

„Graz-Cycle“ und „Substitute Natural Gas“ Neue Technologien für eine nachhaltige Strom- und Wärmeerzeugung

“Graz-Cycle” and “Substitute Natural Gas” New Technologies for Sustainable Power and Heat production

Jürgen Karl, Franz Heitmeir

Das Institut für Wärmetechnik und das Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik untersuchen die CO₂-freie Stromerzeugung aus Kohle sowie neue Methoden für eine effiziente Nutzung von regenerativen Energien. Mit innovativen Verfahren wie dem „Graz-Cycle“ und der Erzeugung von „Substitute Natural Gas“ aus Biomasse werden an diesen beiden TU Graz-Instituten Schlüsseltechnologien für eine klimaverträgliche Strom- und Wärmeerzeugung in dezentralen Kleinanlagen und in innovativen Großkraftwerken entwickelt.

Die Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung und Energieeinsparung mithilfe konventioneller Verfahren sind begrenzt. Nichtsdestotrotz steigt der weltweite Energiebedarf dramatisch. Zum Einsatz kommen dennoch weiterhin konventionelle Technologien für die Strom-, Wärme- und Kälteerzeugung, vor allem mit fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl und Erdgas. Das bedeutet: CO₂-Emissionen werden weiterhin steigen, fossile Ressourcen werden immer knapper. Politische und militärische Konflikte sind dadurch vorprogrammiert. Doch eine Minderung von Treibhausgasemissionen und politischen Abhängigkeiten kann nur durch den Einsatz neuer Technologien für die Energiewirtschaft Wirklichkeit werden. Das Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik und das Institut für Wärmetechnik setzen dabei vor allem auf zwei Alternativen: Erstens auf die Entwicklung neuer Verfahren für die dezentrale Nutzung erneuerbarer Energien und zweitens auf die Erforschung innovativer Methoden für die CO₂-freie Nutzung von Kohle. Dezentrale Verfahren für die Strom- und Wärmeversorgung stützen die regionale Wertschöpfung und sind notwendige Voraussetzungen für den Einsatz erneuerbarer Energien. Sonne, Wind und Biomasse fallen mit geringer Energiedichte

The Institute of Thermal Turbomachinery and Machine Dynamics and the Institute of Thermal Engineering investigate the CO₂-free production of power from coal and new technologies for an efficient use of renewable energies. The TU-Graz institutes develop key technologies such as the “Graz-Cycle” and the conversion of biomass into “Substitute Natural Gas” for a sustainable supply of heat and power in decentralized applications as well as innovative large scale power plants.

Options for saving energy and increasing efficiency with conventional technologies are usually limited. Nevertheless, the worldwide energy consumption is increasing. Thus conventional technologies for power, heat and cooling, based largely on fossil resources like coal, oil and natural gas, will continue to be utilized. That means CO₂ emissions will continue to rise, and shrinking resources will provoke political and military conflicts. For this reason reduction of green house gases and dependence on fossil resources require inevitably the development of new technologies for the energy system. The Institute of Thermal Turbomachinery and Machine Dynamics and the Institute of Thermal Engineering focus mainly on two alternatives: the development of new techno-



Jürgen Karl

promovierte und habilitierte an der TU München. Schwerpunkte seiner Arbeit sind die energetische Nutzung von Biomasse, Brennstoffzellen und die CO₂-freie Stromerzeugung aus Kohle. Seit 2007 ist er Vorstand am Institut für Wärmetechnik.

Jürgen Karl

was awarded his doctorate and habilitation at the Technical University of Munich and focused on biomass conversion, fuel cells and CO₂-free power-plant technologies. Since 2007 he has been head of the Institute of Thermal Engineering.

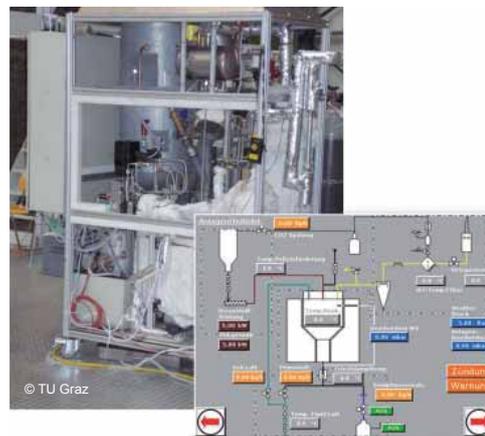


Abb. 1: Allothermer Labor - Vergaser für die Erzeugung biogener Synthesegase am Institut für Wärmetechnik.

Fig 1: Allothermal lab-scale gasifier for the generation of biogenous syngas at the Institute of Thermal Engineering.



Franz Heitmeir arbeitete von 1987 – 2001 bei MTU Aero Engines in München in den Bereichen Forschung, Entwicklung, Versuch und Marketing. Zuletzt war er Programm- und Entwicklungsleiter für die Triebwerke RB 199 (Tornado Kampfflugzeug) und MTR 390 (Tiger Hubschrauber). Seit 2001 ist er Vorstand des Instituts für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik und ist Partner in zahlreichen EU-Projekten zur Triebwerksforschung.

Franz Heitmeir worked at MTU Aero Engines in Munich, a leading gas turbine manufacturer in Germany, in the fields of research, development, testing and marketing from 1987 until 2001. His last position was program head and development head for the two engine programs RB 199 (Tornado fighter airplane) and MTR 390 (Tiger helicopter). Since 2001 he has been head of the Institute of Thermal Turbomachinery and Machine Dynamics and partner in several EU projects on jet engines.

dezentral an und erfordern daher kleinskalige Technologien.

Neben den langjährigen Forschungsschwerpunkten in den Bereichen „Haustechnik und Gebäudeoptimierung“ sowie „Klimatechnik“ steht am Institut für Wärmetechnik vor allem die effiziente Nutzung von Biomasse im Vordergrund. Eine Schlüsseltechnologie ist hier die thermische Vergasung. Bei der so genannten allothermen Vergasung entstehen hochwertige Synthesegase, die sich nach einer geeigneten Brenngasaufbereitung effizient in Brennstoffzellen oder für nachgeschaltete Synthesen nutzen lassen. Mit der Einrichtung eines Brennstoffzellenlabors werden derzeit Grundlagen für Langzeituntersuchungen zur Umsetzung biogener Gase in SOFC-Brennstoffzellen gelegt. Ideale Synergien ergeben sich dabei auch für ein weiteres Forschungsfeld des Instituts, die Erzeugung von synthetischem Erdgas (so genanntem Substitute Natural Gas, SNG) aus Biomasse. Bei der Methanierung von Holz kommen, wie in SOFC-Brennstoffzellen, nickelbasierte Katalysatoren zum Einsatz, die ähnliche Anforderungen an Gasreinigung und Versuchsausstattung stellen.

Neben dezentralen Technologien werden in der Energiewirtschaft weiterhin auch große zentrale Kraftwerkseinheiten eingesetzt. Kohle ist weltweit ohne Beschränkung auf regionale Krisenherde nach wie vor vorrätig und wird auch in Zukunft in großen Mengen verwendet werden. Umso wichtiger ist es daher, innovative Methoden für die CO₂-freie Verstromung von Kohle verfügbar zu machen. Eines der international am meisten zitierten Konzepte hierfür ist der am Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik entwickelte „Graz-Cycle“.

Der „Graz-Cycle“ kombiniert die Wirkungsvorteile hocheffizienter GUD-Prozesse mit der so genannten „Oxyfuel“-Verbrennung. Durch die

logies for decentralized conversion of renewable energies and new technologies for a CO₂-free conversion of coal.

In addition to the traditional focus on thermal building design and air conditioning the Institute of Thermal Engineering mainly investigates the efficient conversion of biomass. Thermal gasification is here a key technology. So-called indirect or allothermal gasification produces a particularly valuable syngas which is exceptionally suitable for use in fuel cells. With the installation of a fuel cell lab, the foundation has been laid for long-term investigations of the conversion of biogenous gases in solid oxide fuel cells. This field of research also provides ideal synergies for another focus of the institute – the synthesis of methane from biomass and the conversion of biomass into so-called “Synthetic Natural Gas” (SNG). Methanation of wood needs nickel-based catalysts and these cause similar demands on gas purification and experimental equipment as solid oxide fuel cells.

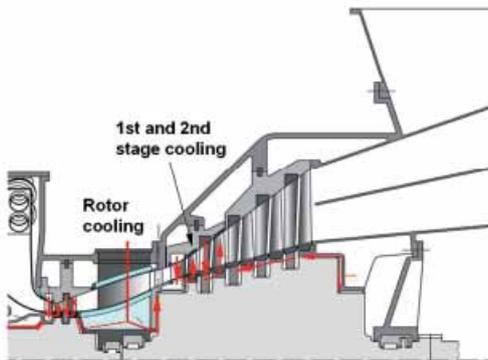
In addition to distributed generation the energy economy will further rely on large scale power plants.

Coal and Lignite are available worldwide without any restriction on regional hot spots and they will continue to be used in large quantities. Thus it is becoming increasingly important to provide “CleanCoal”-Technologies for a CO₂-free power production from coal.



Abb. 2/ Fig. 2

© TU Graz/Institut für Wärmetechnik

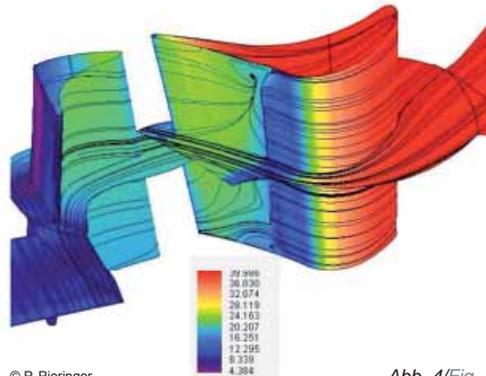


© E. Göttlich

Abb. 3/ Fig. 3

Verbrennung eines aus Kohle erzeugten Brenngases mit reinem Sauerstoff entsteht ein CO₂-Wasserdampf-Gemisch, aus dem der Wasserdampfanteil durch Kondensation einfach abgetrennt werden kann. Übrig bleibt reines CO₂, für dessen Endlagerung heute eine Vielzahl nachhaltiger Konzepte erprobt werden. Das Kernproblem der Sauerstoffverbrennung – die hohen Verbrennungstemperaturen – löst der „Graz-Cycle“ durch eine besonders intelligente Rezirkulation des Arbeitsmediums bestehend aus CO₂ und Wasserdampf. Dieses neuartige Arbeitsmedium verlangt allerdings die Entwicklung neuer Turbinen und Kompressoren für den „Graz-Cycle“. Abbildung 3 zeigt den Entwurf der Hochtemperaturturbine, die mit dem Arbeitsmedium von 40 bar und 1400°C beaufschlagt wird. Die roten Pfeile zeigen die Kühldampfströme. Diese Entwicklungen werden durch ein weiteres Arbeitsgebiet des Institutes, der CFD-Modellierung von Strömungen in thermischen Turbomaschinen, unterstützt. Abbildung 4 zeigt Druckverlauf und Stromlinien für die erste Stufe der Hochtemperaturturbine.

Die Sauerstoffverbrennung in Kohlestaub- und Wirbelschichtfeuerungen wird auch am Institut für Wärmetechnik in enger Kooperation mit dem Industriepartner Austrian Energy & Environment bearbeitet. Daneben ist auch die Methanierung eine vielversprechende Option für eine CO₂-freie Nutzung von Kohle. Im Sommer 2009 startet dazu das vom Institut für Wärmetechnik koordinierte EU-Projekt mit dem Titel „CO₂freeSNG“.



© P. Pieringer

Abb. 4/ Fig. 4

One of the internationally most renowned concepts for such power plants is the so-called „Graz-Cycle.“ The Graz-Cycle combines the high efficiency of combined cycle plants with the advantages of oxyfuel combustion. Combustion of gas from coal gasification with pure oxygen generates a steam/ carbon-dioxide mixture. Condensation separates the steam, thus resulting in pure carbon dioxide. The Graz-Cycle solves the key problem of oxyfuel combustion – the extraordinary high combustion temperature – by means of a particularly sophisticated recirculation of the working medium consisting of steam and carbon dioxide. But this unconventional working medium demands the development of new turbines and compressors. Fig. 3 shows the layout of the high temperature turbine which is fed by the working medium at 40 bar and 1400°C. The red arrows indicate the paths of the cooling steam. The turbomachinery design is supported by another research area of the institute: CFD simulation of flows in thermal turbomachines. Fig. 4 shows the pressure distribution and the stream lines for the first stage of the high temperature turbine.

The Institute of Thermal Engineering investigates oxyfuel combustion mainly in pulverized coal and fluidized-bed combustion systems in close cooperation with Austrian Energy & Environment. Another promising option for a sustainable conversion of coal is methanation. Summer 2009 will see the launch of the „CO₂freeSNG“ EU Project coordinated by the Institute of Thermal Engineering.

Abb. 2: Wirbelschichtverbrennungsanlage des Instituts für Wärmetechnik für die CO₂-freie Stromerzeugung.

Abb. 3: Hochtemperaturturbine des „Graz-Cycle“.

Abb. 4: CFD-Ergebnis für die erste Stufe der Hochtemperaturturbine.

Fig 2: Fluidized-bed combustion plant for CO₂-free power generation at the Institute of Thermal Engineering.

Fig. 3: High-temperature turbine of the Graz Cycle.

Fig. 4: CFD result of the flow in the first stage of the high-temperature turbine.