

02/2025



# Nachhaltiger Schub für die zivile Luftfahrt

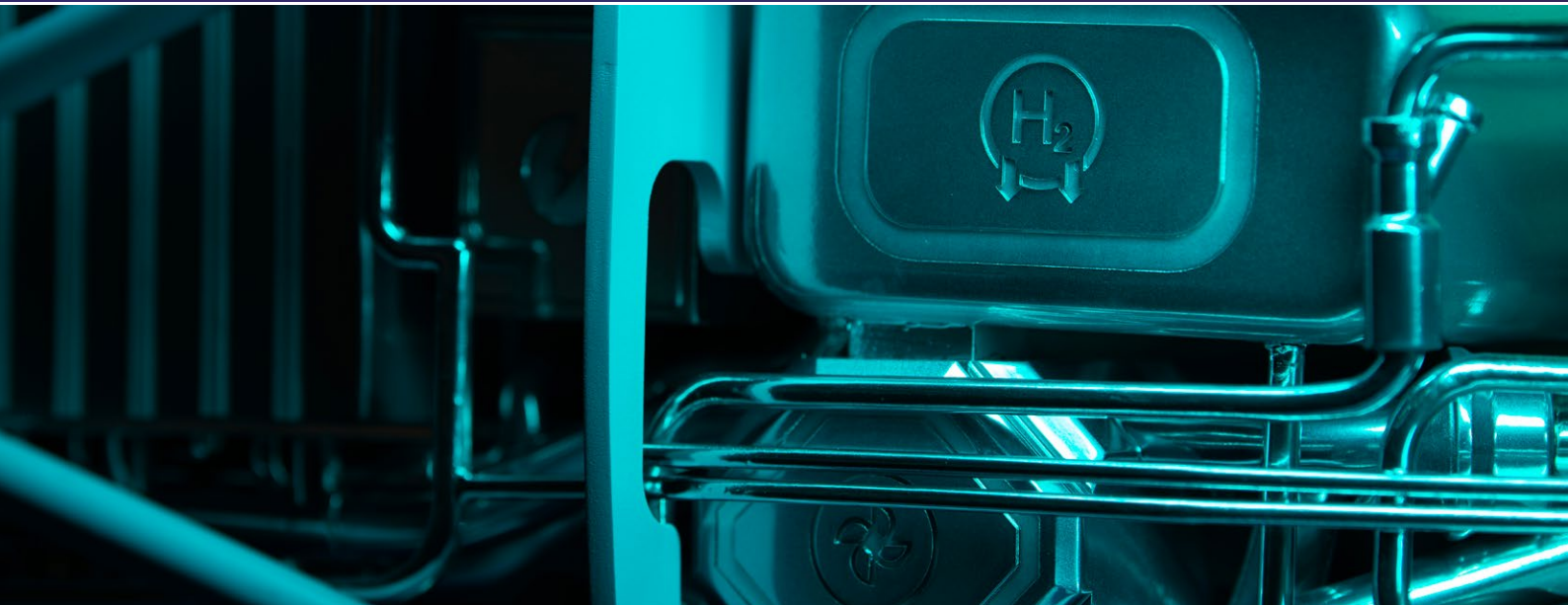
Forschung, Förderung und Innovation auf dem Weg zur Klimaverträglichkeit





## Um was geht es?

Fliegen bringt Menschen zusammen. Es ermöglicht grenzüberschreitenden Austausch von Waren und Ideen. Deswegen ist die Luftfahrt ein Wachstumsmarkt, weltweit. Deutschland profitiert davon – nicht zuletzt als Standort einer wettbewerbsfähigen Luftfahrt-Industrie, die Arbeit und Wohlstand schafft. Darin liegen auch in Zukunft Chancen, wenn die Politik die richtigen Rahmenbedingungen setzt. Das gilt insbesondere für die Förderung der Luftfahrt-Forschung.



### **Gleichzeitig befindet sich die Luftfahrt mitten in ihrer Transformation hin zu einer klimaverträglichen Zukunft.**

In den vergangenen Jahrzehnten ist es der Industrie bereits gelungen, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Flugzeugen deutlich zu reduzieren. Kontinuierliche Effizienzsteigerungen, ein reduzierter Luftwiderstand sowie ein geringeres Gewicht von Flugzeug, Antrieb, Systemen und Kabine haben diese Entwicklung ermöglicht. Allerdings entstehen Klimawirkungen nicht nur durch CO<sub>2</sub>, sondern auch durch Stickoxide und Kondensstreifen. Auch diese Effekte müssen technologisch adressiert werden, um die Klimawirkung der Luftfahrt zu verbessern, zumal der globale Luftverkehrsmarkt weiter wachsen wird.

**Der Anspruch ist klar: Flugzeuge bleiben auch während und nach dieser Transformation ein weltweit erforderliches Transportmittel, das für die gesamte Gesellschaft erschwinglich bleiben und mit dem Schutz von Natur und Umwelt vereinbar sein muss.**

Neben der oft unumgänglichen Reise mit dem Flugzeug bleibt auch der Einsatz von Hubschraubern unverzichtbar, z.B. bei Luftrettung, polizeilichen Aufgaben und Personentransport. Auch dieser Bereich wird von der deutschen Industrie nachhaltig transformiert.





## Was zeichnet die heutige zivile Luftfahrt aus?

**Energieverbrauch, Emissionen und Lärm zu minimieren**, ist seit jeher Ziel der zivilen Luftfahrt: Heutige, mit modernsten Gasturbinen betriebene Flugzeuge stoßen zum Beispiel über 80 Prozent weniger CO<sub>2</sub> pro Passagier-Kilometer aus als zu Beginn der kommerziellen Luftfahrt. Das gängige Flugzeugkonzept ist nicht nur im Hinblick auf den Energieverbrauch hervorragend, sondern es können auch alle marktgängigen Größenklassen und Reichweiten auf diese Weise bedient werden – von kleinen Geschäfts- über Regionalflugzeugen bis hin zur Kurz-/Mittel- und Langstrecke. Die Sicherheit der Passagiere hat dabei zu jeder Zeit oberste Priorität. Die Sicherheitsstandards der zivilen Luftfahrt sind jahrzehntelang erprobt und werden laufend verbessert. Mit innovativen Technologien hat die deutsche Industrie einen maßgeblichen Anteil an dieser Entwicklung.



## Sind die heutigen Flugzeugkonzepte zukunftsfähig?

**Ein eindeutiges Ja.** Die Gasturbine bleibt auch in Zukunft das Konzept mit dem geringsten Energieverbrauch pro Passagier-Kilometer, vor allem auf Mittel- und Langstrecken. Es sind auch noch Potentiale auszuschöpfen, z. B. hinsichtlich des Energieverbrauchs und damit der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Auch Lärm- und sonstige Emissionen können weiter verringert werden. Die Reduktionsschritte werden jedoch aufgrund des bereits heute sehr hohen Effizienzniveaus immer kleiner. Das bedeutet, eine CO<sub>2</sub>-neutrale Luftfahrt ist allein über den Weg der schrittweisen Effizienzsteigerung nicht zu erreichen.

## Wie können die aktuellen Flugzeuge noch klimafreundlicher werden?

**Wir setzen auf neuen, nachhaltigen Kraftstoff** – so genannten Sustainable Aviation Fuel (SAF ). Er ersetzt fossiles Kerosin und verringert so die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Für seine Herstellung wird der Atmosphäre CO<sub>2</sub> entnommen, welches bei der Verbrennung des SAF im Flugzeugtriebwerk freigesetzt wird und zurück in die Atmosphäre entweicht. In heutigen Flugzeugen und Antrieben ist es bereits möglich, bis zu 50 Prozent des Kerosins durch SAF zu ersetzen. Bis ca. 2030 sollen Flugzeuge komplett mit SAF fliegen können. Je nach Herstellverfahren des nachhaltigen Treibstoffs können diese Flugzeuge nahezu CO<sub>2</sub>-neutral fliegen. Die Kosten von SAF werden aber auch langfristig höher sein als die von fossilem Kerosin. Daher bleibt es wesentlich, den Energie- und damit Kraftstoffverbrauch durch eine konsequente Optimierung des Flugzeugs, der Antriebe, Systeme und Kabine weiter zu reduzieren.



SAF ist eine klimafreundlichere Alternative gegenüber herkömmlichem Kerosin, welches aus Erdöl hergestellt wird. SAF kann aus verschiedenen nachhaltigen Quellen hergestellt werden, wie z. B. biogenen Reststoffen oder durch Verfahren, die erneuerbare Energien und CO<sub>2</sub> nutzen.



## Welche neuartigen Konzepte können die Klimawirkung signifikant verbessern?

Eine optimierte Aerodynamik wird bei der nächsten Generation von Flugzeugen den Energieverbrauch noch einmal erheblich senken. Das ist etwa durch hochgestreckte Flügel, noch effizientere Antriebe und weiterentwickelte Systeme zu erreichen. Der dadurch verringerte Kraftstoffverbrauch reduziert auch die Emission von Stickoxiden und aufgrund geringerer Partikelemissionen die Wahrscheinlichkeit, dass klimawirkende Kondensstreifen entstehen. Mit Hilfe neuer Technologien zur Verbrennung des Kraftstoffs können diese Emissionen noch weiter reduziert werden. Ein intelligentes Energiemanagement und insbesondere eine modulare Avionik **i↓**, die eine Vielzahl von Systemen effektiv aufeinander abgestimmt steuert, sind hierbei ebenso wichtige Bausteine.



**Modulare Avionik:** Konzept in der Flugzeugelektronik, bei dem durch Standardisierung und Modularisierung die Anzahl separater Recheneinheiten und Schnittstellen reduziert und somit Gewichts- und Energieeinsparungen erzielt sowie Betriebs- und Wartungskosten gesenkt werden.

Die Entstehung klimawirkender Kondensstreifen kann auch über eine geschickte Wahl der Flugroute verhindert werden. Hierfür sind intelligente Systeme **i↓** notwendig, die aktuelle Atmosphärendaten erfassen und auswerten.



**Intelligente Systeme:** Anwendungen, die durch künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen unterstützt werden und neuen Anforderungen luftrechtlicher Zulassung entsprechen müssen.

Großes Reduktionspotenzial im Sinne der Klimawirkung und einen guten Wirkungsgrad bei der Umwandlung erneuerbarer elektrischer Energie in Vortriebsenergie des Flugzeuges haben zudem Konzepte, die auf Wasserstoff basieren. Um diese zu verwirklichen, sind sowohl auf Flugzeug- als auch auf Antriebs- und Systemebene gänzlich neue Technologien nötig. Zum Beispiel muss Wasserstoff bei -253 Grad Celsius im Flugzeug gelagert werden. Das erfordert völlig neue Tankdesigns, an denen derzeit geforscht wird.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um Flugzeuge mit Wasserstoff anzutreiben. Mit Wasserstoff kann zum einen die klassische Gasturbine angetrieben werden. Dabei wird der alternative Brennstoff verbrannt, um Schub zu erzeugen – so wie heute Kerosin. Zum anderen kann der Wasserstoff auch in einer Brennstoffzelle in Elektrizität umgewandelt werden, welche zum Vortrieb des Flugzeugs genutzt wird. Aufgrund ihres großen Potenzials, die Klimawirkung erheblich zu reduzieren, wird diese technologische Entwicklung stark vorangerieben. Aus heutiger Sicht empfiehlt sich das mit Brennstoffzellen betriebene Flugzeug jedoch noch nicht für die Langstrecke. Hier ist und bleibt das moderne Flugzeug mit Gasturbinenantrieb kombiniert mit nachhaltigem Kraftstoff die effizienteste Lösung. Idealerweise wird dieser Kraftstoff aus grünem Wasserstoff hergestellt.

Designkonzept für ein Wasserstoff-Flugzeug;

Deutlich sichtbar ist im hinteren Rumpfbereich ein Tank für flüssigen Wasserstoff. Der verbleibende Bauraum für Nutzlast wird durch ein optimiertes Kabinen- und Laderaumkonzept genutzt.

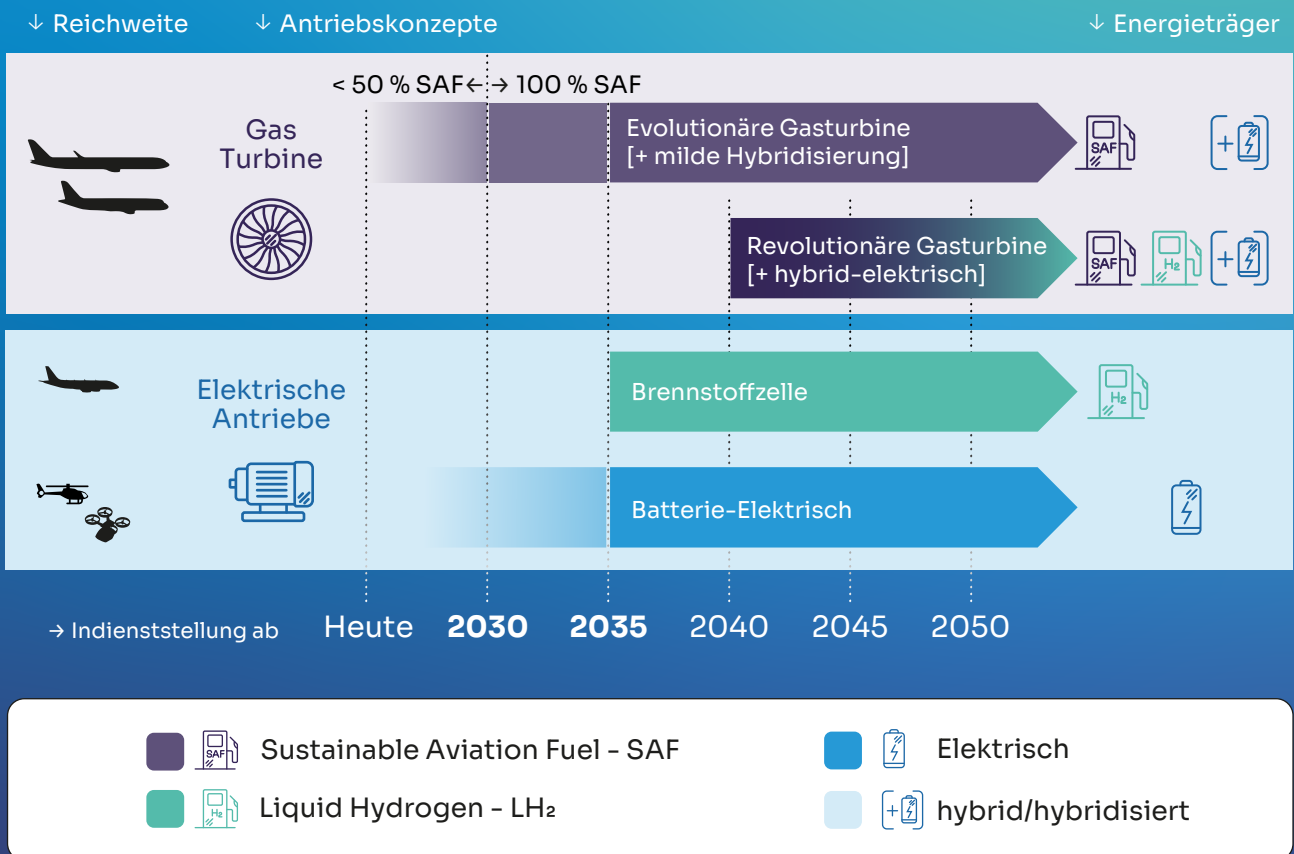


Zudem verfügt das Flugzeug über sehr schlanke Flügel mit großer Spannweite, welche die aerodynamische Effizienz erheblich verbessern.

## Welche Technologie wird sich am Ende durchsetzen?

Der Schlüssel zur klimaneutralen Luftfahrt liegt in der Kombination verschiedener Technologien.

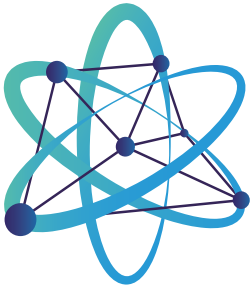
## Energieträger und Antriebe für nachhaltigen Luftverkehr



Gasturbinen mit SAF sind aus heutiger Sicht auf Mittel- und Langstrecke die naheliegendste Lösung. Wasserstoff stellt perspektivisch eine CO<sub>2</sub>-freie Alternative zu SAF dar, erfordert aber die Entwicklung neuer Flugzeuge, Antriebe und Infrastruktur.

Brennstoffzellen haben das Potenzial im Kurzstreckenbereich eingesetzt zu werden und in diesem Segment nahezu Klimaneutralität zu erreichen.

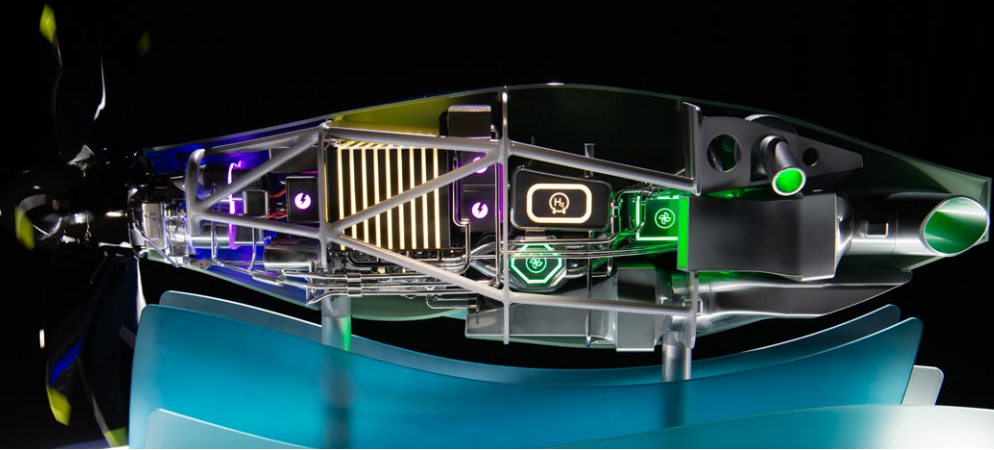




## Welcher Maßnahmen bedarf es, um diese ambitionierten Ziele zu erreichen?

- **Das Luftfahrtforschungsprogramm (LuFo) benötigt auch zukünftig die volle Unterstützung der Bundesregierung.** Es hat sich als Nukleus der Verbundforschung von Industrie und Wissenschaft in Deutschland etabliert und soll auch zukünftig dieser Funktion gerecht werden.
- **Neben der Förderung disruptiver, neuartiger Technologien muss LuFo auch die Weiterentwicklung klassischer Luftfahrttechnologien unterstützen.** Denn auch diese Fortschritte tragen zum Klimaschutz bei – und garantieren markttaugliche Lösungen.
- **Die Luftfahrtforschung muss den kompletten Lebenszyklus des Luftfahrzeugs in den Blick nehmen, inklusive Entwicklung/Zulassung, Produktion, Flugbetrieb sowie Wartung/Instandhaltung.** Wiederverwertbarkeit und Kreislaufwirtschaft müssen stärker mitgedacht werden, damit maximaler, nachhaltiger Nutzen für Industrie, Umwelt und Gesellschaft entsteht.
- **Nationale Anstrengungen für mehr Klimaschutz müssen mit dem großen Hebel der Europäischen Union verknüpft werden.** Auf europäischer Ebene sollte eine Plattform geschaffen werden, angebunden an das EU-Forschungsrahmenprogramm, die nationale Fortschritte bündelt und die Technologieentwicklung vorantreibt.





Wasserstoff als Energieträger ermöglicht völlig neue Triebwerksarchitekturen. Gezeigt ist ein Aggregat mit Brennstoffzelle zur Wandlung der chemischen Energie des Wasserstoffs in Elektrizität mit der ein Elektromotor gespeist wird, der einen Propeller antreibt.

## Ansprechpartner BDLI

### Thomas Belitz

Referent Luftfahrt,  
Ausrüstung und Werkstoffe

belitz@bdli.de

## Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e. V.

ATRIUM | Friedrichstr. 60 | 10117 Berlin  
Tel. +49 30 2061 40-0 | kontakt@bdli.de

[www.bdli.de](http://www.bdli.de)

Mit mehr als 260 Mitgliedsunternehmen aus allen Teilen Deutschlands ist der BDLI e. V. die Stimme der deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie, die sich durch ihre internationale Technologieführerschaft und ihren globalen Erfolg auszeichnet. Die deutsche Luft- und Raumfahrtindustrie ist nicht nur eine treibende Kraft für wirtschaftliches Wachstum und technologische Innovation, sondern auch ein wichtiger Arbeitgeber für hochqualifizierte Talente.

Die deutsche Luft- und Raumfahrtindustrie, die nahezu alle strategischen Schlüsseltechnologien abdeckt, verzeichnete 2023 über 115.000 direkt Beschäftigte und generierte einen Jahresumsatz von über 46 Milliarden Euro. Die im BDLI vertretenen Unternehmen decken die gesamte Wertschöpfungskette ab und reichen vom Start-Up über kleine und mittelständische Betriebe bis zum Systemhaus.

Zu den vorrangigen Aufgaben des BDLI gehören die Kommunikation mit politischen Institutionen, Behörden, Verbänden und ausländischen Vertretungen in Deutschland sowie verschiedenste Mitglieder-Serviceleistungen im In- und Ausland.

Der BDLI ist offiziell beim Deutschen Bundestag akkreditiert und im Lobbyregister des Bundes eingetragen. Er ist Mitglied des europäischen Dachverbandes AeroSpace and Defence Industries Association of Europe (ASD) und des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI). Der BDLI ist Markeninhaber der Fachmesse ILA Berlin, die alle zwei Jahre Innovationen, neue Technologien und Nachhaltigkeit in der Luft- und Raumfahrtindustrie präsentiert.

