

Forscher entwickeln effiziente Gasturbinen

Verbrennungsprozesse fossiler und erneuerbarer Brennstoffe werden auch in Zukunft bedeutend sein. Deshalb sind die Steigerung der Wirkungsgrade sowie die Verminderung der Emissionen nach wie vor wichtig. Der Hochdruck-Teststand an der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) in Windisch ermöglicht praxisorientierte Verbesserungen.



Gasturbinen stellen eine ausgereifte Technologie dar, mit der Wirkungsgrade von bis zu 60 % erreicht werden.

Sowohl fossile als auch erneuerbare Energieträger werden durch Verbrennung in nutzbare Energieformen umgewandelt. Dies betrifft den grössten Teil des Gesamtenergieverbrauchs, auch in der Schweiz. Entsprechend hoch ist die Bedeutung der Verbrennungsforschung. Sie soll schädliche Emissionen verhindern sowie den Wirkungsgrad der Komponenten erhöhen. Auch die Nutzung alternativer Brennstoffe, beispielsweise aus der Vergasung von Schweröl, Klär- und andere Biogase, sind Forschungsthemen. Die Schweizer Verbrennungsforschung ist international anerkannt dank einer langjährigen Tradition, der engen Zusammenarbeit mit weltweit tätigen Unternehmen sowie dem hohen Stellenwert der Förderung durch den Bund und verschiedenen Organisationen.

Dieses Renommee der nationalen Forschungsarbeiten ist einer der Gründe, die Timothy Griffin bewogen hat, in der Schweiz seine Fähigkeiten einzusetzen: «Zunächst habe ich mich in den USA als Doktorand mit der katalytischen Verbrennung, insbesondere mit der Zündung von Erdgas in einer Grenzschicht befasst. Meinen Post-Dok-Einsatz absolvierte ich im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) am Standort Stuttgart. Dort arbeitete ich vor allem mit der Laserdiagnostik für Verbrennungssysteme. Und daraufhin kam der Einstieg in die Gasturbinentechnologie im Forschungszentrum der ABB in Heidelberg, was schliesslich 1994 im Rahmen eines spezifischen Projekts zum Ortswechsel in die Schweiz zum ABB-Forschungszentrum in Dättwil führte.»

CO₂-Ausstoss vermindern

Die Herausforderungen in der Verbrennungsforschung sind klar definiert: Verminderung des CO₂-Ausstosses bei allen Arten von Verbrennungsprozessen und gleichzeitig eine Emissionsreduktion von gasförmigen Schadstoffen wie NO_x und CO sowie Feinstaub. Schärfere Vorschriften, wie die sinkenden Euro-Maximalwerte, erhöhen den Druck gleichermassen auf Forscher und Hersteller. Im selben Moment verbreitert sich das Angebot an einsetzbaren Energieträgern, sowohl natürliche als auch synthetische Brenn- und Treibstoffe, die unterschiedliche Verbrennungsparameter aufweisen und daher in ihren Verbrennungscharakteristika und Einsatzmöglichkeiten definiert werden müssen. Schwerpunkte der vom Bundesamt für Energie (BFE) geförderten Forschungs-

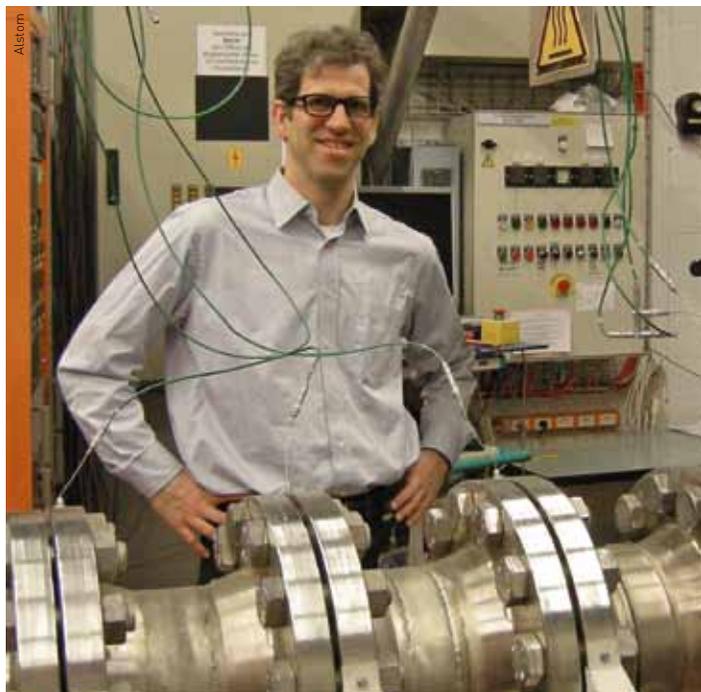
und Entwicklungsarbeiten sind daher die Präsentation von «Null-Emissions-Systemen» für die kombinierte Strom-Wärme-Kälte-Erzeugung im unteren Leistungsbereich (10 – 100 kW), die Integration von Erkenntnissen aus der experimentellen Grundlagenprojekten (Lasardiagnostik) in die Entwicklung miniaturisierter Sensoren für den Einsatz in Verbrennungsmaschinen sowie die Optimierung der Gemischaufbereitung. Die von der Industrie formulierten Ziele umfassen die Komponenten- und Anlagenoptimierung sowie neue Technologien, wie sie bei der CO₂-Abscheidung – auch Carbon Capture and Storage (CCS) genannt – notwendig sind.

Mit dem 2005 erfolgten Wechsel zur Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), zum Institut für Thermo- und Fluid-Engineering, erweiterte sich für Griffin das Arbeitsfeld deutlich.

Neben dem Leistungsauftrag der angewandten Forschung und Entwicklung ist er nun am Standort Windisch auch als Professor für Thermodynamik tätig. «Der Schritt in den Ausbildungssektor hat mir neue Möglichkeiten eröffnet», bestätigt Timothy Griffin. «Durch die Verknüpfung von Schulung und Projekten mit Studierenden sind Kompetenz- und Themen-erweiterungen möglich. Im Vertiefungsfach Energietechnik verzeichnen wir ein grosses Interesse der Studierenden, und mit bereits sechs Masterstudenten in unserem Institut können wir auch dem Anspruch nach höchstem Fachhochschulabschluss genügen.»

Saubere Ölbrenner

Die Anforderungen einer angewandten Forschung und Ent-



Timothy Griffin verknüpft die Schulung gerne mit Forschungsprojekten. Im Vordergrund der Hochdruckprüfstand zur Verbrennungsforschung.

wicklung bzw. praxisorientierter Projekte erfüllt beispielsweise das vor einem Jahr gestartete Vorhaben mit Ölbrennern kleiner Leistung. Dabei sollen Grundlagen zur Erweiterung des Leistungsbereichs und der Brennstoffflexibilisierung – hin zu Biobrennstoffen – von Ölbrennern mit Vorverdampfer-technik untersucht werden. Mit Simulationsversuchen analysieren die Forschenden bei zwei verschiedenen Marktprodukten die Verdampfungsprozesse und das Phänomen der Verkokung. Durch die Anwendung von Parameterstudien und eines numerischen Modells sollen Designlösungen für verschiedene Leistungsbereiche vorgeschlagen werden.

Die Gasturbinen der Zukunft

Die Forschungsarbeiten beschränken sich jedoch nicht auf Systeme zur Wärmeerzeugung, sondern beziehen sich auch auf Gasturbinen, die Elektrizität produzieren. Grundsätzlich handelt es sich bei Gasturbinen um eine ausgereifte Technologie, mit der in Kombination mit Dampfturbinen, also in Kombikraftwerken, heute Wirkungsgrade von bis zu 60 % erreicht werden. Zudem sind verschie-

dene Brennstoffe einsetzbar, von Heizöl bis Erdgas. Um dieses Spektrum zu erweitern, z.B. auf wasserstoffhaltige Brennstoffe, untersucht die FHNW Maschinenteile und Brennerauslegung. Sie arbeitet mit Berechnungswerkzeugen wie Computational Fluid Dynamics (CFD). Mit Versuchsmodellen werden die CFD-Berechnungen anschliessend validiert.

Im Mittelpunkt der vorhandenen Infrastruktur für Verbrennungsforschung steht ein klein dimensionierter Hochdruck-Prüfstand, der dank modularer Bauweise unterschiedliche Verbrennungsversuche zulässt. Hier sind Brennkammersimulationen und Evaluationen von Resultaten der CFD möglich, unterschiedliche Brennstoffe lassen sich einsetzen und ihre Verbrennungseigenschaften untersuchen.

Timothy Griffin und sein Team haben auch die speziellen Bedingungen beim Einsatz von wasserstoffhaltigen Synthesgasen («Syngase») im Gasturbinen-Prozess untersucht: «Durch den hohen Anteil an Wasserstoff weisen Syngase besondere Eigenschaften auf, beispielsweise bei der Flammgeschwindigkeit oder bei den

Zündgrenzen. Diese müssen bei der Auslegung von Brenner- und Brennkammer-Systemen berücksichtigt werden, um einen stabilen, also nicht pulsierenden und somit emissionsarmen Betrieb zu gewährleisten.»

Konsequenzen der Abgasrückführung

Eine weitere Thematik, die zusammen mit Forschern des PSI-Verbrennungslabors und Industriepartnern behandelt werden, sind Prozessbegrenzungen und Emissionskennwerte bei Gasturbinen mit Abgasrückführung. Insbesondere bei der Konzeption der CO₂-Abscheidung spielen diese Parameter eine wichtige Rolle. Die CO₂-Abscheidung könnte in Zukunft grosse Bedeutung erlangen, wenn alle möglichen Wege zur Verringerung der Kohlendioxidemission begangen werden. Die Abscheidung nach dem Verbrennungsprozess ist eine der möglichen und gleichzeitig eine günstige Technologie, die sowohl bei Kohle- als auch Erdgas-betriebenen Kraftwerken genutzt werden könnte. Timothy Griffin ist überzeugt, dass «die Abgasrückführung eine attraktive Lösung für bestehende Gasturbinenanlagen wäre, und mit einem akzeptierbaren Aufwand an Komponentenmodifikationen und Systemintegration machbar ist.»

Bei Erdgasanlagen kann man die Abscheidung von CO₂ aus dem Abgas mit Hilfe eines Absorptionsmittels realisieren. Die Grösse des dafür notwendigen Systems ist abhängig vom Volumen des zu behandelnden Abgases. Hier kommt die Abgasrückführung ins Spiel, mit deren Hilfe der Abgasstrom bis zur Hälfte reduziert werden kann. Gleichzeitig wird dadurch der CO₂-Gehalt erhöht. Ein limitierender Faktor stellt die gleichzeitige Reduktion von Sauerstoff im Gasturbinenbrennraum dar. Normalerweise enthält das Abgas 4 bis 5 Volumen-Prozent CO₂ und 10 bis 11 Volumen-Prozent Sauerstoff. Mit einer Erhöhung der CO₂-Konzentration liesse sich die Wirkung eines chemischen

Absorptionsprozesses erhöhen und so die Wirtschaftlichkeit der Abscheidung verbessern.

Einfluss des Brennstoffs

Ausreichend Sauerstoff ist ein wichtiger Parameter für eine optimale Verbrennung. Aufgrund der unvollständigen Mischung von Brennstoff und Luft ist ein Sauerstoffüberschuss notwendig, damit die Verbrennung innerhalb einer vernünftigen Verweilzeit vollständig abgeschlossen ist. Das Forschungsteam der FHNW hat die damit verbundenen Fragen zusammen mit Experten des PSI und von Industriepartnern bearbeitet und experimentelle Untersuchungen durchgeführt, um die Emissionen (CO₂, NO_x usw.) unter den genannten Bedingungen zu ermitteln. Da die Abgasrückführung die Verbrennungsreaktivität vermindert, wurden auch Tests mit Brennstoffen unterschiedlicher Reaktivität (Methan, verschiedene Erdgase) durchgeführt. Der Einfluss einer Beimischung von Wasserstoff wurde ebenfalls untersucht. Timothy Griffin: «Die Tests haben gezeigt, dass der Zusatz von Wasserstoff den negativen Einfluss der Abgasrückführung kompensieren kann. Ein Wasserstoffanteil im Brennstoff von rund 20 Volumen-Prozent reicht in unseren Tests aus, um den Einfluss von 50 Prozent Abgasrückführung zu kompensieren.»

Stabilität trotz CO₂-Abscheidung

Diese wasserstoffhaltigen Brenngase können aus dem Erdgas mit einem katalytischen Reaktor selbst erzeugt werden. Die optimale Integration eines solchen Reaktors in eine Gasturbinenanlage ist Bestandteil weiterer Forschungsarbeiten. Das Ziel wäre die Auslegung eines Systems, das die speziellen Anforderungen an eine wirkungsvolle CO₂-Abscheidung erfüllt – ohne die Verbrennungsstabilität dafür zu opfern. 

Jürg Wellstein im Auftrag
des Bundesamts für Energie
www.bfe.admin.ch