



SGT5-8000H

Größerer Kundennutzen durch die neue Gasturbine von Siemens

Sonderdruck aus VGB PowerTech, September 2007

Autoren:

Phil Ratliff, Paul Garbett, Willibald Fischer,
Siemens Power Generation, Orlando und Erlangen

SGT5-8000H

Größerer Kundennutzen durch die neue Gasturbine von Siemens

Kurzfassung

Größerer Kundennutzen durch die neue Siemens Gasturbine SGT5-8000H

E.ON Energie und Siemens realisieren am Standort Irsching in Bayern ein neues Kraftwerksprojekt, das in puncto Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit neue Maßstäbe setzen wird. In einem ersten Schritt errichtet Siemens eine neu entwickelte Gasturbinenanlage. Mit 340 MW wird die Maschine die weltweit größte und leistungsstärkste Gasturbine sein. Nach der Testphase wird diese Gasturbinenanlage zu einem hocheffizienten Gas- und Dampfturbinen (GuD)-Kraftwerk mit einer Leistung von rund 530 MW und einem Wirkungsgrad von über 60% erweitert. Die E.ON Kraftwerke GmbH wird die Anlage nach erfolgreichem Probebetrieb übernehmen und in den kommerziellen Betrieb überführen. Die SGT5-8000H ist das Ergebnis eines intensiven F&E-Programms zur Entwicklung einer wettbewerbsfähigen, effizienten und flexiblen vollständig luftgekühlten Gasturbine. Sie ist die erste neue Turbine, die seit der Fusion von Siemens und Westinghouse entwickelt wurde, mit dem Ziel die besten Merkmale der bestehenden Produktlinien beider Unternehmen mit moderner Technologie zu kombinieren. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über den Stand des Projektes, die Designmerkmale und die umfangreichen Designprüfungen an Komponenten und Systemen.

Einleitung

Bei der Entwicklung neuer Kraftwerkstechnologien zur Reduzierung von Brennstoffverbrauch und Emissionen ist Energieeffizienz eines der wichtigsten Ziele. Als Antwort auf die weltweit zunehmende Nachfrage nach einer zuverlässigen, preisgünstigen und umweltfreundlichen Stromerzeugung wurde von

Autoren

Phil Ratliff

Director SGT5-8000H Program
Siemens Power Generation,
Orlando/USA.

Paul Garbett

Manager Engine Design
Siemens Power Generation,
Orlando/USA.

Willibald Fischer

Program Manager
Siemens Power Generation,
Erlangen/Germany.

Siemens Power Generation (PG) die neue Generation von Gasturbinen der H-Klasse entwickelt, die bisher unerreichte Maßstäbe in Bezug auf hohen Wirkungsgrad, geringe Lebenszykluskosten und Betriebsflexibilität setzt.

Das Gasturbinenportfolio von Siemens deckt den gesamten Bereich der Gasturbinenanwendungen für die Öl- und Gasindustrie bis hin zu den größten Turbinen für großtechnische Anwendungen ab. Mit der neuen Gasturbine SGT5-8000H wird das 50 Hz-Produktportfolio durch die weltweit größte ausschließlich mit Luft gekühlte Gasturbine erweitert.

Die neue Gasturbine wurde im Rahmen des neuen PG Product Development Process (PDP) entwickelt und ist ein wettbewerbsfähiges Produkt, das sich an den Bedürfnissen des Marktes und der Kunden ausrichtet.

Die Kunden erwarten ein wirtschaftliches und wettbewerbsfähiges Produkt, bei dem Wirkungsgrad, Zuverlässigkeit und Flexibilität hoch, gleichzeitig aber der Serviceaufwand und die Lebenszykluskosten niedrig sind. Beurteilt wird dies mehr und mehr nach dem „Net Present Value“ (NPV), dem Netto-Kapitalwert der Lebenszykluskosten, der für die Lebenszeit eines Kraftwerks ermittelt wird. Mit ständiger technischer Innovation in Entwicklung und Technologie, bei Werkstoffen und Fertigung werden diese Forderungen von Siemens als Hersteller berücksichtigt.

Bei der Entwicklung einer neuen Gasturbine geht es auch darum, die strengen Umweltnormen in Bezug auf Emissionswerte zu erfüllen oder sogar zu übertreffen. Nur bei Berücksichtigung

all dieser Einflussfaktoren kann eine Gasturbine entwickelt werden, bei der der Kundennutzen in optimaler Weise bezüglich Wirkungsgrad, Zuverlässigkeit, Betriebsflexibilität und Brennstoffverbrauch sowie Servicefreundlichkeit verbessert wird.

SGT5-8000H ergänzt das Gasturbinen-Produktportfolio der Siemens PG

Mit der neu entwickelten Gasturbine SGT5-8000H mit einer Leistung von über 340 MW machen wir jetzt den nächsten Schritt in der Ergänzung unseres Gasturbinen-Produktportfolios (Abb. 1). Damit können wir alle Marktsegmente bedienen und unseren Kunden die geeigneten Produkte anbieten, um den Forderungen aller denkbaren Kraftwerksanwendungen zu entsprechen, von sehr flexiblen Spitzenlastanwendungen bis hin zu GuD-Kraftwerken mit höchstem Wirkungsgrad und GuD-Kraftwerken mit Kohlevergasung.

Konstruktion und Merkmale der SGT5-8000H

Die neue Gasturbine SGT5-8000H ist das Ergebnis jahrelanger Forschung und Entwicklung bei Siemens Power Generation. Dabei entstand eine äußerst effiziente und flexible, nur mit Luft gekühlte Turbine, die gegenüber den dampfgekühlten Produkten der Konkurrenz einen großen Wettbewerbsvorteil besitzt.

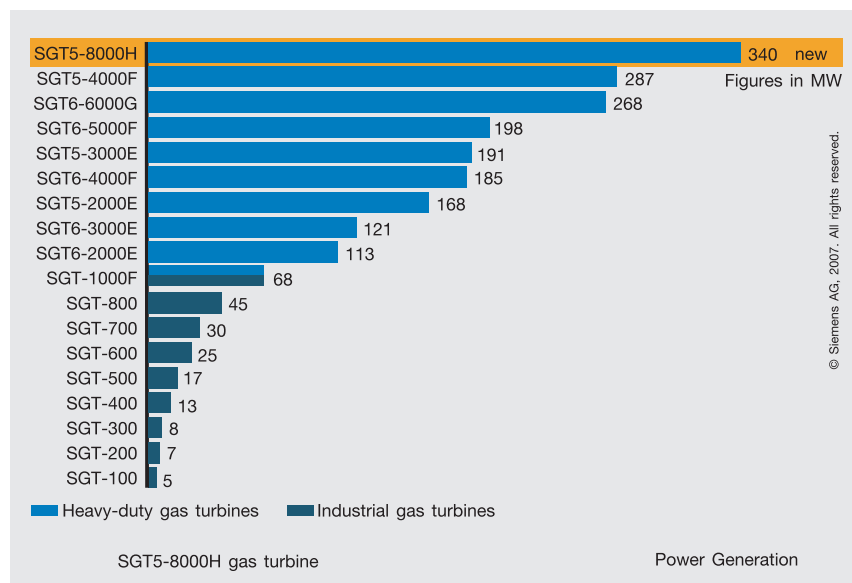


Abb. 1: Siemens-Gasturbinen – Die SGT5-8000H vervollständigt das bisherige Produktportfolio.

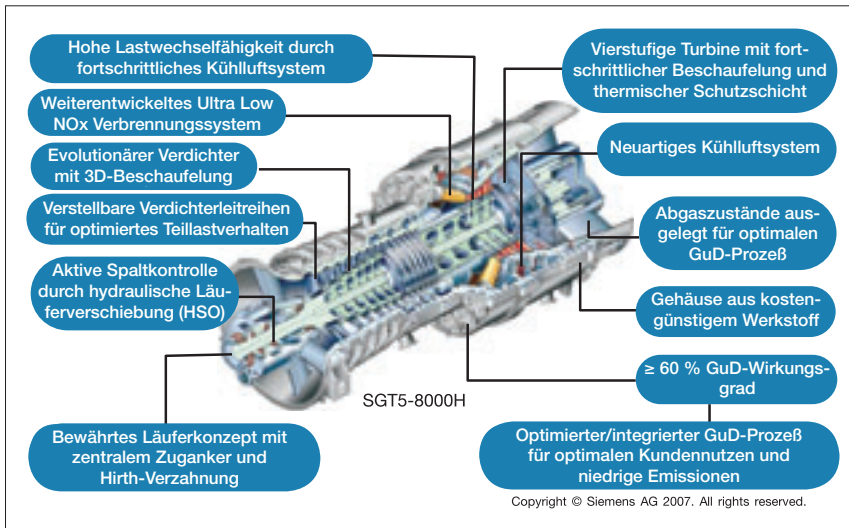


Abb. 2: Innovation als Antriebsfaktor für die leistungsstärkste Gasturbine der Welt.

Es ist die erste Turbine, die nach der Fusion von Siemens und Westinghouse entwickelt wurde und sie vereinigt in sich das Beste aus den bereits vorhandenen Produktlinien und nutzt modernste, innovative Technologien. Die Auslegung und Konstruktion der neuen Turbine baut auf den Erfahrungen mit ihren 50 Hz und 60 Hz Vorgängern auf. Wo immer dies möglich war, wurden bewährte Konstruktionsmerkmale angewendet, durchgängig wurden „Design for Six Sigma“-Werkzeuge eingesetzt, um ein wettbewerbsfähiges Produkt zu erhalten, das die eingangs genannten Forderungen erfüllt (Abb. 2).

Das Konzept der neuen Turbine SGT5-8000H wurde nach umfassender Machbarkeitsstudie während der Entwurfsphase aus vielen unterschiedlichen luftgekühlten Turbinenkonstruktionen und aus mehreren Gasturbinenzyklusmodellen ausgewählt. Das ausgewählte luftgekühlte Konzept bietet durch eine höhere Betriebsflexibilität, die in einer deregulierten Marktumgebung gefordert ist, das beste Ergebnis.

Die neue Gasturbine wurde von Teams an verschiedenen Standorten weltweit entwickelt, denen mehr als 250 Fachleute angehörten, hauptsächlich Ingenieure aus Erlangen, Berlin und Mülheim in Deutschland sowie aus Orlando und Jupiter in Florida, USA. Weitere 500 Mitarbeiter waren mit der Fertigung und Testvorbereitung der Prototyp-Turbine betraut. Zurzeit arbeiten rund 800 Mitarbeiter an der Planung und Errichtung der Prototyp-Testanlage.

Die Kundenforderungen und damit die Kundenvorteile waren die wesentlichen Antriebsfaktoren für die Entwicklung der neuen SGT5-8000H. Es galt, folgende Forderungen zu erfüllen:

- Nettowirkungsgrad im kombinierten Gas- und Dampfturbinenkraftwerk über 60 %
- Schnellstartfähigkeit und hohe Betriebsflexibilität
- Niedrigste Lebenszykluskosten

- Hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit
- Niedrige Emissionen
- Gutes Teillastverhalten bei hohem Wirkungsgrad und niedrigen Emissionen

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren startete Siemens PG im Jahre 2000 den internen Produktentwicklungsprozess (PDP) mit der strategischen Produktplanung. 2005 wurde die Entwicklung der weltweit größten und leistungsstärksten Gasturbine angekündigt. Ende April 2007 und genau nach Plan wurde der Prototyp der SGT5-8000H an seinen Bestimmungsort, das Gasturbinenkraftwerk Irching 4, transportiert (Abb. 3). Turbine und Generator wurden bereits auf ihre Fundamente gesetzt. Das erste Anfahren der Turbine ist für Ende 2007 geplant. Nach umfangreichen Tests wird diese neue Gasturbinengeneration 2008 für die Serienproduktion freigegeben werden. Die Testphase soll Mitte 2009 abgeschlossen sein.

Die Nettoleistung der SGT5-8000H wird mindestens 340 MW betragen und wird für den GuD-Prozess optimiert, mit einer Nettoleistung von über 530 MW und einem Wirkungsgrad von mehr als 60 % (Abb. 4).

Die wichtigsten Merkmale der Gasturbine sind:

- 13-stufiger Axialverdichter mit hohem Massenstrom, hohem Komponentenwirkungsgrad, vordere Stufen mit CDA- und die hinteren mit HPA-Profilen, vier verstellbare Leitriehen, freitragende Leitschauflern (Abb. 5)
- Hochtemperatur-Verbrennungssystem in Can-Ausführung, luftgekühlt
- Vierstufige Turbine mit Einkristallschauflern in Stufe 1 und mit Wärmedämmschicht auf den Schauflern der Stufen 1 bis 3, luftgekühlt (Abb. 6)
- Modernes Sekundärluftsystem
- Rotor mit zentralem Zuganker und Verdichter- und Turbinenscheiben, hydraulische Spaltoptimierung



Abb. 3: Der Prototyp der SGT5-8000H – Entwickelt entsprechend den Bedürfnissen des Marktes.

Brennstoff	Erdgas, Schweröl
Netzfrequenz	50 Hz
GT-Leistung	340 MW
Gewicht	444 t
Länge	13,2 m
Höhe	5,0 m

© Siemens AG, 2007. All rights reserved.

Abb. 4: SGT5-8000H – Technische Daten.



Abb. 5: SGT5-8000H – 13-stufiger Axialverdichter.

- Eine direkte Skalierung für weitere Turbinengrößen, z. B. für eine 60 Hz Gasturbine, ist möglich

Merkmale zur Erhöhung des Wirkungsgrads:

- Modernes Dichtungssystem für ein verlustarmes Gasturbinendesign
- Moderne Werkstoffe zur Erhöhung der Verbrennungs- und Abgastemperatur
- Weiter entwickelter Verdichter mit modernem Schauflerdesign
- Moderner, hochwirksamer Hochdruck- und Hochtemperaturkombiprozess mit Benson-Kessel, basierend auf dem hohen Massenstrom und der hohen Abgastemperatur der neuen Turbine

Merkmale zur Senkung der Lebenszykluskosten:

- Wirkungsgrad über 60 % im GuD-Betrieb.
- Niedrige Wartungs- und Betriebskosten durch geringere Komplexität von Turbine und Komponenten
- Einfaches Betriebskonzept



Abb. 6: Leitschaufel Stufe 1 in Einkristallausführung.

Merkmale zur Erhöhung der Betriebsflexibilität:

- Luftgekühlte Turbine, um sicherzustellen, dass das Kühlmedium immer und bei jeder Drehzahl funktionsfähig ist
- Betriebsflexibilität und kürzere Anfahrzeiten durch geringere Komplexität von Turbine und Komponenten

Über 3000 Messpunkte werden dabei helfen, die Leistung, die Integrität der Systeme und die Optimierung des Turbinenbetriebs zu bewerten.

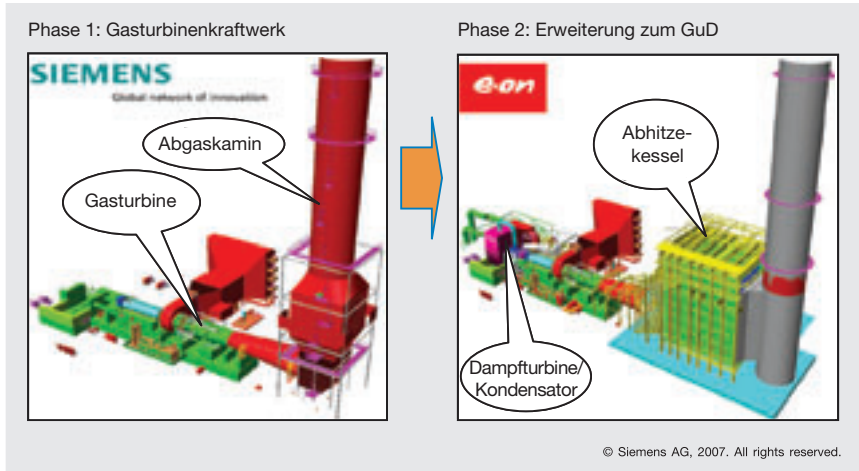


Abb. 7: Das GuD-Kraftwerk Irsching 4 – Zweiphasenkonzept.

Gas- und Dampfturbinen(GuD)-Kraftwerk Irsching 4 – Ein Zweiphasenkonzept

Das GuD-Kraftwerk Irsching 4 wird in zwei Phasen gebaut. In der ersten Phase werden die Prototypentests der neu entwickelten Gasturbine SGT5-8000H unter tatsächlichen Betriebsbedingungen durchgeführt. Das Kraftwerk wird zunächst als reines Gasturbinenkraftwerk gebaut, das bereits für die Erweiterung zu einer GuD-Einwellenkonfiguration vorbereitet wird. Die Prototypentests finden unter der Eigentümerschaft von Siemens PG statt (Abb. 7).

Die Prototyp-Testanlage wird in der ersten Phase mit folgenden Technologien und Komponenten ausgestattet:

- Einer Einwellenanordnung, vorbereitet für die anschließende Installation der Dampfturbine, der Wasser-Dampfkreislaufkomponenten und der Rohrleitungen
- Der neuen Siemens Gasturbine SGT5-8000H
- Einem wassergekühlten Siemens Generator SGen5-3000W
- Einem Abgaskamin
- Einem Heizgasversorgungssystem, angeschlossen an das Gasleitungsnetz der E.ON Ruhrgas
- Den Hilfsanlagen für Gasturbine und Generator
- Einem Transformator, angeschlossen an das E.ON-Hochspannungsnetz

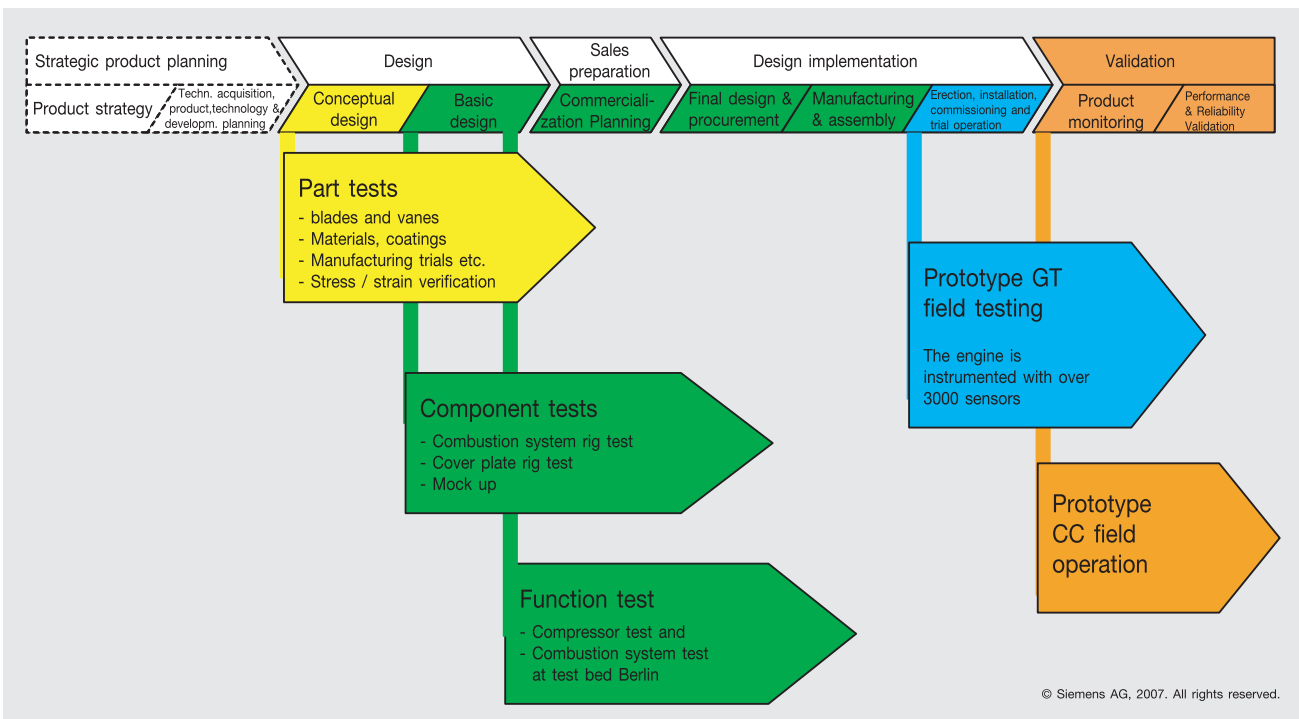


Abb. 8: Test- und Prüfschritte während der Produktentwicklung für ein möglichst geringes Kundenrisiko.

- Elektrische Stromversorgung und Leittechnik
- Einem Betriebs- und Testzentrum
- Ein Turbinengebäude mit Schwerlastkränen

Nach erfolgreichem Abschluss der Testphase wird die Testanlage in der zweiten Phase zu einem hocheffizienten GuD-Kraftwerk ausgebaut werden. Die Gasturbine wird dann von einer voll instrumentierten Turbine zu einer kommerziellen Ausführung umgebaut. Nach erfolgreichem Abschluss der Testphase 1 wird die Anlage an den Kunden, E.ON Kraftwerke, übergeben.

Die umfangreichen Tests unter realen Netzbedingungen stellen sicher, dass spätere kommerzielle Produktlinien mit einer angemessenen Testhistorie in den Markt eingeführt werden und die Freigabe für den kommerziellen Betrieb erst nach erfolgreichem Abschluss der Prototypentests erfolgt. Wir glauben, dass diese moderne Methode zu einer maximalen Qualität und Zuverlässigkeit der Produkte führt, die wir schließlich auf den Markt bringen und so auch das Risiko für unsere Kunden reduziert.

Nach dem Anfahr-, Teillast- und Grundlastvalidierungsbetrieb der Anlage folgt eine umfassende Dauertestphase. Mit dieser erweiterten Testphase erstreckt sich das gesamte Validierungsprogramm über rund 18 Monate.

Das GuD-Kraftwerk, das SCC5-8000H Konzept, ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Modernes GuD-Kraftwerksdesign in Einwellenanordnung
- Benson-Abhitzedampferzeuger
- Wassergekühlter Generator
- Zweigehäusige Dampfturbine mit zweiflutigem Niederdruckteil.

Testmethode und Validierungsverfahren der Gasturbine unter Einsatzbedingungen

Zur Minimierung des Kundenrisikos bei der Einführung des neuen Produkts wurden umfangreiche Tests der Komponenten und schließlich der gesamten Turbine auf allen Entwicklungsstufen durchgeführt (Abb. 8). Die einzelnen Tests der Komponenten, der Teilsysteme und der Turbine wurden im Siemens-Prüffeld Berlin oder an speziellen Entwicklungsstandorten durchgeführt. Der Gasturbinenprototyp wird unter realen Kraftwerksbedingungen mit Anschluss an das elektrische Stromnetz in einem Kooperationsvertrag mit E.ON Kraftwerke am Standort Irsching 4 getestet.

Alle wichtigen Gasturbinenkomponenten wurden in verschiedenen Teilsystemtests validiert. Diese Testergebnisse sind sehr viel versprechend. Die Verdichtertests wurden im Prüffeld von Siemens PG in Berlin 2005 erfolgreich durchgeführt. An verschiedenen Entwicklungsstandorten wurden Verbrennungstests durchgeführt: Hochdruck-Verbrennungstests bei Enel, Italien, und bei DLR, Deutschland. Katalytische Verbrennungstests im Prüfstand in Pittsburgh. Aerodynamische und Wärmeübertragungstests fanden im Werklabor in Mülheim und in der University of Central Florida sowie bei Florida Turbine Technologies statt. Atmosphärische Verbrennungs- und Zündtests wurden bei SPC Inc., Casselberry Lab, Orlando, Florida., durchgeführt.

Höhepunkte des Validierungsprojekts:

- Testanlagenbetrieb und Tests beim Kunden in Irsching 4 (E.ON) ausschließlich durch Siemens AG, mit Leitung des Prototypentests durch Siemens PG

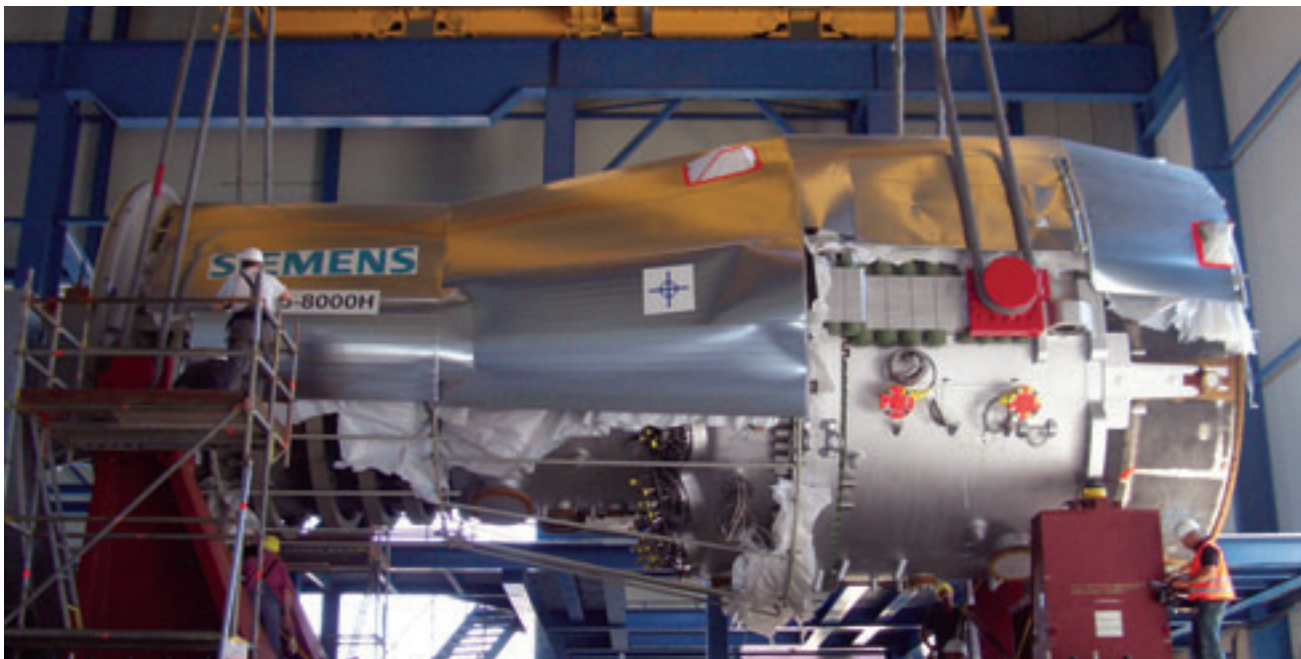
- Umfangreiche Prototypentests und Validierung
- Prototypurbine ausgestattet mit etwa 3000 Überwachungssensoren
- Freigabe der neuen SGT5-8000H für den kommerziellen Betrieb erst nach erfolgreichem Abschluss des Gasturbinenprototypentests

Bei der Erweiterung der Gasturbinenanlage in ein GuD-Kraftwerk mit optimierten Komponenten des Wasser-/Dampfkreislaufs werden die Erfahrungen aus dem Betrieb der Prototypenanlage berücksichtigt. Dabei entsteht eine Anlage mit Weltklasseniveau und einem hohen Wirkungsgrad, die nach der Freigabe für die Serienfertigung angeboten werden kann.

Zusammenfassung

Der größte Nutzen für den Kunden ist der hohe Wirkungsgrad von über 60%. Der Wirkungsgrad spielt nicht für eine umweltfreundliche Stromerzeugung eine wichtige Rolle, sondern auch für die Rentabilität des Kraftwerks. Da der Brennstoff der größte einzelne Kostenfaktor für den Betrieb eines Kraftwerks ist, kann bei einer Erhöhung um zwei Prozentpunkte, gerechnet über den gesamten Lebenszyklus eines GuD-Kraftwerks mit einer Leistung von 530 MW, der Betreiber bereits Millionen Euro einsparen.

Ziel ist, mit der Gasturbine zunächst die 50 Hz Märkte in Asien und Europa zu bedienen. Eine skalierte 60 Hz Gasturbine SGT6-8000H soll nach Prüfung der 50 Hz Turbine freigegeben werden. □



Dieser Artikel ist erschienen in:
VGB PowerTech
September 2007
Copyright © 2007 by
VGB PowerTech

Dieser Sonderdruck wurde
herausgegeben von:
Siemens AG
Power Generation
Freyeslebenstrasse 1
91058 Erlangen, Germany

Siemens Power Generation, Inc.
4400 Alafaya Trail
Orlando, FL 32826-2399, USA

Bestell-Nr. A96001-S90-B167
Printed in Germany
1359, 805 107960M SD 10072.

Alle Rechte vorbehalten.
Änderungen vorbehalten.
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

In diesem Dokument genannte Handelsmarken
und Warenzeichen sind Eigentum der Siemens AG
bzw. ihrer Beteiligungsgesellschaften oder der
jeweiligen Inhaber.

Die Informationen in diesem Dokument enthalten
allgemeine Beschreibungen der technischen Möglich-
keiten, welche im Einzelfall nicht immer vorliegen.
Die gewünschten Leistungsmerkmale sind daher im
Einzelfall bei Vertragsschluss festzulegen.