SAJE

Stability Analysis for the JEREMI Experiment

Programm / Ausschreibung	ASAP, ASAP, ASAP 14. Ausschreibung (2017)	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.10.2018	**Projektende**	31.12.2021
Zeitraum	2018 - 2021	**Projektlaufzeit**	39 Monate
Keywords	Konvektion, thermokapillare Strömung, Instabilität, Wärmeübertragung		

Projektbeschreibung

JEREMI ist ein japanisch-europäisches Weltraumexperiment (Japan European Research Experiment on Marangoni Instability), welches auf der ISS im Fluid Physics Experiment Facility (FPEF) des japanischen Moduls KIBO durchgeführt werden soll. Das Experiment, dessen Start für Ende 2019 geplant ist, wird gemeinsam von ESA und JAXA unterstützt. An dem Experiment sind Forscher(innen) aus Belgien, Japan, Österreich, Spanien und Großbritannien beteiligt. Im JEREMI Experiment soll der Einfluß des Wärmetransports durch die Grenzfläche zwischen Flüssigkeit und Gas auf die Strömung in einer axisymmetrischen thermokapillaren Flüssigkeitsbrücke untersucht werden. Weiterer Untersuchungsgegenstand sind Partikelakkumulationsstrukturen. Die Mikrogravitationsbedingungen und die genau kontrollierte Gasströmung minimieren störende Auftriebseffekte und ermöglichen Messungen mit bisher nicht erreichter Benchmark-Qualität. Maßgeblich für alle vorgesehenen Experimente in JEREMI ist der kritische Punkt, an dem die stationäre axisymmetrische Strömung instabil wird und sich eine dreidimensionale umlaufende Welle in der Strömung bildet. Der kritische Punkt entspricht einer kritischen Reynoldszahl der thermokapillaren Strömung, die von der Geometrie und insbesondere von den Bedingungen im umgebenden Gas abhängt. In dem Projekt soll die kritische Reynoldszahl und die Struktur der dreidimensionalen überkritischen Strömung mittels numerischer linearer Stabilitätsanalyse berechnet werden, da übliche numerische Simulationen zu ungenau sind oder zu lange Rechenzeiten erfordern würden. Der Kern des numerischen Codes für die lineare Stabilitätsanalyse, MaranStable, wurde im Rahmen eines ASAP6-Projekts entwickelt. Ziel des Vorhabens ist die Nutzung und die Erweiterung des Codes. (i) Zum einen sollen numerische Daten berechnet werden, die von den JEREMI-Experimentator(inn)en benötigt werden. Durch vorherige Kenntnis des kritischen Punktes entfällt das zeitaufwendige Suchen des kritischen Bezugspunkts und erspart kostbare Experimentierzeit auf der ISS. (ii) Die berechneten numerischen Daten bilden eine wichtige Vergleichsbasis für die Messungen im Rahmen von JEREMI. Die so validierten Daten sollen neue Erkenntnisse zur Beeinflussung thermokapillarer Strömungen liefern, da die Unterdrückung zeitabhängiger Strömungen in technischen Anwendungen von großer Bedeutung ist. (iii) Die zu implementierenden Erweiterungen des Codes MaranStable liefern Aufschlüsse über den Einfluß möglicher Fehlerquellen (Verunreinigungen) und ermöglichen eine optische Korrektur gemessener Trajektorien suspendierter Partikel, die sich spontan zu kuriosen Mustern entmischen. (iv) Der numerische Code soll über eine graphische Benutzeroberfläche (GUI) bedienbar gemacht und Wissenschaftler(inne)n und Student(inn)en frei zur Verfügung gestellt werden. Insgesamt dient

das Projekt der Vorbereitung und Durchführung des JEREMI-Experiments, das neue Erkenntnisse zur Kontrolle thermokapillarer Strömungen liefern und das Phänomen der spontanen Entmischung von Partikeln in diesen Strömungen klären soll.

Abstract

JEREMI is a Japanese-European space experiment (Japan European Research Experiment on Marangoni Instability), which is planned to be carried out in the Fluid Physics Experiment Facility (FPEF) of the Japanese module KIBO on the ISS. The experiment, the launch date of which is planned for late 2019,
is supported jointly by ESA and JAXA. Researchers from Belgium, Japan, Austria, Spain and Great Britain participate in the experiment. The influence on the flow of the heat transport through the interface between liquid and gas of an axisymmetric thermocapillary liquid bridge will be investigated in the JEREMI experiment. A further subject of investigation are particle accumulation structures. The microgravity conditions and the accurately controlled gas flow minimize perturbing buoyancy effects and enable measurements with hitherto unmatched benchmark quality. Of decisive importance for all experiments foreseen in JEREMI is the critical point, at which the steady axisymmetric flow becomes unstable, and beyond which an azimuthally traveling wave forms in the flow. The critical point corresponds to a critical Reynolds number of the thermocapillary flow, which depends on the geometry and, in particular, on the gas-phase conditions. In this project the critical Reynolds number and the structure of the three-dimensional supercritical flow will be computed by means of a numerical linear stability analysis, since conventional numerical simulations are either too imprecise or require excessively long computational times. The core of the numerical code for the linear stability analysis, MaranStable, has been developed in the framework of an ASAP 6 project. The objective of the current project is the utilization and extension of the code. (i) Numerical data will be computed, which are required by the experimentalists in JEREMI. By prior knowledge of the critical point the time-consuming search for the critical point can
be omitted, saving valuable time on the ISS. (ii) The numerical data represent an important basis for comparison with the JEREMI measurements. The data validated this way will yield new insights regarding the manipulation of thermocapillary flows, as the suppression of time-dependent flows is of great
importance for technical applications. (iii) The extensions to be implemented in the code MaranStable will provide a better understanding of the influence of possible sources of error (impurities) and enable an optical correction of measured particle trajectories, which spontaneously de-mix to form curious particle
patterns. (iv) The numerical code will be made operable via a graphical user interface (GUI) and it will be provided to scientists and students for free. Overall, the project serves the design and operation of the JEREMI experiment, which should deliver new findings about the control of thermocapillary flows and which should clarify the phenomenon of spontaneous de-mixing of particles in these flows.

Projektpartner

- Technische Universität Wien