

# Halbzeit auf dem Weg zur neuen Generation von Gaskraftwerken

Eine Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses kann bei Gaskraftwerken mit der Abtrennung und Speicherung von Kohlendioxid erreicht werden. Wird dies vor dem Verbrennungsprozess in der Gasturbine durchgeführt, so entsteht ein veränderter Brennstoff, reich an Wasserstoff. Das internationale Forschungsprojekt H2-IGCC sucht nun neue Lösungen für die notwendigen Anpassungen bei den Kraftwerkskomponenten. Unter Schweizer Leitung werden die entsprechenden Verbrennungseigenschaften ermittelt.

von Jürg Wellstein, Fachjournalist SFJ

Auf der Leinwand wurden Tabellen mit Terminplänen und Meilensteinen gezeigt und Grafiken dargestellt, die den Einfluss von neuen Legierungen auf das Standzeitverhalten von Turbinenschaufeln erläuterten. Unter den Teilnehmenden konnte man verständnisvolles Nicken feststellen; in der Fragerunde liessen sich Unklarheiten und abweichende Erfahrungen ansprechen. Während zweier Tage war ein intensiver Gedankenaustausch möglich. Aber bis zum nächsten Treffen müssen die eigenen Forschungsarbeiten weiter intensiviert werden. Denn das Halbzeit-Meeting der Forschenden diente weniger zum Ausruhen als zur verstärkten Fokussierung auf die anspruchsvollen Fragestellungen. Diese beruhen auf den Wünschen und Zielen des international angestrebten Umbaus der fossilen Kraftwerkstechnik, also auch der mit Gasturbinen ausgestatteten Anlagen. Dank einer vorgängigen CO<sub>2</sub>-Abscheidung soll der Anteil solcher Gaskraftwerke am weltweiten Kohlendioxid-Ausstoss vermindert werden.

## Forschende beim Halbzeit-Treffen in Zürich

Im vergangenen Dezember haben sich rund 50 Teilnehmende aus Europa am Jahresmeeting des Projekts H2-IGCC in Zürich getroffen, um sich anlässlich der Halbzeit über den Stand ihrer Forschungsarbeiten auszutauschen. H2-IGCC – Integrated Gasification Combined Cycle – wird im 7. Forschungsrahmenprogramm der EU (FP7) durchgeführt und ist in vier Teilprojekte gegliedert. Eines davon steht unter der Leitung von Dr. Peter Jansohn, Forscher am Paul Scherrer Institut (PSI). Ausserdem amtiert er als Leiter des Programms «Kraftwerk 2020» des Bundesamtes für Energie (BFE) und koordiniert in dieser Funktion die entsprechenden Forschungsarbeiten innerhalb der Schweiz.

## Vor welchen Veränderungen stehen Gaskraftwerke in Bezug auf die angestrebte Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses?

Peter Jansohn: Die CO<sub>2</sub>-Reduktion bedingt Veränderungen bei der grosstechnischen Nutzung von fossilen Brennstoffen. Dass dies nur auf internationaler Basis erfolgen kann, ist einleuchtend und Grundlage für unser internationales Projekt. Mit der CO<sub>2</sub>-Abscheidung vor dem Verbrennungsprozess wird eine Massnahme gewählt, die zu veränderten Brennstoffqualitäten führt und damit andersartige Anforderungen an die im Einsatz stehenden Gastur-

binen stellt. Deshalb wollen wir vereint mit zahlreichen Partnern aus verschiedensten Ländern diese Optionen untersuchen.

## Welche Ziele verfolgt das internationale Projekt H2-IGCC?

Dieses Projekt soll technische Lösungen für Gasturbinen aufzeichnen, die in IGCC-Anlagen mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung möglichst effizient arbeiten können, insgesamt geringe Emissionen erzeugen (sog. «Null-Emissions-Kraftwerke») und die nötige Flexibilität beim Brennstoff-Spektrum aufweisen. Das hat Auswirkungen sowohl auf den Verbrennungsprozess, auf die zu verwendenden Materialien, die Auslegung der Turbo-Komponenten (Kompressor, Heissgas-Turbine) als auch auf die System-Konfiguration.

## In welcher Weise wird der Brennstoff verändert?

Scheiden wir aus reformiertem Erdgas den Kohlenstoff-Anteil in Form von CO<sub>2</sub> ab, so entsteht ein sehr wasserstoffreiches Brenngas. Damit erhöht sich die Flammgeschwindigkeit, der Selbstzündungspunkt wird gesenkt und somit die mögliche Dauer, die für eine perfekte Vermischung von Brenngas mit Luft zur Verfügung steht. Ist diese nicht ideal, besteht die Gefahr, dass höhere NO<sub>x</sub>-Emissionen entstehen. Auch der Brennstoff-Volumenstrom ist für ein solches Brenngas deutlich vergrössert. Alle diese Effekte stellen neue, hohe Herausforderungen an die eingesetzten Materialien, die gewählten Brennkammer-Konfigurationen, die Turbinengeometrie und die Betriebsweise der Gesamtanlage.

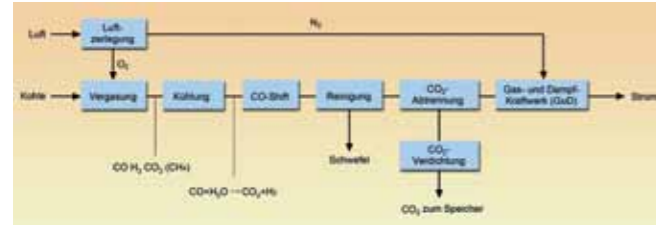
## Vier Schwerpunkte decken gesamtes Kraftwerk ab

Das Projekt H2-IGCC wurde in vier Teilprojekte aufgesplittet, die sich mit dem gesamten Kraftwerkskonzept und den wichtigsten Technologiebereichen einer Gasturbine befassen. Auf diese Weise kann eine Komplettbetrachtung stattfinden, lassen sich Schnittstellen besser berücksichtigen und die gegenseitigen Abhängigkeiten und Einflüsse rascher erkennen. Das Teilprojekt 1 unter Leitung von Peter Jansohn umfasst 11 Partner aus Forschung und Industrie, ist damit das umfangreichste Teilprojekt und fokussiert sich auf den Verbrennungsraum. Neben dem Schweizer PSI sind die Universitäten von Cardiff (UK), Genua (I) und Galway (IRL) sowie die Technische Universität von Eindhoven (NL) und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt involviert. Als Industriepartner wirken Ansaldo Energia, E.ON Engineering (UK), Electricité de France sowie Siemens mit.

Mit Modellierungen werden beispielsweise die veränderten Parameter beim Einsatz von wasserstoffreichen Brennstoffen simuliert. Dabei werden auch Strömungsberechnungsprogramme (Computational Fluid Dynamics - CFD) angewendet, um Vorstudien für geeignete Brenner-Formen zu analysieren. Es muss davon ausgegangen werden, dass kein reiner Wasserstoff zur Verfügung steht und man auch Kohlenmonoxid (CO) als Brennstoffbestandteil mitberücksichtigen muss. Ferner werden die in Experimenten ermittelten Daten zur weiteren Präzisierung von Modellrech-

Das Forschungsprojekt H2-IGCC beleuchtet das gesamte Gaskraftwerk mit gezielten Analysen der vier Teilbereiche.





Schritte zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung.

nungen für die Konstruktion und Herstellung von Verdichtern und Brennkammern beigezogen. Um geeignete Auslegungsdaten zu erhalten, wurde ein spezieller Brenner für höhere Drücke entwickelt, mit dem man die laminare Flammgeschwindigkeit messen kann. Mit weiteren Experimenten konnten auch die Wärmefreisetzungscharakteristik der Wasserstoff-Luft-Gemische, die prognostizierten Flammenlängen sowie weitere verbrennungstechnische Kenngrößen ermittelt werden. Tatsache ist, dass Wasserstoff sowohl die Flammentemperatur als auch die Verbrennungsgeschwindigkeit erhöht. Die Forschenden dieses Teilprojekts 1 müssen sich speziell mit diesen Gegebenheiten intensiv auseinandersetzen.

#### Austausch zwischen den Teilprojekten

Am Halbzeit-Treffen von H2-IGCC haben auch die anderen Teilprojekte über Stand und Ausrichtung ihrer jeweiligen Arbeiten informiert. Die Gruppe zur Materialforschung (Teilprojekt 2) befasst sich mit unterschiedlichen Oberflächenbeschichtungen und dem Einfluss diverser Prozessbedingungen auf die Alterung der eingesetzten Metall-Legierungen und keramischen Schutzschichten. Dabei werden Oxidation, Erosion, thermisches Wechselverhalten und weitere mechanische Eigenschaften untersucht. Es geht hierbei um die Suche nach geeigneten Schutzsystemen für die Oberflächen und um das Verständnis des Zusammenspiels der Komponenten im Heissgaspfad einer Gasturbine.

Die Forschenden im Teilprojekt 3 untersuchen die Turbomaschinen-Hauptkomponenten (Kompressor und Turbine). Zunächst ging es dabei um die Charakterisierung dieser Komponenten und um die Möglichkeit von Modifikationen für den Einsatz von wasserstoffreichem Gas. Aufgrund der erhöhten Wärmebelastung der Turbinenschaufeln spielt auch die Optimierung der Geometrie der Schaufelkühlung

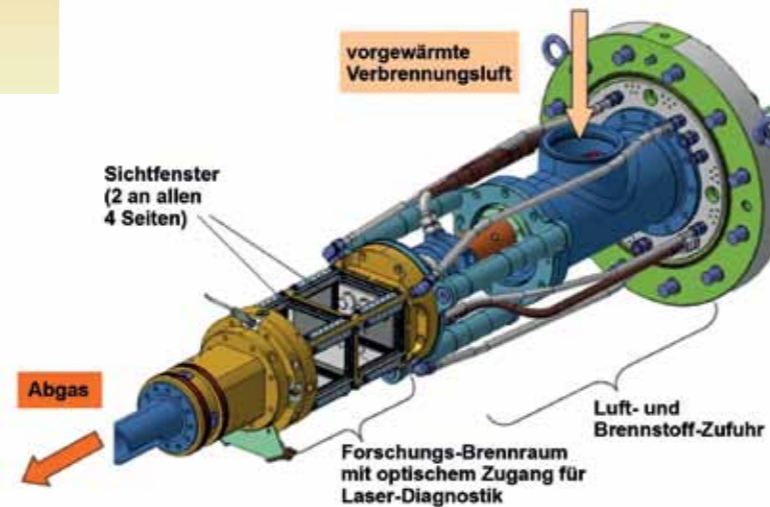
eine wichtige Rolle. Auf der Grundlage von Herstellerdaten der einzelnen Komponenten wurde eine 3D-Simulation von Kompressor, Verbrennungsraum und Turbineneinheit durchgeführt. Diese Studien haben bestätigt, dass für einen optimalen Einsatz solcher Gase eine neue Auslegung der Turbinenkonstruktion, aber auch Änderungen am Kompressor nötig wären.

Das 4. Teilprojekt beleuchtet das gesamte Kraftwerk, von der Luftzerlegung über die Vergasungseinheit, die CO<sub>2</sub>-Kompression bis zur Emissionsverminderung nach dem Verbrennungsprozess. Die bisherigen Resultate des erwähnten 3. Teilprojekts, welche eine grundlegende Neuauslegung der Turbomaschinenkomponenten vorschlagen, haben nun auch Auswirkungen auf die Auslegungen des Gesamtkraftwerks.

#### Welchen Bezug haben die Arbeiten von H2-IGCC auf die Schweiz?

Peter Jansohn: Mit den hier erarbeiteten Kompetenzen können einerseits die Hersteller der Gasturbinen und Kraftwerke bei der Entwicklung neuer Generationen unterstützt werden. Andererseits sind auch in der Schweiz im Rahmen der angestrebten Energiewende neue Gaskraftwerke (in Form von GuD-Anlagen) sowie die CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung (CCS) ein aktuelles Thema geworden. Aufgrund des bisher bekannten Terminplans könnte der Bedarf einer Maschinengeneration mit optimierter Nutzung von wasserstoffreichen Gasen dringlich werden.

Forschungsbrennkammer mit optischer Zugänglichkeit für die Laserdiagnose der Flammen.



#### Bestehen neben dem Problem der CO<sub>2</sub>-Emission auch Fragen zur gesamten Effizienz?

Tatsächlich wurden in den vergangenen Jahren wesentliche Wirkungsgradverbesserungen bei Gasturbinen erreicht, die mit dem Einsatz von CCS-Technologien wieder verlustig gehen könnten. Im H2-IGCC arbeiten wir deshalb mit dem Ziel, nicht mehr als 5 % Effizienzverlust hinnehmen zu müssen.

#### Und wie sieht es bei den Kosten aus?

Auch hier sollen möglichst kleine Steigerungen eingehalten werden. Ansonsten wird der Durchbruch einer neuen Technologie, wie sie CCS darstellt, kaum in nützlicher Frist umsetzbar.

#### Welche Bedeutung hat die leitende Funktion innerhalb des Projekts H2-IGCC für die Schweiz?

Das Vertrauen, das damit gegenüber dem PSI ausgedrückt wird, zeichnet auch die Kompetenz der gesamten Schweizer Forschung im Bereich der Verbrennungsmaschinentechnik aus. Auf diese Weise fördern wir aber ebenso die akademische Lehre und die Bildung des Nachwuchses in Forschung und Industrie.

#### Auf dem Weg zur Demonstration

Das Projekt H2-IGCC hat 2009 begonnen und dauert bis 2013. Danach soll eine umfassende Demonstrationsanlage erstellt werden und bis 2020 diese IGCC-Technologie mit CCS für den kommerziellen

Einsatz zur Verfügung stehen. Somit wäre die Stromerzeugung mit Gaskraftwerken CO<sub>2</sub>-frei möglich, falls auch entsprechende CO<sub>2</sub>-Speicher bereit stehen. Am Halbzeit-Treffen der Forschenden war Enthusiasmus aber auch Respekt vor den aktuellen Forschungsaufgaben zu spüren.

In Europa befinden sich die folgenden drei Kraftwerksprojekte auf Basis der IGCC-Technologie (potentiell mit vorgelagerter CO<sub>2</sub>-Abscheidung) in Planung bzw. Realisierung:

- Magnum Kraftwerk (NL) mit 1'200 MW Leistung. Die IGCC-Technologie soll ab 2012 mit Kohle und Biomasse genutzt werden. Zu einem späteren Zeitpunkt plant man die Abtrennung und Speicherung von CO<sub>2</sub> (CCS).
- Die Goldenberg-Anlage (D) mit 450 MW Leistung wurde als IGCC-CCS-Kraftwerk geplant. Das CO<sub>2</sub> soll in erschöpften Gasreservoirs oder in Salzaquiferen gespeichert werden, sobald die gesetzlichen Rahmenbedingungen geschaffen sind.
- Bei der Hatfield-Anlage (UK) mit 900 MW Leistung ist CCS in einer zweiten Phase vorgesehen.

Das Forschungsprojekt H2-IGCC identifizierte für die Umsetzung der Carbon Capture and Sequestration (CCS) vier unterschiedliche Hindernisse: Technik, Gesetze, Investitionen und Akzeptanz. Mit diesem Projekt wird an den technischen Rahmenbedingungen gearbeitet, welche nur einen beschränkten Einfluss auf die drei übrigen Bereiche ausüben kann. Sind jedoch die technischen Fragen befriedigend gelöst, fällt die Behandlung der anderen Hindernisse sicherlich leichter. ●

#### Kontakte

Projekt H2-IGCC  
www.h2-igcc.eu  
—  
Paul Scherrer Institut (PSI)  
Dr. Peter Jansohn, Leiter H2-IGCC  
Teilprojekt 1  
5232 Villigen PSI  
peter.jansohn@psi.ch  
—  
BFE-Energieforschung: Programm Gas- und Dampfkraftwerke («Kraftwerk 2020»)  
Programmleiter: Peter Jansohn  
www.bfe.admin.ch/forschungskraftwerk

# Lösungen für die Zukunft

**Windenergie und Photovoltaik**

**Energieeffizienz**

**Automotive**

**Wasserversorgung**

**Verkehrsinfrastruktur**

**Elektromobilität**

**Smarte Energieverteilung**

... mit richtungsweisender Verbindungs- und Automatisierungstechnik.

Vorausschauend und begeistert schaffen wir elektrotechnische Produkte und Lösungen für die Welt von morgen.

Mehr Informationen unter  
Telefon 052 354 55 55 oder  
www.phoenixcontact.ch