



## Studien-/Masterarbeit

### Entwicklung einer Simulationsumgebung für elektrische Luftverdichter in mobilen Brennstoffzellensystemen *Development of a simulation environment for electric air compressors for mobile fuel cell applications*

Bearbeitungsdauer: 3/6 Monate (Studien-/ Masterarbeit)

Im Zuge der Elektrifizierung des Mobilitätssektors ist insbesondere die Bereitstellung der elektrischen Energie für die Flug- und Fahrtriebe eine Herausforderung. Neben der Nutzung von Batterien stellt der Einsatz von Brennstoffzellen eine erfolgversprechende Alternative dar. Insbesondere die Nutzung von Wasserstoff als Drop-in Fuel ist hierbei für kurze Standzeiten ein wesentlicher Vorteil. Um den Betrieb eines Brennstoffzellenstapels bei großer Flughöhe zu ermöglichen und andererseits dessen Leistungsfähigkeit zu erhöhen, kann der Betriebsdruck an der Kathodenseite erhöht werden. Für die notwendige Verdichtung werden in der Regel Radialverdichter genutzt. Um einen Teil des hohen parasitären Energieverbrauchs für die Verdichtung zu kompensieren, kann insbesondere in großen Flughöhen Enthalpie aus dem Abgas zurückgewonnen werden. Hierzu kann ein Aufbau genutzt werden, der einem Turbolader ähnlich ist. Da aus der Brennstoffzelle gesättigte feuchte Luft mit einer Temperatur von 70-80°C austritt, reicht deren Exergie nicht aus um den Verdichter anzutreiben. Die fehlende Leistung durch einen zusätzlichen Elektromotor bereitgestellt.

Der Kreisprozess des Gaspfades wird am Institut für Flugantriebe mit dem Simulationsprogramm ASTOR untersucht. Im Rahmen dieser studentischen Arbeit soll ASTOR weiterentwickelt werden. Hierbei liegt der Fokus insbesondere auf der Überführung von der Simulink in die MATLAB-Umgebung. Dabei sollen die Vektorisierungsmöglichkeiten von MATLAB intensiv ausgenutzt werden, um möglichst hohe Performance und Flexibilität zu erreichen. Im Anschluss sollen anhand des weiterentwickelten Modells Simulationen der Maschine durchgeführt werden. Dabei soll der höhere Grad an Modularität von MATLAB im Gegensatz zu Simulink ausgenutzt werden, um die Diskretisierung verschiedener Baugruppen zu erhöhen. Im Fokus der Simulation sollen unter anderem die Abhängigkeit der Simulationsergebnisse von der gewählten Diskretisierung liegen.

*In the course of the electrification of the mobility sector, the provision of electrical energy for aircraft and vehicle propulsion systems is a particular challenge. In addition to the use of batteries, the use of fuel cells represents a promising alternative. In particular, the use of hydrogen as drop-in fuel is a significant advantage here for short turnaround times. In order to enable the operation of a fuel cell stack at high altitudes and, on the other hand, to increase its performance, the operating pressure on the*

*cathode side can be increased. Radial compressors are usually used for the necessary compression. To compensate for some of the high parasitic energy consumption for compression, enthalpy can be recovered from the exhaust gas, especially at high altitudes. A setup similar to a turbocharger can be used for this purpose. Since saturated moist air with a temperature of 70-80°C exits the fuel cell, its exergy is not sufficient to drive the compressor. The missing power is provided by an additional electric motor.*

*The cycle of the gas path is investigated at the Institute of Jet Propulsion with the simulation program ASTOR. Within the scope of this student project, ASTOR will be further developed. In particular, the focus is on the transfer from Simulink to the MATLAB environment. The vectorization possibilities of MATLAB are to be used intensively in order to achieve the highest possible performance and flexibility. Subsequently, simulations of the machine are to be carried out on the basis of the further developed model. The higher degree of modularity of MATLAB in contrast to Simulink will be exploited to increase the discretization of different assemblies. Among other things, the simulation will focus on the dependence of the simulation results on the selected discretization.*

Voraussetzung sind gute Kenntnisse der Thermodynamik und Erfahrung in der Programmierung mit MATLAB. Von Vorteil sind Erfahrungen bei der Vektorisierung von Programmcode.

*Prerequisite is a good knowledge of thermodynamics and experience in programming with MATLAB. Experience in vectorization of program code is an advantage.*

#### **Literatur:**

- [1] Lück, S., Göing, J., Bode, C., Friedrichs, J., PSEUDO BOND GRAPH SYSTEM MODELLING OF ELECTRIC AIR COMPRESSORS WITH ENERGY RECOVERY FOR FUEL CELL APPLICATIONS, ASME Turbo Expo 2020: Turbomachinery Technical Conference and Exposition
- [2] Göing, J., Kellersmann, A., Bode, C., Friedrichs, J., JET PROPULSION ENGINE MODELLING USING PSEUDO BOND GRAPH APPROACH, ASME Turbo Expo 2019: Turbomachinery Technical Conference and Exposition
- [3] Meyer, P., Lück, S., Spuhler, T., Bode, C., Hühne, C., Friedrichs, J., Sinapius, M., Transient Dynamic System Behavior of Pressure Actuated Cellular Structures in a Morphing Wing, Aerospace 2021
- [4] Kurzke, J., Halliwell, I., Propulsion and Power, Springer International Publishing 2018

#### **Ansprechpartner:**

Sebastian Lück, M.Sc.  
2.OG Raum 228  
Tel.: 0531 / 391 94241  
E-Mail: [s.lueck@ifas.tu-braunschweig.de](mailto:s.lueck@ifas.tu-braunschweig.de)