



Sensornetzwerk-Knoten zur Bewertung von Konstruktionselementen in Fahrzeugen mittels akustischer Überwachungstechniken



F&E-Verbundvorhaben im Rahmenprogramm „Mikrosysteme 2004-2009“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) nach 3,5 Jahren Laufzeit im November 2012 erfolgreich abgeschlossen

Die Zustandsüberwachung von funktions- und sicherheitsrelevanten Komponenten in technischen Anlagen wird nicht nur in der automatisierten Fertigung und Prüfung im Maschinenbau immer wichtiger. Auch in der Luftfahrt, in der Schienenfahrzeug- und Automobilindustrie sowie im Landmaschinenbau ist neben sicherheitstechnischen Aspekten eine vorausschauende Erkennung und Vermeidung von Störfällen sowie eine vorbeugende Instandhaltung der Bauteile und Aggregate von grundlegender Bedeutung, für Hersteller und Anwender gleichermaßen.

Aus ökonomischer Sicht optimiert der Einsatz intelligenter Systeme zur effizienten Überwachung von mechanischen Strukturen und Konstruktionselementen die Nutzungszeiträume und erhöht die Verfügbarkeit. Erhebliche Kosteneinsparungen sind möglich. Statische Instandhaltungsintervalle können durch Wartungsmaßnahmen ersetzt werden, die direkt aus dem Zustand der Anlage ableitbar sind.

Hauptthema des Verbundvorhabens war daher die Entwicklung und Realisierung autonomer, funkverbundener Sensorknoten (AVS) zur Überwachung der Integrität, Funktionalität und Langzeitstabilität von sicherheitsrelevanten Konstruktionselementen und schwingenden mechanischen Strukturen in Fahrzeugen, basierend auf akustischen Verfahren. Die Sensorknoten, realisiert als Mikrosysteme, vernetzen sich applikationsspezifisch zu lokalen Sensorclustern, aus denen ein Sensornetzwerk, integrierbar in die zu überwachenden Strukturen, aufgebaut wird. Diese autarken modular aufgebauten Mikrosysteme wurden durch das IZFP Dresden mit

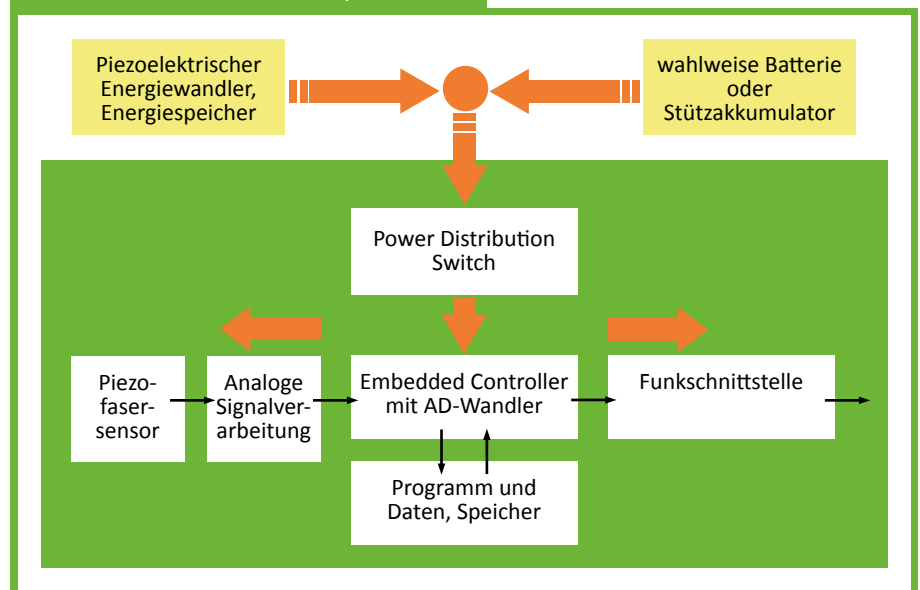
dem Projektpartner Siemens entwickelt. Sie bestehen aus den Komponenten:

- Sensormodul mit akustischem Piezosensor und sensornaher Elektronik zur Informationsgewinnung aus akustischen und modalen Signalen
- Monitoring-System, das niederfrequente modale Schwingungen und hochfrequente geführte akustische Wellen erfasst und auswertet
- Embedded Controller mit Wandler zur Verarbeitung und Archivierung von Informationen

- Modul für die drahtlose Kommunikation in einem Sensornetzwerk
- Energieversorgungsmodul zur Anpassung an verschiedene Energiequellen (Power Distribution Switch)

Die Konstruktionselemente werden mit modalen und akustischen Verfahren, wie aktiver akustischer Signaturanalyse und passiver Schallemissionstechnik überwacht. Die Signalverarbeitung dafür wurde entwickelt und in die sensornaher Elektronik implementiert.

Schema Sensorknoten-Mikrosystem



AUCOTEAM im Projekt

Fachleuten des Unternehmens oblag die Koordinierung des Gesamtprojekts. In der Projektstruktur übernahmen sie die technisch-organisatorische und fachliche Koordination für Applikation und Verwertung, die Einbindung in Kommunikationsnetze sowie Umgebungs- und Zuverlässigkeitsprüfungen. Zusätzlich entwickelten sie das Kom-

munikationskonzept für ein Sensornetzwerk zur Überwachung von Hybridantrieben in der Straßenbahn Combino Duo. Im zertifizierten Testlabor wurde die Schwing- und Beschleunigungsfestigkeit des Mikrosystems nach gängigen Industrienormen für Bahn und Kfz nachgewiesen.

Für den Nachweis der Industrie- und Alltagstauglichkeit unter realen Umgebungsbedingungen standen im Mittelpunkt:

1. Überwachung von Triebfahrzeugen für den Personenverkehr
2. Überwachung von Güterwaggons
3. Überwachung von Komponenten eines Hybridantriebs für Straßenbahnen (nachfolgend beschrieben)

Teilprojekt

Überwachung von Komponenten eines Hybridantriebs für Straßenbahnen

Entwicklung und Erprobung in Zusammenarbeit der Verbundpartner HIMG, IZFP Dresden und AUCOTEAM

Die Straßenbahn des Typs Combino, wurde 2004 durch das IMG in Nordhausen mit einem dieselektrischen Aggregat ausgerüstet. Das ermöglicht auch das Fahren ohne elektrische Oberleitung auf den Gleisanlagen der Harzer Schmalspurbahnen. Um die Übertragung von Schwingungen zu minimieren, ist das Antriebssystem über mechanische Dämpfer gelagert. Sind diese nicht mehr funktionsfähig, kann das zu kostenintensiven Schäden am Aggregat, besonders an den Komponenten Verbrennungsmotor, Kupplung und Generator, führen. Weil die Kühlkreise derzeit nicht vollständig überwacht werden, sind auch Schädigungen durch Überhitzung möglich.

Das waren die Ansatzpunkte für den Einsatz funkvernetzter Sensorknoten zur Überwachung von Konstruktionselementen in Hybridantrieben.

Zur Lösung der Messaufgaben:

- 4 Kühlkreisläufe mit jeweils 2 Temperaturmessstellen
- 4 Motorlager jeweils mit Beschleunigungsmessung in den drei Achsen x, y, z, um Lagerschäden zu detektieren

wurde ein Sensornetzwerk mit einem Koordinator und bis zu 20 Sensorknoten konfiguriert. Die Kommunikation zwischen den Knoten und dem Koordinator übernehmen Kommunikationsmodule, die aus einem Controller und einem Funkchip bestehen. Die Funkübertragung findet gemäß IEEE 802.15.4 statt. Sensorknoten und Koordinator sind modular aufgebaut. Ein für die Anwendung modifizierter Sensorknoten enthält ein Datenerfassungsmodul (ADC und Datenbearbeitungscontroller), ein Kommunikationsmodul (Funkcontroller und Funkchip), eine Stromversorgung und Anschlüsse für diverse Sensoren. Die angeschlossenen Sensoren und AD-Wandler (inkl. Pre-Triggerung) erfassen Messdaten, übernehmen die Vorverarbeitung (z.B. Filterung) und Zwischenspeicherung der Messwerte im Datenprozessor, die Detektion von Triggerereignissen und die Synchronisation. Das Kommunikationsmodul im Sensorknoten überträgt Messwerte und Parameter zum Koordinator und empfängt von ihm Synchronisierungssignale, Befehle und Parameter.



Nordhausener Straßenbahn mit Hybridantrieb Combino Duo

Der Koordinator besteht aus einem Kommunikationsmodul (Funkcontroller und Funkchip), einer Auswerteeinheit zur Filterung, Archivierung und Visualisierung der Daten und zur Konfiguration der Sensorknoten (PC-Board) sowie einer Stromversorgung. Er dient als Bedien- und Anzeigeterminal zur Organisation des Netzwerkes, Erfassung, Verarbeitung, Visualisierung und Speicherung der über das Netzwerk empfangenen Messdaten und Konfiguration der Sensorknoten. Für die Kommunikation mit den Sensorknoten ist er mit dem Microcontroller des Kommunikationsmoduls verbunden, der die eigentliche Kommunikation über Funk (Timing, Synchronisation und Datenübertragung) übernimmt.

Mit dem realisierten Netzwerk wurden Testmessungen in Feldversuchen sowohl während der Fahrt als auch im Stillstand der Bahn durchgeführt. Funkübertragungseigenschaften, Datenübertragungsraten und Signalempfangsstärken wurden an verschiedenen Positionen gemessen. Auch der Einfluss des laufenden Motors auf die Signalübertragung wurde untersucht.

Der erfolgreiche Abschluss von Teil- und Gesamtprojekt schafft gute Voraussetzungen für eine Verwertung der Ergebnisse bei den Verbundpartnern. Durch das realisierte modulare Konzept für das Sensornetzwerk ist seine Anpassung an spezifische Anforderungen zur Zustandsüberwachung in weiteren Anwendungen, bei denen eine aufwändige Verkabelung nicht möglich bzw. erwünscht ist, eine echte Alternative zu kabelgebundenen Lösungen.

Dr. Günter Hanusch

Mehr unter: www.aucoteam.de/fue

Verbundpartner

- | | |
|--|---|
| ▪ AUCOTEAM GmbH
(Projektkoordinator) | ▪ Siemens AG (SAG)
München |
| ▪ Cicor Microsystems GmbH
Radeberg | ▪ VOITH Industrial Services
GmbH Chemnitz |
| ▪ Fraunhofer-Institut für
Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP) Dresden | ▪ Wölfel Beratende
Ingenieure GmbH + Co KG
Höchberg |
| ▪ Hörmann IMG GmbH
(HIMG) Nordhausen | |