



## CD-Labor für Thermodynamik der Kolbenmaschinen

### *CD-Laboratory for the Thermodynamics of Reciprocating Engines*

Mit Beginn September 2004 wurde am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Helmut Eichlseder) ein neues Christian-Doppler-Forschungslabor unter der Leitung von Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Raimund Almbauer genehmigt. Die Mission eines CD-Labors besteht in der Grundlagenforschung und Aufbereitung der Erkenntnisse für die industrielle Anwendbarkeit und wird daher in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern durchgeführt.

Das CD-Labor für Thermodynamik der Kolbenmaschinen beschäftigt sich mit der Analyse von zwei speziellen Typen von Kolbenmaschinen, die beide in großen Stückzahlen gebaut werden. Einerseits der Kältemittelkompressor für Kühlschränke, von dem weltweit ca. 80 bis 100 Millionen Stück und andererseits der schnelllaufende 2-Takt Motor von dem weltweit mehrere Millionen Stück pro Jahr gefertigt werden. Auf Grund dieser hohen Stückzahlen führt jede geringfügige Verbesserung der einzelnen Maschine zu einer beträchtlichen Verringerung des Gesamtenergieverbrauchs. In den Forschungsprojekten wird versucht die Arbeitsprozesse der beiden Kolbenmaschinen mit Hilfe einer eingehenden thermodynamischen Untersuchung zu analysieren. Die Analyse wird mit 0d-, 1d-, und 3d-Simulationsmodellen unterstützt, die mit Hilfe von Messungen verifiziert werden.

Als gemeinsame Basis beider Maschinen ist der Gaswechsel anzusehen, bei dem durch einen Schalldämpfer angesaugt wird und das Gas die Maschine wieder über (einen) Schalldämpfer verlässt. Beide Kolbenmaschinen erzeugen dabei hoch transiente Strömungen mit starken Druckschwankungen. Sie beschleunigen und verzögern die Strömung während eines Arbeitszyklus innerhalb sehr kleiner Zeitspannen. Diese physikalischen Vorgänge beeinflussen wesentlich den Arbeitsprozess, den Wärmeübergang, die Strömungsverluste und die Wirkungsgrade und damit letztendlich den Energieverbrauch bzw. -aufwand. Neben diesen Gemeinsamkeiten bestehen jedoch auch entscheidende Unterschiede, die dementsprechend berücksichtigt werden müssen.

Kommerzielle Simulationsmodelle haben umfangreiche Möglichkeiten physikalische Prozesse abzubilden. Dabei sind nur wenige dieser Teilmodelle mathematisch exakt formuliert. Je komplexer die Vorgänge sind, desto mehr Parametrisierungen müssen verwendet werden, die ihrerseits auf Messergebnissen beruhen. Eine komplexe Simulationaufgabe ist u.a. durch die zweiphasige Strömung von Kältemittel und Öl im Gehäuse eines hermetisch abgeschlossenen Kältemittelkompressors gegeben. Die Ölströmung hat einen wesentlichen Einfluss auf den Wärmeübergang und damit auf die Leistungszahl des Kompressors. Ein weiteres Beispiel eines ebenso komplexen Vorgangs ist die Zeitspanne bei der der Auspuff beim Zweitaktmotor geöffnet wird. Durch das überkritische Druckverhältnis zwischen Zylinder und Auspuff wird im engsten Querschnitt Schallgeschwindigkeit erreicht, die zu Überschall-

effekten, Verdichtungsstößen und starken Verwirbelungen im Auspuff führt. Die Simulationen sollen schließlich Daten von einer solchen Qualität erzeugen, dass die 1-dim. und 3-dim. instationären Vorgänge der Gasbewegung, des Wärmeübergangs etc. richtig abgebildet sind und damit Analysen der Arbeitsprozesse zulassen.

Die Gültigkeit der Simulationsmodelle muss mit Hilfe gut vermessener und dokumentierter Testfälle der komplexen Vorgänge überprüft werden. Dabei ist es wichtig möglichst ähnliche Maschinen als Testfälle für Teilsysteme und das Gesamtsystem heranzuziehen. Diese Messungen werden teilweise am CD-Labor und teilweise bei den Industriepartnern durchgeführt.

Die validierten Simulationsmodelle dienen zur Analyse der physikalischen Prozesse durch Vergleich mit Idealprozessen, wie es in der Thermodynamik üblich ist, um Verbesserungspotenziale aufzuzeigen. Durch Erkennen der Schwachstellen von bestehenden Konstruktionen können neue Lösungen entwickelt werden. Solche Untersuchungen sollen mittels der abgestimmten Simulationsmodelle bereits im Konstruktionsstadium erfolgen können, um so die Entwicklungszeiten und die time to market zu verkürzen. Für den Fall, dass Simulationsmodelle ausreichend genau und schnell sind, können auch automatisierte Optimierungsstrategien angewandt werden.



Innenleben eines hermetischen Kältemittel - Kolbenkompressor von ACC (Bild: ACC, CDL)



Schnelllaufender 2 Zyl. 2-Takt Motor, 1000 ccm, mit 163 PS von ROTAX (Bild: ROTAX)

### *CD-Laboratory for the Thermodynamics of Reciprocating Engines*

*The CD-Laboratory for Thermodynamics of Reciprocating Engines deals with the analysis of two different types of reciprocating engines. One of them is the hermetic piston compressor for household refrigeration, of which about 80 to 100 million units are produced per year. The other one is the high-speed 2-stroke engine with a production of several million units per year. Due to the enormous numbers even small reductions of energy consumption of the single product will influence the total consumption immensely. In the ongoing research projects the working processes of both machines will be examined using thermodynamic analysis. 0d-, 1d-, and 3d-simulation models will be applied,*

*which are verified with measurement data. The common basis of both machines is the gas exchange, as the 'fresh' gas is sucked into the machine through a suction muffler, and the 'discharge' gas leaves the machine again through a muffler. Both reciprocating machines produce an instantaneous flow with strong pressure oscillations. Both machines accelerate and decelerate the flow during one cycle within a very short time. Different intake and exhaust respectively discharge mechanisms produce the geometrical boundary conditions for this gas flow. These physical processes influence the working process, the heat transfer, friction losses in the flows and thus the performance.*

<http://www.acc-austria.at>  
<http://www.rotax.com>  
<http://www.cdg.ac.at>  
<http://fvkma.tu-graz.ac.at>