CFD Simulation: Stirling-Wärmeübertrager für Hochtemperaturspeicher

frauscher motors

www.frauscher-motors.com

Projektzeitraum: August 2022 bis April 2023
Gefördert von der FFG
Projektleitung: Franz Diermaier
Projektpartner: Johannes Keppler Universität Linz

FFG Forschung wirkt

JKU JOHANNES KEPLER UNIVERSITY LINZ

Projektbeschreibung

Mit dem Ziel einer hochflexiblen Möglichkeit der Stromerzeugung mit einem Stirlinggenerator, bietet sich die Auskopplung von Wärmeenergie über einen Heißgas-Zwischenkreislauf an. Mit dieser Möglichkeit können nahezu alle beliebigen Wärmequellen, wie zum Beispiel Biomasse, Hochtemperaturspeicher oder Industrieöfen prozesssicher und mit geringem Aufwand zur Stromgewinnung genutzt werden. Um die Wärme effizient von der Quelle in die Stirlingmaschine zu transportieren, muss diese zuerst über einen Wärmetauscher auf ein gasförmiges Zwischenmedium, z.B. Luft übertragen werden. Anschließend wird es bei Temperaturen bis zu 1000 °C durch ein Heißgasgebläse mit hoher Geschwindigkeit über den Erhitzer-Wärmetauscher der Stirlingmaschine geleitet und gibt dort Wärmeenergie ab. Bild 1 zeigt eine mögliche Strömungsführung mit einem axialen Einlass und einem radialen Auslassdiffusor. Für eine effiziente Wärmeübertragung bei möglichst geringen Strömungsverlusten, muss ein innovativer Erhitzer-Wärmetauscher entwickelt werden. Im Unterschied zu bisherigen Wärmequellen, also der direkten Verbrennung brennbarer Gase, muss hierbei die gesamte Wärmeenergie ausschließlich über Konvektion übertragen werden. Der ansonsten üblicherweise sehr hohe Anteil von Wärmestrahlung in einer Gasverbrennung steht nicht zur Verfügung. Dabei kann die Größe des Erhitzers aufgrund der thermodynamischen Voraussetzungen des Stirling-Prozesses nach oben hin nicht beliebig vergrößert werden.

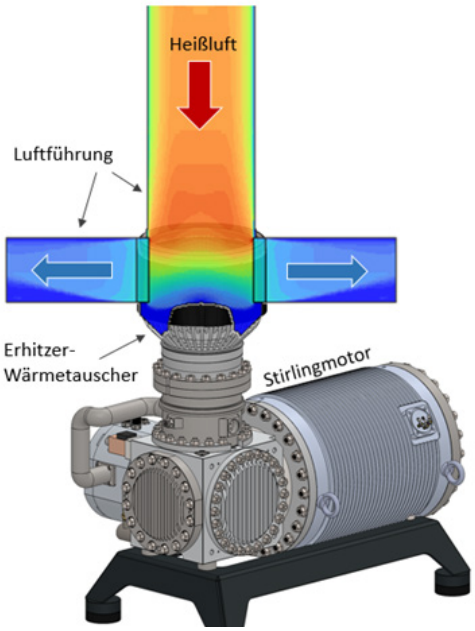

Bild 1: Mögliche Strömungsführung durch den Stirling-Wärmetauscher

Ergebnisse

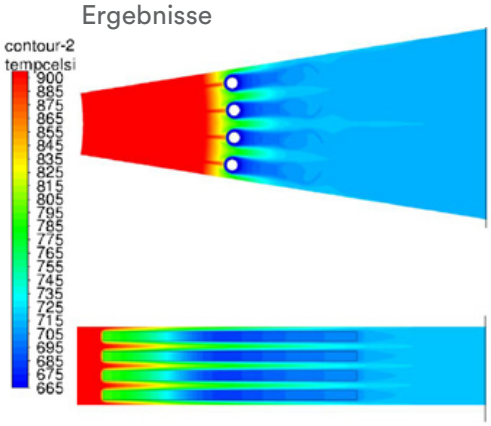

Bild 2: Contour Plot der Temperatur vor und nach dem Erhitzerwärmetauscher

Die Wärmetauschergeometrie wurde mithilfe einer CFD Analyse hinsichtlich optimaler Rippenform und -länge optimiert. In der Simulation zeigte sich eine maximale übertragbare Wärmeleistung von über 21 kW bei einer Eintrittstemperatur von 900°C und einem Betriebsvolumenstrom von 1000 m³/h. Bild 2 zeigt den Temperaturverlauf des kuchenförmigen Berechnungsgebietes mit radial nach außen zeigender Strömungsrichtung. Der obere Bildbereich zeigt die Ansicht von oben mit den Wärmetauscherrohren. In der Seitenansicht darunter sind die einzelnen Rippen erkennbar. Es ist ersichtlich, dass sich der Heißgasstrom auf etwa 715°C abkühlt. Der Druckverlust wurde in diesem Betriebspunkt mit knapp 95 Pa errechnet.

Zusammenfassung

Die geforderte Wärmeübertragungsleistung von mindestens 16,5 kW wurde mit 21 kW deutlich überschritten. In Zusammenhang mit dem relativ geringen Druckverlust von 95 Pa beinhaltet die Konstruktion noch ausreichend Spielraum um auch bei geringerem Volumenstrom und schlussendlich bei einer akzeptablen Gebläseleistung noch ausreichend Energie transportieren zu können.

Für weitere Informationen zum Forschungsprojekt kontaktieren Sie bitte Franz Diermaier (DW 8272)