

Preisgekrönt: Gasmotoren-Verbrennungskonzept mit Houska-Preis ausgezeichnet

Highly Efficient Combustion Concept for Large Gas Engine Wins Houska Prize

Andreas Wimmer

Gemeinsam mit dem Unternehmen GE Jenbacher entwickelte das Large Engines Competence Center (LEC) der TU Graz ein Verbrennungskonzept für einen neuen Hochleistungsgasmotor, der mit seinem ausgezeichneten Wirkungsgrad einen weltweiten Spitzenplatz einnehmen soll. Mit dem dieser Entwicklung zugrundeliegenden Forschungsprojekt konnte das Team um Andreas Wimmer vom Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik den mit 70.000 Euro dotierten zweiten Platz im Rahmen des im April 2012 vergebenen Houska-Preises der B&C Privatstiftung gewinnen. Seit 2005 verleiht die B&C Privatstiftung jährlich den Houska-Preis für praxisorientierte Forschung an österreichischen Universitäten.

Gasmotoren spielen aufgrund der hohen Verfügbarkeit von gasförmigen Kraftstoffen, der ausgezeichneten Umweltverträglichkeit und nicht zuletzt aufgrund der großen Entwicklungsfortschritte der letzten Jahre eine zunehmende Rolle für Antriebskonzepte und für die Energieerzeugung. Das LEC am Institut für Verbrennungskraftmaschinen der TU Graz hat sich in diesem Zusammenhang – neben der Weiterentwicklung von Großdieselmotoren – auf die Entwicklung und Optimierung neuer Verbrennungskonzepte für Großgasmotoren spezialisiert.

Großmotoren im Fokus

Erdgasbetriebene Großmotoren zeichnen sich durch eine sehr geringe Emission von Luftschadstoffen (insbesondere Stickoxide und Partikel) aus und können einen maßgeblichen Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen leisten. Der CO₂-Vorteil ergibt sich zum einen aus dem höheren massenbezogenen Energieinhalt sowie dem geringeren Kohlenstoffgehalt von Erdgas im Vergleich zu konventionellen Flüssigkraftstoffen und

Together with the GE Jenbacher company, the Large Engines Competence Center (LEC) of Graz University of Technology developed a combustion concept for a new high-performance gas engine which has become a world innovation leader for its excellent efficiency. For the research project described below, Andreas Wimmer and his team from the Institute of Internal Combustion Engines and Thermodynamics won second place worth 70,000 euros of the Houska Prize awarded by the B & C Foundation in April 2012. The award is for business-oriented and practice-relevant research projects from Austria. The B & C Foundation has been awarding the Houska Prize for practical research at Austrian universities each year since 2005.

Gas engines are playing an increasingly bigger role in propulsion concepts and power generation due to the extensive availability of gaseous fuel, their low environmental impact and the great progress in development that has been made in the last few years. The Large Engines Competence Center (LEC) of the Institute of Internal Combustion Engines at Graz University of Technology specializes in the development and optimization of new combustion concepts for large gas engines.

Large engines in focus

Large engines operated with natural gas are characterized by very low emissions of airborne pollutants (in particular nitrogen oxides and particulate matter) and can make a significant contribution to reducing CO₂ emissions. The CO₂ advantage arises from the higher energy content in terms of mass and from the lower carbon content of natural gas as compared to conventional liquid fuels as well as from the high efficiency of the lean burn concept used with these engines. Natu-



Andreas Wimmer ist Leiter des Large Engines Competence Centers (LEC) und stellvertretender Vorstand des Instituts für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Verbrennungsentwicklung für Großmotoren, der Motorprozesssimulation und der Motorenmesstechnik.

Ralf Kolleck is the head of the Institute of Tools and Forming, spokesman for the Frank Stronach Institute and the FoE Mobility & Production. His research topics are production concepts for lightweight vehicles, forming technologies, and temperature and surface treatments.



© TU Graz/Wilfried Eichlseder

*Abb. 1: Verleihung
des Houska-Preises am
26. April 2012.
Fig. 1: Award of the
Houska Prize on
26 April 2012.*

zum anderen vor allem auch aus dem hohen Wirkungsgrad des für diese Motoren eingesetzten Magerkonzepts. Gegenüber Diesel besteht ein CO₂-Vorteil von über 30 %. Jede weitere Verbesserung des Motorwirkungsgrads trägt zu einer erheblichen Reduktion der CO₂-Emission bei. So ergibt eine Steigerung des Wirkungsgrads um 1 Prozentpunkt bei einem 10-MW-Motor einen um ca. 750 Tonnen pro Jahr verringerten CO₂-Ausstoß.

GE zählt mit Jenbacher Gasmotoren zu den renommiertesten Herstellern von Gasmotoren. Bisher hat sich GE mit Jenbacher Gasmotoren im Leistungsbereich bis zu 4,4 MW sehr erfolgreich etabliert. In den letzten Jahren konnte jedoch weltweit ein eindeutiger Trend zu Gasmotoren mit einer Leistung von über 5 MW festgestellt werden. Mit der Entwicklung eines neuen Motors in der 10-MW-Klasse stellt sich Jenbacher Gasmotoren von GE dieser Herausforderung und zielt mit einem Hochtechnologiekonzept mit herausragenden Motorfunktionswerten insbesondere in Bezug auf den Wirkungsgrad auf einen optimalen Kundinnen- und Kundennutzen ab. Den Schlüssel zur Erreichung dieser Zielsetzung stellt ein optimales Verbrennungskonzept dar, das im Rahmen des Forschungsprojekts am LEC zu entwickeln war.

Neben einem Wirkungsgrad von nahezu 50 % wurde dabei auch eine sehr hohe Leistungsdichte angestrebt. Die dafür gewählte Motordrehzahl von 1.000 U/min ergibt in Kombination mit einem

ral gas engines have a CO₂ advantage of over 30% on diesel engines. Every new improvement in engine efficiency reduces CO₂ emissions even more. An increase in efficiency of 1% point for a 10 MW engine results in a reduction of around 750 tons of CO₂ emissions per year.

With its Jenbacher Gas Engines division, GE is one of the most renowned manufacturers in the area of gas engines for power generation. GE has been very successful in offering Jenbacher gas engines with a power output ranging up to 4.4 MW. In the last few years, however, a clear global trend toward gas engines with a power output of more than 5 MW has become apparent. GE's Jenbacher has now set itself the challenge of developing a new gas engine in the 10 MW class with a high technology concept in order to achieve excellent efficiency and thus an optimal benefit for the customers. The key to achieving these targets is a sophisticated combustion concept which was developed within the research project at the LEC.

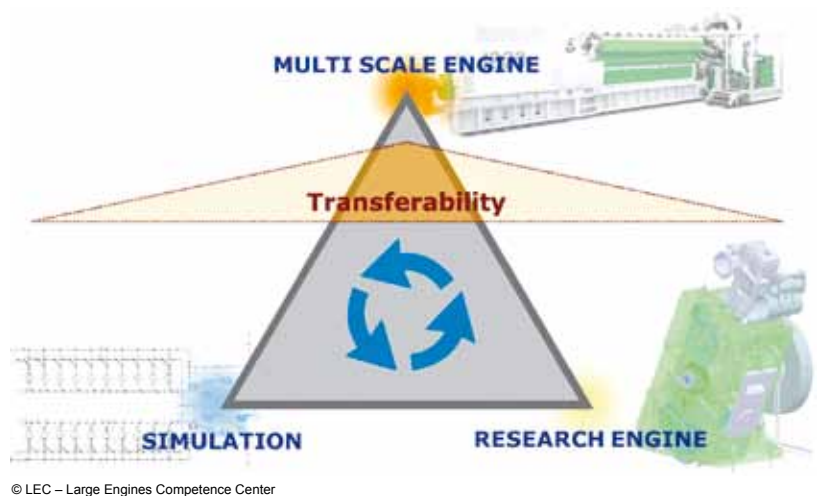
The concrete objective of the project was to develop a lean burn combustion concept with an effective efficiency of nearly 50% while meeting high power output. The high speed of 1,000 rpm chosen for the engine and the required BMEP and efficiency levels place great demands on the combustion concept. Furthermore, the concept must be able to meet future emission limits.

hohen Mitteldruck- und Wirkungsgradniveau höchste Anforderungen an das Verbrennungskonzept. Zudem muss das Konzept in der Lage sein, auch zukünftige Emissionsvorschriften einhalten zu können.

Die Entwicklungsmethodik

Für die Durchführung des Projektes wurde die zur Entwicklung und Optimierung von Verbrennungskonzepten für Großmotoren am LEC abgeleitete Methodik LDM (LEC Development Methodology) eingesetzt. LDM basiert auf einer intensiven Interaktion von Simulation und experimentellen Untersuchungen an Einzylinder-Forschungsmotoren sowie Vollmotoren. Im Rahmen der Entwicklungsmethodik werden sowohl die dreidimensionale CFD-Simulation als auch die null- und eindimensionale Motorprozessrechnung eingesetzt. Während die 3D-CFD-Simulation vor allem für die Detailoptimierung der relevanten Vorgänge eingesetzt wird, werden null- und eindimensionale Motorprozesssimulationen für die Voroptimierung maßgeblicher Motorparameter angewandt.

Die Vorauslegung des Verbrennungskonzeptes des J920-Motors erfolgte zum größten Teil auf Basis der Simulation, wobei intensiv auf die am LEC entwickelten Modelle zur Simulation der Verbrennung, des Klopfens und der Schadstoffbildung zurückgegriffen wurde. Dieser virtuelle Ansatz wurde vor allem wegen der sehr kurzen Entwicklungszeit, die für das Gesamtprojekt zur Verfügung stand, gewählt. Die weitere thermodynamische Optimierung wurde in weiterer Folge auf dem speziell für diese Aufgabe am LEC aufgebauten Einzylinder-Forschungsmotor durchgeführt. Nach umfangreichen Tests des entwickelten Verbrennungskonzeptes am Einzylinder-Forschungsmotor wurde das Konzept schließlich auf den Prototyp-Vollmotor bei Jenbacher Gasmotoren übertragen.



Development methodology

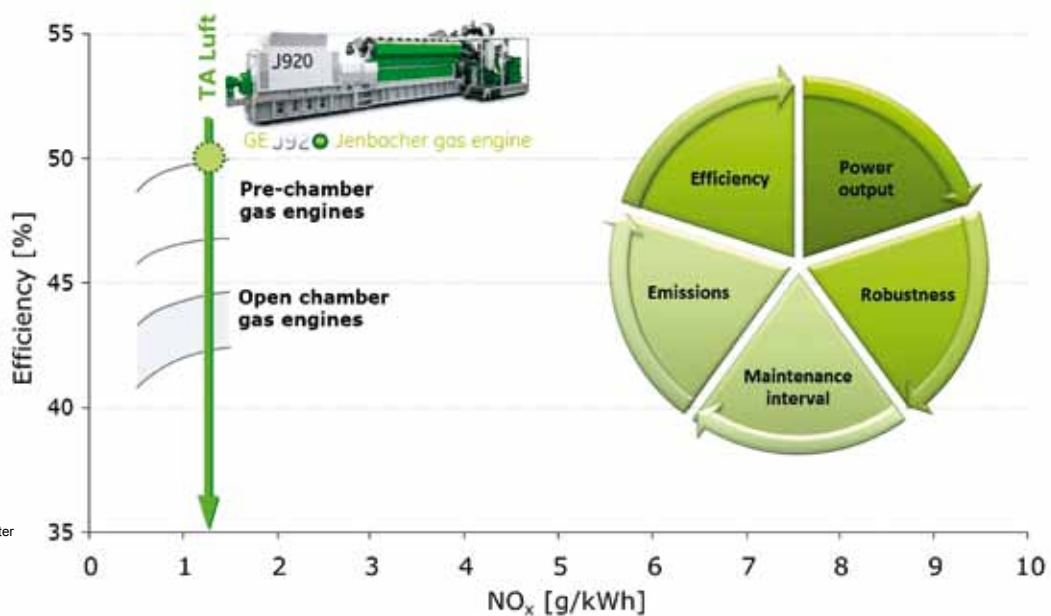
LDM (LEC Development Methodology), a methodology for developing and optimizing combustion concepts for large engines that was developed at the LEC, was used to implement the project. LDM is based on an intensive interaction between simulation (SIM) and experimental investigations on single-cylinder research engines (SCE) and multi-cylinder engines (MCE). The development methodology makes use of three-dimensional CFD simulation and zero- and one-dimensional engine cycle simulation. While 3D CFD simulation is employed above all to optimize the details of relevant processes, zero- and one-dimensional engine cycle simulation is applied to pre-optimize significant engine parameters.

The combustion concept for the J920 engine was largely pre-designed on the basis of simulation, which relied intensively on the models simulating combustion, knock and pollutant formation developed at the LEC. This virtual approach was chosen above all due to the very short development time available for the entire project. Further thermodynamic optimization work was done on the single-cylinder research engine set up at the LEC specially for this project. Extensive tests of the combustion concept under development were carried out on the single-cylinder research engine during which the operating limits and the engine parameters were determined. The concept was then transferred to the prototype multi-cylinder engine from GE's Jenbacher Gas Engines.

Abb. 2: LEC

Entwicklungsmethodik.

Fig. 2: LEC Development Methodology.



© LEC – Large Engines Competence Center

Abb. 3: J920 im Vergleich zu Wettbewerbsmotoren.

Fig. 3: J920 in comparison to engines of competitors.

Anwendungsgebiete

Großgasmotoren werden bereits heute für unterschiedlichste Anwendungen eingesetzt, wobei die Anzahl der möglichen Anwendungsgebiete stetig steigt. Die wichtigsten Einsatzgebiete sind dezentrale Erzeugung von Strom und Wärme in Blockheizkraftwerken (der Gesamtwirkungsgrad einer BHKW-Anlage liegt bei über 90 %), Gen-Sets und mechanische Antriebe. Mit den zukünftig strenger werdenden Emissionsvorschriften im Marinebereich ist auch die Verwendung von Gasmotoren als Schiffsantrieb in das Interesse der Hersteller und Reedereien gerückt. Zunehmend an Bedeutung gewinnt die Anwendung von Großmotoren auch als Biogas- und Sondergasmotoren (Deponiegase, Abfallgase aus der Industrie, Erdölbegleitgase etc.).

Conclusio

Insgesamt können die Ergebnisse des preisgekrönten Projektes wie folgt zusammengefasst werden: Es wurde ein hocheffizientes Verbrennungskonzept für den neuen 9,5 MW Jenbacher Gasmotor von GE entwickelt. Insbesondere der Wirkungsgrad von 48,7 % elektrisch stellt einen weltweiten Spitzenwert dar. Die Basisauslegung des Brennverfahrens erfolgte praktisch ausschließlich auf Simulationsbasis. Sowohl die Messungen am Einzylinder-Forschungsmotor als auch am Prototyp des Vollmotors bestätigten die hervorragende Qualität der Vorausoptimierung. Durch den virtuellen Ansatz konnte eine sehr kurze Entwicklungszeit für das Motorkonzept eingehalten und eine wesentliche Reduktion der Entwicklungskosten erzielt werden. Das Konzept wurde bereits erfolgreich durch ein umfassendes Versuchsprogramm am Vollmotor bei Jenbacher Gasmotoren validiert und befindet sich in der Serienüberleitung. ■

Applications of large gas engines

The excellent qualities of large gas engines make them suitable for a wide variety of applications, and the number of potential areas of application continues to rise. The most important areas of use are the decentralized production of electricity and heat in combined heat and power plants (CHPP) (the overall efficiency of a CHPP is over 90%), gen-sets and mechanical drive applications. As future emission regulations become more stringent in the area of marine applications, manufacturers and shipping companies are becoming increasingly interested in using gas engines for ship propulsion. The use of large engines for biogas and special gas engines is also gaining in importance. Special gas engines allow environmentally sound power generation using gases that in many cases cannot otherwise be exploited, e.g. landfill gas, waste gas from industry, and flare gas.

Conclusion

Overall the results of the awarded project can be summarized as follows:

A highly efficient combustion concept was developed for GE's new 9.5 MW Jenbacher gas engine. The electrical efficiency level of 48.7% is best of class worldwide. The combustion concept was pre-designed to a very large degree using simulation. The measurements on both the single-cylinder research engine and the prototype of the multi-cylinder engine confirmed the outstanding quality of pre-optimization. The use of this virtual approach enabled the engine concept to be developed within a very short time and very cost-effectively. The concept developed has already been successfully validated on the multi-cylinder engine at GE's Jenbacher Gas Engines through an extensive test program and is currently being put into series production. ■