

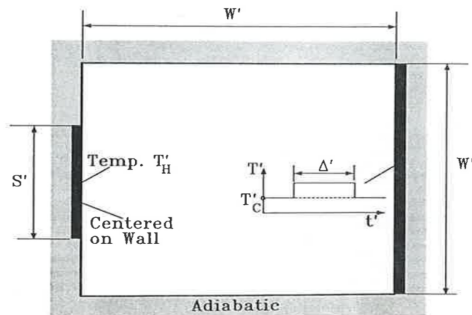


Colin
Cianelli

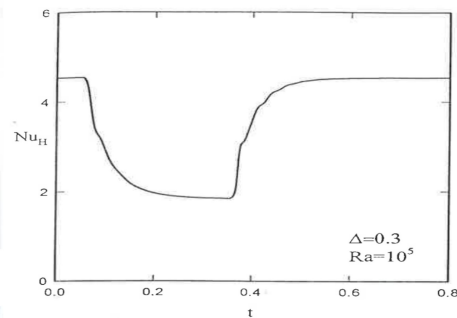
Diplomand	Colin Cianelli
Examinator	Prof. Dr. Benno Bucher
Experte	k. A.
Themengebiet	Environmental Engineering

Wärmeleitung von Gasen

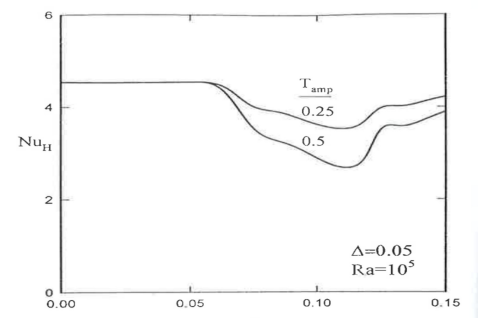
Konduktion versus Konvektion - Eine analytische Betrachtung



S' ist die isotherme, heisse Wand. W' ist die kalte Wand, deren Wandtemperatur während Δ' variiert. Die restliche Wände sind adiabatisch.



Variation der Nusselt-Zahl mit der Zeit $\Delta=0.3$, mit $T_{amp}=0.5$, $S=1$, $Ra=10^5$ (alle dimensionslos)



Variation der Nusselt-Zahl bei den dimensionslosen Temperaturen 0.25 und 0.5, bei $\Delta=0.05$

Einleitung: Bei zyklischen Prozessen muss die Wärme vom Wärmebad möglichst schnell und in grosser Menge ins Arbeitsvolumen transportiert werden. Ein solcher Prozess ist der Stirling-Prozess. Der Stirling-Motor muss die Wärme, ausgehend von der Oberfläche des Zylinders, ins Arbeitsvolumen transportieren. Dieser Wärmetransportprozess bestimmt die Effizienz eines Stirling-Motors. Die Übertragung von Wärmeenergie in Gasen wird von zwei Mechanismen dominiert: Wärmeleitung und Konvektion. Die Wärmeleitung erfolgt durch Stossprozesse der einzelnen Moleküle; dabei sind die Parameter Druck und Masse der Moleküle und deren Geschwindigkeit bestimmend. Bei der Konvektion nimmt das Gas Wärmeenergie auf und transportiert diese durch laminare oder turbulente Strömungen. Die Schnelligkeit eines Wärmetransports wird durch die obigen Mechanismen bestimmt, was bei konstanter Temperaturdifferenz zu variierenden Wärmestromdichten führt.

Aufgabenstellung: Auf der Basis der statistischen Thermodynamik, vor allem der kinetischen Gastheorie, soll der Wärmetransport beim Arbeitsgas eines Stirling-Motors analysiert werden. Insbesondere sollen die Grössenordnungen des Wärmetransports, infolge Wärmeleitung verglichen mit der Konvektion, abgeschätzt werden.

Ergebnis: Die Arbeit zeigt, dass im Allgemeinen die Konvektion der dominierende Faktor ($Nu_{max}=4.5$) ist. Die Wärmeleitung gewinnt erst an Gewicht, wenn der Temperaturgradient genügend klein ist und über eine genügend grosse Zeitspanne aufrechterhalten wird. Dies zeigt sich z.B. wenn die dimensionslose Temperatur T_{amp} fast 1 ist und ein stationären Zustand vorherrscht, wird eine die Nusselt-Zahl kleiner 1 (Wärmeleitung dominiert) erreicht. Beträgt die Kolbenhöhe W' 10cm, so ist ein stationärer Zustand mit der dimensionslosen Zeit von $\Delta=0.3$ erst nach 300 Sekunden erreicht. In Realität ist das bei einem Stirlingmotor niemals anzutreffen. Die Berechnungen basieren jedoch auf einer Potenzialströmung. Dadurch werden Reibung und turbulente Strömung vernachlässigt. Das hat zur Folge, dass sich auch keine Grenzschicht bildet. Inwiefern diese Vereinfachung Einfluss auf die Nusselt-Zahl hat, kann nicht eruiert werden. Referenzen:

- National Heat Transfer Conference Vol. 346, P.H. Oostuizen und J.T. Paul, 1997
- Transport Phenomena, S. L. Bird, 2007
- Thermodynamik, K. Stierstadt, 2010
- Molecular Theory of Gases and Liquids, Hirschfelder, 1967
- Fundamentals of Statistical and Thermal Physics, R. Reif, 2009