

## Auf der Jagd nach dem feinsten Tropfen

Mit Simulationen, die sonst für Trickfilme und Computerspiele eingesetzt werden, wollen Ingenieure den Abgasausstoß von Flugzeugen um die Hälfte verringern



Zerstäubung des Kerosins im Experiment: Ziel der Simulationen ist es, die optimale Tropfenverteilung zu berechnen (Foto: KIT)

**Moderne Verkehrsflugzeuge kommen schon mit weniger als drei Litern Treibstoff pro 100 Kilometer und Passagier aus. Diesen Wert noch weiter zu verbessern, daran arbeiten Wissenschaftler am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) im University Technology Centre von Rolls-Royce. Zudem wollen die Ingenieure den Verbrennungsprozess so optimieren, dass deutlich weniger Abgase entstehen. Dafür nutzen sie Superrechner und Simulationen, die sonst bei Tsunami-Berechnungen oder für Wasser-Effekte in Computerspielen eingesetzt werden.**

Um beim Fliegen weniger Schadstoffe wie Ruß oder Stickoxide zu produzieren, reiche es nicht, den Verbrauch zu reduzieren, stellt Rainer Koch, Abteilungsleiter Brennkammerentwicklung am Institut für Thermische Strömungsmaschinen (ITS) des KIT, klar. Vielmehr sei es dafür notwendig, die Verbrennung selbst zu verbessern. Für das Ziel, Umweltfreundlichkeit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit von Flugtriebwerken immer weiter zu steigern, kooperieren die Forscher innerhalb eines sogenannten University Technology Centres (UTC)



KIT-Zentrum Energie: Zukunft im Blick

**Monika Landgraf**  
Pressesprecherin,  
Leiterin Gesamtkommunikation

Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe  
Tel.: +49 721 608-47414  
Fax: +49 721 608-43658  
E-Mail: [presse@kit.edu](mailto:presse@kit.edu)

### Weiterer Kontakt:

Dr. Felix Mescoli  
Pressereferent  
Telefon: +49 721 608-48120  
Fax: +49 721 608-43658  
E-Mail: [felix.mescoli@kit.edu](mailto:felix.mescoli@kit.edu)

Frank Martin Hein  
Rolls-Royce plc / Rolls-Royce  
Deutschland Lts & Co KG  
Head of Communications –  
Europe & Africa  
Tel: +49 (0) 33708 6 2338  
E-Mail:  
[Frank-Martin.Hein@RollsRoyce.com](mailto:Frank-Martin.Hein@RollsRoyce.com)

### Weitere Materialien:

[Video](#)

seit nun genau zehn Jahren mit dem Triebwerkhersteller. Das Vorhaben ist kein leichtes Unterfangen: Denn allein den Verbrennungsprozess zu beobachten, ist bei einer Maschine, in der anders als beim Kolbenmotor alle vier Takte – Ansaugen, Verdichten, Verbrennen und Ausstoßen – gleichzeitig und ununterbrochen ablaufen, in die permanent ein Luftstrom mit 300 Metern pro Sekunde strömt und in der dazu Temperaturen deutlich über dem Schmelzpunkt der verbauten Materialien herrschen, alles andere als einfach. Entsprechend teuer und komplex sind experimentelle Untersuchungen von Kraftstoffeinspritzung, Schadstoffbildung und Vermeidung.

Um diese Fragestellung anzugehen, haben Koch und sein Team einen virtuellen Düsenprüfstand entwickelt, mit dem sich mittels numerischer Verfahren die Schadstoffbildung in der Brennkammer vorhergesagt lässt. Smoothed Particle Hydrodynamics heißt die Methode, mit der die Ingenieure Größe, Form, Flugbahn und Dynamik von Abermillionen winzigster Kerosintröpfchen berechnen – und visualisieren. Ursprünglich diente die Methode Astrophysikern dazu, Explosionen ganzer Galaxien zu berechnen. Später kamen die Simulation von Tsunamis und visuelle Effekte in Filmen und Videospielen hinzu. „Wir haben dann gesagt, das machen wir jetzt für die Kraftstoffzerstäubung“, so Koch.

Dazu füttere man den Supercomputer mit den technischen Daten der Einspritzdüse, erklärt Thilo Dauch, wissenschaftlicher Mitarbeiter am ITS. Diese wird dafür zunächst am Computer in kleinste Bereiche aufgeteilt, Volumenelemente genannt. 1,2 Milliarden dieser Volumenelemente nehme man dabei in den Blick, in Industrie und Forschung sind sonst eine Million bis 100 Millionen üblich. Ebenso beeindruckend ist auch die Datenmenge: 60 Terabyte Daten generiert das Programm aus einem Testlauf. Nach etwa einem Monat liegt das Ergebnis vor. „Mit einem herkömmlichen PC bräuchten sie dafür 72 Jahre“, so Dauch. Der Aufwand lohnt: „Ein Triebwerk kostet zwischen 5 und 20 Millionen, ein Tag auf dem Triebwerksprüfstand kostet mehrere 10 000 Euro.

Und das Resultat sind nicht bloß Zahlentabellen. Denn: „Wir können auch direkt in die Brennkammer hineinschauen“, sagt Koch. In der 3D-Simulation können die Forscher verfolgen, wie der Kraftstoff zunächst Lasso-artige Schlieren bildet, welche sich zu Blasen formen, die dann zerplatzen und in vielgestaltige Tropfen auseinanderstieben. Ein faszinierendes Schauspiel, das bei der Suche nach dem nach Form und Größe passendsten Tropfen aber praktischen Nutzen hat. Durch den optischen Eindruck können die Forscher die Berechnungen überprüfen und auch ein tieferes Verständnis für das Geschehen in der Brennkammer entwickeln. „Wir haben die Einspritzdüse schon

entscheidend verbessern können“, betont Koch. „Und es geht noch weiter“.

In Zukunft wollen die Wissenschaftler ihre Methode auf weitere Anwendungsgebiete ausweiten. Von Waschmittel- über Werkzeugherstellung bis zu Lackierarbeiten – Tropfen gibt es überall.

Das UTC am KIT wurde im Jahr 2007 gegründet. Schwerpunkt ist die Erforschung von Kühl-, Dichtungs- und Brennkammertechnologien zukünftiger Flugantriebe. „Die Arbeit am UTC zeichnet sich durch ein ständiges Wechselspiel von Praxis, Simulation und Experiment aus“, sagt Hans-Jörg Bauer, Leiter des ITS. Dabei definierten Ingenieure Fragestellungen, Wissenschaftler erstellten Modelle am Computer und überprüften diese im Experiment. „Die Ergebnisse fließen anschließend in die praktische Entwicklung ein“, so Bauer weiter. Das UTC leiste somit einen unverzichtbaren Beitrag zur Entwicklung neuer und besserer Triebwerke. „Darüber hinaus bietet die Forschungskooperation Studierenden und Doktoranden die Möglichkeit, mit Spitzenwissenschaftlern und erfahrenen Ingenieuren zusammenzuarbeiten und auf aktuellen Feldern der Technologie-Entwicklung zu forschen“, sagt Bauer. Von der fruchtbaren Zusammenarbeit in der Partnerschaft zeugten mittlerweile über 70 Doktoranden und mehrere hundert Studierende, welche innerhalb des UTC und im Austausch mit Rolls-Royce an aktuellen und zukünftigen Fragestellungen in der Triebwerksforschung mitgearbeitet haben.

Das 10-jährige Bestehen des UTCs wird mit einer Jubiläumsveranstaltung am Dienstag, 14. November, am ITS gefeiert. Journalisten sind herzlich eingeladen (siehe Medieneinladung im Mailanhang).

Details zum KIT-Zentrum Energie: <http://www.energie.kit.edu>

**Als „Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft“ schafft und vermittelt das KIT Wissen für Gesellschaft und Umwelt. Ziel ist es, zu den globalen Herausforderungen maßgebliche Beiträge in den Feldern Energie, Mobilität und Information zu leisten. Dazu arbeiten rund 9 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf einer breiten disziplinären Basis in Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts- sowie Geistes- und Sozialwissenschaften zusammen. Seine 26 000 Studierenden bereitet das KIT durch ein forschungsorientiertes universitäres Studium auf verantwortungsvolle Aufgaben in Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft vor. Die Innovationstätigkeit am KIT schlägt die Brücke zwischen Erkenntnis und Anwendung zum gesellschaftlichen Nutzen, wirtschaftlichen Wohlstand und Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen.**

*Das KIT ist seit 2010 als familiengerechte Hochschule zertifiziert.*

Diese Presseinformation ist im Internet abrufbar unter:  
[www.sek.kit.edu/presse.php](http://www.sek.kit.edu/presse.php)

Das Foto steht in der höchsten uns vorliegenden Qualität auf [www.kit.edu](http://www.kit.edu) zum Download bereit und kann angefordert werden unter: [presse@kit.edu](mailto:presse@kit.edu) oder +49 721 608-47414. Die Verwendung des Bildes ist ausschließlich in dem oben genannten Zusammenhang gestattet.