



ELEKTRISCHES FLIEGEN

Abheben mit Akku

Nicht nur auf der Straße, sondern auch in der Luft ist Elektromobilität ein Thema mit Zukunft. Auf Kurzstrecken könnten sich E-Flugzeuge für ihre Betreiber lohnen. Die meisten Erfolgchancen hat dabei ein Hybridkonzept, das neben verringertem CO₂-Ausstoß Kostenersparnisse durch weniger Kerosinverbrauch bietet. Auch die Brennstoffzelle hat Vorteile, braucht aber noch Zeit.

VON MARKUS STREHLITZ

„Irgendwann werden wir so weit sein, dass man ein Flugzeug nicht mehr hört, sobald es den Zaun des Flugplatzes überquert“, sagt Frank Anton, Leiter des Aircraft-Teams bei der zentralen Siemens-Forschung Corporate Technology. Er spricht dabei nicht von herkömmlichen Flugzeugen, sondern von elektrisch angetriebenen. Einer der Hauptvorteile der E-Flugzeuge wird sein, dass sie nur

wenig Geräusche verursachen. Das erhöhe deren Wirtschaftlichkeit extrem, meint Anton, weil die Betreiber auch zu Zeiten fliegen könnten, die heute aufgrund des Fluglärms nicht erlaubt sind. „Das verändert die Geschäftsmodelle der Fluglinien“, so Anton. Hinzu kommen Argumente wie ein geringerer CO₂-Ausstoß und Einsparungen beim Kerosin. Firmen wie Siemens arbeiten verstärkt daran,

den Traum vom elektrischen Fliegen wahr werden zu lassen. Der Technikern hat einen Elektromotor entwickelt, der bei geringem Gewicht viel Leistung bringt. Heißt in Zahlen: fünf Kilowatt pro Kilogramm. Der Motor liefere bei einem Gewicht von 50 Kilogramm rund 260 Kilowatt mechanische Dauerleistung, erklärt Anton. „Das ist in dieser Leistungsklasse absoluter Weltrekord“, so der

Siemens-Mann weiter. „In der Industrie liegt das Leistungsgewicht solcher starker Elektromotoren im Allgemeinen unter einem Kilowatt pro Kilogramm, und die Automobilindustrie erreicht bestenfalls gut zwei Kilowatt pro Kilogramm.“ Damit sind die Entwickler des Motors nicht mehr weit von den Anforderungen entfernt, die für den Betrieb von Regionalflugzeugen erfüllt werden müssen. Laut Siemens reichen 500 Kilowatt bis zwei Megawatt aus, um eine Handvoll Geschäftsreisende quer durch Deutschland zu transportieren.

Daneben hat der Technikkonzern mit dem Flugzeugbauer Airbus vor Kurzem eine Kooperationsvereinbarung geschlossen. Ziel ist es, bis zum Jahr 2020 die technische Machbarkeit verschiedener hybrid-elektrischer Antriebssysteme nachzuweisen. Dafür haben beide Unternehmen bereits ein Team von rund 200 Mitarbeitern zusammengezogen.

Der hybrid-elektrische Antrieb ist nach Meinung von Anton das vielversprechendste Konzept, wenn es um Elektromobilität in der Luftfahrt geht. Hybrid-elektrische Antriebssysteme treiben dabei Propeller oder Mantelpropeller elektrisch an und er-

zeugen den Strom mit Gasturbinen. Diese können dann kleiner dimensioniert sein als bisher, weil sie nur auf die Zeit während des Fluges ausgelegt sein müssen. Im Steigflug – wenn Höchstleistung verlangt wird – kommt die zusätzliche Energie aus Batterien hinzu.

Hybrid-elektrisch perfekt für die Kurzstrecke

Die Trennung von Schuberzeugung und Energieumwandlung bringe den größten Nutzen, wenn hybrid-elektrische Antriebe eingesetzt werden, meint Anton, denn so lassen sich beide Seiten separat voneinander optimieren. Die Komponenten für die Energieumwandlung werden bei einem E-Flugzeug im Rumpf installiert. Die Elektromotoren, die für die Schuberzeugung zuständig sind, werden an den Tragflächen angebracht.

Der Nutzen, der entsteht, lässt sich in Zahlen ausdrücken. Durch den Einsatz von hybriden Elektroantrieben könne der Kraftstoffverbrauch um etwa 25 Prozent verringert werden, sodass die Gesamtkosten des Flugzeugs um ungefähr 12 Prozent

sinken würden, rechnet Anton vor. Um den Hybrid-Ansatz weiter voranzubringen, ist bei den Generatoren und der Leistungselektronik noch viel Forschungsarbeit zu leisten. Hier muss vor allem an der Zuverlässigkeit gearbeitet werden. Heutige Leistungselektroniken hätten zwar schon sehr geringe Ausfallraten, so Anton. In der Luftfahrt gelten jedoch besonders hohe Sicherheitsbestimmungen, die in Flugzeugen benötigte Ausfallrate ist um ein Vielfaches geringer.

Trotz der Hürden, die noch überwunden werden müssen, prognostiziert Anton dem hybrid-elektrischen Konzept eine erfolgreiche Zukunft. Er denkt dabei an den Regionalverkehr. Auf Strecken bis zu 1000 Kilometern sei das Verhältnis von kurzen Phasen, in denen eine hohe Leistung gefordert wird, und Phasen, in denen eine gemäßigte Leistung ausreicht, optimal. Den rein elektrischen Antrieb sieht Anton dagegen nur in Nischenanwendungen wie etwa der Ausbildung von Piloten. Dort geht es jeweils nur um kurze Flüge, für die die Reichweite der Batterien ausreicht.

Etwas hoffnungsvoller ist die NASA. Sie hat einen rein elektrischen Konzeptflieger entwickelt. 14 E-Motoren geben dem Flugzeug während des Starts die nötige Kraft. Während des Fluges werden nur zwei benötigt. Die Reichweite liegt allerdings bei lediglich 160 Kilometern. „Wenn sich die Energiedichte der Batterien weiterhin so schnell verbessert wie in den vergangenen Jahren, könnte ein Flugzeug wie dieses in fünf bis zehn Jahren kommerziell eingesetzt werden“, hofft jedoch Chefingenieur Matt Redifer.

Es gibt aber noch eine weitere Möglichkeit, die Idee vom elektrischen Fliegen in die Tat umzusetzen. Neben dem Hybrid-Konzept mit Gasturbine und dem reinen Batteriebetrieb sieht Professor Dr. André Thess in der Brennstoffzelle die dritte Säule, auf der die Elektromobilität in der Luftfahrt steht. Thess ist Direktor des Instituts für Technische Thermodynamik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Mit seiner Ausgründung H2FLY hat das DLR das weltweit erste viersitzige Passagierflugzeug mit dem Namen

INFORMATION

Brennstoffzellen für die Schiene

Nicht nur in der Luft und auf der Straße könnte die Brennstoffzelle in Zukunft zum wichtigen Energieträger werden. Auch der Einsatz auf der Schiene bietet Potenzial. Bisher sind nur etwa 50 Prozent des Streckennetzes elektrifiziert. Der Oberleitungsbau ist jedoch kostenintensiv und oft unwirtschaftlich. Der Einsatz von Triebfahrzeugen, die ihre elektrische Energie aus Brennstoffzellen beziehen, könnte daher eine Alternative darstellen. Alstom zum Beispiel entwickelt bereits Züge mit Brennstoffzellenantrieb. Zwei Prototypen sollen 2018 in Niedersachsen getestet werden.

Grundsätzlich sind die Voraussetzungen für Brennstoffzellen-Züge in Deutschland gegeben. Das ist das Ergebnis einer Studie, die im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und Infrastruktur sowie der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie durchgeführt wurde. Demnach ist der Einsatz entsprechender Triebwagen wirtschaftlich prinzipiell sinnvoll. Zwar haben Wasserstoffzüge aufgrund der höheren Investitionskosten bei der Beschaffung gegenüber Dieselzügen einen Wirtschaftlichkeitsnachteil von 25 Prozent. Betrachtet man allerdings die laufenden Kosten der Infrastruktur, so entsteht laut Untersuchung im Basisfall ein Wirtschaftlichkeitsvorteil von 4,8 Prozent für den Wasserstoffantrieb. Kalkuliert man für eine bessere Vergleichbarkeit außerdem Kostenreduktionseffekte und Subventionen für den Dieseldieselkraftstoff ein, so erhöhe sich dieser Vorteil auf 23 Prozent, heißt es weiter.

HY4 entwickelt, das allein mit einem Wasserstoffbrennstoffzellen-Batterie-System angetrieben wird. Hauptenergiequelle ist eine Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzelle. Diese wandelt den im Tank mitgeführten Wasserstoff und Luftsauerstoff in Wasser und elektrische Energie um. Im Reiseflug versorgt die Brennstoffzelle den Elektromotor dauerhaft mit Strom. Lastspitzen beim Start und bei Steigflügen deckt eine Lithiumbatterie ab.

Vielversprechende Wasserstoffbrennzellen

Der Elektromotor der HY4 hat eine Leistung von 80 Kilowatt und ermöglicht eine Höchstgeschwindigkeit von rund 200 Kilometer pro Stunde sowie eine Reisegeschwindigkeit von 145 Kilometer pro Stunde. Abhängig von Geschwindigkeit, Flughöhe und Zuladung ist laut DLR eine Reichweite von bis zu 1500 Kilometern möglich.

Grundsätzlich sei die Energiedichte des Wasserstoffs höher als die einer Batterie, so Thess. Dadurch ergeben sich gegenüber einem reinen Batteriebetrieb mehrere Vorteile. So sei bei Antrieben, die auf eine Entfernung von mehr als 200 Kilometern ausgelegt sind, ein Brennstoffzellensystem deutlich leichter. „Für jeden Kilometer, der mehr geflogen wird, muss man bei einer Batterie ein Kilogramm mehr Gewicht mit auf die Reise nehmen“, erklärt Thess. „Beim Wasserstoff müssen hingegen pro Kilometer nur etwa 10 Gramm zusätzlich getankt werden.“ Und: Das Betanken kann deutlich schneller ablaufen. „Batterien benötigen vier Stunden, um vollgeladen zu werden. Wasserstoff lässt sich innerhalb von fünf Minuten ins Flugzeug pressen“, sagt Thess.

Er sieht ebenfalls im Regionalverkehr eine Zukunft für dieses Antriebskonzept. Bei Flugverbindungen, die pro Tag nur von wenigen Menschen genutzt werden, könnte sich ein Geschäftsmodell für die Brennstoffzelle ergeben.

Doch bisher gibt es Flugzeuge wie das HY4 nur in Einzelfertigung. In größeren Stückzahlen produzierte

INFORMATION

Mit Solarstrom um die Welt

Die notwendige Energie für ein Flugzeug kann auch die Sonne liefern – selbst für eine Reise um die Welt. Den Schweizern André Borschberg und Bertrand Piccard ist es mit einem Solarflieger erstmals gelungen, die Welt zu umrunden. Mit ihrem Flugzeug Solar Impulse 2 landeten die beiden nach 40.000 Kilometern, 16 Stopps und einem neunmonatigen Aufenthalt auf Hawaii in Abu Dhabi, wo ihre Reise begann. Solar Impulse 2 ist mit 17.000 Solarzellen ausgestattet, durch die die Propeller betrieben und Batterien aufgeladen werden.



Brennstoffzellen-Flugzeuge sind bisher noch eine Vision – was vor allem an den Kosten liegt. „Wenn eine Brennstoffzelle zehn Mal billiger wäre, als dies heute der Fall ist, dann würde sie sich auf der Kurzstrecke schnell durchsetzen“, glaubt Thess.

Wie sich die Kosten reduzieren lassen, dafür gibt es seiner Meinung nach noch kein Patentrezept. „Es geht zum einen darum, weiter zu forschen und neue technologische Konzepte zu entwickeln“, so Thess, „zum anderen müssen Kostensenkungspotenziale in der Produktion der Brennstoffzellen erschlossen werden.“

Wann Flugzeuge, die aus Wasserstoff ihre Energie beziehen, zum Alltag gehören werden, ist daher laut Thess noch völlig ungewiss. Für das elektrische Fliegen insgesamt wagt er eine Prognose: „Bei intensiver Forschung, einer guten Kooperation mit der Industrie und Fortschritten in der Reduzierung der Kosten könnte es in 20 Jahren eine breite Anwendung der Elektromobilität in der Luft geben“, glaubt Thess. Für den hybrid-elektri-

schen Antrieb hat Siemens-Mann Anton das Jahr 2030 im Visier. Er geht davon aus, dass dann die ersten entsprechenden Flugzeuge für bis zu 60 Passagiere und auf einer Distanz von bis zu 1000 Kilometern eingesetzt werden.

Möglicherweise geht die Entwicklung aber auch schneller voran. Thess kann sich vorstellen, dass E-Flugzeuge zum Baustein eines umfassenden, integrierten Verkehrssystems werden könnten: „Man fährt mit seinem E-Auto zum Flugplatz von Baden-Baden, steigt dort in ein kleines E-Flugzeug, fliegt nach Friedrichshafen und fährt von dort mit einem E-Bike weiter zu seinem Zielort.“ Wenn die Digitalisierung weiter so voranschreitet, dann wären solche Anwendungen möglich – inklusive autonom gesteuerter Flugzeuge, die ohne Pilot auskommen.

MARKUS STREHLITZ

schreibt als freier Journalist hauptsächlich über Informationstechnologie.