



© Fraunhofer IZFP

# Hören, was nicht stimmt

## Akustisches Sensorsystem mit kognitiver Signalanalyse

An einem Klopfen, Quietschen oder Schleifen erkennen erfahrene Fachleute, wenn eine Maschine oder Anlage einen Defekt hat. Dieses subjektive Prüfverfahren stößt jedoch schnell an Grenzen. Zur objektiven Erkennung akustischer Auffälligkeiten haben Forscher am Fraunhofer IZFP ein intelligentes System entwickelt und bei einem Anwender getestet.

Daniel Groß, Matthias Heinrich, Ahmad Osman, Thomas Waschkes und Ziang Wei

**B**eim Betrieb von Maschinen oder Anlagen entstehen in der Regel charakteristische Schwingungen und Geräusche. Diese können Aufschluss über den Betriebszustand geben, da sich die Betriebsgeräusche oft verändern, wenn Defekte auftreten. Im industriellen Umfeld ist geschultes, erfahrenes Fachpersonal dafür zuständig, Betriebsgeräusche zu bewerten und Schalleignisse zu erkennen, die mit Defekten zusammenhängen.

Jedoch kann das menschliche Gehör nur ein begrenztes Spektrum von Frequenzen und Schalldrücken wahrnehmen und

ist auch nur eingeschränkt in der Lage, Auffälligkeiten zu erkennen. Zudem geht eine Zustandsbewertung anhand von Sinnesindrücken stets mit einer gewissen Subjektivität einher. Weitere Faktoren wie die Ermüdung des Personals oder Umgebungslärm können die Entscheidungsfindung weiter beeinträchtigen.

Nicht zuletzt laufen gerade in modernen Fertigungsstraßen oder Fabriken viele Prozesse automatisiert und mit entsprechend reduziertem Personaleinsatz ab. Dies birgt die Gefahr, dass selbst deutliche Abweichungen in den Betriebsgeräuschen

nicht erkannt werden, falls kein Personal in der Nähe ist.

### Wo Prüfsysteme an Grenzen stoßen

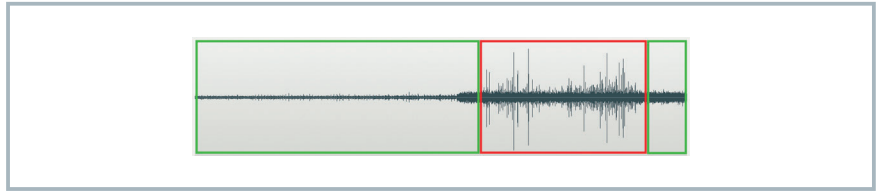
Auf dem Markt verfügbare Prüfsysteme können auffällige Schwingungen oder Klänge objektiv erkennen, müssen allerdings oft aufwendig kalibriert werden. Darüber hinaus wird das Geräusch- oder Schwingungsverhalten in vielen Fällen auf wenige akustische Kenngrößen wie Frequenzen oder Amplituden reduziert. Problematisch bei einem solchen Ansatz ist es, dass bereits geringe konstruktive An-

passungen die beobachteten Akustikmerkmale signifikant beeinflussen können. In einem solchen Fall muss eine erneute Kalibrierung durchgeführt werden, da ansonsten die Verlässlichkeit einer Prüfung leiden kann. Sollen verschiedene Bauformen oder Varianten von Komponenten oder Maschinen analysiert werden, brauchen Anwender möglichst umfangreiche Stichproben von jedem konstruktiv unterschiedlichen Typ, um eine statistisch verlässliche Kalibrierung zu gewährleisten.

### Auffällige Klänge digital auswerten

Zur Lösung dieser dargelegten Herausforderungen hat das Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP Acoustix entwickelt – ein akustisches Sensorsystem mit kognitiver Signalauswertung, das objektive und reproduzierbare Ergebnisse liefert. Betriebsschwingungen werden durch Körperschallsensoren und/oder Betriebsgeräusche durch Mikrofone erfasst und anschließend digitalisiert.

Die Daten werden danach in zeitlich kurze Segmente eingeteilt, gefiltert und transformiert. Anschließend werden aufeinanderfolgende Signalabschnitte mithilfe geeigneter mathematischer Funktionen verglichen. Daraus wird abgeleitet, ob im Signal unerwartete Störgeräusche vorhanden sind oder ob die Daten unauffällig sind. Die Algorithmik nutzt den Umstand aus,



**Bild 1.** Typisches akustisches Signal eines Mährescherschneidwerks auf dem Acoustix-Prüfstand. Der rot markierte Bereich im Signal ist von Acoustix als auffällig erkannt worden und das Schneidwerk damit als fehlerhaft bewertet worden. (© Fraunhofer IZFP)

dass unerwartete Schwingungen oder Geräusche deutliche Unterschiede in benachbarten Signalsegmenten erzeugen, wohingegen bei einem gleichmäßigen Schwingungs- oder Geräuschpegel verschiedene Signalabschnitte einen ähnlichen Informationsinhalt aufweisen. Eine solche Analyse wird für alle Sensorkanäle durchgeführt. Unter Einbeziehung verschiedener Nebenbedingungen wird abschließend ein Gesamturteil abgeleitet. Diese Algorithmik benötigt nach Angaben der Entwickler am Fraunhofer IZFP kein umfangreiches Vorwissen im Sinne von Trainingsdaten. Es sind lediglich einige Vergleichssignale zur grundlegenden Softwareparametrierung erforderlich, wodurch vor allem die grundsätzliche Empfindlichkeit individuell je nach Anwendungsszenario angepasst wird.

### Zuverlässig inmitten von Lärm

Acoustix bietet nach Angaben der Forscher eine hohe Prüfsicherheit, da eine simulta-

ne, objektive Bewertung akustischer Signale mehrerer Sensoren erfolgt. Die Algorithmik basiert, analog zur kognitiven Bewertung von Geräuschen durch einen Menschen, auf einer Auffälligkeitserkennung akustischer Ereignisse, die im normalen Betrieb nicht auftreten. Dieser Ansatz hat zur Folge, dass keine aufwendige Kalibrierung hinsichtlich klassischer akustischer Merkmale erforderlich ist. Das verringert den Einrichtaufwand für eine spezielle Prüfaufgabe insbesondere dann, wenn verschiedene Bauformen der relevanten Komponenten analysiert werden sollen oder regelmäßig konstruktive Anpassungen vorgenommen werden.

Die gemäß Anwenderwünschen angepasste Software zeigt dabei auffällige Komponenten oder Systeme unmittelbar an, z.B. mithilfe einer Ampeldarstellung, was einen schnellen Eingriff bei Unregelmäßigkeiten erlaubt. Die Bediensoftware inkl. der Auswertalgorithmik kann auch, ge- »»

**weisstechnik**<sup>®</sup>  
a schunk company

**Weltneuheit WT69!**  
Entdecken Sie das Kältemittel der Zukunft.

Weiss Umwelttechnik präsentiert die revolutionäre Entdeckung WT69, den zukunftssicheren Ersatz für R23. Ohne Kompromisse bis -70 °C. Bei gleicher Performance und einer Reduktion des GWP-Wertes um 90%. Ab sofort für Sie verfügbar - auf in die Zukunft!

[www.weiss-technik.com](http://www.weiss-technik.com)





Bild 2. Mähdrescherschneidwerk auf dem Acoustix-Prüfstand bei John Deere.

(© Fraunhofer IZFP)

eignete Schnittstellen vorausgesetzt, in bestehende Prüfsysteme integriert werden.

### Anwendung in anspruchsvoller Industrieumgebung

Ein individuell angepasstes Acoustix-System ist seit einigen Monaten bei John Deere im industriellen Einsatz (Bild 2). Dort dient es zur Überwachung der korrekten Endmontage in der Serienfertigung von Mähdrescherschneidwerken, die auf einem Prüfstand mit einem definierten Ablaufprogramm betrieben werden (Bild 1).

Herausfordernd bei dieser Prüfaufgabe war u.a. der typische produktionsbedingte Lärmpegel. Außerdem musste die Algorithmmik so gestaltet werden, dass viele konstruktiv verschiedene Typen, die im Betrieb jeweils ein unterschiedliches, sehr komplexes Schwingungsverhalten aufweisen, verlässlich bewertet werden können. Eine im Rahmen der Algorithmenanpassung durchgeführte Validierung zeigte, dass sich die Prüfentscheidungen des Systems in den allermeisten Fällen mit der subjektiven Geräuschbewertung durch einen Experten decken.

### Von der Individuallösung zur Plattform

Neben der bereits umgesetzten Schneidwerkskontrolle bei John Deere soll Acoustix zukünftig für ähnliche Montageendkontrollen algorithmisch angepasst und validiert werden. Darüber hinaus wird die Entwicklung hinsichtlich der Dauerüberwachung von Maschinen und Anlagen vo-

rangetrieben. Je nach konkreter Analyseaufgabe werden voraussichtlich unterschiedliche Auswertestrategien benötigt, um eine möglichst hohe Verlässlichkeit zu erreichen. Für die umgesetzte Aufgabe hat sich der zuvor beschriebene Algorithmus als eine geeignete Option herausgestellt. Dies lässt sich daran verdeutlichen, dass eine Montageendkontrolle für jedes Erzeugnis einmalig erfolgt und aufgrund der individuellen Geräusch- und Schwingungsdaten eine Entscheidung getroffen werden muss. Für eine Dauerüberwachung hingegen können zu einem früheren Zeitpunkt aufgezeichnete Daten in eine Bewertung miteinfließen.

Um hierbei für jede Prüfaufgabe die bestmögliche Auswertung zu erreichen, wird Acoustix zukünftig im Sinne eines umfangreichen Plattformkonzepts weiterentwickelt. Das heißt, dass für jede Aufgabe genau die Algorithmmik-Bausteine zur Signalverarbeitung und Datenbewertung individuell verknüpft werden, die problem-spezifisch die besten Resultate, beispielsweise die frühestmögliche Erkennung eines Schadens, liefern. Der Ansatz von Acoustix kann nach Angaben der Fraunhofer-Forscher vielfältig genutzt werden, z.B. zur Montageendkontrolle oder für ein permanentes Qualitätsmonitoring. Prinzipiell ist eine Verwendung überall dort möglich, wo Maschinen, Anlagen oder bewegte Komponenten charakteristische Geräusche emittieren und Fehler oder Defekte erkannt werden sollen, die sich signifikant im akustischen Verhalten widerspiegeln. ■

## INFORMATION & SERVICE

### AUTOREN

**Dipl.-Math. Daniel Groß** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe Automatiq, Abteilung Algorithmen/Signal- und Datenverarbeitung am Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP.

**Matthias Heinrich**, M. Eng., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe 3D-Akustik, Abteilung Komponenten und Bauteile am Fraunhofer IZFP.

**Prof. Dr.-Ing. Ahmad Osman** ist Leiter der Gruppe Automatiq, Abteilung Algorithmen/Signal- und Datenverarbeitung am Fraunhofer IZFP.

**Dr.-Ing. Thomas Waschkies** ist Leiter der Gruppe 3D-Akustik, Abteilung Komponenten und Bauteile am Fraunhofer IZFP.

**Ziang Wei**, M. Sc., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe Automatiq, Abteilung Algorithmen/Signal- und Datenverarbeitung am Fraunhofer IZFP.

### KONTAKT

**Sabine Poitevin-Burbes**  
 Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP  
 T 0681 9302-3869  
 sabine.poitevin-burbes@izfp.fraunhofer.de  
 www.izfp.fraunhofer.de