



MASTERARBEIT

„Regenerative Kreisprozesse“

Markus Lohmayer

Elitestudiengang „Bavarian Graduate School of Computational Engineering“

Friedrich-Alexander Universität , 2021

Regenerative Wärmekraftmaschinen

Markus Lohmayer hat an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg studiert und war Teil der Bavarian Graduate School of Computational Engineering. Im Rahmen seiner Masterarbeit begann der Ingenieur sich mit der mathematischen Modellierung von thermodynamischen Systemen zu beschäftigen. Insbesondere Systeme die Sonnenwärme oder industrielle Abwärme nutzen können um Kühlleistung zu erbringen stehen im Mittelpunkt seines Interesses.

Klimatisierung und Klimakrise

Wärmekraftmaschinen basierend auf dem Kreisprozess von Stirling (1816) sind altbekannt und gewissermaßen fast schon in Vergessenheit geraten. Dennoch besitzen sie ein großes technologisches Potential, welches insbesondere in Anbetracht unseres limitierten Kohlenstoffbudgets ausgeschöpft werden könnte. Die Maschinen arbeiten als Wandler zwischen thermischer und mechanischer Leistung. Der Wandlungsprozess lässt sich in beide Richtungen nutzen: Eine Antriebsmaschine nutzt einen Temperaturunterschied um mechanische Leistung zu erbringen. Andersherum nutzt eine Kältemaschine oder Wärmepumpe mechanische Leistung um einen Temperaturunterschied zu generieren.

Während Stirling-Maschinen in der Tieftemperaturtechnik etabliert sind, steckt die Technologie immer noch in den Kinderschuhen wenn es um die nachhaltige Nutzung geringerer Temperaturunterschiede geht. Insbesondere Varianten die mit akustischen Wellen statt mit bewegten Maschinenteilen arbeiten könnten in Zukunft stromfressende Klimaanlage ersetzen.

Thermodynamik und Systemtheorie

Insbesondere bei den thermo-akustischen Maschinen ist es nicht leicht die Dynamik des Systems zu verstehen und für einen effizienten Betrieb zu optimieren. Neben experimentellen Arbeiten erweisen sich dafür mathematische Modelle als ein wichtiges Werkzeug. Bekannte Methoden auf diesem Gebiet sind allerdings entweder extrem aufwendig und daher nicht praxistauglich oder sie vereinfachen das Problem zu stark, indem sie beispielsweise von einer linearen und/oder rein periodischen Dynamik ausgehen. In der Praxis spielen nichtlineare Effekte und transiente Vorgänge eine sehr bedeutende Rolle.

In seiner Masterarbeit hat Markus Lohmayer erste Schritte unternommen um derartige Wandler innerhalb der Systemklasse der port-Hamiltonischen Systeme zu modellieren. Dieser Formalismus verknüpft geometrische Mechanik und Thermodynamik mit einer physikalischen Systemtheorie. Dabei werden der erste und zweite Hauptsatz der Thermodynamik zu strukturellen Eigenschaften des mathematischen Modells, welche von numerischen Verfahren zur Berechnung der Dynamik erhalten werden sollen. Obwohl Modelle nie genau der Wirklichkeit entsprechen, kann man somit approximative Lösungen erwarten, welche die physikalischen Grundsätze respektieren. Außerdem erlaubt der strukturierte Ansatz eine modulare Beschreibung. Die Komponenten des Systems bilden ein Netzwerk in dem Energie ausgetauscht wird. Die graphische Darstellung der physikalischen Modelle soll in Zukunft einen neuen Blick auf die Dynamik nachhaltiger Energiesysteme ermöglichen.

Mehr zum Elitestudiengang Bavarian Graduate School of Computational Engineering:

 <http://www.bgce.de/>