das war das Aus.

Rentabel arbeiten in Deutschland nur sechs der sieben großen Flughäfen: die Drehkreuze Frankfurt am Main und München sowie die Flughäfen in Düsseldorf, Hamburg, Stuttgart und Köln/Bonn. Mit den beiden Berliner Flughäfen, die wegen des Neubaus tief in den roten Zahlen stecken, vereinigen sie 88 Prozent des Passagierverkehrs auf sich. Der Trend zu größeren Flugzeugen und mehr Zentralisierung sorgt dafür, dass auf fast allen kleineren Flughäfen die Passagierzahlen rückläufig sind oder stagnieren.

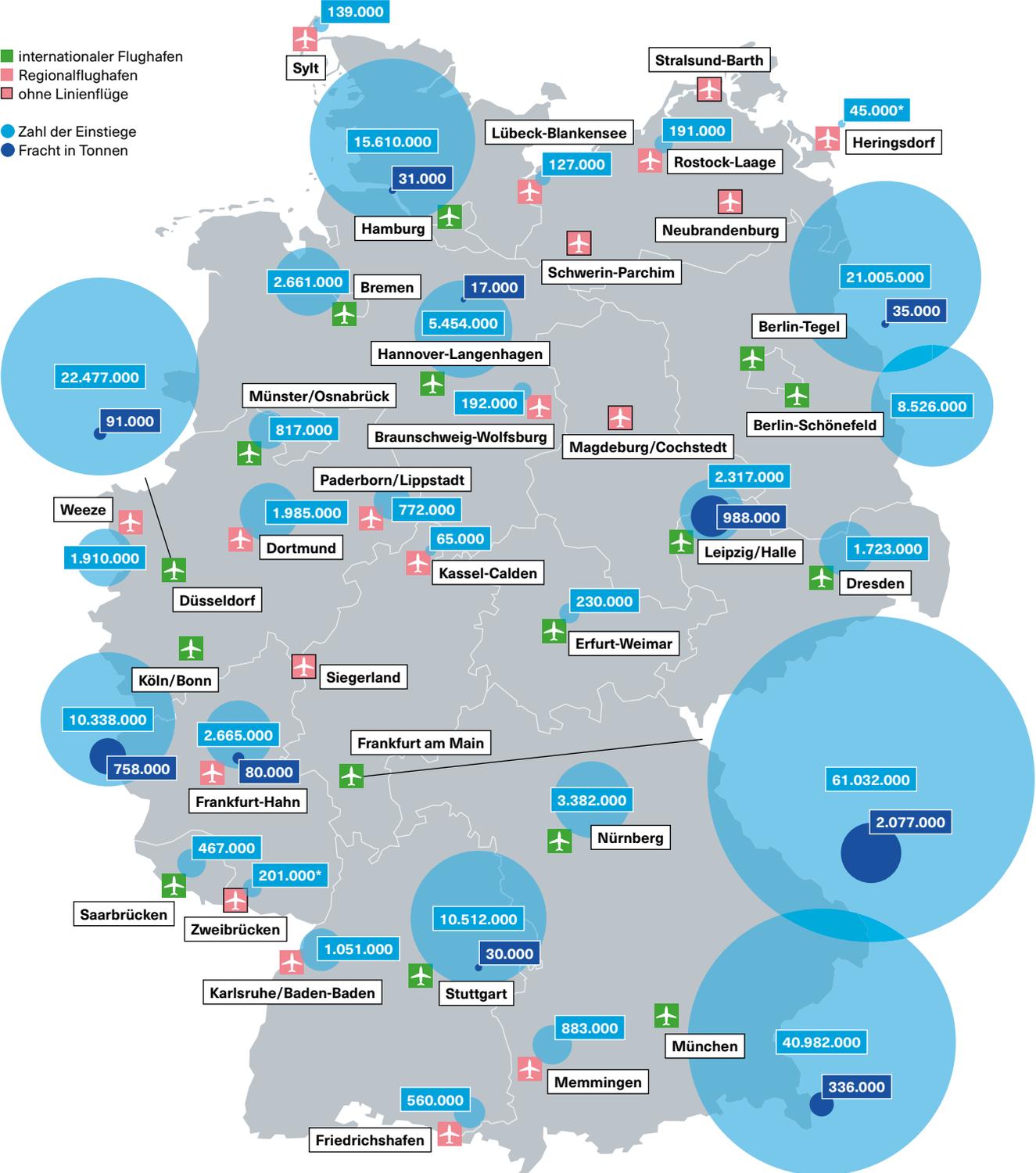
Derweil beschränkt eine EU-Leitlinie von 2014 die staatlichen Betriebsbeihilfen für Flughäfen und Airlines; die Bedingungen dafür sind allerdings etwas schwammig gehalten. Erlaubt sind sie, wenn sie »Zugangspunkte« zum inner-europäischen Luftverkehr schaffen, die großen europäischen Drehkreuze »entlasten« und »die regionale Entwicklung begünstigen«. Aber auch wenn eine dieser Bedingungen erfüllt ist, dürfen die Beihilfen nur noch zehn Jahre lang gezahlt werden. 2024 wird es rau werden auf Deutschlands kleinen, regionalen Flughäfen.

Über die sieben größten deutschen Flughäfen reisen 88 Prozent aller Fluggäste. 7,6 Prozent entfallen auf die mittleren, 4,4 Prozent auf die kleinen Standorte



# VIELE STANDORTE MIT WENIG VERKEHR

Status, Einstiege, Fracht 2015, ohne Militär- und Sonderflughäfen



\* Heringsdorf und Zweibrücken: 2014. Daten nur bei mehr als 10.000 Einstiegen und 10.000 Tonnen Fracht.

# KONZEPTE, PLÄNE, ANSICHTSSACHEN

**Wie nachhaltig kann das Fliegen werden? Woher kommen die Treibstoffe der Zukunft? Welche Belastungen kann die Branche verkraften, welche nicht? Bevor die Bundesregierung ihr Luftverkehrskonzept vorstellt, diskutieren Kritiker und Industrie**

Auch wenn praktisch alle globalen Prognosen und Pläne umstritten sind – die Größenordnungen zeigen, wie groß der Bedarf ist, die Anbauflächen für Treibstoffpflanzen auszuweiten

**M**öglicherweise Ende 2016 wird die Bundesregierung ihr im Koalitionsvertrag vereinbartes Luftverkehrskonzept vorstellen und damit festlegen, wie sich der Sektor in den kommenden Jahren und langfristig entwickeln soll. Wirtschaft, Umwelt, Technik und Sicherheit sind die großen Themen. Im Vorgriff darauf haben acht Nichtregierungsorganisationen ihr eigenes NGO-Luftverkehrskonzept veröffentlicht. Sie fordern, das Fliegen im Zusammenhang mit allen anderen Verkehrssystemen zu sehen und es in eine Strategie nachhaltiger Mobilität einzubetten. Sie fürchten, dass das federführende

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur vor allem auf das Wachstum des Luftverkehrs setzt. Dabei könnten die von der Bundesregierung selbst formulierten Nachhaltigkeitsziele vernachlässigt werden. Wenn die Emission von Treibhausgasen bis 2050 um 80 bis 95 Prozent im Vergleich zu 1990 gesenkt werden soll, müssen auch die des Luftverkehrs drastisch reduziert werden.

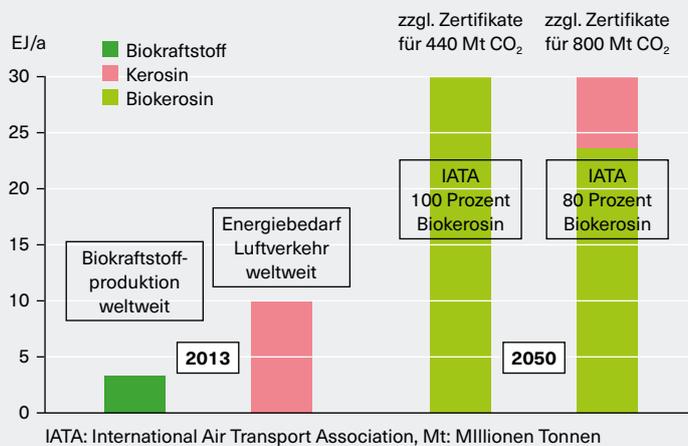
Im Grundsätzlichen liegen NGOs und Industrie manchmal nicht sehr weit auseinander. Die NGOs schreiben: »Eine Politik für eine Internalisierung externer Effekte, gegen Dumping und für die Sicherung auskömmlicher Löhne und guter Arbeitsverhältnisse ist vordringlich. Ohne Maßnahmen für einen fairen Wettbewerb beschleunigt sich der ›Wettlauf nach unten‹ (Race to the Bottom), und Wohlfahrtseinbußen sind unvermeidlich.« Verhandlungen zwischen den Staaten »können gezielt für eine Politik gegen Dumping genutzt werden«. Gleiche wirtschaftliche Bedingungen für alle, einschließlich einer globalen finanziellen Belastung zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen – ordnungspolitisch ziehen da beide Seiten an einem Strang.

Gemeinsamkeiten sind auch hinsichtlich der Bahn zu erkennen. NGOs wie Industrie sind unzufrieden damit, dass Schiene und Luft ihre Leistungen noch nicht ausreichend verzahnt haben. Ferner erwarten beide Seiten mehr Anstrengungen der Bahn, Flüge innerhalb Deutschlands zu ersetzen. Auch ihre Zubringerfunktion für die großen Airports soll ausgebaut werden. Die NGOs sprechen sich sogar für ein »Airrail Plus«-System mit gemeinsamen Tickets und bequemer Gepäcklogistik aus. Die NGOs räumen sogar ein, dass der innerdeutsche Flugverkehr Fortschritte gemacht hat: Von 2004 bis 2013 blieb das Passagieraufkommen bei den Inlandsflügen in etwa gleich, während der Kerosinverbrauch pro Personenkilometer um 20 Prozent sank und die deutsche Wirtschaftsleistung um 13 Prozent wuchs.

Den »Flughafenwildwuchs« und die Subventionierung der Regionalflughäfen zu been-

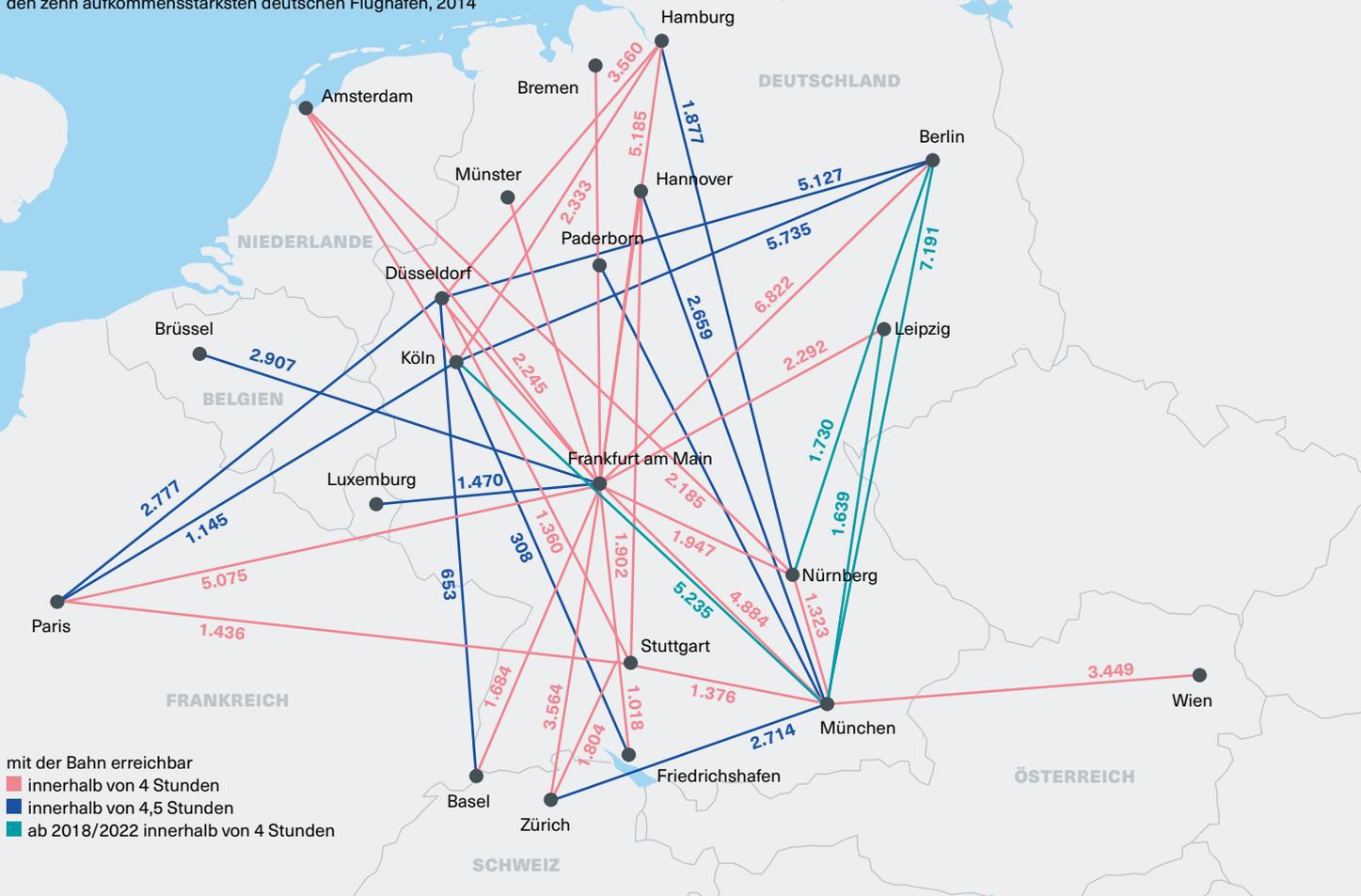
## BIOKEROSIN – ANGEBOT UND NACHFRAGE

Weltweiter Energiebedarf im Luftverkehr 2013 und 2050 sowie Biokraftstoffproduktion 2013, in Exajoule (Trillionen Joule) pro Jahr



# ARBEIT FÜR DIE BAHN

Alternativen zu Kurzstreckenflügen, Zahl der Starts von den zehn aufkommensstärksten deutschen Flughäfen, 2014



den, wie es die NGOs fordern, ist hingegen mit dem BDL nicht zu machen. Dieser, der 2010 gegründete Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft, spricht auch für kleinere Fluggesellschaften und Flughäfen, die weiterhin auf Inlandsverbindungen und kurze Anfahrtswege mit dem Auto setzen. Erst recht kommen beide Seiten nicht zusammen, wenn es um große politische Schritte gegen die Belastungen der Umwelt geht.

Das in der UN-Luftfahrtorganisation ICAO verhandelte Konzept des CO<sub>2</sub>-neutralen Wachstums sei nicht geeignet, um die Zwei-Grad-Obergrenze beim Temperaturanstieg einzuhalten, schreiben die NGOs. Das liege auch daran, dass die im Luftraum besonders wirksamen Effekte aus anderen Emissionen als CO<sub>2</sub> unberücksichtigt bleiben, etwa die Zirrusbildung. Biokerosin kritisieren sie wegen dessen mangelnder Nachhaltigkeit. Power-to-Liquid, also die Herstellung

von synthetischen Flüssigkraftstoffen aus erneuerbarem Strom und wenigen Grundstoffen, sei der einzige gangbare Ansatz, auch wenn die Technik noch in der Erprobung stecke.

Um die Abkehr von konventionellen Flüssigkraftstoffen zu beschleunigen, wollen die NGOs global eine Klimaabgabe auf CO<sub>2</sub>-Äquivalente

Zehntausende von Zubringerflügen und Städteverbindungen könnten auf die Schiene verlagert werden, wenn das Angebot hinreichend attraktiv ist

**GEGEN DUMPING SIND ALLE. ABER ES GIBT KEINEN KONSENS, WAS DAGEGEN ZU TUN IST**

einführen. Sie soll ab 2020 mit zehn US-Dollar je Tonne starten und sich ab 2025 auch auf andere Emissionen erstrecken. Um den gesundheitsschädlichen Fluglärm zu mindern, sollen an allen Flughäfen entsprechende Konzepte entwickelt



werden. Dazu gehören ein besseres Management des Flugbetriebs und der konsequente Schutz von acht Stunden Nachtruhe. Das sorgt die Industrie wie kaum eine andere standortbezogene Forderung. Die »Kernnacht« besteht derzeit an vielen Flughäfen nur aus dem Zeitraum von 23 oder 0 Uhr bis 5 Uhr morgens.

Die NGOs sind also durchaus maximalistisch. Das EU-Emissionshandelssystem für interkontinentale Flüge soll wieder eingesetzt werden, ob-

## CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN ZWISCHEN DEN BRANCHEN VERRECHNEN? »OFFSETTING« WIRD GEWOLLT UND BEKÄMPFT

wohl es nur europäische Fluggesellschaften belastet. Auch die Luftfahrtsteuer, die eine Milliarde Euro Steuereinnahmen bringt, aber nur wenig Lenkungswirkung entfaltet, wird als Beitrag zum Abbau der hohen Subventionen im Luftverkehr erklärt; sie setzen sich zu sieben Milliarden Euro aus der Nichtbesteuerung von Kerosin und zu 3,5 Milliarden Euro aus der Umsatzsteuerbefreiung für internationale Tickets zusammen. Die Ordnungspolitik schlägt sich auf beide Seiten:

**DIE KRITIKER.** Die acht Nichtregierungsorganisationen, die ihr Luftverkehrskonzept gemeinsam vorgelegt haben, sind

- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)
- Brot für die Welt – Evangelischer Entwicklungsdienst, Evangelisches Werk für Diakonie und Entwicklung
- Bundesvereinigung gegen Fluglärm (BVF)
- Deutscher Naturschutzring (DNR)
- Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS)
- Klima-Allianz Deutschland, ein Klimaschutzbündnis von 106 Organisationen
- Robin Wood – Gewaltfreie Aktionsgemeinschaft für Natur und Umwelt
- Verkehrsclub Deutschland (VCD)

**DIE WIRTSCHAFT.** Seit 2010 vertritt der Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft die Interessen seiner 13 Mitglieder. Es sind

- Fluggesellschaften (Air Berlin, Condor Flugdienst, Lufthansa, TUIfly, DHL) sowie der Bundesverband der Deutschen Fluggesellschaften (BDF)
- Flughäfen (Flughafen Berlin-Brandenburg, Fraport, Flughafen Köln/Bonn) sowie die Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (ADV)
- die Deutsche Flugsicherung (DFS)
- die Leistungsanbieter Gebr. Heinemann (Betreiber von Travel Value & Duty Free Shops) sowie Swissport International (u. a. Dienstleister für Abfertigung und Service)

Die Vergünstigungen sind zwar protektionistisch, kompensieren aber gleichzeitig Wettbewerbsvorteile der Fluglinien aus Drittstaaten, die mit unverteuertem Kerosin und ohne Zuschlag auf die Tickets fliegen.

Große Differenzen bestehen in der Bewertung des Biokerosins. Die NGOs lehnen diese Nutzung von Biomasse ab. Sie zerstöre die Artenvielfalt durch die Anlage von Monokulturen und durch den vermehrten Einsatz von Pestiziden und Düngemitteln. »Indirekte Änderungen der Landnutzung«, wie der Fachausdruck heißt, würden dabei noch kaum erfasst – sie entstehen, wenn der Anbau von Industriepflanzen den von Nahrungsmitteln auf ungenutzte, ökologisch sensible Flächen abdrängt. Und häufig entsteht ein direkter Konflikt, »Tank gegen Teller« genannt, wenn Nahrung und Treibstoff sogar um dieselben Flächen oder dasselbe Wasser konkurrieren.

Um der wachsenden Kritik am Biokerosin entgegenzutreten, haben sich Unternehmen und Organisationen aus Wirtschaft und Wissenschaft 2011 zur »Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany« (aireg) zusammengeschlossen. Zu den inzwischen 29 Mitgliedern gehören viele Unternehmen der Luftfahrt- und der chemischen Industrie; auch die Airbus Group hat sich beteiligt. Aireg strebt an, dass Biokraftstoffe bis zum Jahr 2025 zehn Prozent des in Deutschland getankten Kerosins ausmachen. Die Initiative räumt ein, dass der Anbau von Biomasse problematische Folgen hat, sieht dadurch aber nicht den Ansatz selbst diskreditiert.

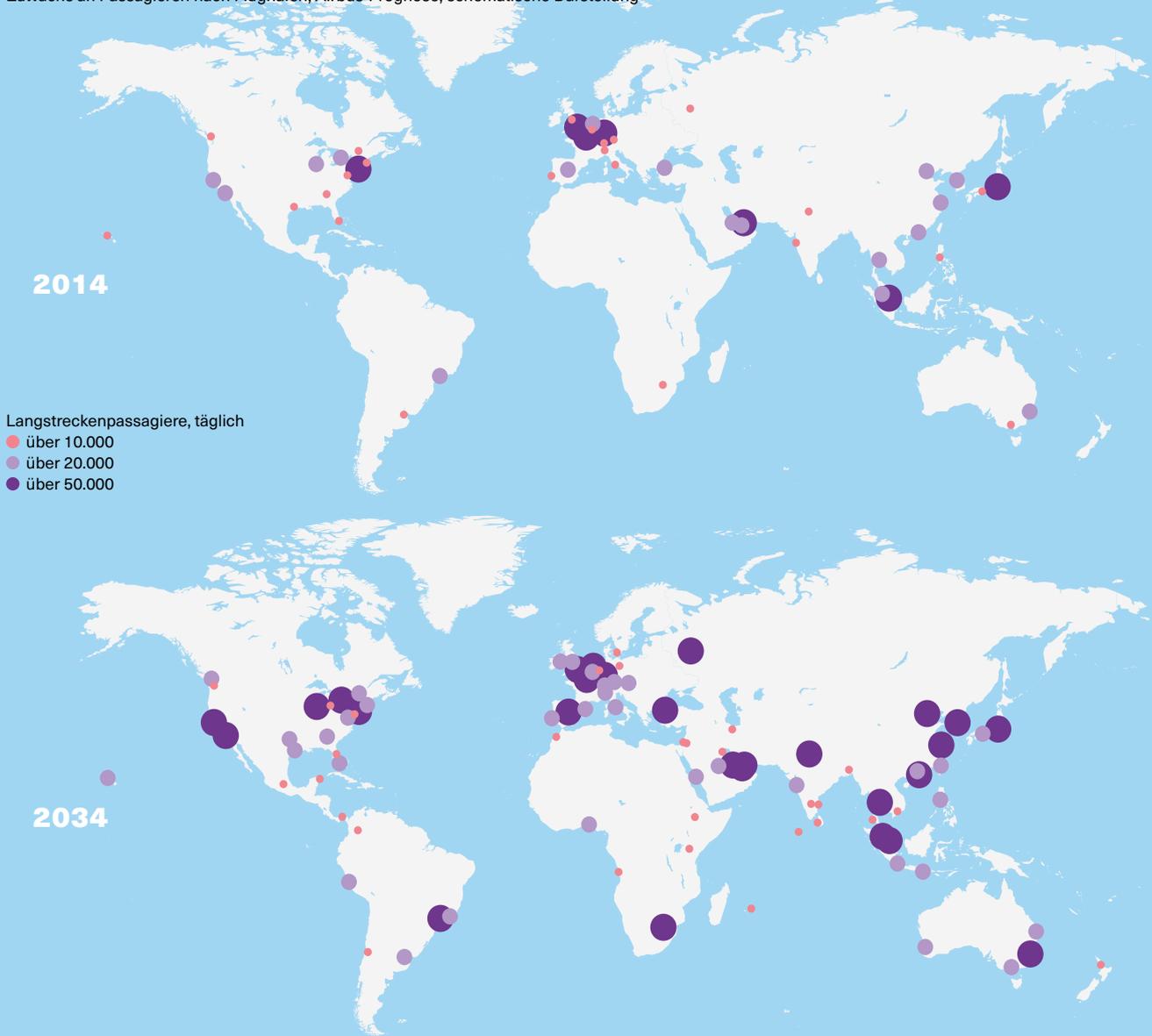
Aireg setzt auf nachvollziehbare Bedingungen für die Produktion in den verschiedenen Weltregionen. Eine anspruchsvolle Zertifizierung soll den natur- und sozialverträglichen Anbau der Nutzpflanzen für ihren Einsatz in Deutschland garantieren. Die gesicherte Nachfrage stabilisiere die Ernteerlöse und bringe Wohlstand in die Anbauregionen. Der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) hält das für Wunschenken: »Es geht nicht um theoretische Bewertungsmodelle, sondern um die Umsetzung in der Praxis.« Aireg entgegnet, dass eine solche Abwehrhaltung derzeit »die entwicklungspolitischen Chancen des Bioenergieanbaus« vertue.

Umstritten ist auch das Offsetting, das in der ICAO verhandelt wird. Das Konzept erlaubt der Industrie, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen mit dem CO<sub>2</sub>-Abbau an anderer Stelle irgendwo auf der Welt zu kompensieren. Das könnten veraltete Kohlekraftwerke in Indien sein, Leitsysteme für den Busverkehr in den verstopften Metropolen Lateinamerikas oder die Wiederaufforstung in

## BLICK IN DIE ZUKUNFT

Zuwachs an Passagieren nach Flughäfen, Airbus-Prognose, schematische Darstellung

AIRBUS



Nordchina. Nachteil des Verfahrens ist die Substitution: Klimawirksame Projekte, die ohnehin geplant waren, werden aufgeschoben, bis eine Finanzierung über die CO<sub>2</sub>-Verrechnung steht. Im schlechtesten Fall gehen alle Mittel aus dem Offsetting in Vorhaben, die sonst anderweitig von der öffentlichen Hand oder von Unternehmen bezahlt worden wären – dann läge deren Effizienz bei null. Die Kontrolle staatlicher oder betrieblicher Investitionspläne kann eine solche »Umfinanzierung« nur verhindern, wenn sie offensichtlich ist.

Die NGOs sind auch dagegen, mit den Emissionen auf andere Branchen auszuweichen, weil jedem Wirtschaftszweig seine eigene Verantwortung für den Klimaschutz zukomme. Der BDL sagt hingegen: Offene Strukturen, so auch die im EU-Emissionshandelssystem, zielen geradezu darauf ab, die Einsparungen in den Sektoren zu erzielen, in denen dies am effizientesten möglich ist. Wenn die NGOs fragen würden: »Soll sich die Branche freikaufen dürfen?«, würde beim BDL die Antwort lauten: »Hauptsache, die Emissionen sinken.«

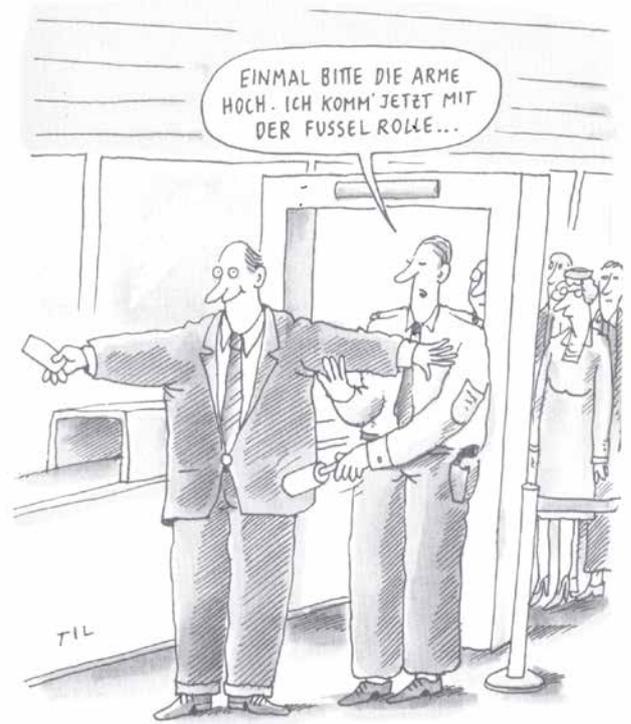
Geht das Wachstum so weiter, werden wir die Belastungen der Umwelt nicht in den Griff bekommen, sagen kritische Gruppen. Doch, werden wir, sagt die Industrie



# »GUTEN FLUCH!«

Der Hamburger Cartoonist **TIL METTE** über die Mängel und Absurditäten der Fliegerei





Flugabfertigung in einer Welt ohne Terrorismus



Mit freundlicher Genehmigung entnommen aus Til Mettes Buch *Guten Fluch!*, Lappan Verlag Oldenburg, 2013, ISBN 978-3-8303-3327-2

# HÖHENFLÜGE, NIEDERLAGEN

## Die Entwicklung von Grünen und Airbus – eine Zeitreise

**1966** Gegen die Große Koalition aus CDU/CSU und SPD entwickelt sich die Außerparlamentarische Opposition (APO).



**1968** Pariser Mai. Die antiautoritäre Revolte greift auf Deutschland über. Der Studentenfürher **Rudi Dutschke** wird 1968 angeschossen. Er wird bei den Grünen aktiv, stirbt aber noch vor der Parteigründung an den Folgen des Attentats.

**1973** Zunehmende Proteste gegen das geplante Kernkraftwerk Wyhl in Baden-Württemberg und die Besetzung des Bauplatzes 1975 stärken die Anti-Atomkraft-, Bürgerinitiativen- und Umweltbewegung. Ab 1977 erste »grüne« Kandidaturen auf kommunaler und Landesebene.



**1980** In Karlsruhe gründet sich die Partei »**Die Grünen**«.



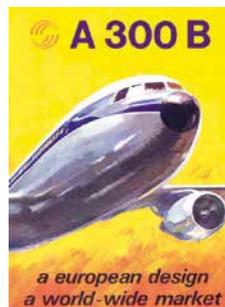
**1980–83** Die »**Startbahn West**« in Frankfurt am Main kann auch durch jahrelange Proteste nicht verhindert werden.

**1,5** % Stimmanteil, Bundestagswahl 1980

**1,6** Mrd. Dollar Umsatz, Airbus Industrie, 1980

**1979** Großbritannien kehrt zum Projekt zurück. Anteile jetzt: Aérospatiale und Deutsche Airbus je 37,9 Prozent, British Aerospace 20 Prozent, CASA (Spanien, seit 1971) 4,2 Prozent. Die Ankündigung des A320 wird ein Erfolg. Die Nachfrage beendet die Einführungsphase. Bis zu 90 Prozent der Entwicklungskosten für neue Modelle werden von den Regierungen übernommen.

**1972/74** Erstflug/Erstauslieferung des **A300B**. Bis 1979 werden nur 19 Maschinen verkauft, allein 1976 stehen 16 Jets auf Halde. Der A300 ist das erste zweimotorige Flugzeug mit zwei Gängen. Der kürzere A310 hat erstmals ein Zwei-Personen-Cockpit.



**1970** Die Deutsche Airbus GmbH und Aérospatiale aus Frankreich gründen Airbus Industrie zu je 50 Prozent. Aufsichtsratsvorsitzender und unbeirrter Förderer durch alle Krisen wird der CSU-Politiker **Franz Josef Strauß**.

### bis 1966

Gegen die Dominanz der US-Flugzeugfirmen Boeing, McDonnell Douglas und Lockheed beginnen westeuropäische Politiker das Airbus-Projekt für den Zivillflugzeugbau. Staatliche und private Firmen aus Frankreich, Deutschland und Großbritannien schließen sich zu einem Konsortium zusammen.

**1967** Die Entscheidung für den Bau des ersten Modells fällt, später A300B genannt. 1969 steigt Großbritannien aus.



**AIRBUS INDUSTRIE**

Das Logo des Airbus-Konsortiums in den ersten Jahren.

**1983** Wahlprogramm:  
»Kompromißlos sind wir gegen Großprojekte wie die Startbahn West.«



**bis 1989** In der DDR galten Flugzeuge oft als Symbol der Freiheit. Und selbst **Agrarflieger** dienten der Republikflucht.

**1993** Das ostdeutsche »Bündnis 90« vereinigt sich mit den westdeutschen Grünen.



**1997** Aus der Begründung für eine Bundesratsinitiative der Grünen: »Es geht uns nicht darum, Menschen ihre wohlverdiente Urlaubsreise zu verbieten. Aber muß es denn gleich zwei Mal im Jahr nach Mallorca gehen?«

**1987** Beim Protest gegen den Ausbau des Regionalflughafens Unna thematisieren die Grünen auch das »widersprüchliche Verhalten der grünen Klientel«.

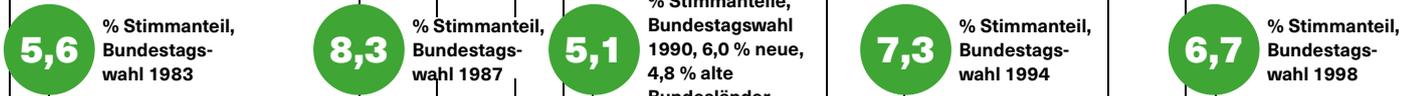
**1988** Erstmals stellen **Petra Kelly** und die Fraktion der Grünen im Bundestag eine Kleine Anfrage über Flugverkehrsemissionen in höheren Luftschichten.



**1990** Die grüne »Bundesarbeitsgemeinschaft Verkehr« fordert eine Treibstoffabgabe für Pkw und Flugzeuge, »die in den nächsten 10 Jahren auf 5,- DM pro Liter über einen Stufenplan realisiert wird«.

**1989** Die Grünen NRW argumentieren erstmals mit dem »Klimafaktor Luftverkehr«.

**1998** Wahlprogramm: »Wir werden uns konsequent gegen die Ausweitung der Flugverkehrskapazitäten stark machen.«



1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999

**3,0** Mrd. Dollar Umsatz, Airbus Industrie, 1984

**6,0** Mrd. Dollar Umsatz, Airbus Industrie, 1990

**9,6** Mrd. Dollar Umsatz, Airbus Industrie, 1995

**1988** Kurz vor dem Ende der DDR erhält deren Staatslinie **Interflug** drei A310.



**1991/92** Erstflüge der Langstreckenjets A340 und A330.

**1995** Der schwache Dollar verteuert die Airbus-Flugzeuge. Aufträge gehen verloren. Das Sanierungsprogramm Dolores (Dollar Low Rescue) reduziert Belegschaft und Kosten um 30 Prozent. Der Druck zur Reform der komplexen Konzernstruktur wächst.

**1999** Gründung von Airbus Military zur Produktion von Tank- und Transportflugzeugen. Spannungen um Rüstungsaufträge und technische Probleme prägen die Sparte.

**1980er-Jahre** Daimler-Benz kauft die an der Deutschen Airbus beteiligten Firmen auf, oft zugleich mit deren Rüstungssparten. Über Airbus hinaus entsteht ein neuer Rüstungskonzern. Widerstände gegen Industriepolitik, Marktmacht und Subventionen für die »Daimler-MBB-Fusion« bleiben ergebnislos. Eine Ministererlaubnis gestattet 1989 den Zusammenschluss.

**1994** Die »Beluga«-Transporter beginnen ihre Flüge zwischen den Airbus-Standorten.



# atmosfair

**seit 2006** Nach der Gründung der Organisation »atmosfair« beginnen zahlreiche Parteiliederungen und Fraktionen der Grünen, für die Emission von Dienstflügen eine finanzielle Kompensation zu leisten.



8,6

% Stimmanteil, Bundestagswahl 2002

8,1

% Stimmanteil, Bundestagswahl 2006

10,7

% Stimmanteil, Bundestagswahl 2009

8,4

% Stimmanteil, Bundestagswahl 2013

**2015** Frankfurt am Main: Das grüne Fraport-Aufsichtsratsmitglied Frank Kaufmann begrüßt die Übernahme der griechischen Flughäfen, weil sie Wachstumsdruck vom Standort Frankfurt nehme. – Gegen den bereits genehmigten Ausbau des Fraport kann sich der neue grüne Wirtschafts- und Verkehrsminister Tarek al-Wazir nicht durchsetzen.



**2011** Baden-Württemberg: Die Grünen erreichen bei der Landtagswahl 24,2 Prozent. Im grün-roten Kabinett Kretschmann liegt die politische Verantwortung für die Flughäfen des Landes beim grünen Verkehrsminister Winfried Hermann. **2016** nach der Landtagswahl (Grüne: 30,3 Prozent) bleibt Hermann im Amt.

**2013** Wahlprogramm: Subventionen bei der Energiebesteuerung und der Mehrwertsteuer bei Auslandsflügen sollen entfallen, Luftverkehrssteuer und Emissionshandel sollen ökologischer ausgestaltet werden.

2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016

24,2

Mrd. Euro Umsatz bei EADS, davon 59% bei Airbus, 2000

30,1

Mrd. Euro Umsatz bei EADS, 2003

39,1

Mrd. Euro Umsatz bei EADS, davon 64% bei Airbus, 2007

49,1

Mrd. Euro Umsatz bei EADS, 2011

64,5

Mrd. Euro Umsatz der Airbus-Gruppe, davon 71% bei Airbus, 2015

**2000** Die European Aeronautic Defence and Space Company entsteht. Die EADS wird 80-Prozent-Eigner von Airbus SAS. 20 Prozent liegen bei British Aerospace Systems; 2006 steigt BAe wieder aus.

**2006** Krise beim A380: Durch technische Probleme drohen Ausfälle über 6 Milliarden Dollar in den nächsten 4 Jahren. Der weltgrößte Passagierjet stößt auch auf Absatzprobleme.

**2015** Die Fertigung in Mobile (Alabama, USA) beginnt.

**2007** Mit dem Plan »Power8« wird die Belegschaft um 10.000 Personen verringert. Im Konzern wird die deutsch-französische Doppelspitze abgeschafft.

**2009** Das Werk in Tianjin (China) geht in Betrieb.

**2014** Neuer Name »Airbus Group« und neue Corporate Governance.

**2016** Eigentümer: inzwischen 74 Prozent der Aktien in Streubesitz, gemeinsame Sperrminorität durch Frankreich und Deutschland mit je 10,9 und Spanien mit 4,1 Prozent.

**AIRBUS GROUP**



**2016** Der erste A320neo (»new engine option«) wird ausgeliefert. Mehr als 3.300 Maschinen sind vorbestellt; in der »Familie« mit A319neo und A321neo sind es über 4.500.

# NACHWEISE

**BILDER UND COPYRIGHTS** Titel: mapi/photocase.de. **S. 4:** Dietmar Bartz. **S. 6:** krockenmitte/photocase.de. **S. 8–10, 11 u.:** Andreas Heddergott/TUM. **S.11 re. o./li. o.:** Airbus Group. **S. 12 m., 13:** Forschungszentrum Jülich. **S. 12 u.:** Wikimedia Commons/JanB46, Microalgenwekerij te Heure bij Borculo.jpg, Lizenz: CC-BY-SA 3.0. **S. 14/15:** travnikovstudio/istockphoto.de. **S.16–18 o., re. u., 19:** Airbus Group. **S. 20:** Airbus. **S. 18 li. u.:** Ansgar Pudenz, Deutscher Zukunftspreis. **S. 22, 23 o., m.:** Archiv. **S. 23 u.:** Airbus Group. **S. 24–28:** Stefan Röhl. **S. 34–36:** Julia Zimmermann. **S. 50–51:** Til Mette. **S. 52 li. o.:** ap. **S. 52 m. u.:** Airbus. **S. 52 u.:** Wikimedia Commons/Robert Ward, Lizenz: CC0. **S. 53 o.:** Wikimedia Commons/Harald Rossa, Hans-Grade-Museum\_04.jpg, Lizenz: CC-BY-SA 2.5. **S. 53 li.:** Archiv Grünes Gedächtnis. **S. 53 u.:** Airbus. **S. 54 o. li.:** Benjamin Raschke. **S. 54 o. re.:** Tadej Zupančič/istockphoto.de. **S. 54 u.:** Airbus.

**DATEN UND GRAFIKEN** **S. 6:** Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft (BDL), Energieeffizienzreport 2015, <http://bit.ly/1r9AgUa>. **S. 7 o.:** Umweltbundesamt (UBA), Vergleich der Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr – Bezugsjahr: 2014 (2016), <http://bit.ly/1U1Xk1Z>. **S. 7 u.:** CE Delft et al., External Costs of Transport in Europe (2011), S. 8 f., <http://bit.ly/1NwY2hd>. **S. 31 o.:** Wikipedia, Fuel economy in aircraft, <http://bit.ly/22HkzPe>. **S. 31 u.:** Wikipedia, Airbus, <http://bit.ly/1NifTgY>. **S. 37 o.:** Airbus, Flying on demand. Global Market Forecast 2014/2033, S. 35, <http://bit.ly/23S9XiQ>. **S. 37 m.:** Airbus, Flying by Numbers. Global Market Forecast 2015, Präsentation, Folie 12, <http://bit.ly/1wGpPUc>. **S. 37 u.:** UBA, Überarbeitung des Emissionsinventars des Flugverkehrs (2010), S. 20, <http://bit.ly/1qBfPP8>. **S. 38 li. o.:** Airbus, Flying by Numbers. Global Market Forecast 2015, Präsentation, Folie 25, <http://bit.ly/1wGpPUc>. **S. 38 re. o.:** ebd., Folie 4, <http://bit.ly/1wGpPUc>. **S. 38 u.:** Wikipedia, Fuel economy in aircraft, <http://bit.ly/22HkzPe>. **S. 39 o.:** Airbus, Flying by Numbers. Global Market Forecast 2015, Booklet, S.10, 34, <http://bit.ly/1wGpPUc>. **S. 39 m.:** BDL, 2015, unveröffentlichte Angaben. **S. 39 u.:** BDL, Herausforderungen der deutschen Luftverkehrswirtschaft, 2015, Folie 28, <http://bit.ly/1SOXzva>. **S. 40:** EU, Aviation and Emission Trading. ICAO Council Briefing, 29.9.2011, Folie 41, <http://bit.ly/20PUWwp>. **S. 41:** Carbon Market Data, GreenAir online, 17.4.2015, <http://bit.ly/1WAJ9Sp>. **S. 42:** Eurocontrol, System Wide Information Management (SWIM), <http://bit.ly/1ycWZdl>. **S. 43:** Wikimedia, <http://bit.ly/1VwK9Hw>. **S. 44:** Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen, Verkehrszahlen, <http://bit.ly/1Qholrt>. **S. 45:** Wikipedia, Liste der Verkehrsflughäfen in Deutschland, <http://bit.ly/1SUHdyz>. **S. 46:** Brot für die Welt: »Grüner fliegen«. Potenziale, Risiken und Perspektiven für Agrotreibstoffe im Flugverkehr. Aktuell 47, S. 4 (2014), <http://bit.ly/1NwYNXq>. **S. 47:** NGO-Luftverkehrskonzept. Schritte zu einem zukunftsfähigen und umweltverträglichen Luftverkehr in Deutschland (2015), S. 29, <http://bit.ly/1N5kQcL>. **S. 49:** Airbus, Flying by Numbers. Global Market Forecast 2015, Präsentation, Folie 20 f., <http://bit.ly/1wGpPUc>.

**HERAUSGEGEBEN VON**

**Heinrich-Böll-Stiftung**, Schumannstraße 8, 10117 Berlin, [www.boell.de](http://www.boell.de)

**Airbus Group**, Rahel-Hirsch-Straße 10, 10557 Berlin, [www.airbusgroup.com](http://www.airbusgroup.com)

