

## Vibrationsfreie thermische Funktionsprüfung der Sensorsysteme von aeronautischen Navigationsgeräten

# Stabile Testumgebung

Navigationssysteme für die Luftfahrt müssen bei unterschiedlichsten Temperatur- und Umgebungsbedingungen hochgenau und zuverlässig funktionieren. Die integrierten Sensorsysteme werden im Vorfeld umfangreichen thermomechanischen Belastungsprüfungen unterzogen. Wichtig sind hierbei eine stabile Testumgebung sowie exakte Temperaturrampen.

Für das anspruchsvolle Prüfverfahren hat sich die Kombination aus vibrationsfreier Peltier-Heizung und effizienter Wärmeabfuhr durch leistungsstarke Umlaufkühler der LAUDA WK-Klasse bewährt.

### Leistungsfähige Prüfanlagen

Die technische Prüfung von Präzisions-Kreiselsensoren und Beschleunigungsmessern erfordert höchste Ansprüche an die Stabilität der Testumgebung. Das Unternehmen LITEF hat erstmals speziell für diese Testanforderungen leistungsfähige und öko-



**Bild 2 Leistungsstark und robust – die Umlaufkühler LAUDA WKL 10000 W**

### DIE AUTOREN

Dipl.-Ing. R. Keßler, Projektierung Testgeräte  
Fa. LITEF GmbH, Freiburg,  
Dr. M. Seipel, Produktmanager LAUDA DR. R.  
WOBSER GMBH & CO. KG, Lauda-Königs-  
hofen

die kleinste Temperaturänderung nahezu ohne zeitliche Verzögerung auf das Messergebnis aus. Bei derart feinen Temperaturunterschieden ist es unerlässlich, dass der gesamte Messaufbau auch absolut vibrationsfrei ist. Konventionelle Kompressor-Heizsysteme sind aus diesem Grund für die äußerst sensible Anwendung ungeeignet.

### Präzises Temperiersystem

Die ideale Lösung für diese komplexe Prüfanforderung besteht im Einsatz der Peltier-Technologie. Peltier-Elemente ermöglichen die gezielte und fein dosierte Umwandlung von elektrischem Strom in Wärmeenergie. Der zur Prüfung erforderliche Wärmetransport kommt gänzlich ohne Kompressoren aus. Die technische Herausforderung besteht darin, den geringen Wirkungsgrad der Peltier-Elemente in ein leistungsstarkes prä-



**Bild 1: Ventilation und gezielte Luftführung sorgen für homogene Temperaturverteilung im Prüfraum.**

nomische Prüfanlagen entwickelt. Die Sensoren werden bei einem genau definierten Temperaturprofil kalibriert und dann dem spezifischen Leistungstest unterzogen. Erst nach bestandener Prüfung erfolgen die Freigabe und der Einbau in die empfindlichen Navigationsgeräte oder Stabilisierungssysteme. Als physikalische Stimulationsgrößen dienen definierte Drehbewegungen, die Erdanziehungskraft oder auch die Erddrehrate. Die Prüflinge werden bei diesem Test einer exakt definierten Temperaturrampe ausgesetzt. Die Prüfgenauigkeit reicht bis zu Änderungsschritten von 0,1 °C/min. Von großer Bedeutung ist daher eine besonders feine Temperaturregelung. Wegen des direkten thermischen Kontakts der Sensoren mit der Temperiereinheit wirkt sich schon

zises Temperiersystem umzusetzen. Dies gelingt durch die genau aufeinander abgestimmte Kaskadierung verschiedener Elementgrößen. Mit dem LITEF System ist erstmals ein Prüfraum von ca. 10 Liter Rauminhalt im Bereich von -55 °C bis +95 °C präzise zu temperieren. Die gleichmäßige räumliche Temperaturverteilung im Prüfraum wird durch eine gezielte Luftführung erreicht (Bild 1).

### Abfuhr hoher Wärmelasten

Im niedrigen Temperaturbereich kommt der zuverlässigen Abfuhr von Abwärme besondere Bedeutung zu. Bei sehr tiefen Prüftemperaturen können im Testsystem 1500 Watt



**Bild 4: Steuer-schrank mit Reg-eleinheiten für das 3-Kammer-Testsystem (im Hintergrund), links daneben der LAUDA Umlaufkühler WKL 10000 W.**

Abwärme entstehen. Diese Wärmelast richtet an das Kühlsystem höchste Anforderungen. Ein von LITEF speziell hierfür entwickelter Röhrenwärmetauscher sorgt für die effiziente Wärmeableitung von den Testmodulen. Die perfekt plane Oberfläche des Röhrenwärmetauschers bildet eine optimale Wärmebrücke zu den thermoelektrischen Einheiten. Der Wärmetauscher selbst besteht aus einem Metallblock, auf dessen Innenseite mehrere Reihen von parallelen Röhren angeordnet sind. Diese wiederum sind mit einem LAUDA Umlaufkühler verbunden und werden je nach Prüfsituation von einem genau vortemperierten Wasser-Glykol-Gemisch durchströmt. Als Kühl-aggregat dient die leistungsstarke LAUDA WK-Klasse mit Wasserkühlung. Diese Variante bietet den Vorteil, dass klimatisierte Arbeitsräume nicht mit zusätzlicher Abwärme belastet werden.

Der Umlaufkühler WKL 4600 W von LAUDA ist in der Lage, das Kühlwasser-



**Bild 3: Prüfanlage zum Kalibrieren und zur Abnahme von Kreisel-sensoren mit drei simultan drehenden Kammern. Die erste Kammer ist mit einem Prüfling bestückt. Die zweite ist voll bestückt, die dritte Kammer ist bereits geschlossen. Der Umlaufkühler LAUDA WKL 10000 W übernimmt die Kühlmittelbereitstellung.**

**Bild 5: System zur Kalibrierung von mehrachsigen Beschleunigungssensoren. Um den Stimulus der Erdanziehungskraft zu nutzen, ist mindestens ein 2-achsiges System notwendig. Diese Anordnung wird mit dem Umlaufkühler LAUDA WKL 4600 W versorgt.**



Gemisch mit Temperaturen von bis zu  $-15\text{ °C} \pm 0,5\text{ K}$  genau und langzeitzuverlässig zur Verfügung zu stellen. Er hat sich für die Sensor-Prüfanlagen bei LITEF als die optimale und ökonomische Variante besonders bewährt. Und dies trifft insbesondere auch für den harten Dauerbetrieb zu, welcher an Material und Technik höchste Anforderungen richtet. Der WKL 4600 W hat einen breiten Arbeitsbereich von  $-10\text{ °C}$  bis  $40\text{ °C}$ . Mit der Option Temperaturbereichserweiterung sind sogar Werte bis zu  $-25\text{ °C}$  möglich. Bei  $20\text{ °C}$  beträgt die Kälteleistung  $5,3\text{ kW}$ ; der Pumpendruck von  $3,2\text{ bar}$  bewirkt einen maximalen Förderstrom von bis zu  $40\text{ Litern/min}$ . LAUDA Umlaufkühler bieten zudem den besonderen Vorteil, die Kühlwasserversorgung je nach Betriebsbereich mit zwei verschiedenen Sollwerten zu fahren. Dadurch wird vermieden, dass bei Testtemperaturen über der Umgebungstemperatur das Kühlmedium unnötig abgekühlt wird. Dies senkt die Betriebskosten und verhindert ein Vereisen bzw. Kondensieren an den Testvorrichtungen. Für die Abfuhr noch höherer Wärmelasten werden bei LITEF Umlaufkühler der Klasse WKL 10000 W (Bild 2) eingesetzt – ebenfalls mit Wasserkühlung. Bei  $20\text{ °C}$  beträgt deren Kälteleistung beachtliche  $13\text{ kW}$ . Bei  $6\text{ bar}$  Pumpendruck steht ein maximaler Förderstrom von bis zu  $60\text{ Litern/min}$  zur Verfügung. Hiermit lassen sich problemlos auch die Wärmelasten von mehreren parallelen Prüfkammern sicher entfernen.

### **Sensor-Prüfstände für unterschiedliche Fragen**

LITEF verfügt über 15 Sensor-Prüfstände für den Dauerbetrieb. Je nach Anwendungsfall sind die Temperierkammern dieser Anlagen auf ein- oder zweiachsigen Drehtisch-Systemen untergebracht (Bild 3). Hierdurch lässt sich die gesamte Prüfkapazität auf einfache Weise erhöhen. Zusätzlich sind die Funktionstests simultan bei verschiedenen Temperaturprofilen durchzuführen. Zur Kalibrierung von mehrachsigen Beschleunigungssensoren dienen Prüfanlagen mit mindestens 2-achsigen Drehtischen (Bild 4 und 5). Um den Stimulus der Erdanziehungskraft mit zu nutzen, ist ein mindestens 2-achsiges Testsystem notwendig. Zwei im  $90\text{ °}$  – Winkel angeordnete Drehtische mit Temperierkammer erfüllen diese Aufgabe. Mit leistungsfähigen Anlagen und dem zugehörigen Know how lassen sich bei LITEF selbst komplexe Prüfaufträge schnell und ökonomisch durchführen.

Lauda Dr. R. Wobser, Lauda-Königshofen