

Quantitative Infrarot-Thermografie in Kurzzeit-Anlagen

Die aerodynamische Aufheizung von Raumfahrzeugen während des Wiedereintritts in die Atmosphäre ist eins der Hauptprobleme der Raumfahrt, da die genaue Kenntnis der entstehenden Wärmelasten für eine richtige Dimensionierung des Hitzschildes entscheidend ist. Für die quantitative Messung der Wärmestromdichte in Kurzzeit-Windkanälen des DLR wird am Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik ein Hochgeschwindigkeits-Wärmebildkammersystem angewendet.

Für Wärmestrommessungen im Rahmen der Dickwand-Messtechnik wird ein massives Modell oder ein Modell mit dicker Wand aus einem Werkstoff geringer thermischer Leitfähigkeit verwendet. Zur Bestimmung der Wärmestromdichte wird der Verlauf der Oberflächentemperatur während des gesamten Windkanaltests von einem Hochgeschwindigkeits-Wärmebild-Kammersystem aufgezeichnet. Dieses System besteht aus einer ungekühlten Infrarot-Kamera mit eingebautem Objektiv, einer Fernsteuerung und mehreren dazugehörigen Hard- und Softwaremodulen.

In Verbindung mit einem Echtzeit-Datenerfassungssystem bietet diese Wärmebildtechnik eine ausreichend hohe Leistung für die Anwendung in Kurzzeit-Windkanälen. Es ermöglicht die Speicherung von 14-bit-Wärmebildern (Auflösung 240 x 320 Pixel) bis zu einer Bildrate von 50 Bildern pro Sekunde auf der PC-Festplatte. Die IR-Kamera basiert auf einem FPA-Sensor, der im Spektralbereich von 7,5 bis 13 μm sensitiv ist. Die erzielbare Messgenauigkeit liegt im gesamten Messbereich von -40 °C bis 120 °C (oder 0 °C bis 500 °C) bei $\pm 2\%$ (maximal ± 2 °C) und die thermische Auflösung bei 30 °C in der Größenordnung von 0,07 °C.

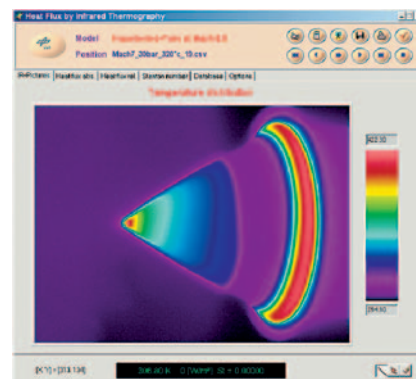
Der Zugang zur Messstrecke des Windkanals erfolgt über ein spezielles IR-Fenster (Germanium), optimiert durch eine beidseitige Antireflexbeschichtung für den Einsatz bei Wellenlängen von 7 bis 14 μm . Die gesamte Messvorrichtung wird mit einem Präzisions-Wärmestrahler kalibriert, der in der Messstrecke positioniert wird, um den tatsächlichen Transmissionskoeffizienten für das IR-Fenster zu ermitteln. Der Emissionskoeffizient der Modelloberfläche wird mithilfe der Reflexionstechnik bestimmt.

Für eine typische Objektdistanz von ca. 0,30 m, am Beispiel der Messstrecke des Rohrwindkanals in Göttingen, ergibt sich dabei eine resultierende Bildgröße von ca. 94 x 125 mm² (geometrische Auflösung 1,3 mrad). Dies entspricht einer tatsächlichen geometrischen Auflösung an der Modelloberfläche von etwa 0,4 mm oder einer Pixelgröße von 0,16 mm². Die hohe Anzahl von Messpunkten (76.800 Pixel) und eine hohe räumliche Auflösung machen diese Technik unschlagbar im Vergleich zur konventionellen Messung mittels Thermoelemente.

Die Analyse und Auswertung der gemessenen Temperaturbilder wird mithilfe der speziell entwickelten Software HeatFIT durchgeführt, die eine schnelle Berechnung und Darstellung der Wärmestromverteilungen direkt nach dem Windkanalversuch ermöglicht. Ein typisches HeatFIT-Ergebnis mit ermittelten Wärmestromdichten an einer Modelloberfläche im Rohrwindkanalversuch ist im Bild rechts dargestellt.

Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik

Dr. Erich Schüle
Telefon: +49 551 709-2803
Telefax: +49 551 709-2811
erich.schuelein@dlr.de



HeatFIT: Gemessene Wärmeflussverteilung auf einer Modelloberfläche.