

**Dr. Heiko H. Stutzke**  
stutzke@strategiebuero-nord.de

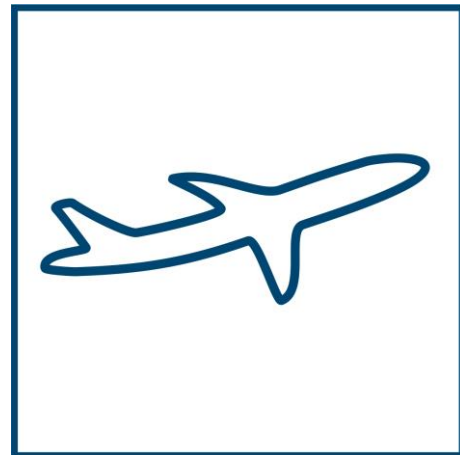
**Mai 2022**

**Download:**

Diesen Beitrag können Sie auf unserer Homepage im Bereich „Strategie-Impulse“ als PDF-Datei herunterladen.

## Emissionsfreier Flugverkehr – das dauert noch!

Fliegen ist heute eine unkomplizierte Angelegenheit. Für die einen ist es die preiswerte und schnelle Möglichkeit, in die Wärme zu kommen und weit entfernte Gegenden kennenzulernen. Andere schätzen es als unverzichtbares Transportmittel zur persönlichen Kommunikation, für Kulturaustausch und die Beförderung von Dienstleistungen und Waren im Sinne der internationalen Arbeitsteilung. Das Segment der „Urlaubsflieger“ richtet sich mit oft sehr niedrigen Preisen an die veränderte Dynamik unserer heutigen Lebensführung und hat damit einen eigenen Markt geschaffen. Fliegen wird zum Konsumartikel.



In der Konsequenz hat das dazu geführt, dass zu jedem Zeitpunkt Hunderte, wenn nicht Tausende von Fliegern weltweit in der Luft sind – und das ist nur die zivile Luftfahrt. Wer die Seite „Flightradar24“ im Internet aufruft, kann sich ein eigenes Bild davon machen. Im Jahr 2018 wurden auf diese Weise mehr als 918 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> erzeugt<sup>1</sup>; das war deutlich mehr als der gesamte CO<sub>2</sub>-Ausstoß Deutschlands in 2018. Hinzu kommen Stickoxide und weitere Verbrennungsprodukte.<sup>2</sup> Ihr Beitrag zum Klimawandel ist auch deswegen besonders bedeutend, weil die Emissionen in genau die Luftschichten eingebracht werden, die besonders empfindlich sind.

So geht es nicht weiter.

Die Luftfahrt muss sich neu aufstellen, und dabei kommt es besonders darauf an, schnell konkrete Maßnahmen zum aktiven Klimaschutz zu entwickeln. Neue Technologien für emissionsfreies Fliegen müssen nicht nur entwickelt, sondern Teil unseres Alltags werden.

Wir werden uns in den kommenden Abschnitten ansehen, welche Optionen es dafür gibt.

1 Quelle: <https://theicct.org/publication/co2-emissions-from-commercial-aviation-2018/>.

2 Insgesamt gehen circa 3,5 % des weltweiten Ausstoßes an Treibhausgasen auf das Konto der Fliegerei. Vgl. Lee, David S., et. al.: The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. Quelle: [https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/03/20200903\\_der-globale-luftverkehr-traegt-3-5-prozent-zur-klimaerwaermung-bei.html](https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/03/20200903_der-globale-luftverkehr-traegt-3-5-prozent-zur-klimaerwaermung-bei.html).

## Vision

In einer idealisierten Vision des künftigen Luftverkehrs gibt es Lösungen für gleich mehrere aktuelle Problemfelder:

- Der Flugbetrieb braucht kein Kerosin mehr,
- es gibt im Flug keine schädlichen Umweltauswirkungen durch Emissionen,
- Flieger sind deutlich leiser,
- Flugrouten und Flugsteuerung sind optimiert,
- es gibt mehr Direktverbindungen anstelle von Zubringerflügen zu Hubs,
- insgesamt gibt es weniger Flüge, und
- der Platzbedarf für Flughäfen (Versiegelung) ist deutlich geringer.

Optimal wäre es, wenn gleichzeitig auch die Geschwindigkeit von Flugzeugen deutlich höher wäre, um die langen Reisezeiten bei Interkontinentalflügen zu verringern. Dafür müsste allerdings Überschallgeschwindigkeit ohne den Überschallknall erreicht werden, was wiederum ganz neue Anforderungen mit sich bringt.

## Große Herausforderungen

Die Luftfahrtindustrie steht also vor gewaltigen Herausforderungen, denn im Grunde genommen ist die Antriebstechnik heutiger Verkehrsflieger mit Strahltriebwerken weitgehend „zu Ende entwickelt“: Wie ganz am Anfang<sup>3</sup> wird Treibstoff in Motoren verbrannt und die entstehenden Gase mit hoher Geschwindigkeit nach hinten ausgestoßen, wodurch Vortrieb nach vorn entsteht. Neue Technologien und innovative Werkstoffe ermöglichen es zwar, den Treibstoffverbrauch immer weiter zu verringern, aber als Konsequenz steigen Komplexität und Kosten dieser Form des Antriebs. Und das grundsätzliche Problem „Schadstoffausstoß“ wird nicht gelöst.

Es gilt daher, Wege zu finden, die das Fliegen ermöglichen, ohne dass während des Fluges Schadstoffe ausgestoßen werden. Gleichzeitig muss auch die gesamte Lieferkette klimaneutral arbeiten, und die nötige Energie muss nachhaltig erzeugt werden. Es darf also auch an anderer Stelle nicht zu einer CO<sub>2</sub>-Belastung oder anderen schädlichen Stoffen kommen.

Diesen „Zeitenwechsel“ unter dem Druck des zunehmenden Klimawandels herbeizuführen, ist eine der größten und anspruchsvollsten Aufgaben, mit denen die Luftfahrtindustrie jemals konfrontiert war. Und es ist eine sehr dringende.

---

3 Das erste kommerzielle Flugzeug mit Strahltriebwerk startete 1948.

## Aktuelle technische Entwicklungen

Aktuell gibt es im Wesentlichen die folgenden Ansätze für einen weitgehend klimaneutralen Luftverkehr:

- Herkömmliche Motoren mit **nachhaltig erzeugtem, „grünem“ Kraftstoff**,
- Motoren mit **Wasserstoff als Treibstoff**,
- **Brennstoffzellen mit kombiniertem Elektroantrieb** oder
- **batteriebetriebene Elektro-Flieger**.

Hinzu kommen **neue Flugzeugdesigns** und **administrative Modelle für klimaschonendere Flugrouten**.

Alle Anforderungen erfordern eine ganze Reihe neuer Technologien, die mindestens teilweise erst durch Grundlagenforschung entwickelt werden müssen. Dabei geht es einerseits um den Antrieb selbst, andererseits um zu lösende Fragen in Bezug auf Gewicht, Zuverlässigkeit und vor allem Sicherheit.

Am einfachsten zu verwirklichen sein dürfte der Antrieb mit alternativen, also nachhaltig erzeugten Treibstoffen – zum Beispiel Kerosin, das aus nachwachsenden Rohstoffen und mithilfe von Solar- oder Windenergie hergestellt wird.

Es gibt aber ein Problem: Der Anteil nachhaltig erzeugter Energie ist aktuell bei weitem nicht ausreichend, um die benötigten Mengen an Treibstoff überhaupt produzieren zu können. Außerdem ändern auch nachhaltig erzeugte Treibstoffe nichts daran, dass die Verbrennungsgase in großer Höhe einer sensiblen Atmosphärenschicht hinzugefügt werden. Selbst die Auswirkungen der Verbrennung von Wasserstoff zu Wasserdampf in den höheren Atmosphärenschichten müssten zunächst genau analysiert werden.<sup>4</sup>

Die weiteren, oben genannten Möglichkeiten sind bisher ebenfalls nicht über experimentelle Anwendungen hinausgekommen und weit entfernt vom konventionellen Einsatz in der zivilen Luftfahrt.

Leider ist damit festzuhalten: Kurzfristige Lösungen für emissionsfreien Flugverkehr wird es nicht geben. Das ist im Zeichen von (neuer) Reisebegeisterung und globalisiertem Warenverkehr keine positive Nachricht.

## Gibt es Perspektiven für ganz neue Antriebe?

Im Grunde benötigen wir ganz neue Konzepte für den Flugverkehr. Und wir brauchen Lösungen, die möglichst viele der als Vision formulierten Anforderungen umsetzen.

Auch dabei kommt dem Antrieb entsprechender Flieger – also der bisherigen Emissionsquelle – eine besondere Bedeutung zu. Möglicherweise lassen sich hier Synergieeffekte für neue

---

4 Vgl. zur Rolle von Wasserdampf als Treibhausgas auch Francis, Jennifer: „Wasserdampf - Das übersehene Treibhausgas“, in: Spektrum der Wissenschaft 4-2022, S. 54 ff.

Lösungen realisieren, wenn der Blick über die zivile Luftfahrt hinaus geht zur Raumfahrtindustrie. Diese steht nämlich vor ganz ähnlichen Herausforderungen wie die Luftfahrtindustrie:

- Die bis zum heutigen Tag für Raumtransporte und andere Missionen genutzten Raketenantriebe sind im Grunde nichts anderes als sehr große Strahltriebwerke, wie sie für Verkehrsflieger eingesetzt werden. Sie sind deshalb so groß, weil gigantische Energiemengen nötig sind, um allein die Schwerkraft der Erde zu überwinden. Um etwas zum Mond oder zu einem anderen Planeten zu transportieren, müssen große Mengen an Treibstoff mitgeführt werden. Diese müssen wie das gesamte Raumschiff beschleunigt, gesteuert und abgebremst werden. Bei größeren Missionen wachsen die benötigten Mengen proportional mit und machen solche Vorhaben ab einer bestimmten Größe technisch und wirtschaftlich undurchführbar. Im Grunde lässt sich sagen, dass Raketenantriebe ungeeignet sind, um Sonden oder gar Menschen in vertretbarer Zeit in Gegenden zu transportieren, die deutlich weiter entfernt sind als der Mars.
- Raketentwicklung und die erforderliche Infrastruktur sind noch viel aufwändiger als die Flugzeugindustrie.
- Die Distanzen im All sind so gigantisch, dass schon die ferneren Ziele in unserem Sonnensystem nur innerhalb von Jahren erreicht werden könnten, was wiederum hohe Anforderungen an die technische Zuverlässigkeit und die Energieversorgung stellt.

Der einfachste Weg wäre, die Raumfahrt einzustellen und auf die Erforschung des Weltalls zu verzichten. Dies widerspricht aber grundlegend der menschlichen Natur, unsere Welt und unser Dasein zu ergründen und zu erforschen, was hinter der nächsten Biegung liegt. Letztlich würden wir damit auch auf enorm wichtige Entwicklungen verzichten, die uns voranbringen. Denken wir zum Beispiel an Satellitentechnik für Internet, Kommunikation und Erderkundung, GPS-Navigation, neue Materialien oder die Miniaturisierung elektronischer Bauteile in Computern und Telefonen, die heute keiner von uns missen möchte.

Verzicht auf die Raumfahrt ist also keine Option. Das gilt genauso auch für die Weiterentwicklung des zivilen Luftverkehrs.

Um **Möglichkeiten für ganz neue Antriebe** zu finden, hat die amerikanische Raumfahrtagentur NASA von 1996 bis 2002 ein Programm namens „*Breakthrough Propulsion Physics*“ durchgeführt. Damit wurden unter anderem die folgenden Ziele verfolgt:<sup>5</sup>

- Entwicklung neuer Antriebsmethoden, die den Treibstoffbedarf „dramatisch reduzieren“ oder gar keinen Treibstoff mehr benötigen. Damit verbunden ist die Entdeckung und Entwicklung fundamental neuer Methoden zur Erzeugung von Bewegung, zum Beispiel die Kontrolle und Beeinflussung der Schwerkraft bzw. des Raum-Zeit-Kontinuums.
- Erhöhung der Geschwindigkeit von Raumfahrzeugen bis zum physikalisch möglichen Maximum. Damit gemeint sein dürfte die Lichtgeschwindigkeit.
- Entwicklung fundamental neuer Methoden zur Erzeugung der benötigten Antriebsenergie an Bord von Raumfahrzeugen.

Das hört sich erst einmal nach Science-Fiction an, wird aber tatsächlich verfolgt und ist zweifellos auch für die zivile Luftfahrt von Interesse. Bedauerlicherweise gibt es nicht viele Informationen,

---

5 Vgl. <https://www.nasa.gov/centers/glenn/technology/warp/brakthru.html?msclid=e66c8808c60611e-cad0e4615feb273b5>.

die den aktuellen Forschungsstand belegen, da diese oft als „geheim“ eingestuft werden, sobald sie einen Vorteil bei der militärischen Nutzung versprechen.

Ein Ergebnis könnte aber ein im Jahr 2018 vorgestelltes Konzept für ein Fluggerät sein, das mit einem neuartigen, elektromagnetischen Ionen-Triebwerk arbeitet, keine beweglichen Teile hat und ausschließlich Strom benötigt, um Vortrieb zu erzeugen.<sup>6</sup>

Aus dem Jahr 2019 stammt ein U.S. Patent<sup>7</sup>, das von der U.S. Navy (der amerikanischen Marine) entwickelt und offiziell freigegeben wurde. Es kann in der Google-Patentdatenbank aufgerufen werden und beschreibt ein Fluggerät, das Mechanismen zur Reduzierung seiner Masse verwendet („*Craft Using an Inertial Mass Reduction Device*“). Dabei geht es offensichtlich darum, die Trägheitsmasse (also im übertragenen Sinne das Gewicht) des Fluggeräts zu verringern, indem ein elektromagnetisches Feld das Raum-Zeit-Gefüge beeinflusst und so die lokale Schwerkraft verringert.

Das hört sich an, als hätte jemand zu viele Folgen von „Raumschiff Enterprise“ gesehen, wurde aber tatsächlich von der U.S. Navy mit diesen Informationen veröffentlicht und als funktionsfähig („operable“) beschrieben. Es scheint, als würde ein solches Fluggerät lediglich Elektrizität für den Antrieb benötigen - wobei das Patent keine Aussagen zur Energieversorgung macht. Aus der gleichen Quelle gibt es aber weitere Patent-Veröffentlichungen, die Lösungen für die entsprechenden Anforderungen beschreiben. Der geneigte Leser mag sich selbst auf die Suche begeben.

Dass diese Forschungen nicht komplett als Science-Fiction abgetan werden können, zeigt ein Bericht vom Dezember 2021<sup>8</sup>. Offensichtlich ist es Forschern im Umfeld der amerikanischen DARPA<sup>9</sup> mehr oder weniger unabsichtlich gelungen, eine reale „Warp-Blase“ zu erzeugen - also etwas, das in Filmen wie „Star Trek“ verwendet wird, um ein Raumschiff mit Überlichtgeschwindigkeit zu bewegen. Obwohl diese Blase winzig war, beweist sie doch erstmals, dass die von Einstein und anderen theoretisch formulierte Physik tatsächlich zu realen Phänomenen werden kann.

Ob aus diesen Forschungen und Entwicklungen einmal Fluggeräte werden, die in unserem kommerziellen Alltag eingesetzt werden, lässt sich aktuell nicht absehen. Kurzfristige Lösungen sind jedenfalls nicht zu erwarten.

## Fazit

Die Herausforderungen für die Luftfahrt sind riesengroß, um einen Pfad hin zu einem klimaneutralen Flugbetrieb zu entwickeln. Keine der aktuell in der „Pipeline“ befindlichen Techniken ist kurzfristig und im erforderlichen Umfang umsetzbar. Damit gibt es für absehbare Zeit - leider -

6 Vgl. <https://electricaircraft.mit.edu/mit-engineers-fly-first-ever-plane-with-no-moving-parts/#:~:text=MIT%20engineers%20fly%20first-ever%20plane%20with%20no%20moving,and%20fans%20that%20produce%20a%20persistent%2C%20whining%20buzz>

7 U.S. Patent No. US10144532B2.

8 Vgl. <https://thedebrief.org/darpa-funded-researchers-accidentally-create-the-worlds-first-warp-bubble/>.

9 Die „Defense Advanced Research Projects Agency“ ist eine Behörde des amerikanischen Verteidigungsministeriums, die Forschungsprojekte durchführt.

keine Alternative für unsere heutige Luftfahrt. Auch die Entwicklungen der Raumfahrt zeigen zwar Forschungsansätze, aber keine Technologie, die uns schnell helfen können, Fliegen klimafreundlich zu machen.

Die einzige Möglichkeit besteht aktuell darin, die Anzahl von Flügen möglichst gering zu halten und die entstehenden Umweltauswirkungen noch stärker über den Preis der Flugtickets sichtbar zu machen.

Uns läuft die Zeit davon, und praktikable Lösungen sind dringlicher denn je. Da wir nicht ohne die Fliegerei auskommen, ist es jede Anstrengung wert.

## Redaktionelle Hinweise

### Über den Autor

Dr. Heiko H. Stutzke ist Diplom-Ökonom und Geschäftsführender Gesellschafter des Strategiebüro Nord.

Das Strategiebüro Nord arbeitet für Unternehmen und Organisationen im privaten, sozialen und öffentlichen Bereich, für Gründer und für Firmen am Anfang ihrer Entwicklung.

Dabei geht es um individuelle Fragestellungen, die sich oft aus den Trends unserer Zeit ergeben. Hierfür entwickeln wir lösungsoffen und teamorientiert strategische Konzepte, die langfristig den Erfolg sichern.

### Hinweis zur verwendeten Sprache

Sprachliche Grundlage für unsere Beiträge ist das amtliche Regelwerk des Rates für deutsche Rechtschreibung. Auch ohne Satz- und Worterweiterungen sprechen wir alle Menschen an.

### Lobbyregister

Das Strategiebüro Nord ist unter der Kontonummer K4126147 im Lobbyregister des Deutschen Bundestages eingetragen.

### Nutzungsrechte

Alle Rechte für unsere Beiträge und die verwendeten Bilder liegen, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, beim Strategiebüro Nord.

Wir freuen uns, wenn Sie Beiträge und Bilder für Ihre persönliche (ausschließlich private) Information nutzen, sie zitieren oder verlinken. Wenn Sie unsere Beiträge, Bilder oder andere Inhalte jedoch außerhalb der Grenzen des Urheberrechtes ganz oder teilweise für gewerbliche oder

hoheitliche Zwecke verwenden, in elektronische Medien einstellen oder weitergeben wollen, bitten wir Sie, hierfür unsere schriftliche Genehmigung einzuholen.

