

29. Mai 2024

BMDV/BMWK Arbeitskreis klimaneutrale Luftfahrt Arbeitsgruppe 2 (AG2) TECHNOLOGIE

Ziel der AG 2 Technologie ist das Herausstellen der wesentlichen **Technologien zur klimaneutralen Luftfahrt** und, was es braucht, um diese beschleunigt umzusetzen. Hier die bislang erzielten **Ergebnisse** im Überblick, erstmalig mittels einer quantifizierten Potentialabschätzung priorisiert:

Quick Wins (<https://www.bdli.de/sites/default/files/2024-05/UAG1-QuickWins.pdf>) – erzielen einen positiven Klimaeffekt und lassen sich schnell umsetzen. Eine Auswahl der Maßnahmen mit größter Wirkung:

- Shark skin (Aerodynamik Flugzeugzelle)
→ Transfer zuerst B777 / A330 dann A320
- Innovative Verdichterwaschverfahren (Triebwerke)
- Verbesserte Wing Tip Devices für Langstreckenflugzeuge
- Pilotenunterstützungssysteme für treibstoffoptimierte Anflüge
- Brauchwassernutzung für Toiletten
- Bereitstellung vorklimatisierter Luft an Flughäfen

Wenn die Weichen richtig gestellt sind, ist zu erwarten, dass diese Maßnahmen bei einem großen Teil der Weltflotte umgesetzt werden. Im Ergebnis steht eine Klimawirkung in der Größenordnung des aktuellen innerdeutschen Luftverkehrs.

Ein Teil der identifizierten Quick Wins wird für die Betreiber der Luftfahrzeuge aufgrund des damit verbundenen geringeren Verbrauchs an Flugkraftstoffen kostendeckend sein. Für diese Maßnahmen ist eine wirksame Werbestrategie durch alle Beteiligten für eine schnelle Umsetzung elementar. Bei anderen Maßnahmen sind jedoch Anschubfinanzierungen für Betreiber oder finanzielle Unterstützung für den Hersteller nötig. Denn die Kostendeckung tritt hier erst mit deutlicher Zeitverzögerung (z. T. größer als 15 Jahren) ein. Übliche von Betreibern geforderte Amortisationszeiträume sind aufgrund des volatilen Geschäftsreise- und Tourismusgeschäfts jedoch selten länger als 5 Jahre.

Enabler (<https://www.bdli.de/sites/default/files/2024-05/UAG2-Klima.pdf>) für Technologiesprünge der Antriebssysteme und der Flugzeugzelle im Bereich der Struktur, Aerodynamik aber auch der Systemtechnik. Sie müssen im Rahmen der nächsten Generation von Luftfahrzeugen umgesetzt werden, um eine massive Steigerung der Klimaverträglichkeit zu erzielen:

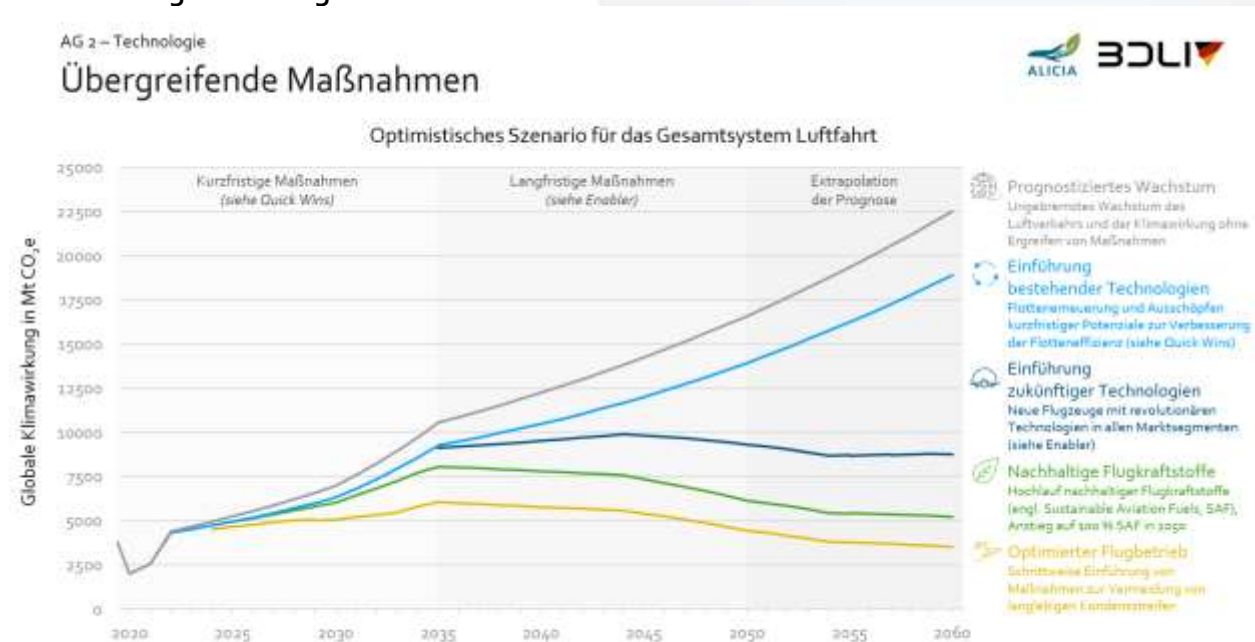
- Über 90 % der Klimawirkung im aktuellen Luftverkehr entsteht durch Luftfahrzeuge mit mehr als 100 Sitzplätzen. Klimafreundliche Technologien müssen daher prioritär in diesen Segmenten eingeführt werden. Die Langstreckenflotte hat mit ca. 45% einen erheblichen Anteil an den gesamten klimawirksamen Emissionen der Luftfahrt. Der Einsatz von Wasserstoff bei Langstreckenflugzeugen ist zwar nicht unmöglich, scheint aufgrund der Integration voluminöser Tanks in den Rumpf aber nicht praktikabel. Daher bleiben SAF die geeignetsten nachhaltigen Energieträger in diesem Marktsegment. Aufgrund der absehbaren Knappheit und hohen Kosten dieses Energieträgers sind weitere signifikante Effizienzsteigerungen erforderlich, um deren Verbrauch zu minimieren.
- Für die Kurz-/Mittelstrecke weisen evolutionäre und revolutionäre Gasturbinenkonzepte, betrieben mit SAF/PtL oder Wasserstoff großes Potenzial auf, um die Klimawirkung der Luftfahrt ab 2035 bzw. 2040 deutlich zu reduzieren. Im Vergleich zu SAF/PtL wird Wasserstoff seine Vorteile in der 2. Hälfte des Jahrhunderts entfalten, wenn luftfahrttaugliche Technologien sowie Infrastrukturen verfügbar sind.
- Wenn gleich der Anteil der Kurzstrecke bis 100 Passagiere an der Klimawirkung der Luftfahrt eher gering ist, bedarf es auch hier klimafreundlicher Produkte. Zudem ist das Risiko bei der Einführung

neuartiger Konzepte in diesem Marktsegment deutlich reduziert, z.B. mittels wasserstoffbetriebener Brennstoffzelle. Auch der Sprung in das Kurz-/Mittelstreckensegment ist aus heutiger Sicht vorstellbar, wenngleich vermutlich noch nicht in 2035. Eine bessere Marktdurchdringung mit hohem Klimawirkungs-Reduktionspotential verspricht man sich von einem Flugzeug höherer Nutzlast mit mehr Reichweite. Ein Referenzpunkt für aktuelle Studien ist eine Kapazität von 100 Sitzen mit einer Reichweite von 1000 NM. Diese Nutzlast-/Reichweiten-Fähigkeit lässt sich mit einem Brennstoffzellenantrieb oder einer Wasserstoff-Gasturbine darstellen.

- Neben dem Antriebssystem muss die Energieeffizienz des Flugzeugs maximiert werden (Massenreduktion, Widerstandsreduktion, Gesamtsystemeffizienz). Das größte Potenzial hat hierbei der hoch gestreckte Flügel.

Alle Technologien (Quick Wins / Enabler für div. Missionsprofile) wurden bzgl. ihrer zu erwartenden Klimawirkung (Einsparpotenzial) mit dem DLR Tool **ALICIA**¹ bewertet und einer Sensitivitätsanalyse unterworfen. Aufgrund der Indienststellung neuer Flugzeuge in den 2030-2040er Jahren erfolgt die Auswertung für die Jahre 2050 - 2060. Es ist zu beachten, dass einige dieser Maßnahmen ihr volles Potenzial erst nach 2060 entfalten können.

In Summe ergibt sich folgendes Bild:



Um die errechneten Emissionseinsparungen erzielen zu können, ist das Erreichen der Technologiereife für die „Enabler“ zum Ende dieser Dekade notwendig, was gemeinsame Anstrengungen von Industrie, Wissenschaft und Politik zur Voraussetzung hat!

Gerade unter Berücksichtigung, dass bereits in den letzten 30 Jahren sehr erhebliche Emissionsreduzierungen realisiert und Einsparpotenziale umgesetzt wurden, überrascht es nicht, dass der Luftverkehr sehr schwer klimaneutral zu entwickeln ist. Mit Blick auf das hier gezeigte Szenario muss eine Konsequenz sein, die gemeinsamen Anstrengungen von Industrie, Wissenschaft, Forschung und Politik noch weiter zu intensivieren und alle Potenziale parallel zu adressieren.

¹ ALICIA ist ein Bewertungstool für das gesamte (weltweite) Lufttransportsystem. Dadurch ergeben sich aus den Darstellungen/Ergebnissen Hinweise und Ableitungen, wie das zukünftige Luftverkehrssystem aussehen kann, bzw. welche Randbedingungen und Einflussgrößen berücksichtigt werden müssen, inkl. politischer Maßnahmen. ALICIA fußt auf neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen und erlaubt, die kurz-, mittel- und langfristigen Klimawirkungsreduktionspotenziale neuer Technologien, des Einsatzes von SAF/PtL sowie neuartiger Flugrouten mit Blick auf die CO₂- Emissionen und die Non CO₂- Effekte nachvollziehbar zu quantifizieren.

Förderung (<https://www.bdli.de/sites/default/files/2024-05/UAG3-Foerderung.pdf>)

Um das Ziel „Klimaneutralität der Luftfahrt“ zu erreichen, sind aufbauend auf Förderprogrammen wie LuFo und NIP, UpLift und EU-Förderung (Clean Aviation) die jetzt folgenden Maßnahmen notwendig:

- BMWK: Förderung der erforderlichen Technologiebausteine, die noch nicht in laufenden Programmen adressiert sind
- BMWK, Bundesländer: Bereitstellung von Versuchs- und Integrationsplattformen für die untersuchten Konzepte zur Beschleunigung der Technologieentwicklung
 - H₂-taugliche Prüfstände, H₂-Triebwerks-Höhenprüfstand, Flugerprobungsplattform(en), Fertigungstechnologien und Pilotproduktionsanlagen, Testeinrichtungen für Subsysteme und Ausrüstung, Kryo-Windkanal in Erweiterung der UpLift Prüflandschaft und darüber hinaus.
- BMDV, Bundesländer: Aufbau einer Infrastruktur für Wasserstoff in der Luftfahrt
 - (L)H₂ Produktion/Lieferung, LH₂ Speicherung, LH₂ Handling am Flugzeug
- BMDV, EASA: Flexibilisierung der Verfahren für Flugdemonstration und Zulassung
 - Anpassung der EASA, die dem technologischen Wandel gerecht wird, Einführung neuer Technologien mit vertretbarem Nachweisaufwand
- BMWK: Förderung von hochratenfähigen Fertigungstechnologien und Lieferketten
 - Automatisierungstechnologien, Robotikanwendungen, digitale Fertigungsmethoden und virtuelle Zulassungsmethoden
- BMWK: Reduzierung von Implementierungshürden für QuickWins durch teilerückzahlbare Kredite oder Incentivierung für Luftfahrzeugbetreiber, um eine Klimawirkung mit diesen Maßnahmen schnell zu erreichen.
 - Ausweitung von bedingt rückzahlbaren Darlehen zur Einführung und Positionierung innovativer Produkte auf internationalen Märkten oder
 - Förderung von Investitionen in Anlagen, um klimaverträgliche Produkte schneller in den Markt zu bringen

Zur Finanzierung der oben genannten Maßnahmen sollten, wie auch im Koalitionsvertrag vereinbart, u.a. die Einnahmen aus der Luftverkehrssteuer genutzt werden.²

Nächste Schritte:

- gemeinsam mit Ministeriumsvertretern:
Vorbereitung eines Implementierungsplanes und
- Definition der Versuchs- und Integrationsplattformen, die die forschende, entwickelnde und herstellende Luftfahrtgemeinschaft in Deutschland benötigt, um in der Lage zu sein, die kommenden Verkehrsflugzeuge in und aus Deutschland heraus, sichtbar und nachhaltig mitzugestalten (UAG 4 bigger picture)

Mitglieder (Einrichtungen) der AG 2:

- Industrie: BDL, BDLI, Airbus, Deutsche Aircraft, Diehl Aviation, LH Technik, Liebherr Aerospace, MTU Aero Engines, Novelis, Rolls Royce Deutschland, Volocopter
- Forschung: DLR, Bauhaus Luftfahrt
- Gewerkschaften: IG Metall
- Bundesregierung: BMDV, BMWK, BMVG

² Vgl. [Mehr Fortschritt wagen – Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit \(spd.de\)](#), S.42.