

Turbulenter Impuls- und Wärmetransport in Flüssigmetallen - Experimentelle Methoden und Berechnungsansätze

Robert Stieglitz und KALLA-Team

Institut für Kern- und Energietechnik (IKET), Forschungszentrum Karlsruhe

War die Forschung der Flüssigmetallströmungen in den vergangenen Jahrzehnten auf wenige Teilgebiete, wie zum Beispiel auf die Kühlung im natriumgekühlten „schnellen“ Brüter oder die Metallraffination beschränkt, so finden gegenwärtig bedingt durch den Zwang zu höherer Effizienz größerer abzuführender thermischer Leistungsdichten zunehmend Flüssigmetallkühlverfahren Verwendung. Flüssige Metalle unterscheiden sich in ihren thermophysikalischen Eigenschaften jedoch erheblich von den konventionell bekannten Kühlmedien. Neben ihrer vergleichsweise guten thermischen und elektrischen Leitfähigkeit sind sie optisch unzugänglich, weisen zumeist eine kleine kinematische Viskosität auf und verfügen über eine hohe Oberflächenspannung. Diese spezifischen Eigenschaften erfordern neben einer geeigneten flüssigmetalladaptierten Messtechnik zur Erfassung der Strömungs- und Temperaturverteilung auch erweiterte physikalische Modelle zur adäquaten numerischen Beschreibung dieser Strömungen.

Nach einem Streifzug durch die Gebiete, in denen turbulente Flüssigmetallströmungen auftreten, werden in dem Vortrag die spezifischen Problemstellungen bei der Behandlung turbulenter Flüssigmetallströmungen herausgearbeitet. Anhand einiger ausgewählter technischer Beispiele werden mehrere Verfahren zur experimentellen Erfassung turbulenter Strömungsgrößen illustriert und kritisch hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit diskutiert. In einem weiteren Abschnitt wird auf die Behandlung der turbulenten Kühlung thermisch hoch belasteter Wände eingegangen, da sie technisch von besonderer Bedeutung ist. Eine von mehreren Fragestellungen bildet die unten dargestellte Wärmeabfuhr von einem beheizten Stab in einem zylindrischen Rohr ab [1]. Durch Vergleiche experimenteller und numerischer Ergebnisse werden die Defizite sowohl der Messaufbauten wie auch der gegenwärtig verfügbaren Modelle zur Berechnung dieser Strömungen aufgezeigt und diskutiert. Abschließend werden aktuelle Entwicklungstrends im Bereich der Experimentiertechnik wie auch der Modellierung beleuchtet.

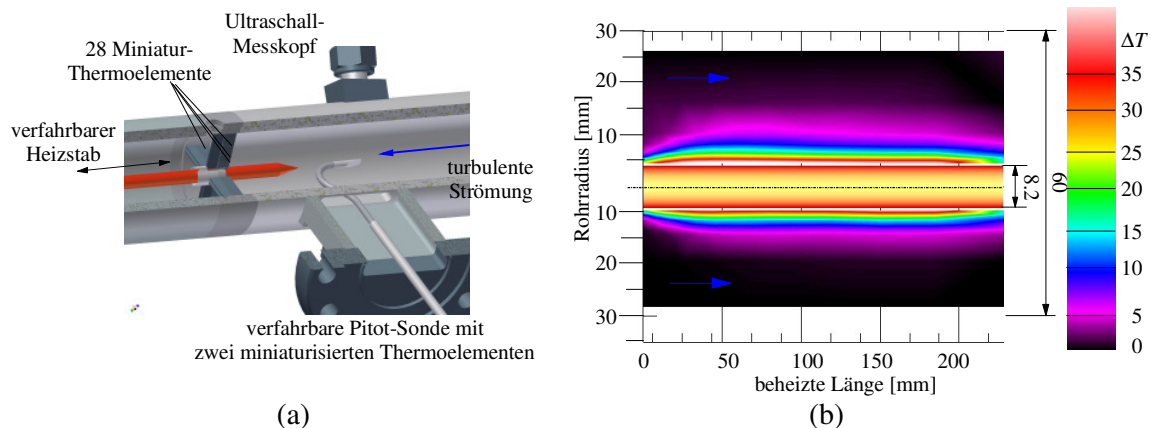


Bild: a.) Messaufbau eines turbulent umströmten beheizten Stabes in einem zylindrischen Rohr.
b.) Gemessene Temperaturverteilung einer turbulenten Blei-Wismutströmung ($Pr=0.025$) entlang eines beheizten Stabes ($P_{el} = 2\text{ kW}$) bei einer Reynoldszahl von $Re=10^5$ und einer Eintrittstemperatur von $T=300^\circ\text{C}$.

[1] C.-H. Lefhalm, N.-I. Tak, H. Piecha, R. Stieglitz: Turbulent heavy liquid metal heat transfer along a heated rod in an annular cavity. *Journal of Nuclear Materials* 335 (2004) pp. 280-285