



Raman I. Sujith

Vladimir García Morales

Brennende Fragen zu singenden Flammen

Das TUM Institute for Advanced Study (TUM-IAS) schafft mit seinem weitreichenden wissenschaftlichen Netzwerk eine Plattform, um Kontakte zu knüpfen und erfolgreiche Kooperationen zu starten. Derzeit hält sich Prof. Raman I. Sujith vom Indian Institute of Technology Madras als Hans Fischer Senior Fellow bei Prof. Wolfgang Polifke am Fachgebiet für Thermodynamik auf. Zusammen mit Carl von Linde Junior Fellow Dr. Vladimir García Morales und Prof. Katharina Krischer vom Fachgebiet für Chemische Physik fern vom Gleichgewicht befassen sie sich mit thermoakustischen Instabilitäten.

Das TUM Institute for Advanced Study (TUM-IAS) ist ein zentraler Bestandteil des Zukunftskonzepts der TUM. Es dient der Entwicklung interdisziplinärer Forschungsschwerpunkte sowie der Förderung ausgezeichnete Nachwuchswissenschaftler und langfristiger internationaler Kooperationen. Mit seinem Fellowship-Programm führt das TUM-IAS Wissenschaftler auf drei Ebenen zusammen: junge und erfahrene Forscher, Wissenschaftler internationaler Forschungseinrichtungen und der TUM sowie Forscher aus Wissenschaft und Industrie.

Thermoakustische Instabilitäten oder Verbrennungsinstabilitäten sind eines der schwierigsten Probleme bei der Entwicklung von Brennkammern für Raketen, Düsentriebwerke oder Strom erzeugende Gasturbinen. In Raketen treten nicht selten Druckschwingungen mit erheblichen Amplituden auf, was zu katastrophalen Ausfällen führen kann. Gasturbinen zeigen zwar wesentlich geringere Oszillationsamplituden, müssen aber tausende Stunden wartungsfrei funktionieren – dann können selbst kleine Ausschläge Ausfälle durch Materialermüdung oder Verschleiß hervorrufen.

Die Instabilität entsteht durch die Interaktion zwischen Flamme und akustischem Feld in der Brennkammer. Die Flamme reagiert auf Schall, was zu Schwankungen in der Wärmeabgabe führt – ein Phänomen, das sich gut an einer brennenden Kerze vor einem Basslautsprecher beobachten lässt.

Diese Schwankungen in der Wärmefreisetzung erzeugen wiederum Schallwellen, die von den Wänden der Kammer reflektiert werden, was zu weiteren Schwankungen in der Wärmefreisetzung führt. Sobald die Schwankungen der Wärmefreisetzungsgeschwindigkeit mit dem akustischen Druck übereinstimmen, entsteht eine Rückkopplungsschleife, die zu potenziell gefährlichen, selbsterregten Schwingungen führt. Um die Verbrennungsinstabilität vorhersagen und beherrschen zu können, muss man die Wechselwirkungen zwischen dem Verbrennungsprozess und den Schallwellen verstehen. In den letzten 50 Jahren wurde viel zu diesem Phänomen geforscht, allerdings ging es in erster Linie um die Analyse der linearen Stabilität.

Wenn die von der Flamme ausgehende akustisch evozierte Reaktion durch die Verluste im System ausgeglichen wird, so die traditionelle Annahme, entstehen »Grenzyklus-Oszillationen«. Die aktuellen Untersuchungsergebnisse von R. I. Sujith und Wolfgang Polifke deuten allerdings darauf hin, dass der Grenzyklus nur einer der möglichen Endzustände des Systems ist. Sowohl Experimente als auch Berechnungen zeigen, dass ein thermoakustisches System weitere Bifurkationen durchlaufen kann – und die beiden Wissenschaftler haben verschiedene solcher Bifurkationen gefunden. Das komplexe Verhalten ließe sich auf ein vierdimensionales System aus nur zwei gekoppelten, nichtlinearen Oszillatoren reduzieren, die das gesamte Szenario der nicht-

linearen dynamischen Zustände erfassen. Eine derartige Theorie zu etablieren, daran arbeitet Vladimir García Morales gemeinsam mit dem Team um Katharina Krischer. Sie hoffen, in enger Kooperation mit der Gruppe um Sujith einen tieferen Einblick in die nichtlineare Dynamik thermoakustischer Phänomene zu gewinnen. Die Ergebnisse könnten den Weg für eine systematische Kontrolle thermoakustischer Instabilitäten ebnet.

Raman I. Sujith
Vladimir García Morales