

*Einschätzung*

## **Grünes Luftfahrtforschungsprogramm - eine Vision aus Werbeslogans**

Wie kann die Luftfahrt umweltschonender werden? Das grüne Wirtschaftsministerium vergibt dazu Fördergelder. Doch viele Ansätze sind gar nicht zielführend. Luftfahrtprofessor Dieter Scholz mit einer Einschätzung zum 3. Aufruf für das Luftfahrtforschungsprogramm.

*Von Prof. Dr. Dieter Scholz*

3. Mai 2022, 12:30 Uhr



© Adobe Stock / Shiretoko Dream

*Die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Rahmen des sechsten nationalen zivilen Luftfahrtforschungsprogramms – Dritter Programmaufruf (LuFo VI-3) – vom 25. April 2022 soll der klimaneutralen Luftfahrt deutlich mehr Schwung verleihen. So jedenfalls die Zielvorgabe aus dem neuerdings grünen Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Eine Einschätzung dazu von Luftfahrtprofessor Dr. Dieter Scholz.*

### **Worum geht es?**

Mit dem Luftfahrtforschungsprogramm VI-3 des Bundesregierung – genannt "LuFo Klima" – sollen Entwicklungs- und Forschungsprojekte gefördert werden, die eine signifikante Reduzierung der Klimawirkungen der Luftfahrt bewirken.

Zuständig für die Entwicklungsförderung der Luftfahrt mit dem Luftfahrtforschungsprogramm (LuFo) war schon immer das Wirtschaftsministerium. Durch den neuen Zuschnitt des Ministeriums als "Bundesministerium

für Wirtschaft und Klimaschutz" von Minister Dr. Robert Habeck (Grüne) wurden Akzente neu gesetzt:

Ziel ist, den Transformationsprozess der Luftfahrtbranche bestmöglich zu unterstützen. Dazu wird der dritte Call von "LuFo Klima" deutlich stärker als in der Vergangenheit auf neue Klimaschutztechnologieentwicklungen hin ausgerichtet.

"Die [...] Ziele des Pariser Klimaabkommens sowie des Green Deals der Europäischen Kommission stellen die Luftfahrtbranche vor große Herausforderungen. [...] Ich lade die ganze Branche ein, sich [...] mit [...] Projektskizzen einzubringen", sagt Dr. Anna Christmann, Koordinatorin der Bundesregierung für die Deutsche Luft- und Raumfahrt zur Veröffentlichung der neuen Ausschreibung.

Diese Ziele basieren auf drei Säulen [<https://perma.cc/7CND-Y2HJ>]:

1. Alternative klimaneutrale Antriebssysteme,
2. Reduktion des Primärenergiebedarfs und Ressourceneinsatz durch Reduktion des Gewichts sowie durch Erhöhung der Effizienz von Antrieben, der Systeme und der Aerodynamik, sowie
3. Reduzierung der Fertigungszeiten und -kosten mit dem Primat geschlossener Stoffkreislaufsysteme.

"Erstmals enthält das LuFo konkrete, ambitionierte Zielwerte, an den sich neue Projekte messen lassen müssen. Zudem werden die umwelt- und klimabezogenen Bewertungskriterien bei der unabhängigen Begutachtung der eingegangenen

Projektskizzen nochmals geschärft" – erklärt das Ministerium in einer Pressemitteilung [<https://perma.cc/37FD-R6CM>].

### **Werbeslogans der Luftfahrtbranche**

Aber hinter der neuen Aufmachung gibt es im Detail wenig neue Ideen zur technischen Umsetzung. Wo sollten überraschend neue Ideen denn so schnell auch herkommen?

#### **Über den Autor**

Prof. Dr. Dieter Scholz ist Professor für Flugzeugentwurf, Flugzeugsysteme und Flugmechanik an der HAW Hamburg (Hamburg University of Applied Sciences). Er ist dort Leiter der Aircraft Design und Systems Group (AERO) und interessiert sich auch für das Thema "Luftfahrt und Gesellschaft". Kontakt [<http://www.profscholz.de>]



Wenn man das Dokument auseinandernimmt, dann stellt man schnell fest, dass es viele der Werbeslogans der Luftfahrtbranche enthält und weniger die flugphysikalisch fundierten Aussagen, die doch eher von einem "Forschungsprogramm" zu erwarten wären.

Hier einige gewichtige Beispiele aus dem Dokument, die Liste ließe sich noch weiter fortsetzen.

Es sind "intensive Anstrengungen hin zu einer emissionsfreien und klimaneutralen Luftfahrt" notwendig. Das klingt gut. Was bedeutet das genau? Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hatte definiert [<https://perma.cc/AZT7-A4V3>]:

"Die Vision der emissionsfreien Luftfahrt stellt ein ideales Ziel dar. [...] Die tatsächlichen Null-Emissionen (zero emissions) können [...] voraussichtlich nicht erreicht werden."

"Eine klimaneutrale Luftfahrt wird durch eine ausgeglichene Klimawirkung aller CO<sub>2</sub>-, aber auch Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte charakterisiert, sodass die Luftfahrt keinen Nettobeitrag mehr zur Erderwärmung liefert." Das geschieht durch

Kompensation wie zum Beispiel durch die CO<sub>2</sub>-Abscheidung und CO<sub>2</sub>-Speicherung unter der Erdoberfläche.

Die Aussage "emissionsfrei und klimaneutral" im Klima-Lufu klingt ergänzend wie "groß und schwer". Die beiden Adjektive "emissionsfrei und klimaneutral" sind aber nicht unabhängig voneinander. Eine gegenseitige Verstärkung mit "und" passt auch nicht. Wenn etwas emissionsfrei ist, dann ist es auch klimaneutral. Denn wenn nichts da ist, was sollte dann das Klima verändern?

Leider ist "emissionsfrei" in der Praxis nicht zu erreichen. Wir haben ja auch schon mal geatmet und sind daher auch nicht emissionsfrei. Tierhaltung produziert auch viel CO<sub>2</sub> und umweltschädliches Methan, wollen wir da erwarten, dass Flugzeuge emissionsfrei sind, wenn beim Start die Schubhebel "auf den Tisch gelegt werden"?

### **Das "Zero Emission Aircraft" kann es nicht geben**

"Besonders hervorzuheben sind Maßnahmen zur Demonstrationsvorbereitung eines Zero Emission Aircraft bis 2035 und der Weiterentwicklung von Technologien in Richtung 10 MW."

Wir kennen von den Strahltriebwerken bisher Angaben in Newton für den Schub. Wenn wir den Nennschub eines Airbus A320 nehmen (236.000 Newton), dann bleiben davon in Reiseflughöhe in elf Kilometern Höhe noch etwa 20 Prozent. Bei einer Machzahl von 0,75 wären das circa zehn Megawatt.

Es geht also um elektrische Antriebe von Mittelstreckenflugzeugen. Mit Batterien sind Mittelstrecken aber nicht zu erreichen. Das kann durch eine einfache Rechnung [<https://doi.org/10.5281/zenodo.4072282>] gezeigt werden (Seite 48).

Airbus schlägt daher ein Flugzeug vor, das Wasserstoff in Strahltriebwerken verbrennen soll, und nennt das "Zero Emission", was es aber nicht ist, weil bei der Verbrennung von Wasserstoff Stickoxide entstehen und (global betrachtet) wärmende Kondensstreifen. So ein Flugzeug wäre "nur" CO<sub>2</sub>-frei [<https://doi.org/10.5281/zenodo.4301103>]. Das "Zero Emission Aircraft" von Airbus wird auch nicht bis 2035 fertig sein [<https://perma.cc/T9NS-UK2F>].

Bei der Luftfahrtförderung geht es daher auch nur um eine Förderung von Maßnahmen zur Vorbereitung der Demonstration von "Zero Emission" und das bis 2035. Es geht also weder um ein Flugzeug, noch um einen Demonstrator, sondern nur darum, einen Demonstrator vorzubereiten für etwas, was es physikalisch nicht geben kann (Flug ohne jede Emission).

So werden die Anforderungen des BMWK gleich auf ein realistisches Niveau gebracht, aber Steuergelder sollen dafür schon ausgegeben werden. Wer das wohl so formuliert hat?

### **Die Flugphysik wurde nicht beachtet**

Im Call werden konkrete Technologien benannt, die gefördert werden sollen. Die korrekte Terminologie und Flugphysik bleibt auf der Strecke:

#### 1.) ... "disruptive Flugzeugkonfigurationen".

Das Adjektiv *disruptiv* bedeutet, "etwas Bestehendes auflösen oder zerstören" [<https://neueswort.de/disruptiv>]. Es ist in der Luftfahrtforschung ein Modewort. Eine "disruptive Technologie" ist eine neu aufgekommene Technik, die eine alte obsolet macht und damit völlig ablöst oder weitestgehend verdrängt.

#### 2.) ... die Flugzeugkonfigurationen: "Blended Wing Body, Boxed [sic] Wing und Vorwärtspfeilung".

Dies sind Konfigurationen, die schon seit Jahrzehnten untersucht und gefördert wurden. Bisher konnte dazu im praktischen Endergebnis noch kein Vorteil gezeigt werden. "Vorwärtspfeilung" ist keine Flugzeugkonfiguration, sondern die Ausprägung eines Flügelparameters.

#### 3.) ... "laminare Umströmung von Flügel und Rumpf".

Auch das ist ein "alter Hut", zuletzt finanziell umfangreich gefördert durch die EU im Projekt Blade [<https://simpleflying.com/airbus-blade-test-a340/>].



Das "BLADE"-Testflugzeug mit Laminarstruktur an den Flügeln.

© Airbus / S. Ramadier

#### 4.) ... "langgestreckte, dünne Flügel".

Gemeint ist ein Flügel hoher Streckung (so der Fachbegriff; bekannt vom Segelflugzeug) mit dem der Widerstand durch Auftrieb (der induzierte Widerstand) verringert werden kann. Flügel hoher Streckung haben (bei erforderlicher Flügelfläche) eine große Spannweite, die am Gate der Flughäfen an Grenzen stößt. Mittelstreckenflugzeuge (Icao Class C [<https://skybrary.aero/articles/icao-aerodrome-reference-code>]) sind in der Praxis auf 36 Meter Spannweite begrenzt. Flügel sollen nicht dünn sein, sondern dick. Jedoch haben Flügel hoher Streckung eine geringe Flügeltiefe und sind daher (leider) dünn.

#### 5.) ... "aktiv geregelte Steuerflächen für einen lastfreien Flügel".

Einen Flügel kann man nicht lastfrei machen (zero-g). Das ginge allenfalls im Parabelflug [<https://de.wikipedia.org/wiki/Parabelflug>]. Im Horizontalflug wird der Flügel mit dem Flugzeuggewicht belastet (one-g). Was geht, ist, den Auftrieb in Böen kurzzeitig zu verringern (Böenlastabminderung) oder den Angriffspunkt der Auftriebskraft nach innen zu verlagern (Manöverlastminderung). Das ist aber alles etwas ganz Anderes als "lastfrei".

Bei der mangelnden technischen Genauigkeit handelt sich um handwerkliche Fehler, die wohl denjenigen zuzuschreiben sind, die dem Ministerium von außen zugearbeitet haben.

### **Das BMWK nimmt sich der Kondensstreifen an**

Die stärkere Klimawirkung geht in der Luftfahrt nicht von den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus, sondern von den Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekten. Darum ist zu begrüßen,

dass auch dieser Bereich über die Kondensstreifen genannt wird.



Ein Flugzeug mit Kondensstreifen.

© AirTeamImages.com / Alexander Mishin

*"In den Bereichen der Planung und Durchführung von Flugrouten werden erhebliche Verbesserungspotenziale hinsichtlich der Klimaschonung und der Effizienzerhöhung gesehen. Ziel ist es daher, neue Technologien und Verfahren zu entwickeln, die eine durchoptimierte ökologische Flugführung bis spätestens 2035 ermöglicht. Allem voran sind zukünftig die Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte zu vermeiden, welche insbesondere durch Kondensstreifen und induzierte Wolkenbildung erheblich zur Klimaerwärmung beitragen. Ziel ist daher der sofortige Beginn von Untersuchungen zur Vermeidung persistenter Kondensstreifen, sodass bis spätestens 2030 eine Reduzierung um mindestens 80 Prozent erreicht wird."*

Es ist wirklich erfreulich, dass dies in dieser Klarheit festgestellt wurde. Die Vorgabe "bis spätestens 2030 eine Reduzierung um mindestens 80 Prozent" wird allerdings nicht definiert. 80 Prozent wovon? Man könnte fordern, die äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Aviation Induced Cloudiness, AIC (Erwärmung durch Kondensstreifen und durch Kondensstreifen-induzierte Federwolken) um 80 Prozent zu reduzieren. Das kann heute schon für einen einzelnen Flug gezeigt werden. Es muss nur tiefer geflogen werden.

Die 80 Prozent könnten sich aber auf die gesamten äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen der AIC über Deutschland beziehen. Das wäre ein Ziel für 2030 (oder sogar früher)! Eine Forschungsfrage wäre dann, mit welchen ordnungspolitischen Maßnahmen dieses Ziel am besten zu erreichen wäre. Es dürfen keine Vermeidungsstrategien entstehen (Umwege um Deutschland herum fliegen), die die Bemühungen konterkarieren.

Klimaschonung und gleichzeitig Effizienzerhöhung wird es aber nicht geben können. Derzeit werden Flüge bereits auf Effizienz optimiert. Hier ist bei

gegebenen Randbedingungen wohl kaum noch etwas zu heben, denn es ist nicht anzunehmen, dass es der Branche an Wissen und Willen fehlen würde, Kosten zu sparen. Jede klimabedingte Abweichung vom derzeitigen Optimum wird daher die Betriebskosten geringfügig erhöhen – entweder, weil der Kraftstoffverbrauch leicht steigt (was aber insgesamt für die Klimawirkung nicht ins Gewicht fällt), oder weil die Fluggeschwindigkeit wegen der geringeren Höhe und der damit höheren Luftdichte verringert wird, um einen optimalen Auftriebsbeiwert beizubehalten.

Ja, es gibt noch sehr viel zu forschen. Das darf uns aber nicht vom dringend gebotenen Handeln abhalten. Der "sofortige Beginn von Untersuchungen" ist nicht ausreichend. Erforderlich wäre der "sofortige Beginn von Flügen zur Vermeidung wärmender Kondensstreifenzirren" begleitet durch Forschungsprojekte und das deutlich vor 2030. Etihad Airways führt solche Flüge bereits durch [<https://perma.cc/5BYW-Z66X>].

Gegen persistente kühlende Kondensstreifen hat übrigens auch niemand etwas. Ausreichend viel ist schon bekannt als Basis zum Handeln. Wir wissen, dass Kondensstreifen nur in größeren Höhen auftreten und durch eine geringe Absenkung der Flughöhe vermieden werden können (Schmidt-Appleman Criterion). Tagsüber sind die Kondensstreifen kühlend. Tagsüber besteht also kein Handlungsbedarf. In der Nacht (insbesondere gegen Morgen und am Abend) sind Kondensstreifen teils stark wärmend. In diesen Zeiten könnte immer etwas tiefer geflogen werden. Dafür sind auch freie Flugflächen vorhanden.

Alternativ könnte nur dann tiefer geflogen werden, wenn im Fluggebiet persistente wärmende Kondensstreifen vorhergesagt werden. Flüge basierend auf solchen Regeln könnten sofort verbindlich vereinbart werden. Weitere Forschung ("Further Research Is Needed, FRIN [[https://en.wikipedia.org/wiki/Further\\_research\\_is\\_needed](https://en.wikipedia.org/wiki/Further_research_is_needed)]") darf nicht als Vorwand für Untätigkeit missbraucht werden. Der BDL schrieb Ende 2020 [<https://perma.cc/QEZ9-RWY6>]: "Ein ... Lösungsansatz ... sind klimaoptimierte Flugverläufe, mithilfe derer die Bildung von Kondensstreifen reduziert werden könnte. Hierzu bedarf es jedoch noch weiterer Forschungsarbeiten". Ich erkenne im LuFo-Aufruf so eine Tendenz, hier Handeln aufzuschieben.

### ***Bei der Vision zur "Mobilität der Zukunft" können alle mitreden***

Die heute vorhandene hohe Sicherheit in der Luftfahrt soll noch weiter ausgebaut werden. Dazu sollen "die abgestufte Nutzung von Automatisierung und KI im Bereich konventioneller Verkehrsflugzeuge [...] für Reduced Crew 2030, für Single Pilot 2040 und für No Pilot 2050" eingeführt werden. Ob das gesellschaftlich sinnvoll ist, mag dahingestellt sein (Arbeitslosigkeit).

Piloten bezweifeln jedenfalls regelmäßig, dass das Fliegen sicherer würde, wenn sie nur nicht an Bord wären und nicht immer ihre Fehler machen würden. Jedenfalls soll für KI und für "No Pilot" Steuergeld ausgegeben werden. Soviel steht schon fest.

Es wird im Dokument die Meinung vertreten, dass revolutionäre neue, elektrisch angetriebene Fluggeräte, die senkrecht starten und landen können (eVTOL), voraussichtlich den Personentransport sukzessiv bis 2035 revolutionieren werden. Diese Überzeugung mag von der derzeitigen Welle der Begeisterung in der Luftfahrtindustrie für die Urban Air Mobility (UAM) getragen sein.

Bei UAM geht es aber eher um teure Taxis für Superreiche – die Verkehrsprobleme der Städte sind damit nicht zu lösen - und auch nicht die Probleme der Luftfahrt. Die Bevölkerung will keine UAMs über ihren Köpfen. Das sollte man respektieren. Fest steht, dass sowohl Batterien (schwer), als auch der senkrechte Start (viel Schub) ineffizient sind. "Grün" ist das jedenfalls nicht.

---