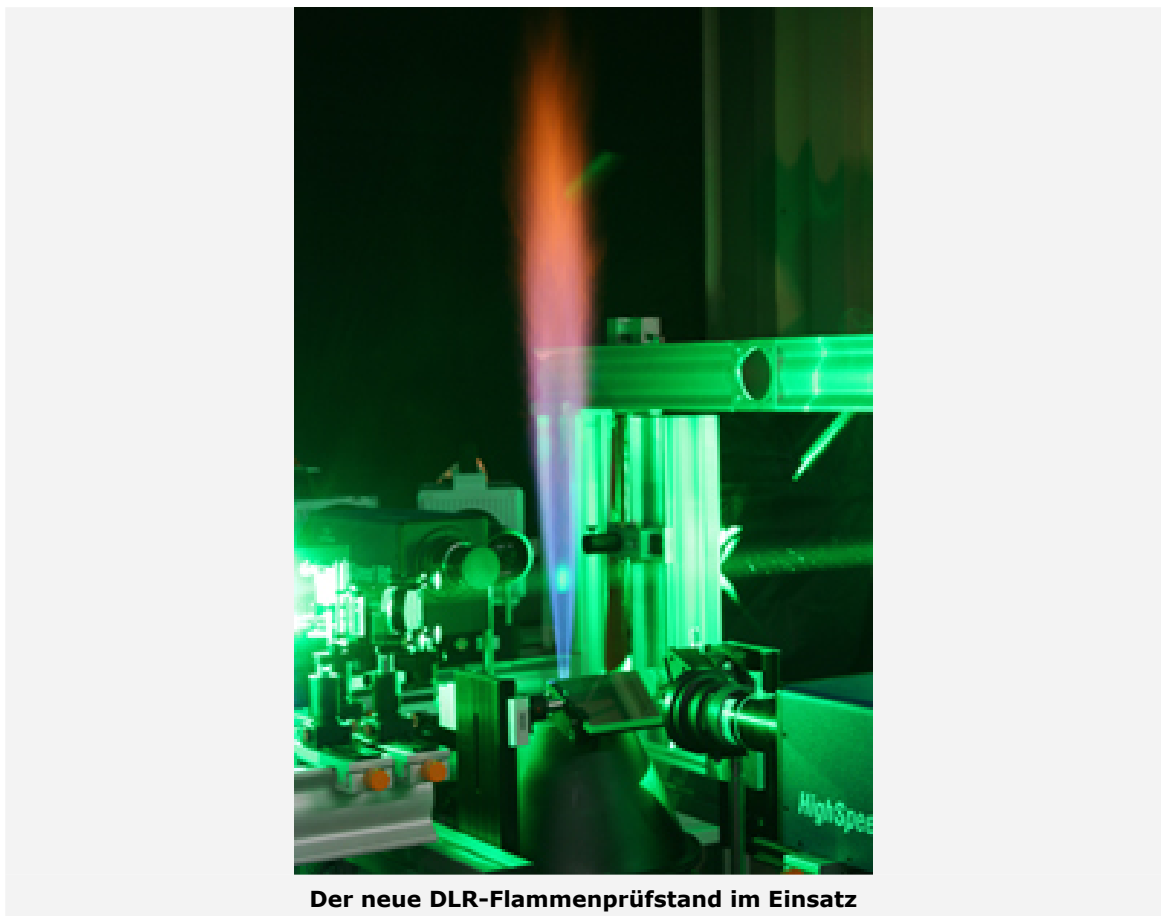


News-Archiv Stuttgart

Wenn die Flamme aufreißt – neue Lasermesstechnik ermöglicht tiefe Einblicke

9. Juni 2009



Flammenverlöschung mit 10000 Laserlichtschnitten pro Sekunde sichtbar gemacht

Was geschieht kurz bevor eine Flamme verlöscht? Dieser Moment konnte wissenschaftlich bislang nicht hinreichend untersucht werden. Mit der innovativen Kilohertz-Lasermesstechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) wird dieser Vorgang jetzt unter die Lupe genommen.

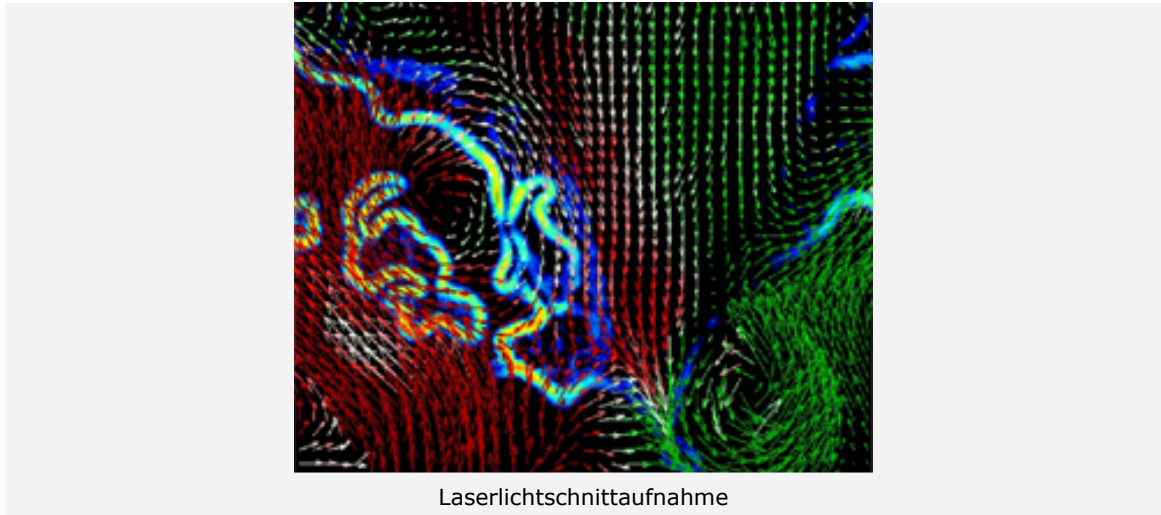
Der neue Flammenprüfstand des Stuttgarter DLR-Instituts für Verbrennungstechnik liefert Einsichten in den Ablauf sehr schneller Verbrennungsvorgänge. Ziel ist es, die Leistungsdichte und Stabilität von Verbrennungsvorgängen zu steigern und dadurch höhere Effizienz und geringere Schadstoffemissionen zu erreichen.

Das Phänomen der Flammenverlöschung begrenzt bei vielen technischen Verbrennungsprozessen, beispielsweise in einer Gasturbine oder in einem Kraftwerksbrenner, den Betriebsbereich und ist aus wissenschaftlicher Sicht bis heute nicht sicher vorhersagbar. Die neue Messtechnik des DLR-Instituts für Verbrennungstechnik erfasst die Verbrennungsabläufe in Echtzeit und legt besonderes Augenmerk auf den Moment, in dem das turbulente Strömungsfeld die flächenhaft geformte Reaktionszone der Flamme

"aufreißt". Das bedeutet, dass die Flamme an einzelnen Stellen erlischt. Die chemischen Verbrennungsreaktionen sind hier "zu langsam", um den schnellen Änderungen des Strömungsfeldes zu folgen, und werden innerhalb von Millisekunden zum Erliegen gebracht.

Die Messtechnik arbeitet mit kombinierten Laserlichtschnitten zur gleichzeitigen Visualisierung der Reaktionszonen und des Geschwindigkeitsfeldes mit Bildraten bis zu zehn Kilohertz – ein enormer Schritt im Vergleich zu den bisher üblichen zehn Hertz vergleichbarer Messsysteme.

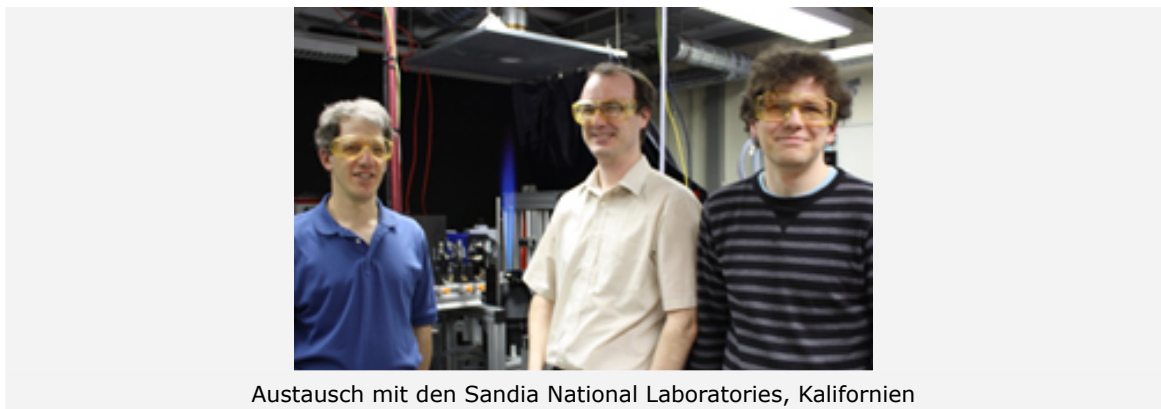
Große Leistung auf engem Raum



Die mit circa einem halben Millimeter sehr dünne Reaktionszone einer Flamme, auch Flammenfront genannt, ist derjenige Teil der Flamme, in dem die chemische Umsetzung von Brennstoff und Luft stattfindet. Um bei technischen Verbrennungsprozessen große thermische Leistungen in möglichst kompakten Brennräumen zu realisieren, wendet man statt laminaren, gleichmäßigen Strömungen hochturbulente, fluktuierende Strömungen an. Durch diese verwirbelten Strukturen der Strömung werden die Reaktionszonen der Flamme gewellt und gefaltet. Die Fläche der Reaktionszonen nimmt um ein Vielfaches zu und damit auch die chemische Umsatzrate. Das bedeutet mehr Leistung bei gleichem Volumen – ein wichtiges Kriterium zum Beispiel bei einer Fluggasturbine. Hier möchte man möglichst kompakte Brennkammern haben, denn Volumen bedeutet Gewicht und damit höhere Kosten.

Allerdings wird mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit auch die für die Verbrennungsreaktionen zur Verfügung stehende Zeit immer kürzer, so dass es zu sogenannten kinetischen Effekten kommt, die bis zur Verlöschung der Flamme führen können. In diesem Grenzbereich, in dem die Flammenfront beginnt aufzureißen, ist das Verhalten der Flamme sehr komplex und schwierig vorher zu sagen. Von Seiten der Messtechnik war dieser Bereich bisher ebenfalls nur eingeschränkt zugänglich, weil die Messmethoden entweder zu langsam waren, zu geringe räumliche Auflösung oder zu wenig Messgrößen lieferten.

Wechselwirkung zwischen Strömungsfeld und Flammenreaktion sichtbar



Das neue Messsystem besteht aus drei diodengepumpten Festkörperlasern, zwei Farbstofflasern und drei Hochgeschwindigkeitskameras, die mit Taktraten bis zehn Kilohertz betrieben werden können. Mit dem Lichtschnittverfahren "Particle Image Velocimetry" wird dabei die Geschwindigkeitsverteilung in einem Bildausschnitt gemessen. Simultan wird im selben Bildausschnitt durch laserinduzierte

Fluoreszenz an den für die Verbrennungsreaktionen relevanten Hydroxyl-Radikalen (OH-Radikalen) der Flamme die Struktur der Reaktionszonen bestimmt. Zusätzlich wird gleichzeitig mit einem weiteren Laserlichtschnitt die Struktur der Reaktionszonen in einem zweiten Bildausschnitt bestimmt. Mit diesem Messaufbau ist es erstmals gelungen, in hochturbulenten Flammen die Wechselwirkung zwischen dem Strömungsfeld und den Flammenreaktionen sichtbar zu machen.

Experimentelle Grundlage für Computersimulation

Die Messdaten liefern wichtige Informationen über den Ablauf der Verbrennung. Sie stellen damit die experimentelle Grundlage für die Entwicklung numerischer Simulationsverfahren dar, mit denen neue Verbrennungstechnologien besser bewertet werden können. Die Wissenschaftler arbeiten dabei an Verbrennungskonzepten mit geringeren Schadstoffemissionen, größerer Stabilität und höheren Wirkungsgraden.

Kooperation zwischen DLR und Sandia National Laboratories

Das große Potenzial der Kilohertz-Lasermesstechnik hat in der internationalen Fachwelt große Aufmerksamkeit hervorgerufen und bereits zu mehreren Kooperationen mit hochrangigen Forschungsinstituten geführt. Nach gemeinsamen Messkampagnen mit der TU Darmstadt, der Universität von Texas in Austin und der Wright-Patterson Air Force Base in Dayton (Ohio) im Jahr 2008, besuchte im April dieses Jahres Dr. Jonathan Frank von den Sandia National Laboratories in Livermore, Kalifornien, das Institut für Verbrennungstechnik, um gemeinsam mit den DLR-Wissenschaftlern Isaac Boxx, Christoph Arndt und Adam Steinberg Untersuchungen zur Flammenverlöschung in hochturbulenten Strahlflammen durchzuführen.

Kontakt

Julia Duwe

German Aerospace Center
Corporate Communications, Stuttgart
Tel: +49 711 6862-480
Fax: +49 711 6862-636
E-Mail: julia.duwe@dlr.de

Dr. rer. nat. Wolfgang Meier

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Verbrennungstechnik
Tel: +49 711 6862 397
Fax: +49 711 6862-578
E-Mail: Wolfgang.Meier@dlr.de

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