

Die Kollision mit einem Vogelschwarm ist eine mögliche Ursache für einen Ausfall der Triebwerke und der Stromversorgung an Bord von Flugzeugen. Notstromsysteme müssen dann Energie für die wichtigsten Systeme an Bord liefern.

Entwicklung eines brennstoffzellenbasierten
Notstromsystems für Flugzeuge

Strom für alle Fälle

Im Normalfall erzeugen Flugzeuge den an Bord benötigten Strom über die Triebwerke. Um aber auch bei einem kompletten Triebwerksausfall die Stromversorgung für die Flugsteuerung und die wichtigsten Funktionen an Bord sicherzustellen, verfügen moderne Flugzeuge über eine sogenannte Ram-Air-Turbine (RAT), eine im Notfall ausklappbare Turbine, die den Strom mit Hilfe der Luftanströmung generiert. Der Nachteil von RATs ist allerdings ihre von der Flugsituation abhängige Leistung. Die Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH entwickelt unter Einsatz von dSPACE-Hard- und Software ein alternatives, brennstoffzellenbasiertes Notstromsystem, das in jeder Flugsituation umgebungsunabhängig Leistung liefert.



Das „Wunder vom Hudson River“

Ein gutes Beispiel für den Einsatz von RATs ist die Notwasserung eines Airbus A320 auf dem Hudson River in New York im Januar 2009. Vorausgegangen war eine Kollision mit einem Vogelschwarm, die alle Triebwerke und mit ihnen auch die reguläre Stromversorgung sehr stark beeinträchtigte. Die sofort ausgeklappte RAT versorgte zusätzlich die wichtigsten Systeme an Bord mit Energie und erlaubte so dem Piloten eine kontrollierte Notwasserung – alle Passagiere und Besatzungsmitglieder kamen mit dem Schrecken davon.

RATs können ihre Rolle als Lebensretter allerdings nur dann erfüllen, wenn die Anströmgeschwindigkeit der Luft ausreicht. In bestimmten Flugsituationen – beispielsweise bei einem ungünstigen Gleitwinkel des Flugzeugs – kann die Leistung mangels anströmender Luft dramatisch abfallen. Daher arbeitet Liebherr-Aerospace Lindenberg an einem brennstoffzellenbasierten Notstromsystem, das in jeder Flugsituation umgebungsunabhängig Leistung liefert.

Aufbau des Notstromsystems FCEPS

Das FCEPS (Fuel Cell Emergency Power System) besteht aus einer Brennstoffzelle sowie einem Wasserstoff- und einem Sauerstofftank, die über Druckminderer mit der Brennstoffzelle verbunden sind. Wenn die beiden Gase in der Brennstoffzelle miteinander reagieren, entsteht elektrischer Strom. Mit diesem Strom werden im Notfall umgebungsunabhängig die für den sicheren Betrieb des Flugzeugs erforderlichen Verbraucher versorgt, beispielsweise die elektrische Flugsteuerung und wichtige Instrumente im Cockpit, so dass der Pilot im Notfall das Flugzeug sicher steuern kann. Die Brennstoffzelle selbst erzeugt ebenfalls Wärme, die über einen Flüssigkeitskühlkreislauf an einen Wärmetauscher abgegeben wird, der die Abwärme an eine entsprechende Wärmesenke abführt. Das neben dem Abgas entstehende Wasser wird über Abscheider abgeleitet und im Prozess weiterverwendet.

Prüfstandsaufbau mit dSPACE-Equipment

Das dSPACE-System besteht aus einer Expansion Box mit diversen I/O-Karten, einer RapidPro SC Unit

Abbildung 1: Im Notfall ausklappbare Ram-Air-Turbinen (hier in der Nähe des Rumpfes unter der rechten Tragfläche) generieren mit Hilfe der anströmenden Luft Energie für die wichtigsten Systeme an Bord. Schwachpunkt der RATs ist allerdings ihre von der Anströmgeschwindigkeit abhängige Leistung, daher arbeitet Liebherr-Aerospace Lindenberg mit Hilfe von dSPACE-Equipment an einem Alternativsystem.





Dirk Metzler

Dirk Metzler ist Aerospace Systemingenieur der Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH in Deutschland.

(Signalkonditionierung) und einer RapidPro Power Unit (Leistungsendstufe). Die Test- und Experimentsoftware ControlDesk dient als grafische Bedienoberfläche für Eingaben, Signalaufzeichnung und Überwachung aller Abläufe. Mit dem System werden auf dem FCEPS-Prüfstand zwischen 70 und 100 Signale mit einer Rate von 100 Hz untersucht. Dabei handelt es sich um diverse Parameter der Wasserstoff- und Sauerstoffversorgung, Kühlung sowie elektrische Parameter der Brennstoffzelle und Leistungselektronik, beispielsweise

Gesamtspannung, Spannung der einzelnen Zellelemente (Min.-, Max.-, Mittelwert), Strom und Leistung.

Umfassende Tests verschiedener Szenarien

Mit Hilfe des dSPACE-Systems lassen sich verschiedene Betriebszustände simulieren und realistische Szenarien zum Testen des FCEPS durchspielen, was insgesamt umfassende Tests möglich macht. Die Regelungsmodelle wurden dabei mit Hilfe von MATLAB®/Simulink® entworfen. Das Hauptaugenmerk bei den Tests liegt auf der Schnellstartfähigkeit des Systems und der Regelungsoptimierung des Kühlkreislaufs.

Im Falle von Modifizierungen bzw. Erweiterungen des FCEPS (zum Beispiel zusätzliche Aufgaben außer der Notstromversorgung) bietet das

dSPACE-System noch reichlich Kapazität. Durch seinen modularen Aufbau lässt es sich leicht in kürzester Zeit an geänderte Aufgaben anpassen. Liebherr-Aerospace Lindenberg beabsichtigt in Zukunft auch Tests in einer Flugzeugumgebung mit einem solchen System durchzuführen, wofür sich die vorhandene dSPACE-Plattform mit einer entsprechenden Erweiterung (der dSPACE AutoBox) ideal eignet.

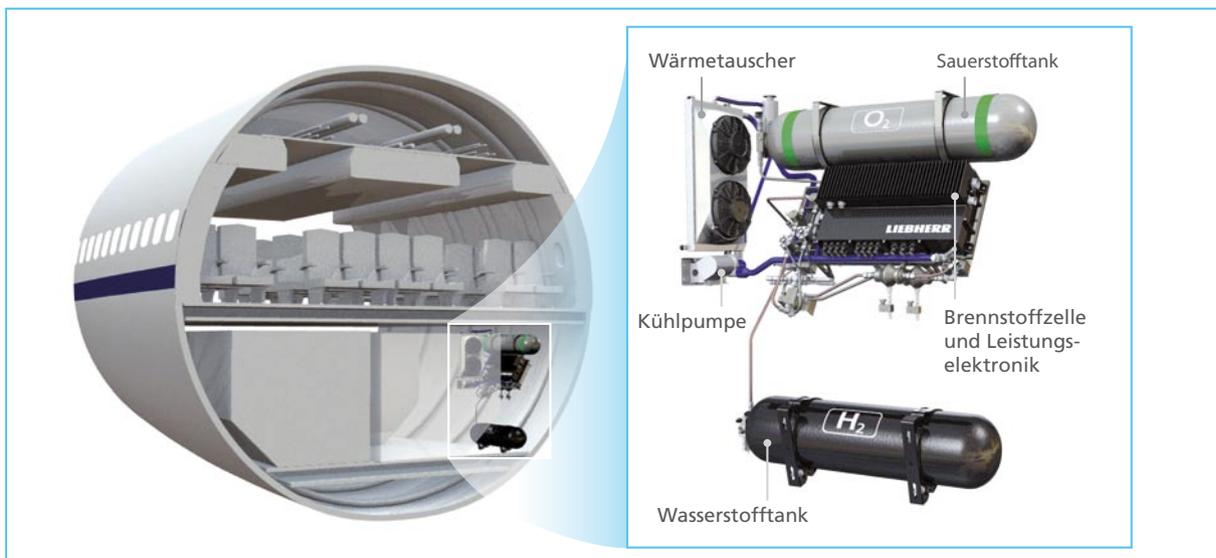
In Zukunft mehr als nur Notstrom

Die nächsten Herausforderungen für das Brennstoffzellen-Team liegen vor allem in der Optimierung der Startzeit und des Gewichts des FCEPS. Airbus, Boeing und weitere Flugzeughersteller haben bereits ihr Interesse an FCEPS signalisiert. Neben seiner Rolle als Notstromsystem ist

„Dank des dSPACE-Equipments konnten wir die Realisierung und die umfassenden Tests des Brennstoffzellensystems schnell und komfortabel durchführen.“

Dirk Metzler, Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH

Abbildung 2: Das Notstromsystem FCEPS von Liebherr-Aerospace Lindenberg lässt sich an verschiedensten Stellen in den Flugzeugrumpf integrieren – im Gegensatz zu RATs, die sich nur an wenigen Stellen installieren lassen, da sie ausklappbar sein müssen und eine gute Anströmung benötigen.



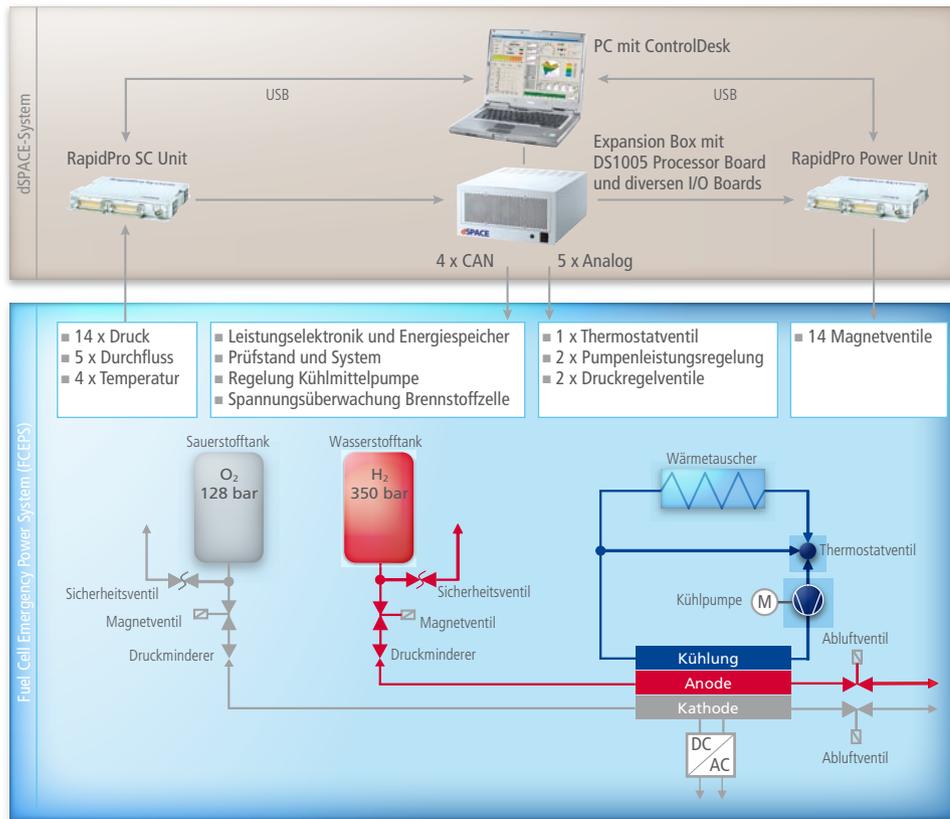


Abbildung 3: Schematischer Aufbau des FCEPS und des dSPACE-Systems auf dem Prüfstand. Es werden bis zu 100 Signale aufgezeichnet und mit dSPACE ControlDesk überwacht und reguliert. Mit diesem System lassen sich verschiedenste Szenarien umfassend durchtesten.

das FCEPS auch Vorreiter für weitere Brennstoffzellen-Anwendungen in Flugzeugen. Es gibt bereits Pläne, sämtlichen im Flugzeug verbrauchten Strom mit einem ständig betriebenen Brennstoffzellensystem zu erzeugen anstatt wie bisher üblich über die

Triebwerke. Die Abluft des Brennstoffzellensystems könnte man dann auch zur Inertisierung (Vermeidung explosionsfähiger Gasgemische) der Treibstofftanks nutzen und außerdem auch das Wasser an Bord weiterverwenden, was ganz nebenbei die

Menge des separat mitgeführten Wassers reduziert und so Gewicht einspart. ■

Dirk Metzler
Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH
Deutschland

Abbildung 4: In der ControlDesk-Oberfläche findet sich der Aufbau des FCEPS wieder (vgl. Abbildung 3). Linkes Fenster: Oben links der Sauerstoff- und der Wasserstofftank, in der Mitte die Brennstoffzelle, unten rechts Wärmetauscher und Abluftsystem. Mittleres Fenster: Das Cockpit besteht aus Schaltflächen für das System, dem Regelungsbereich für die Kühlung (Cooling Control) und optischen LEDs zur Status- und Fehleranzeige. Für die Kühlkreisregelung sind zwei Regelkreise realisiert, welche die Ein- und Ausgangstemperatur der Brennstoffzelle regeln. Per Simulation lassen sich verschiedene Betriebszustände simulieren.

