

# Messdaten im Mini-Logger

## Anwendung von Miniatur-Datenloggern bei der Konstruktion und in der Betriebsoptimierung von Verkehrsmitteln

Bei dem hier beispielhaft herangezogenen Konstruktionsprozess für Flugzeuge müssen Ingenieure Annahmen über die geplante Einsatzweise des Flugzeugs vornehmen, um statische Beanspruchungen und Ermüdungs-Grenzbelastungen vorauszuberechnen, denen das Flugzeug ausgesetzt sein wird. Bei Militärflugzeugen stützt man sich hierzu oft auf Erfahrungen mit früheren Flugzeugtypen, die für ähnliche Aufgaben und Funktionen eingesetzt



**Bild 1.** Der Datenlogger MSR165 ist nur etwa daumengroß; in der hier beschriebenen Applikation enthalten diese Logger einen 3-Achsen-Beschleunigungssensor sowie Sensoren zur Messung von Druck, Temperatur und relativer Feuchte. (Foto: MSR)

wurden, sowie auf die für das jeweilige Flugzeug vorgesehenen künftigen Aufgaben. Wird das Flugzeug im Militärdienst eingesetzt, müssen diese Annahmen zu statischer Beanspruchung und Ermüdung validiert werden, um seine strukturelle Integrität zu gewährleisten. Hier ein Beispiel dazu, wie dies beim britischen Verteidigungsministerium (UK MOD) realisiert wird. Dieses Ministerium gibt die Validierung an die Military Aviation Authority (MAA, Behörde für Militärluftfahrt) weiter, die alle damit zusammenhängenden Prozesse auch reguliert.

Es müssen nicht immer große und teure Mess- und Datenerfassungssysteme sein, die bei der Konstruktion und der Betriebsoptimierung von Luft- oder Land-Verkehrsmitteln wertvolle Hilfestellung geben. Gerade kleine, miniaturisierte Datenlogger erweisen sich als sehr nützliche Tools.

Von Dr. Steve Reed und Wendelin Egli

Derartige Validierungsprogramme waren in der Vergangenheit allerdings stets kostspielig, weswegen es angesichts des ständig wachsenden Drucks auf die Ausgaben der Verteidigungsressorts westlicher Regierungen unbedingt erforderlich ist, Lösungen zur Minimierung der Kosten für diese Anforderungen zu entwickeln. Zu diesem Zweck hat das Defence Science and Technology Laboratory (Dstl) des britischen Verteidigungsministeriums, in Zusammenarbeit mit Luftfahrt-Projekt-Teams des MOD und Rüstungskonzernen, eine Reihe von Labortests und Flugversuchen unter Einsatz des von der MSR Electronics GmbH ([www.msr.ch](http://www.msr.ch)) hergestellten und von Caption Data Limited gelieferten MSR165-Datenloggern durchgeführt, um grundlegende Informationen zu Beanspruchung und Grenzbelastung mehrerer bestehender Flugzeugflotten zu erfassen, um daraus allgemeine

Beanspruchungsdaten zu gewinnen, die bei der Luftfahrzeug-Konstruktion von Bedeutung sein können.

### Langzeit-Datenerfassung ist kein Problem

Der MSR165-Datenlogger (Bild 1) wurde für diese Aufgabe ausgewählt, weil er klein, leicht, batteriebetrieben (bedeutet weniger Integrationsaufwand in flugzeugeigene Systeme), flexibel und kostengünstig ist. Die verwendeten MSR165-Geräte enthalten einen 3-Achsen-Beschleunigungssensor sowie Sensoren zur Messung von Druck, Temperatur und relativer Feuchte.

Die zur Beurteilung von Beanspruchung und Grenzbelastung von Starrflüglern herangezogenen Primärdaten beziehen sich auf die normale Beschleunigung NZ, wie sie bei üblichen Auftriebskräften zu finden ist (Bild 2).



**Bild 2.** Darstellung normaler Auftriebskraft bei einem Flugzeug.

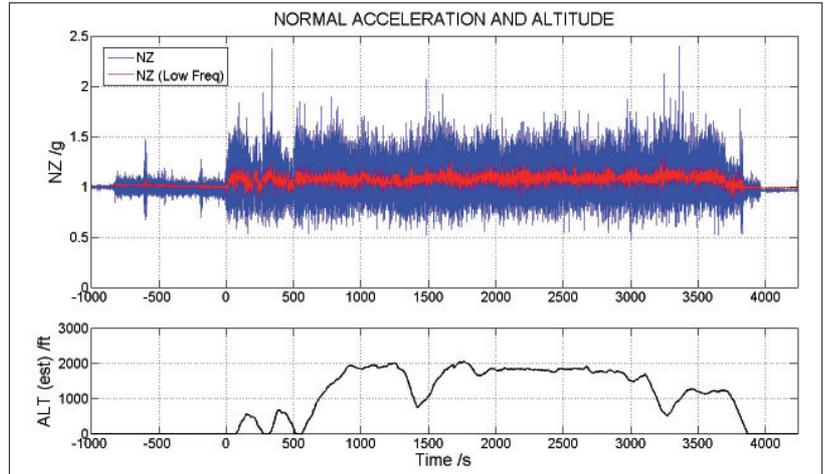
Hinzu kommt die Verwendung von Druckdaten zur Bewertung der Höhe des Flugzeugs während des Flugs und zur Identifizierung von Vorfällen bei Start und Landung, wozu sich die MSR165-Logger in drucklosen Bereichen der Maschinen befinden.

Damit diese Mess-Programme erfolgreich sind, muss die Arbeitsbelastung der Wartungstechniker im Rahmen der Gewährleistung der Funktionsbereitschaft des Flugzeugs auf ein Minimum reduziert werden. Daher sind die MSR165-Logger so konfiguriert worden, dass sie Beschleunigungen mit einer Rate von 50 Messwerten pro Sekunde automatisch vom Start bis zum Abschalten der Triebwerke erfassen. Des Weiteren werden Druck, Temperatur und relative Feuchte mit je einem Messwert pro Sekunde kontinuierlich erfasst. Dank dieser Konfiguration kann der MSR von Luftfahrtechnikern eingebaut werden und für bis zu 75 Flugstunden bzw. 2 Monate vollkommen unbeaufsichtigt bleiben. Darstellungen typischer normaler Beschleunigung und geschätzter Höhe auf Basis der Druckdaten in zwei unterschiedlichen Flugzeugen sind aus **Bild 3** und **Bild 4** ersichtlich. **Bild 5** veranschaulicht ein Zeitverlaufdiagramm (40 s).

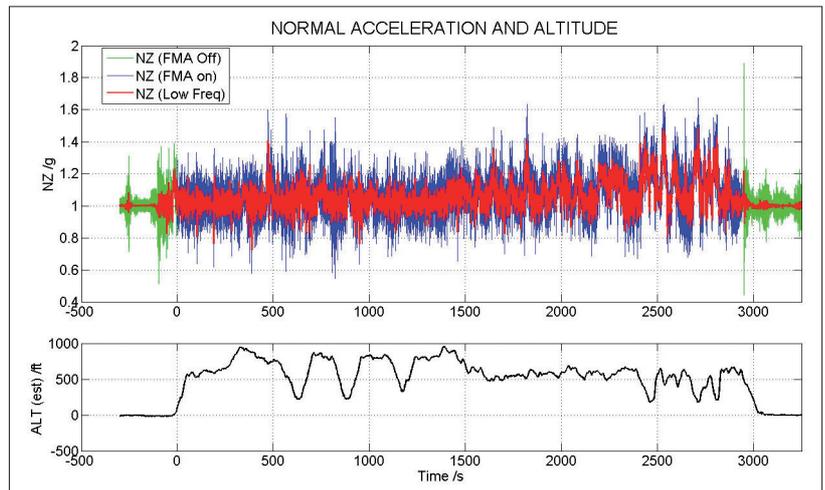
**■ Nachbearbeitung, Analyse, Schlussfolgerungen**

Nach 75 Flugstunden bzw. 2 Monaten werden die MSR-Datenlogger von Technikern ausgetauscht und die ausgewechselten Geräte zwecks Analyse und Abgleich mit Konstruktionsannahmen, Ermüdungstestspektren oder früheren Betriebsgrenzbelastungen an die zuständige Dienststelle gesandt. Die mit 50 Messwerten pro Sekunde erfassten Beschleunigungsdaten werden mit einem Tiefpassfilter mit endlicher Impulsantwort (FIR-Filter) mit Schwingungen von 11 Hz und 1 Hz analysiert. Dies ermöglicht den Vergleich der Daten mit Informationen, die mit einem Ermüdungsmesser des Royal Aircraft Establishment (RAE) (mit einer Bandbreite von 11 Hz) aufgezeichnet wurden. Außerdem dienen die 1-Hz-Tiefpass-Daten zur Identifizierung des Manöverinhalts im Signal (rote Kurve in den Diagrammen).

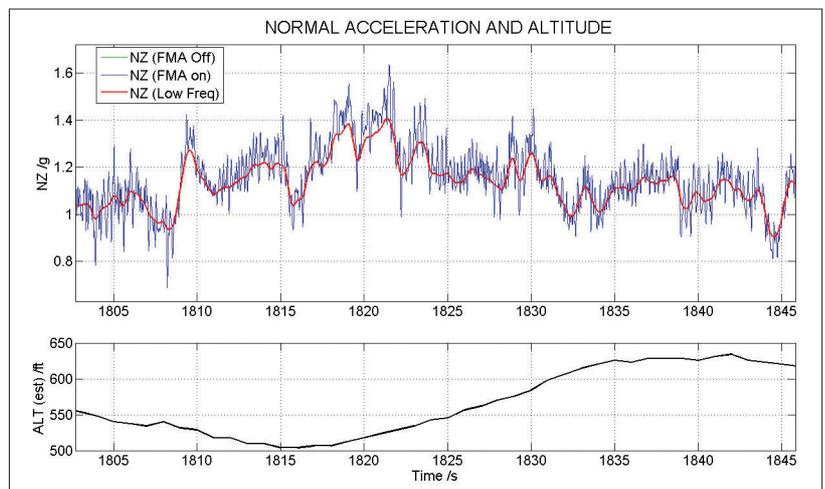
Dieses Programm war äußerst erfolgreich, und bisher wurden Flugver-



**■ Bild 3.** Typische normale Beschleunigungs- und Höhen-Zeit-Verläufe bei einem gut einstündigen Flug: unten die Höhe, die aus einer Luftdruckmessung bestimmt wird, oben die Beschleunigungskräfte in der Vertikalachse (blau). Die rote Kurve ist der sehr niederfrequente Anteil der Beschleunigungskräfte.



**■ Bild 4.** Typische normale Beschleunigungs- und Höhen-Zeit-Verläufe bei einem fast einstündigen Flug in Höhen zwischen 200 und 350 m über Grund. Deutlich zu sehen die relativ hohen niederfrequenten Beschleunigungswerte (rot) in der Vertikalachse, offensichtlich durch Turbulenzen verursacht. Aus diesen Werten lassen sich strukturelle Beanspruchungsdaten entnehmen.



**■ Bild 5.** Ein 40-s-Ausschnitt aus einem normalen Beschleunigungs- und Höhen-Zeitverlauf; gut zu erkennen ist die hohe Auflösung der mit den MSR165-Datenloggern gewonnenen Messwerte. Die Messrate beträgt 50/s.

suche mit zwei kleinen Flotten des britischen Verteidigungsministeriums (Islander und Defender) und zwei historischen Flugzeug-Plattformen (Battle of Britain Memorial Flight Lancaster und Royal Navy Historic Flight Swordfish) unternommen. Während dieser Versuche wurden Daten aus annähernd 100 Flugstunden erfasst, mittels derer weitere Untersuchungen möglich waren. Aktuell sind verschiedene flottenweite Modifizierungen und weitere Versuche in der Planung. *ha*



**Dr. Steve Reed**

ist Fellow of Ageing Aircraft and Structural Integrity (historische Flugzeuge und strukturelle Integrität) beim Defence Science and Technology Laboratory des britischen Verteidigungsministeriums. Er ist staatlich geprüfter Ingenieur (CEng), Fellow der Royal Aeronautical Society (FRAeS) und Visiting Fellow an der Universität von Sheffield. Er verfügt über einen Bachelor of Science (BSc) in Luftfahrttechnik der City University London, einen Master of Science (MSc) in Luftfahrzeugkonstruktion der Cranfield-Universität und einen Dokortitel in Maschinenbau (PhD) der Universität von Sheffield.



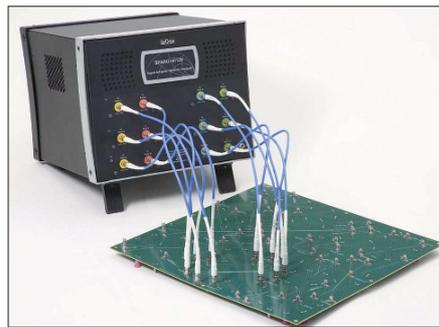
**El. Eng. HTL Wendelin K. Egli**

ist Geschäftsführer und Mitinhaber der Schweizer Technologiefirma MSR Electronics GmbH, die im schweizerischen Henggart beheimatet ist und standardisierte sowie anwendungsspezifische Miniatur-Messdaten-Logger für ein breites Spektrum von Applikationen entwickelt.

■ **Netzwerk-Analyzer:**

## Komplette 12-Port-S-Parameter-Messung in 30 Minuten durchführbar

LeCroy kündigte neue 8- und 12-Port-Modelle der SPARQ-Netzwerk-Analyzer-Modellreihe an. SPARQ misst S-Parameter auf Knopfdruck und



zu einem Bruchteil der Kosten eines traditionellen Netzwerkanalysators (VNA). Mit den 8- und 12-Port-Modellen lässt sich das Übersprechverhalten in mehrspurigen differenziellen Strukturen charakterisieren, was für Signal-Integrity-Entwickler von großer Wichtigkeit ist.

Alle SPARQ-Modelle nutzen die integrierte, zeitsparende OSLT-Kalibrierung. Diese bewirkt, dass jeder Anwender beispielsweise eine

komplette 12-Port-S-Parameter-Messung in nur 30 Minuten durchführen kann. Die Ergebnisse werden als Touchstone-1.0-Datei gespeichert, die einfach in Simulatoren und anderen Messgeräten wie High-Speed-Oszilloskope bis 60 GHz importiert werden können. Anwender haben ferner die Möglichkeit, mit den S-Parametern anschlie-

ßend Kanaleffekte nachzuahmen sowie Jitter und Übersprechen in mehreren seriellen Datenspuren zu messen.

► **LeCroy Corp.**  
guido.wolf@lecroy.com  
www.lecroy.de

■ **Feldmessgerät:**

## Niederfrequente elektromagnetischer Felder normkonform erfassen und bewerten

Narda Safety Test Solutions bietet seine Messgeräte für niederfrequente elektromagnetische Felder jetzt auch mit Bewertung nach ICNIRP 2010 an. Für den Electric and Magnetic Field Analyzer EFA-300 beispielsweise gibt es eine kostenlose PC-Software, mit der die neuen Grenzwerte in das Gerät geladen werden können. Der Exposure Level Tester ELT-400 wiederum ist als eigenständige Variante ICNIRP 2010 erhältlich. Sämtliche bisher verfügbaren Sonden lassen sich auch auf den neuen Geräten verwenden.

Zum Hintergrund: Die International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection ICNIRP hat ihre 1998 definierten „Richtlini-



en für die Begrenzung der Exposition durch zeitlich veränderliche elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (bis 300 GHz)“ überarbeitet und im Jahr 2010 neu publiziert. Die neuen Grenzwerte lassen wesentlich höhere magnetische Feldstärken in einigen niederfrequenten Bereichen zu, und zwar sowohl für die berufliche Belastung als auch für den öffentlichen und privaten Bereich. Dagegen wurden die Grenzwerte für die elektrische Feldstärke teilweise strenger gefasst.

► **Narda Safety Test Solutions GmbH**  
Tel. 07121 9732-0  
www.narda-sts.de