



Nachhaltiger fliegen

Alternative Treibstoffe für den Flugverkehr

Eine gemeinsame Initiative von



PSI



Empa

Die Empa und das PSI forschen in der SynFuels-Initiative gemeinsam an nachhaltigen Treibstoffen.

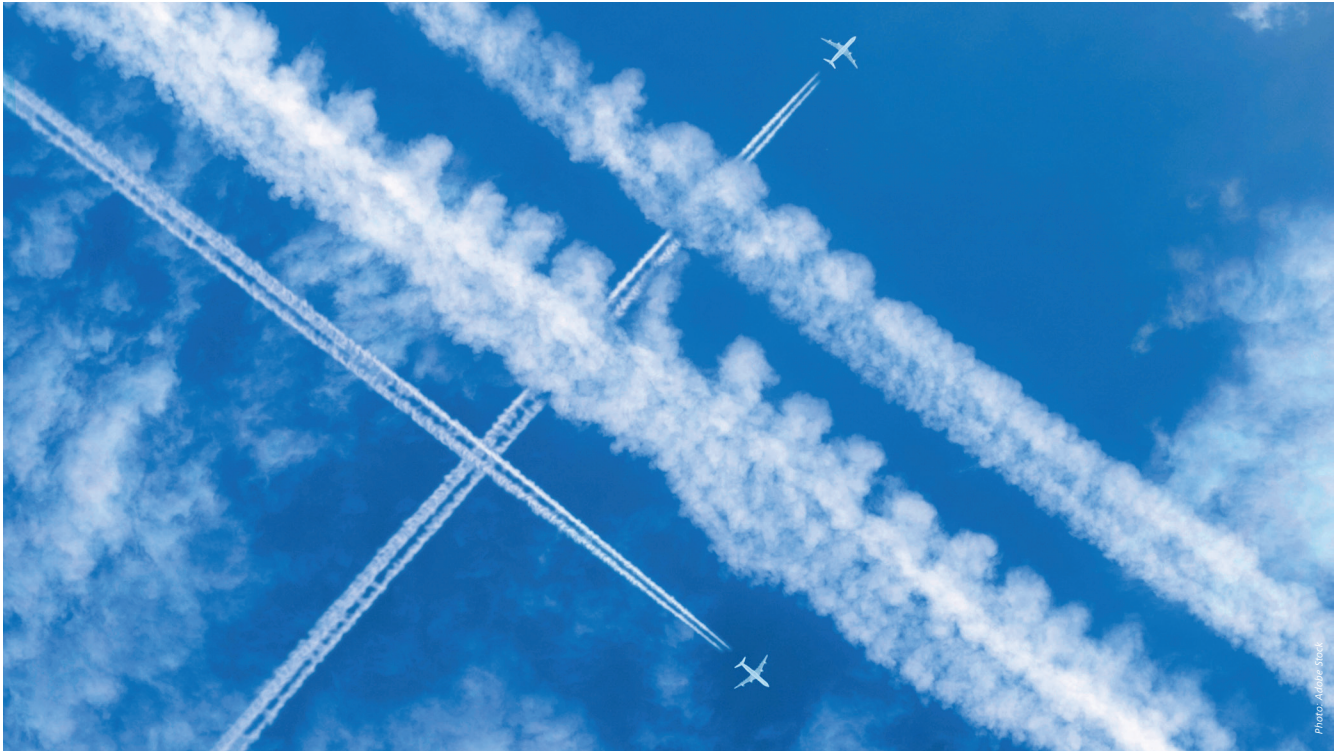


Photo: Alamy Stock

Motivation

Welche Klimaauswirkungen hat das Fliegen?

In Kürze

- Flugverkehr trägt mit rund 3 bis 5% zur menschengemachten Klimaerwärmung bei.
- Langstreckenflüge sind mit Batterie-Elektroantrieben nicht zu schaffen, Wasserstoff benötigt völlig neue Flugzeug-Designs.
- Eine mögliche Lösung: Nachhaltige Treibstoffe, die in herkömmlichen Turbinen verbrannt werden können.

In vielen Bereichen der Mobilität lassen sich fossile Treibstoffe durch den Einsatz von Elektromotoren und Batterien relativ einfach ersetzen. Bei der Luftfahrt ist dies allerdings nicht ohne weiteres möglich.

Aktuell fliegen nahezu alle grösseren Passagierflugzeuge auf die gleiche Art: Sie verbrennen fossiles Kerosin in ihren Turbinen. Dabei wird CO₂ freigesetzt, das zur Klimaerwärmung beiträgt. Ausserdem entstehen feine Russpartikel, die zur Bildung von Kondensstreifen führen können und dadurch sogar etwa doppelt so viel zur Erwärmung beitragen. Aktuelle Berechnungen gehen davon aus, dass der Luftverkehr mit einem Anteil von 3 bis 5% zu der vom Menschen verursachten Klimaerwärmung beiträgt.

Elektroantrieb und alternative Treibstoffe

Flugzeuge, die weder Kondensstreifen erzeugen noch CO₂ freisetzen, wären die eleganteste Lösung, um die Luftfahrt klimaneutral zu machen. Auf der Kurzstrecke (unter 1500 km) gibt es erste Versuche mit Batterie-elektrischen Antrieben. Für die Mittel- und Langstrecke (über 1500 km) werden wegen der benötigten hohen Energiemenge auch in den kommenden Jahrzehnten andere Lösungen erforderlich sein. Diese langen Strecken sind für mehr als 70% der CO₂-Emissionen im Flugverkehr verantwortlich.

Kommerzielle Flugzeuge sind 20 bis 30 Jahre lang im Einsatz. Um den Flugverkehr rasch nachhaltiger zu gestalten, sind also Konzepte nötig, die mit der heute gebauten Flugzeugflotte umgesetzt werden können. Rasch wirksam wären nachhaltige Treibstoffe, die fossiles Kerosin ohne Änderungen an den Flugzeugen ersetzen können. Der Einsatz von Wasserstoff benötigt dagegen einen massiven Umbau der Flugzeuge und der Infrastruktur und könnte in fernerer Zukunft wichtig werden.

Biomasse ist eine importunabhängige Quelle für flüssige – und damit speicherbare – Energieträger.
Dies ist wichtig für Mangel- und Notlagen.

GATE B



Photo: Adobe Stock

Bio-Treibstoff vom Bauernhof

In Kürze

Die SynFuels-Initiative hat untersucht, ob Kleinanlagen zur Biomasse-Umwandlung sinnvoll sind. Am Beispiel von Sägemehl konnten die Forschenden zeigen, wie mit Wasser und Wasserstoff unter hohem Druck ein hochwertiges Bio-Öl hergestellt werden kann.

Dezentrale Produktion aus Biomasse

Bereits heute wird Biokerosin aus aufbereiteten Speiseölen fossilem Kerosin in kleinen Mengen beigemischt. Um grössere Mengen an Biomasse zur Herstellung von Flugtreibstoff einsetzen zu können, müssen zucker- oder stärkehaltige Pflanzenteile und Holz in den Fokus rücken. Dabei sollten wir in erster Linie auf Abfälle und Reststoffe zurückgreifen, damit es nicht zu einer Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion kommt.

Feuchte Biomasse, etwa Klärschlamm, benötigt viel Energie für die Trocknung. Deshalb ist eine direkte Verarbeitung ohne Trocknung günstiger. Unter Verwendung von Wasser unter hohem Druck kann ein rohölähnliches Produkt gewonnen werden, das mit Wasserstoff zu erneuerbarem Kerosin verarbeitet werden kann.

Herausforderung

Biologische Reststoffe wie Hofdünger fallen an vielen Orten in relativ kleinen Mengen an und haben einen geringen Energiegehalt, was ihren Transport teuer macht. Verteilte Kleinanlagen, die ein transportfähiges Zwischenprodukt wie Bio-Öl oder Methanol erzeugen, wären die technische Lösung. Um diese jedoch wirtschaftlich rentabel betreiben zu können, müssen sie über Jahre hinweg grosse Mengen an hochwertigen Biotreibstoffen liefern. Dafür müssen die chemischen Umwandlungsprozesse und die dafür benötigten Materialien wie Katalysatoren weiter verbessert werden.

In der CO₂-Elektrolyse steckt grosses Potential – nicht nur im Hinblick auf Flugtreibstoffe, sondern auch für die chemische Industrie.

GATE C



Wasser und CO₂ als Ausgangsstoffe

Zutaten: Wasser, Luft und Ökostrom

In Kürze

Die SynFuels-Initiative untersuchte Elektrokatalysatoren, Elektroden und Membranen zur CO_2 -Elektrolyse. Der Ertrag der gewünschten Zwischenprodukte Kohlenmonoxid und Ethylen sowie das Verständnis der Alterungsmechanismen verschiedener Komponenten konnte bereits deutlich verbessert werden.

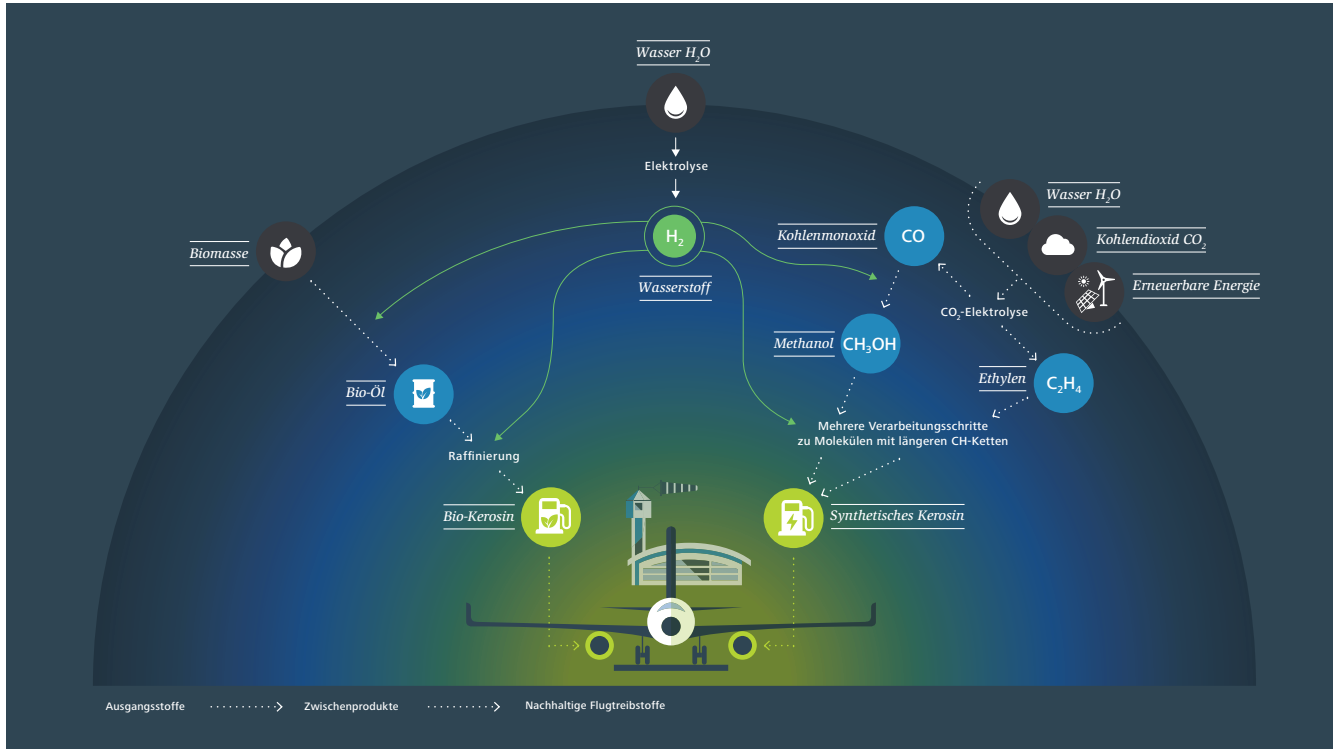
Um im Jahr 2050 gänzlich ohne fossiles Kerosin fliegen zu können, reicht die Nutzung von Biomasse indes nicht aus. Daher sind Herstellungsverfahren für synthetische Flugtreibstoffe wichtig, die CO_2 und Wasser als Ausgangsstoffe nutzen.

Wasser lässt sich mit elektrischer Energie in Sauerstoff und Wasserstoff spalten. Neben diesem bekannten und kommerziell etablierten Prozess der Wasserelektrolyse gibt es ein weiteres, neueres Verfahren: die CO_2 -Elektrolyse. Auf elektrochemischem Weg entstehen Verbindungen mit einem oder zwei Atomen Kohlenstoff, etwa Kohlenmonoxid, Methan oder Ethylen. Diese Produkte aus der CO_2 -Elektrolyse können in weiteren Schritten zu synthetischen Flugtreibstoffen umgewandelt werden.

Herausforderung

Die CO_2 -Elektrolyse wird derzeit in vielen Labors weltweit erforscht, u.a. an der Empa und dem PSI. Sie muss allerdings noch weiterentwickelt werden. Die grosse Herausforderung besteht darin, das gewünschte Produkt, etwa Kohlenmonoxid, kontinuierlich über einen längeren Zeitraum mit grossem Ertrag und hoher Energieeffizienz zu erzeugen. Dazu müssen die chemischen Vorgänge im Detail verstanden werden. Zugleich gilt es, die Produktion vom Labormassstab auf grosse Industrieanlagen anzupassen.

Die Herstellungspfade über Methanol und Ethylen gelten als vielversprechend zur Produktion von Flugtreibstoffen und könnten etablierte Verfahren dereinst ablösen.



Auf verschiedenen Pfaden zum nachhaltigen Treibstoff

In Kürze

Die SynFuels-Initiative hat die Weiterverarbeitung von Methanol und Ethylen zu nachhaltigem Flugtreibstoff untersucht. Dabei standen neu entdeckte Materialien im Vordergrund, insbesondere Zeolithe, metallorganische Strukturen und Heteropolysäuren. Zusätzlich wurden die Umweltauswirkungen der gesamten Prozesskette untersucht.

Alte und neue Verfahren

Die mittels CO_2 -Elektrolyse erzeugbaren Zwischenprodukte wie Ethylen und Kohlenmonoxid sind in Flugzeugturbinen nicht direkt einsetzbar. Flugtreibstoffe bestehen idealerweise aus Molekülketten mit einer Länge von 8 bis 16 Kohlenstoffatomen, damit sie in heutigen Flugzeugen verwendet werden können. Zu kurze oder zu lange Ketten haben zu stark abweichende physikalische Eigenschaften, um im Flugbetrieb eingesetzt werden zu können.

Die Grundlagen für die Herstellung von synthetischen Treibstoffen wurden bereits in den 1930er-Jahren entwickelt, allerdings auf Basis fossiler Rohstoffe. Sie funktionieren ebenso gut mit «grünem» Wasserstoff. Diese Verfahren erzeugen aus einer Mischung aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff ein Gemisch aus Flüssiggas über Benzin und Diesel bis hin zu festem Wachs mit der Konsistenz von kalter Butter. Um aus diesem Gemisch Flugtreibstoffe zu gewinnen, ist eine energieintensive Nachbearbeitung in einer Raffinerie erforderlich. Nur ein kleiner Teil des Gemisches erfüllt die Anforderungen an Flugzeugtreibstoff.

Mit neueren Produktionsverfahren, die Methanol oder Ethylen als Zwischenprodukt verwenden, lassen sich dagegen gezielt bestimmte Treibstoffsorten herstellen, etwa Benzin, das kürzere Molekülketten besitzt.

Herausforderung

Prozessoptimierung und Materialforschung sind nötig, um die Verfahren mit Methanol oder Ethylen als Zwischenprodukte auf wirtschaftliche Weise zur gezielten Herstellung von erneuerbaren synthetischen Flugtreibstoffen einzusetzen.

Unser Anspruch: Innovative angewandte Forschung für einen nachhaltig ökologischen und ökonomischen Klimaschutz im Luftverkehr.

GATE E



Photo: iStock

Gemeinsame SynFuels-Initiative des PSI & der Empa

Empa & PSI – ein Power-Team im ETH-Bereich

Gemeinsame Initiative des PSI & der Empa

«Synthetic Fuels from Renewable Resources (SynFuels)», 2021–2024, co-finanziert durch den ETH-Rat.

Kontakt

Björn Niesen
Managing Director, Empa
RFA Energy, Resources
and Emissions
bjorn.niesen@empa.ch

Jörg Roth
Scientific Officer, PSI
Energy, Climate and
Sustainable Environment
joerg.roth@psi.ch

Empa

Um für die Herausforderungen unserer Zeit zukunftsfähige und nachhaltige Lösungen zu konzipieren, sind Fortschritte in Wissenschaft und Technik zentral. Die Empa hat es sich zur Aufgabe gemacht, Wege in eine lebenswerte Zukunft für künftige Generationen aufzuzeigen und zu entwickeln. Gemeinsam mit unseren Partnern aus Forschung, Industrie und dem öffentlichen Sektor setzen wir alles daran, zur Sicherung einer nachhaltigen Zukunft die Grenzen von Wissenschaft und Technik immer wieder aufs Neue zu erweitern – getreu unserem Motto: Empa – The Place where Innovation Starts.

PSI



Das PSI ist mit 2300 Mitarbeitenden und einem jährlichen Budget von CHF 460 Millionen das grösste Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz. Es ist der zentrale Standort der Schweizer Grossforschungsanlagen. Als Teil des ETH-Bereichs ist das PSI ein entscheidender Pfeiler der Schweizer Forschungslandschaft und betreibt Spitzenforschung in den Bereichen Zukunftstechnologien, Energie und Klima, Health Innovation sowie Grundlagen der Natur.

Weitere Informationen zu nachhaltigen Flugtreibstoffen



AIRPORT



Eine gemeinsame Initiative von  **PSI** |  **Empa**