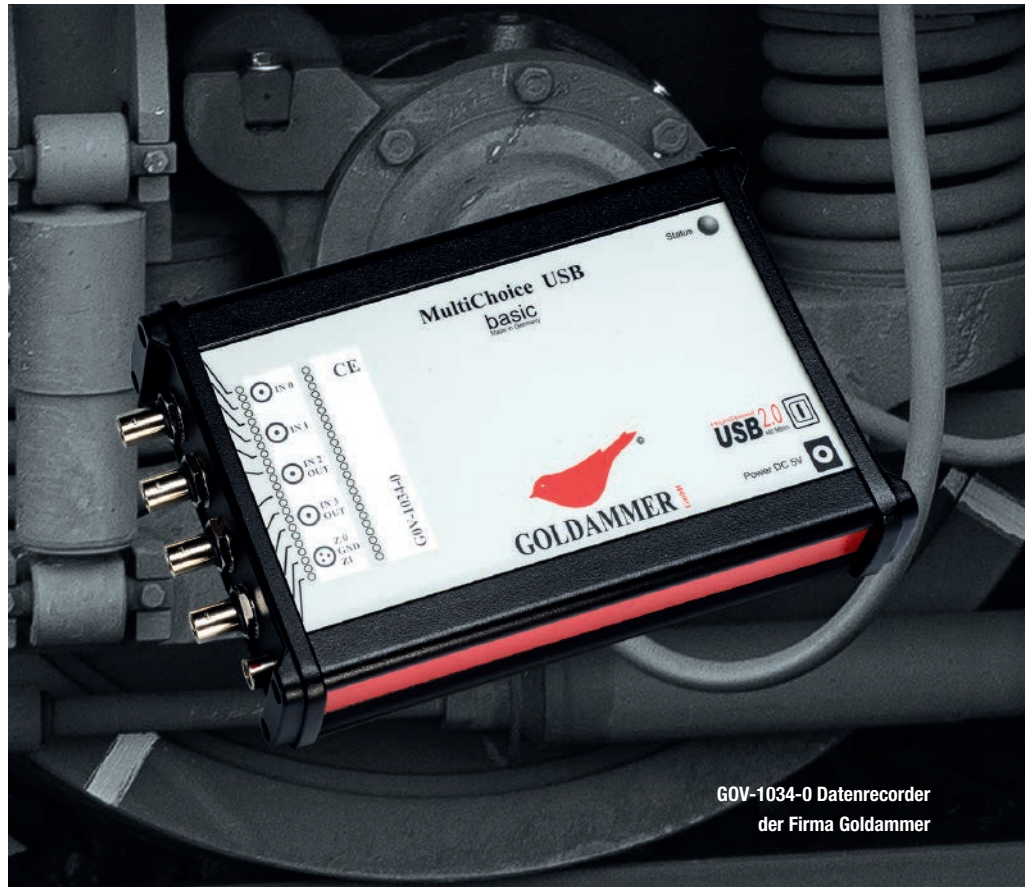


Structural-Health-Monitoring (SHM) wird neben der Bauwerksüberwachung auch in der industriellen Fertigung eingesetzt. Für effiziente und mobile Messungen entstand im Rahmen eines Inno-Kom-Ost-Projektes ein neuartiges kabelloses Sensornetzwerk, dessen Sensorknoten mit Datenrecordern ausgestattet wurden.



GOV-1034-0 Datenrecorder
der Firma Goldammer

Datenrecorder hilft bei Kosteneinsparungen

Mobiles kabelloses Sensornetzwerk für Structural-Health-Monitoring

Mit Inno-Kom-Ost unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten von gemeinnützigen externen Industrieforschungseinrichtungen, um die Innovationskraft ostdeutscher Unternehmen zu stärken. Eine solche FuE-Einrichtung ist die Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V. (GFaI) in Berlin-Adlershof. Im Rahmen des Inno-Kom-Ost-Projektes MAMS (MF150074) treibt die GFaI die Entwicklung eines kabellosen Sensornetzwerkes mit mehreren zeitlich synchronisierten Sensorknoten und einem zentralen Knoten zur Schwingungsanalyse und SHM durch die Software waveimage voran. Durch den modularen Aufbau des Sensornetzwerkes kann der spätere Anwender die Anzahl der Sensorknoten und die benötigte Sensorik individuell nach den Anforderungen des Anwendungsfalles bestimmen

und gegenüber herkömmlichen Messungen deutlich Zeit und Kosten sparen.

Structural-Health-Monitoring hat sich in unterschiedlichen industriellen Einsatzbereichen als praktisches und oft auch notwendiges Instrument etabliert. Maschinen im Betrieb zu überwachen und zu analysieren eröffnet die Möglichkeit, die Wartungsintervalle nach dem tatsächlichem Bedarf zu planen und nicht, wie bisher üblich, nach festen Zeiten und unabhängig vom tatsächlichen Zustand durchzuführen. Alle Anlagen mit beweglichen Teilen können mittels dieser Technik überwacht und analysiert werden. Neben der Optimierung und der Schadenserkenkung (Monitoring) bestehender Strukturen werden Verfahren der Schwingungsanalyse ebenfalls in der Konstruktionsphase zur Optimierung von Schwingungs- und akustischen Eigenschaften eingesetzt.

Eine Software von Aufnahme bis Analyse

Zur Messung, Analyse und zum Monitoring von Schall und Schwingungen wurde das Software-Paket waveimage entwickelt. Von der Aufnahme bis zur Analyse der Daten bietet es die Möglichkeit zur vollständigen Untersuchung von Schwingungen und Schall. Zur Bestimmung der Schwingungseigenschaften stehen die derzeit bekanntesten Verfahren der experimentellen (EMA) und operationalen Modalanalyse (OMA) zur Verfügung. Darüber hinaus unterstützt die Software die Betriebsschwingformanalyse (ODS – Operating Deflection Shapes), die zur Berechnung der Schwingungseigenschaften unter realen Betriebsbedingungen angewendet wird.

Für die Analyse von rotierenden Strukturen bietet die Software Algorithmen zur Ordnungsanalyse an. Unter einer Ordnungsanalyse versteht man die Analyse des Geräusches oder

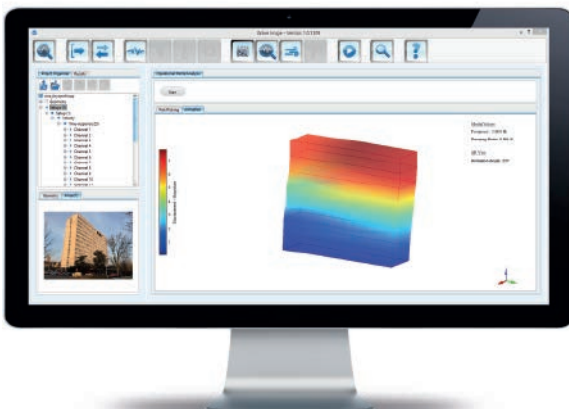
der Schwingungen von rotierenden Strukturen. Anders als bei der Frequenzanalyse wird hierbei der Energiegehalt des Schalls nicht über der Frequenz sondern über der Ordnung aufgetragen. Die Ordnung ist dabei ein Vielfaches der Drehzahl.

Zur Berücksichtigung von Umgebungseinflüssen wie Temperatur und Feuchtigkeit dient die Komponente Umweltfaktoranalyse. Hiermit können die modalen Parameter in Abhängigkeit von den auftretenden Umweltbedingungen bestimmt werden und die Frequenzen über den Umweltbedingungen aufgetragen werden.

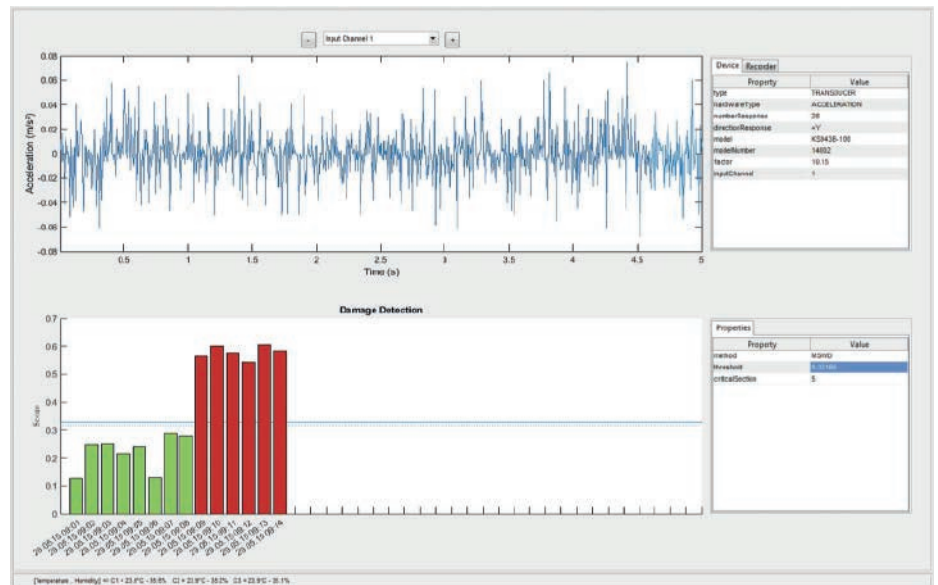
Neben der messdatenbasierten Modalanalyse bietet waveimage eine Finite-Elemente-Analyse (FEA) zur Simulation der Schwingungseigenschaften anhand der Strukturgeometrie und der Materialeigenschaften an. Zur Anpassung des FE-Modells an die messdatenbasierten modalen Resultate (durch OMA und EMA) steht zusätzlich die Strukturmodifikationskomponente zur Verfügung.

Die Messdaten zur dynamischen Strukturanalyse können mittels Beschleunigungs-, Geschwindigkeits- und Wegaufnehmern (auch Laser-Scanning-Vibrometer) aufgenommen werden.

Neben der Recorder- und Modalanalysefunktionalität sowie einer Komponente zum Signal Processing (für die Vorverarbeitung und Konvertierung von Körper-, Luft- und Ultraschalldaten) bietet die Software die Möglichkeit zum SHM als Modul zur Überwachung und für die Qualitätssicherung von mechanischen Strukturen und Bauwerken. Zum SHM wird eine Signatur unter realen Betriebsbedingungen erstellt, welche die Schallantwort an möglicherweise mehreren Orten der entsprechenden Struktur mit einer dazu passenden Beschreibung des aktuellen Zustandes enthält. Die Auswahl der Merkmale zur Erzeugung der Signatur und die Festlegung der Klassen (unterschiedliche Zustände der zu untersuchenden Struktur) sind sehr problembezogen und können daher separat in der Software eingestellt werden.



Mit waveimage ermittelt: Eigenschwingungsform des Thyssen-Krupp-Hochhaus in Bochum.



Die Software-Oberfläche zum SHM zeigt die Ergebnisse: grün = kein Schaden / rot = Schaden.

Interface zu GOV-Datenrecorder genutzt

Bislang muss bei der Durchführung einer Schwingungsanalyse – beispielsweise zur Begutachtung oder Überwachung von Bauwerken oder großen mechanischen Strukturen – zeitlich und personell großer Aufwand getrieben werden. Besonders bei der Schwingungsanalyse von Bauwerken ist allein die Vorbereitung der Messung sehr zeitaufwändig. In den meisten aktuell durchgeführten Schwingungsanalysen von Bauwerken wird zudem kabelgebundene Messhardware eingesetzt, die wegen der störenden Kabelverbindung nicht überall im Bauwerk angebracht werden kann. Hinzu kommt der hohe Aufwand beim Transport der Messhardware.

Durch das neuartige kabellose Sensornetzwerk werden der personelle und der zeitliche Aufwand deutlich reduziert. Dies führt zu deutlichen Kosteneinsparungen. Die Software waveimage bietet ein Softwareinterface zu den Datenrecordern von Goldammer an. Dies wurde beim Aufbau des mobilen Sensornetzwerks eingesetzt.

Zur Umsetzung des kabellosen Sensornetzwerkes werden einzelne Sensorknoten mit einem Android-Endgerät und dem GOV-1034-0 Datenrecorder von Goldammer ausgestattet. Das Android-Endgerät dient zur Visualisierung der Messdaten, zum Einstellen des Datenrecorders und zum Senden der Messdaten (LTE, WLAN bzw. Bluetooth) an den zentralen Knoten. Ein direktes Feedback durch die Visualisierung der Messwerte der Sensoren am Ort der Anbringung ist sehr nützlich, da somit ein defekter Sensor oder eine unzu-

reichende Befestigung sofort erkannt werden können.

Neben der Unterstützung der Betriebssysteme Android, Windows, Mac und Linux bietet der Recorder vier analoge Eingänge mit BNC-Buchse, wobei die Eingänge 3 und 4 zwischen analoger Ein- und Ausgabe umschaltbar sind. Somit kann dieser Datenrecorder auch zur Verwendung eines Modalshakers verwendet werden. Weiterhin bietet der Datenrecorder zwei digitale Zählereingänge. Die Analogausgänge arbeiten mit 24 Bit Auflösung und simultanen Abtastraten von 8 kHz bis 192 kHz und sind somit für den Einsatz von Körperschallaufnehmern, Mikrofonen, als auch Ultraschallaufnehmern geeignet.

Eine Einheit aus Datenrecorder und Smartphone, die sowohl die direkte Visualisierung der Sensorwerte als auch die Konfiguration direkt vor Ort ohne den Anschluss eines externen PCs ermöglicht, und zudem eine Komponente zum Versenden der Sensordaten via LTE, Bluetooth, WLAN oder auch über USB ermöglicht, bietet für sehr viele Anwendungsbereiche ein großes Potenzial.

Autor Daniel Herfert,

Bereichsleiter Adaptive Modellierung und Mustererkennung, Gfai, Berlin

KONTAKT

Gfai e.V., Berlin
Tel.: +49 30 814 563 590
www.gfai.de

Goldammer GmbH, Wolfsburg
Tel.: +49 5361 2995 0
www.goldammer.de