

## NUMERISCHE SIMULATION UND VALIDIERUNG DER BENZINSELBSTZÜNDUNG

Globales Ziel dieses Projektclusters war die Weiterentwicklung der Grobstruktursimulation sowie deren Validierung für moderne Brennverfahren basierend auf der Selbstzündung von Kraftstoff-Luft-Gemischen. Daraus ergaben sich drei globale Arbeitsziele für den Verbund:

Das erste Arbeitsziel war die Entwicklung von Large-Eddy-Simulations-basierten Methoden, um die Selbstzündung vorherzusagen. Dieses war nur durch eine enge Kooperation der beteiligten fünf Projektpartner zu erreichen. Es war dazu notwendig, basierend auf einem detaillierten Mechanismus, der in der Lage ist, Selbstzündung zu beschreiben, einen reduzierten Mechanismus abzuleiten. Dieser musste in ein geeignetes Feinstrukturmodell integriert werden. Um das Modell zu validieren, waren umfangreiche experimentelle Daten notwendig, die das Geschwindigkeitsfeld, das Konzentrationsfeld, Zündorte und Zündortverteilungen, aber auch Wandtemperaturen umfassten.

Im zweiten Arbeitsziel wurden Validierungsdaten mithilfe einer sorgfältig abgestimmten Validierungsstrategie generiert. Neben der Validierung selbst-

zündender Systeme bestand ein eklatanter Mangel an zuverlässigen, verfügbaren Validierungsdaten für fremdgezündete Motoren mit Benzindirekteinspritzung. Diese Daten wurden zur Validierung des Strömungs-, Mischungs- und Zweiphasenmodells im LES-Kontext benutzt und stellten auch die Basis für die komplexere selbstzündende Variante dar.

Das dritte Ziel bestand in der Entwicklung und Anwendung laseroptischer Messverfahren zur Bestimmung von Gasphasen- und Brennraumwandtemperaturen. Zur Bestimmung des thermokinetischen Zustands und der zeitlichen und örtlichen Fluktuationen in der Gasphase war es wichtig, die Temperaturen in der Gasphase und an der Brennraumwand des Motors zu bestimmen.

Zwei Teilprojekte, die mit den anderen Projekten methodisch eng verzahnt waren, befassten sich mit der Entwicklung und Anwendung von neuen Messverfahren zur Bestimmung der Gasphasen- und der Brennraum-Wandtemperatur. Das Vorhaben wurde in Kooperation aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft und aus Eigenmitteln der FVV finanziert.

**FORSCHUNGSSTELLEN:**  
**INSTITUT FÜR TECHNISCHE THERMODYNAMIK, KIT KARLSRUHE; FACHGEBIET FÜR ENERGIE- UND KRAFTWERKSTECHNIK, TU DARMSTADT; INSTITUT FÜR VERBRENNUNG UND GASDYNAMIK, UNI DUISBURG-ESSEN; REAKTIVE STRÖMUNGEN UND MESSTECHNIK, TU DARMSTADT; INSTITUT FÜR KOLBENMASCHINEN, KIT KARLSRUHE**  
**OBMANN:**  
**DR.-ING. THORSTEN UNGER, DR. ING. H.C. F. PORSCHE AG**

## MODELLIERUNG SPIELBEHAFTETER KONTAKTE



Erregungsmessung am Schaufelkranz  
 (Bild © MTU Aero Engines GmbH)

Neben den Laufschaufeln gehören besonders verstellbare und damit spielbehaftete Leitschaufeln aufgrund der mechanischen und thermischen Belastung zu den hoch beanspruchten Bauteilen einer stationären Turbomaschine oder eines Flugtriebwerks. Die Auslegung dieser Leitschaufeln beruht jedoch bis heute eher auf erfahrungsbasierenden kinematischen Randbedingungen als auf dynamischen Simulationen und daraus gewonnenen Erkenntnissen. Das Fehlen numerischer Untersuchungen ist dabei vor allem auf die Größe und Komplexität der hochgradig nichtlinearen Leitschaufelkränze zurückzuführen, bei denen neben

Reibung auch das Auftreten von Stößen eine Rolle spielt. Aus diesem Grund wurde ein Programm-Code entwickelt, der das Forced-Response-Verhalten sowohl von einzelnen Schaufeln als auch von Leitschaufelkränzen berechnen kann.

Der Code beinhaltet innerhalb des Projekts entwickelte Kontaktmodelle, die sich neben der Abbildung von Haft- und Gleitreibung auch zur Simulation von Stoßvorgängen eignen. Obwohl die Berechnungen zum Erhalt der physikalischen Genauigkeit im Zeitbereich stattfinden, konnte durch die Implementierung von unterschiedlichen mathematischen Algorithmen eine hohe Rechengeschwindigkeit erreicht werden. Des Weiteren wurden unterschiedliche Untersuchungsmethoden implementiert, die dem Benutzer ein möglichst breites Spektrum an Analysemöglichkeiten bieten. Das Vorhaben wurde aus Mitteln des BMWi über die AiF (16380 N) finanziert.

**FORSCHUNGSSTELLE:**  
**INSTITUT FÜR DYNAMIK UND SCHWINGUNGEN (IDS), LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER**  
**OBMANN:**  
**DR. ANDREAS HARTUNG, MTU AERO ENGINES GMBH**

### FORSCHUNGSVEREINIGUNG VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN E. V.

Die FVV wurde 1956 gegründet und hat sich zum weltweit einmaligen Netzwerk der Motoren- und Turbomaschinenforschung entwickelt. Sie treibt die gemeinsame, vorwettbewerbliche Forschung in der Branche voran und bringt Industrieexperten und Wissenschaftler an einen Tisch, um die Wirkungsgrade und Emissionswerte von Motoren und Turbinen kontinuierlich zu verbessern – zum Vorteil von Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft. Außerdem fördert sie den wissenschaftlichen Nachwuchs. Mitglieder sind kleine, mittlere und große Unternehmen der Branche: Automobilunternehmen, Motoren- und Turbinenhersteller sowie deren Zulieferer.

Kontakt:

Dipl.-Ing. Stefanie Jost-Köstering  
 Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
 Forschungsvereinigung

Verbrennungskraftmaschinen e.V.  
 Lyoner Straße 18 | 60528 Frankfurt/Main  
 Telefon +49 69 6603-1531

Fax +49 69 6603-2531

E-Mail [sjk@fvv-net.de](mailto:sjk@fvv-net.de)

<http://www.fvv-net.de>

