

Der Blick durchs Schlüsselloch – Endoskopische Messtechnik in Flugzeugtriebwerken

Donnerstag, 18. Dezember 2014

Wissenschaftler des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) haben ein spezielles optisches Messverfahren entwickelt und erstmalig unter den realitätsnahen Betriebsbedingungen eines Flugbetriebs angewendet. Dadurch wird der Einblick in die Brennkammer eines Flugzeugtriebwerks ermöglicht. Mithilfe von endoskopischen Sonden eröffnen optische Bildleitersysteme Einblicke in das Triebwerk durch kleinste Öffnungen. Die Messergebnisse tragen in Zukunft dazu bei, dass Flugzeugtriebwerke leiser, langlebiger und umweltfreundlicher werden.

Eine optimale Verbrennung zu erreichen, ist das Ziel der Triebwerkforscher des DLR-Instituts für Antriebstechnik in Köln. Die Vorgänge in der Brennkammer von Turbinen sind ein Schlüsselement bei der Entwicklung langlebiger und umweltfreundlicherer Flugzeugantriebe. Eine neu entwickelte, optische Miniaturmesstechnik ermöglicht nun bislang unbekannte Einblicke. "Die endoskopische Messtechnik erlaubt uns Daten zu erhalten, um das Strömungsfeld an wichtigen Positionen im Triebwerk zu verstehen, die vorher nicht für optische Messtechniken zugänglich waren. Durch die neue Form der Messtechnik sind am eingesetzten Prüfstand nur geringfügige Umbauarbeiten erforderlich." erklärt Dr. Guido Stockhausen vom DLR-Institut für Antriebstechnik.

Beobachtung der Verbrennung

Beim Betrachten einer Kerze fällt auf, dass eine Flamme aus verschiedenen Zonen besteht, die nicht nur unterschiedliche Farben, sondern auch unterschiedliche Temperaturen besitzen. Das Betrachten von Flammen beziehungsweise der Verbrennung in der Brennkammer eines Flugzeugtriebwerks ist ungleich schwerer, aber umso wichtiger. Denn hier wird der Treibstoff in Energie umgewandelt, die letztlich den Antrieb des Flugzeugs ausmacht. Eine effiziente Verbrennung holt aus dem Treibstoff die maximale Leistung. Bei einer sauberen Verbrennung ist auch der Schadstoffausstoß im Abgas so gering wie möglich.

Versuchsbrennkammern mit gläsernen Wänden und speziellen Öffnungen für Messinstrumente haben in der Vergangenheit wichtige Beiträge zum grundsätzlichen Verständnis der Verbrennung in Triebwerken geleistet. Die gewonnenen Ergebnisse wurden für Computersimulationen und neue Entwicklungen genutzt. Allerdings konnte mit dieser Technik nur ein Brennkammersektor dargestellt werden. Moderne Flugzeugtriebwerke haben eine Ringbrennkammer, die aus 16 und mehr Brennkammersektoren mit ebenso vielen Brennern besteht.

Nah an der Realität

Beim gleichzeitigen Einsatz aller Brenner eines Vollrings können Schwingungen entstehen, welche die Leistung der Brennkammer beeinflussen und im Extremfall zu Schäden am Triebwerk führen. Dieses Phänomen ist bekannt, konnte aber mit der herkömmlichen Messtechnik nicht hinreichend untersucht und verstanden werden. Mithilfe der verkleinerten Messtechnik können die Untersuchungen von den DLR Wissenschaftlern deutlich näher an den realen Bedingungen in einem Triebwerk durchgeführt werden.

Die Strömungen am Übergang zwischen der Brennkammer und der Turbine sind ein weiterer Schwerpunkt des Interesses. Die hier vorherrschenden Temperaturen erreichen über 2.000 Grad Celsius und Drücke über 20 bar. Der Schmelzpunkt von Metall liegt je nach Legierung um 1.500 Grad Celsius. Turbinenschaufeln sind aus diesem Grund mit einer Kühlung sowie mit

einer Hitzeschutzschicht aus Keramik ausgestattet, werden aber dennoch besonders stark beansprucht.

Für die Messungen wird das Verfahren der sogenannten "gefilterten Rayleighstreuung (FRS)" in endoskopischer Ausführung eingesetzt. Über eine Kristallfaser wird Laserlicht in die Austrittsebene der Brennkammer eingebracht und über einen Bildleiter das entstehende Rayleigh-Streulicht wie durch ein Schlüsselloch beobachtet. Durch eine nachfolgende Analyse des empfangenen Streulichts lassen sich physikalische Größen wie Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit an dieser Stelle zeitgleich und exakt bestimmen.

"Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Entwicklung der endoskopischen Streulichttechnik ist die Übertragbarkeit der Messtechnik auch auf andere Bereiche, wie zum Beispiel der Stromerzeugung mit einer stationären Gasturbine, wo verwandte Probleme nun ebenfalls untersucht werden können." sagt der Projektleiter, Dr. Guido Stockhausen.

Um die Qualität der neuen Messtechnik zu überprüfen, sind von den DLR-Wissenschaftlern zusätzlich Messungen mit konventionellen Verfahren erfolgreich durchgeführt worden, für deren Einsatz wurde ein neuer Brennkammer-Prüfstand entworfen und im Laser-Sinter-Verfahren gebaut. Die dazu notwendige freie Sicht auf das Abgas für die nicht endoskopischen Messtechniken ist das besondere Merkmal des OCORE (Optical Combustor Exit) Prüfstandes.

Die Arbeiten sind Teil des EU-Projektes LEMCOTEC FP 7 (Low Emissions Core-Engine Technologies).

Kontakte

Michel Winand

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Kommunikation Köln

Tel.: +49 2203 601-2144

Michel.Winand@dlr.de

Dr. Guido Stockhausen

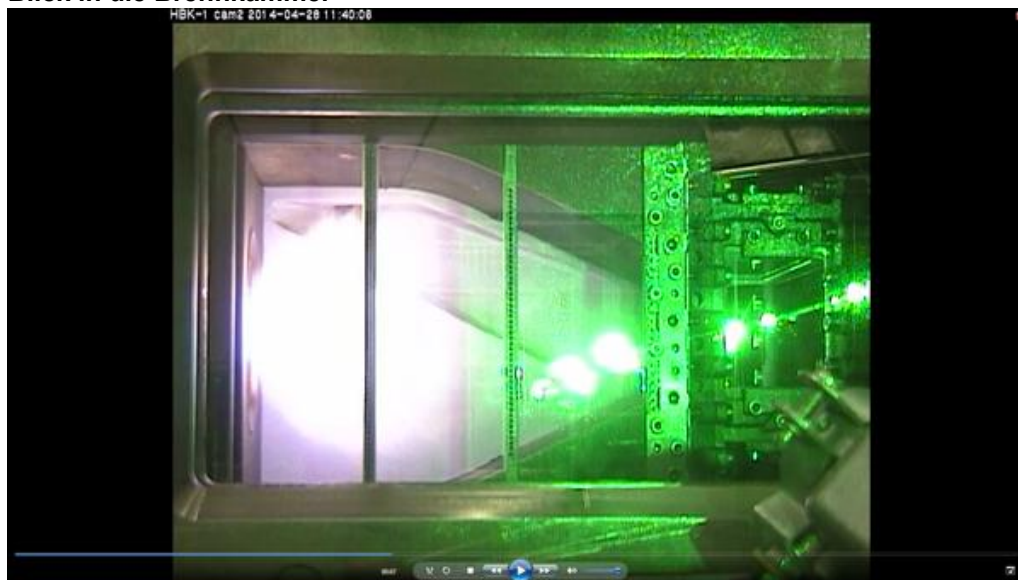
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Triebwerksmesstechnik

Tel.: +49 2203 601-3536

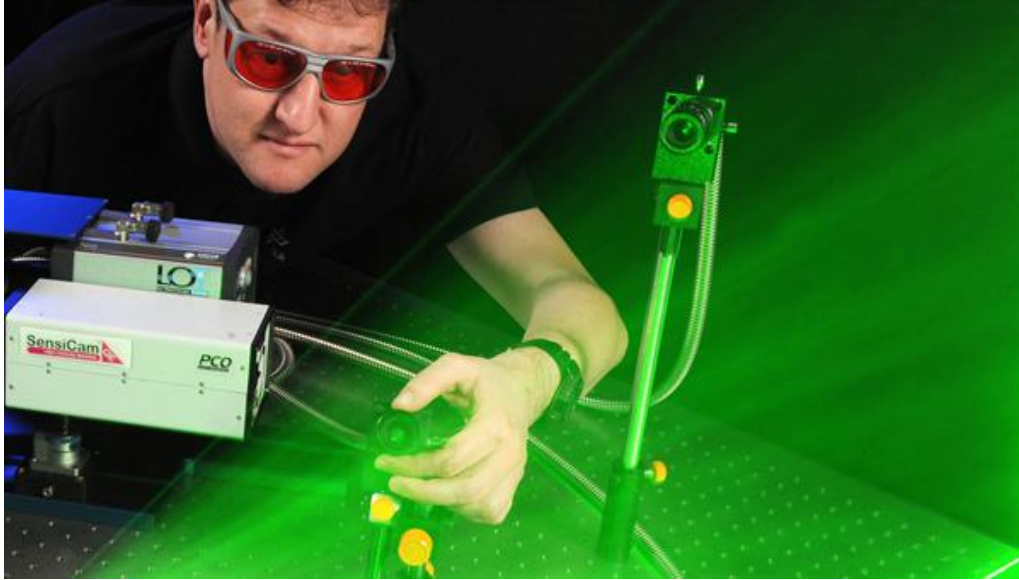
guido.stockhausen@dlr.de

Blick in die Brennkammer



Quelle: DLR.

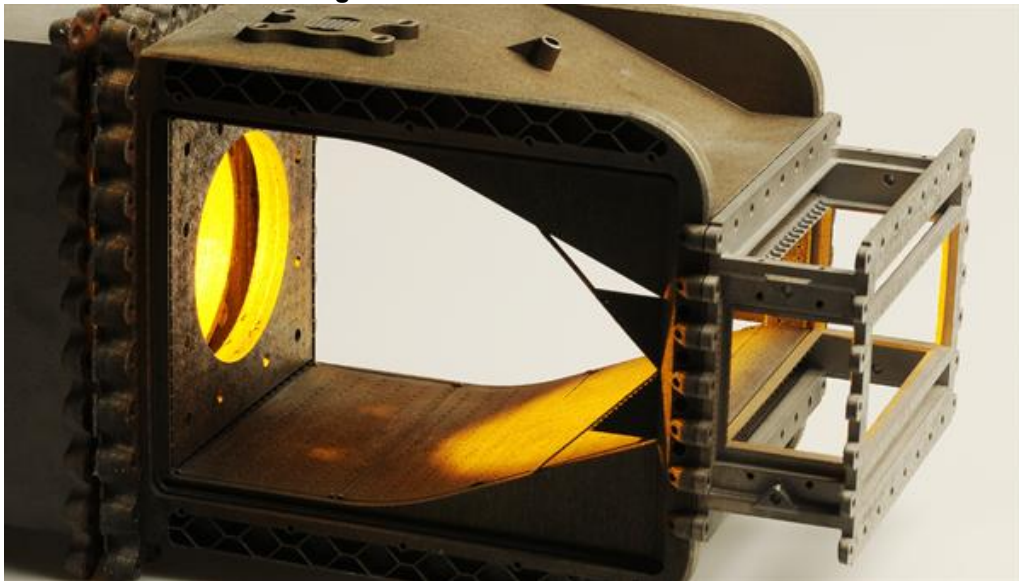
Laboraufbau der Messtechnik



Für die Messungen wird das Verfahren der sogenannten „gefilterten Rayleighstreuung (FRS)“ in endoskopischer Ausführung eingesetzt. Über eine Kristallfaser wird Laserlicht in die Austrittsebene der Brennkammer eingebracht und über einen Bildleiter das entstehende Rayleigh-Streulicht wie durch ein Schlüsselloch beobachtet.

Quelle: DLR (CC-BY 3.0).

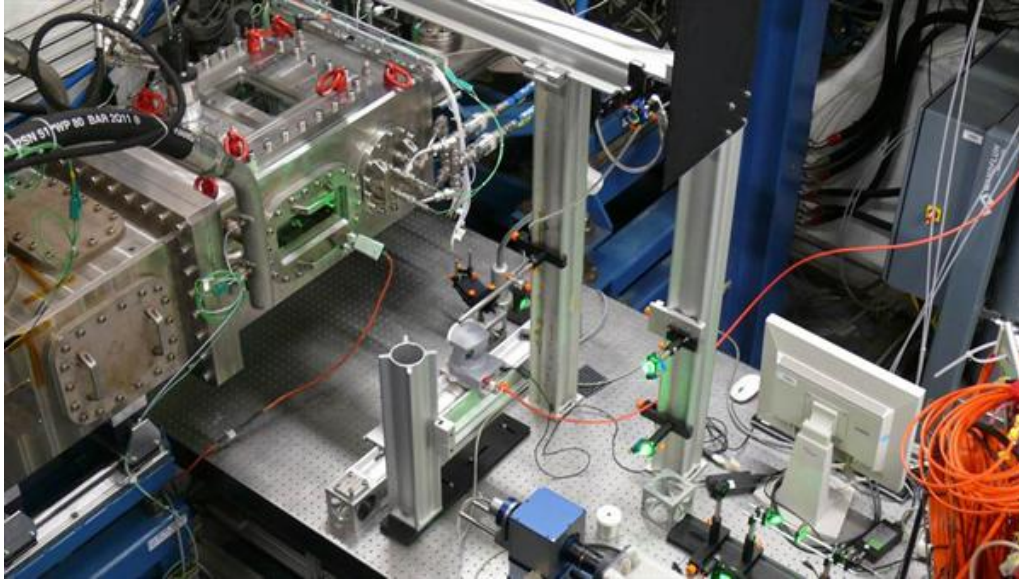
Im Laser-Sinter-Verfahren gebaute Brennkammer



Um die Qualität der neuen Messtechnik zu überprüfen, sind von den DLR-Wissenschaftlern zusätzlich Messungen mit konventionellen Verfahren erfolgreich durchgeführt worden, für deren Einsatz wurde ein neuer Brennkammer-Prüfstand entworfen und im Laser-Sinter-Verfahren gebaut.

Quelle: DLR (CC-BY 3.0).

Messtechnik am Prüfstand



Die Vorgänge in der Brennkammer von Turbinen sind ein Schlüsselement bei der Entwicklung langlebiger und umweltfreundlicherer Flugzeugantriebe. Eine neu entwickelte, optische Miniaturmesstechnik ermöglicht nun bislang unbekannte Einblicke.

Quelle: DLR (CC-BY 3.0).

Kontaktinformationen für Bild- und Videoanfragen sowie Informationen zu den DLR-Nutzungsbedingungen finden Sie im Impressum der Website des DLR.