



Mitteilungen 01 - 2005

## Fehler akustisch erkennen

### Materialprüfung, Funktions- und Geräuschprüfung

Mit immer höheren Anforderungen an Produkte steigen die Anforderungen an fertigungsbegleitende Produktprüfungen. Unabhängig davon, ob es um die Geräuschqualität von angetriebenen mechanischen Systemen geht oder um Einhaltung von Materialeigenschaften und Geometrien, kann die akustische Prüfung eine kostengünstige Lösung sein. Die Vorgehensweise zur Produktprüfung bzw. zur Entwicklung eines geeigneten Prüfsystems ist jeweils vom zu prüfenden Produkt bzw. von der zu prüfenden Eigenschaft abhängig.

#### Materialprüfung

Typische Aufgabenstellungen bei der Materialprüfung sind:

- Erkennung von Ungenauigkeiten (Risse, Lunken, Einschlüsse, Porosität)
- Erkennung von Gefügefehlern (Nodularität, E-Modul)
- Erkennung von Geometrieabweichung

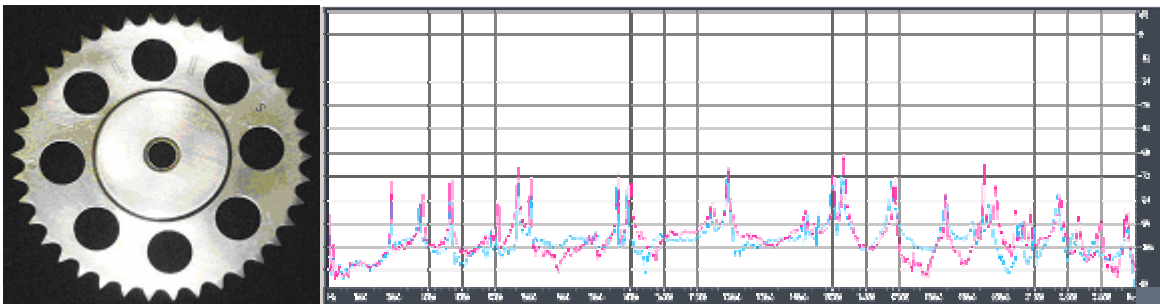


Abbildung 1: Zahnrad, Vergleich eines iO-Spektrums mit einem niO-Spektrum

#### Funktions- und Geräuschprüfung

Typische Aufgabenstellungen bei der Betriebsprüfung:

- Verifikation der Einhaltung von technischen Spezifikationen (Drehmoment, Verstelldauer, Leistungsaufnahme u.ä.)
- Erkennung von Montagefehlern und Bauteilschäden
- Prüfung und Einhaltung eines geforderten Geräuschkomforts

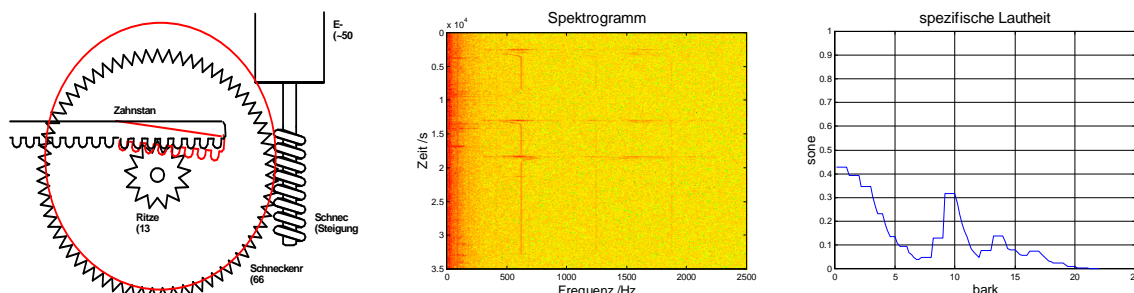


Abbildung 2: Antrieb, Spektrogramm, maximale spezifische Lautheit

### Vorgehensweise Materialprüfung

Bei der Materialprüfung werden meist Produkteigenschaften gesucht, die die mechanische Beanspruchbarkeit des Produkts beeinträchtigen, seltener sollen Geometrieabweichungen detektiert werden. Bei der Suche nach Materialungängen wie zum Beispiel Rissen macht man sich in der akustischen Prüftechnik den Umstand zunutze, dass diese die elastischen Eigenschaften des Produkts verändern. Das bedeutet, dass sich bei einem gestörten System zwar meist gleiche Schwingformen wie beim fehlerfreien Produkt ausbilden jedoch bei anderen Frequenzen. Die Frequenzabweichung ist abhängig vom Ort und der Größe der Störung. Jeder Fehlerort erzeugt ein charakteristisches Abweichungsmuster. Die Ausprägung dieses Musters ist abhängig von der Größe des Fehlers. Gleiches gilt für Geometrieabweichungen.

Durch EARS (enhanced analysis of resonance shift) wird mittels FEM-Simulation eine Wissensbasis aufgebaut, mit der Messdaten sicher bewertet werden können. Anhand der Modellbetrachtung kann bereits im Vorfeld abgeschätzt werden, welche Fehlergröße messtechnisch aufgelöst werden kann, und somit entschieden werden, ob der Einsatz eines akustischen Prüfverfahrens erfolgversprechend ist. Hierzu sind weder messtechnische Versuche noch Prüfmuster mit definierten Fehlern erforderlich. Im Idealfall können Fehlerorte lokalisiert sowie Fehlergröße und Geometrieabweichungen quantifiziert werden. Abweichende Resonanzfrequenzen können also eindeutig bestimmten Ursachen zugeordnet werden.

Ebenfalls anhand von FEM-Simulationen bestimmen wir, welche Schwingformen informationstragend sind, d.h. durch gesuchte Abweichungen in ihrer Frequenz beeinflusst werden. Mit dieser Information können sowohl die Lagerung (Auflage in Schwingungsknoten), Anregung (Anregung im Schwingungsbauch) als auch die Messposition (Messung im Schwingungsbauch) optimal gestaltet werden. Dadurch verringern sich das Risiko, Prüfstationen nachträglich anpassen zu müssen, und der kaum kalkulierbare Aufwand für messtechnische Optimierungen.

### Vorgehensweise Funktions- und Geräuschprüfung

Bei der Prüfung von Produkten, die beim Betrieb Geräusche erzeugen, stellt die Anforderung an das Geräusch sicherlich die höchsten Ansprüche. Oft sind hier „wachsweiche“ Kundenforderungen einzuhalten – typische Klausel: „Das Betriebsgeräusch des Produktes muss unauffällig sein.“

Was bedeutet das? Zunächst einmal dass das Produkt ein Geräuschbild erzeugen soll, das nicht auffällt ist, also genau so klingt, wie es der Kunde erwartet. Leider lässt sich das in aller Regel nicht durch Pegel, Lautheit, Schärfe oder Rauigkeit (Dezibel, Sone, Acum oder Asper) beschreiben. Leider ist auch die Auffälligkeit eines Geräuschs davon abhängig, ob in der normalen Betriebsumgebung Geräusche aus anderen Quellen das Betriebsgeräusch überlagern. So kann durchaus die spektral lauteste Geräuschkomponente eines Produktes in der normalen Betriebsumgebung unhörbar sein, weil es durch ein Umgebungsgeräusch „verdeckt“ wird, während eine leise Geräuschkomponente in der Betriebsumgebung störend wirkt bzw. „auffällt“.

Grundsätzlich gilt, dass das menschliche Gehör sehr empfindlich auf Geräuschveränderungen reagiert. Zeitliche Veränderungen können unregelmäßige Effekte wie Klicken, Knarzen oder Schleifen sein, aber auch regelmäßige Veränderungen, die zu Schwankungs- oder Rauigkeitsempfindungen führen. Hier greifen Signalverarbeitungsmethoden wie Crestfaktor und Hüllkurvenanalyse.

## Mitteilungen 05 - 2004

Da die Schwinganregung durch das Produkt meist bei diskreten Frequenzen erfolgt und Resonanzen angekoppelter Systeme meist schmalbandig sind, empfiehlt sich in vielen Fällen eine Schmalbandanalyse des Betriebsgeräuschs. Die Analyse von Terz- oder Oktavpegeln ist bei den meisten Produkten nicht zielführend (siehe auch Ringversuch der DGAQS).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Betriebsgeräuschprüfung rein technisch gesehen eine mehrdimensionale Geräuschanalyse erfordert. Welche Dimensionen analysiert werden müssen und durch welche Grenzwerte gute und schlechte Produkte unterscheidbar sind, hängt vom Produkt, der Einbausituation, der Betriebsumgebung und den Kundenerwartungen ab.

### Unser Angebot

In unseren Projekten unterstützen wir unsere Kunden bei der Untersuchung der Machbarkeit, bei Planung, Realisierung und Optimierung sowie bei der Validierung von Prozessen zur Produkt- und Materialprüfung. Wir begleiten und beraten im Gespräch mit Endkunden und Lieferanten bei der Suche nach der besten Lösung.

Nehmen Sie unverbindlich mit uns Kontakt auf! Rufen Sie uns an oder schreiben Sie uns.

---

### Rückblick Forum Akustik 2004

Vom 16. bis 17.11.2004 fand in Karlsruhe-Durlach das Forum Akustik der DGAQS e.V. statt. Neben dem Vortragsprogramm zu aktuellen Entwicklungen in der akustischen



Qualitätssicherung ergaben sich für die Teilnehmer aus unterschiedlichen industriellen Bereichen zahlreiche Möglichkeiten des Erfahrungsaustauschs und zum Knüpfen neuer Kontakte. Eine besondere Ehrung wurde unserem Mitarbeiter Herrn Dipl.-Ing.(FH) Jochen Bauer zuteil. Ihm wurde für seine Arbeit

"Modellierung, Simulation und Klanganalyse von Glocken zur Optimierung der Innenharmonie des Glockenklanges" der DGAQS-Förderpreis verliehen. Die Manuskripte zu allen Vorträgen – auch der vergangenen Foren – finden Sie unter <http://www.dgaqs.de>.

---

### Seminare in Kooperation mit der DGAQS-Akademie

Auch 2005 führen wir in Kooperation mit der DGAQS-Akademie Seminare durch.

#### Seminar „Akustische Qualitätsprüfung - Verfahren und Anwendungen“

Das zweitägige Seminar führt in die akustische Prüfung von Produkten und in die Resonanz- und Klanganalyse ein. Die Teilnehmer lernen die Möglichkeiten und Grenzen der Methoden und der dafür verfügbaren Werkzeuge und Geräte kennen. Dabei liegt der Schwerpunkt in der Auswahl leistungsfähiger Merkmale, der Gestaltung der Prüfbedingungen sowie der Qualitätsbeurteilung.

#### Seminar „Messunsicherheit - Prüfmittelverwendbarkeit und Prüfprozesseignung“

Das zweitägige Seminar führt umfassend in die Thematik der Messunsicherheit ein. Es werden speziell die Methoden und Verfahren zur Bestimmung der Messunsicherheit sowie zum Nachweis der Prüfmittelverwendbarkeit und Prüfprozesseignung trainiert.

Ausführliches Informationsmaterial zu beiden Veranstaltungen können Sie bei uns mit dem angehängten Faxformular anfordern oder auf unserer Homepage unter [www.md-pro/depot/schulungen.de](http://www.md-pro/depot/schulungen.de) finden.