

# 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau  
von Makro bis Nano /  
Mechanical Engineering  
from Macro to Nano**

**Proceedings**

Fakultät für Maschinenbau /  
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

## Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau  
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten  
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,  
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,  
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,  
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,  
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005  
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau  
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel  
Dipl.-Ing. Helge Drumm  
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau  
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)  
Postfach 10 05 65  
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.  
Werner-von-Siemens-Str. 16  
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)  
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Daniel Bader/ Tobias Dieckhoff

## **Detektion von nichtstationären Signalanteilen am Beispiel unterschiedlicher Schwingungssignale in der Fahrzeugtechnik**

### **Die Notwendigkeit neuer Methoden zur Erkennung nicht stationärer Signalanteile**

Die fortschreitenden technischen Entwicklungen im Bereich der Messtechnik und der Signalanalyse bringen stetig neue Möglichkeiten zur Auswertung unterschiedlichster Signale hervor. Alle Bereiche, in denen Messwerterfassung und Auswertung durchgeführt wird, unterliegen einem ständigen Zulauf neuer Methoden, von denen viele sehr speziell und theoretisch anmuten, so dass ihre Akzeptanz außerhalb ihres Einsatzgebietes nur beschränkt ist. Gleichzeitig ist die Herangehensweise an die Signalauswertung in den verschiedenen Bereichen äußerst unterschiedlich und stark vom Hintergrund und der geschichtlichen Entwicklung des jeweiligen Fachbereichs und des bestehenden Normengefüges geprägt.

Die Publikation beschäftigt sich mit der Erkennung und zielgerichteten Auswertung von Signalen mit zeitlich veränderlichen Signalanteilen. Zu diesem Zweck wird die in der Fahrzeugtechnik weniger bekannte Wavelet-Transformation als Kernalgorithmus genutzt, und ihre Ergebnisse werden zielgerichtet mit bekannten statistischen Methoden zeitnah automatisiert ausgewertet.

### **Erkennung von nichtharmonischen Signalanteilen in Schwingungssignalen**

Ein einführendes Beispiel zeigt die Transformation eines synthetischen verrauschten Verzahnungssignals, welchem ein instationäres Signal in Form einer gedämpften Sinusschwingung überlagert wurde.

Die Wavelet Analyse hingegen findet exakt die Störung. Um eine zahngenaue Aussage treffen zu können, wurde das Ergebnis der Wavelet Transformation einer Crest-Betrachtung unterworfen. In der Darstellung der Crest-Matrix läßt sich der Fehler exakt einem Zahn zuordnen.

Nachfolgend wurde ein reales Schwingungssignal einer Automobilverzahnung mit 96 Zähnen der Wavelet-Analyse unterzogen. Dazu wurde ein mit einer Schlagstelle behaftetes schrägverzahntes Stirnradpaar aus der Produktion entnommen und dessen Körperschallemissionenaufgenommen. Bereits im Ergebnis der Wavelet-Analyse ist die Schlagstelle deutlich zu erkennen. Die nachfolgende Crest-Betrachtung ordnet die Schadstelle eindeutig einem bestimmten Ort zu.

## **Analyse von Steuer- und Meßsignalen in rauer Umgebung**

Neben der bereits ausgeführten Erkennung von Instationaritäten lassen sich mit der Wavelet Analyse auch gezielt Zeitsignale analysieren und auf den jeweiligen Einsatzzweck hin optimieren. Da die diskrete Wavelet Transformation aus Filtern aufgebaut ist, liegt es nahe, diese Eigenschaft zum Filtern von Signalen einzusetzen. Als Beispielanwendung für das Potenzial auf diesem Einsatzgebiet dient ein Verzögerungssignal, welches an einem Forschungsfahrzeug mit einem Brake-by-wire System aufgenommen wurde. Die gewonnenen Signale sind aufgrund starker Vibrationseinstreuungen von Motor und Betriebsschwingungen sowie elektromagnetischer Störungen nur sehr bedingt für die Brake-by-wire Regelung nutzbar.

Es wird eine Wavelet-Analyse mit nachfolgender Synthese der einzelnen Koeffizientenlevel durchgeführt. Im Ergebnis lassen sich mehrere Schwingungskomponenten gut voneinander unterscheiden. Das Approximationssignal kann als Eingangssignal in die Verzögerungsregelung genutzt werden.

### **Abschlußbetrachtung**

Es wird vorgestellt, daß sich mit dem Werkzeug der Wavelet Transformation zeitnah präzise Aussagen über den Zeitpunkt des Auftretens instationärer Signalanteile machen lassen. Die Methode komplettiert die vorhandenen und verbreiteten Analysemöglichkeiten in der Fahrzeugtechnik, ohne sie ersetzen zu wollen. Unter Berücksichtigung der bekannten Schwingungsanalysemethoden lassen sich simultan Aussagen über das Systemverhalten, Betriebszustände und Schäden im Frühstadium an fahrzeugtechnischen Systemen machen. Zusätzlich dazu läßt sich die Wavelet-Analyse als Filtermöglichkeit betrachten und bietet umfangreiche Möglichkeiten der Signalmanipulation zum Zweck der Qualitätsverbesserung fahrzeugtechnischer Schwingungssignale.

#### **Autorenangaben:**

Daniel Bader  
Tobias Dieckhoff  
TU Ilmenau, Fachgebiet Kraftfahrzeugtechnik, PF 100565  
98684, Ilmenau  
Tel.: 03677 69 3861  
E-Mail: daniel.bader@tu-ilmenau.de; tdieckhoff@web.de