GEVA Gesellschaft für Entwicklung und Versuch Adlershof mbH
Berlin-Adlershof, Germany

GEVA is part of
Element Materials Technology

Piezo-Shaker im Automotive Bereich

Bsp.: Turbinenrad eines Turboladers

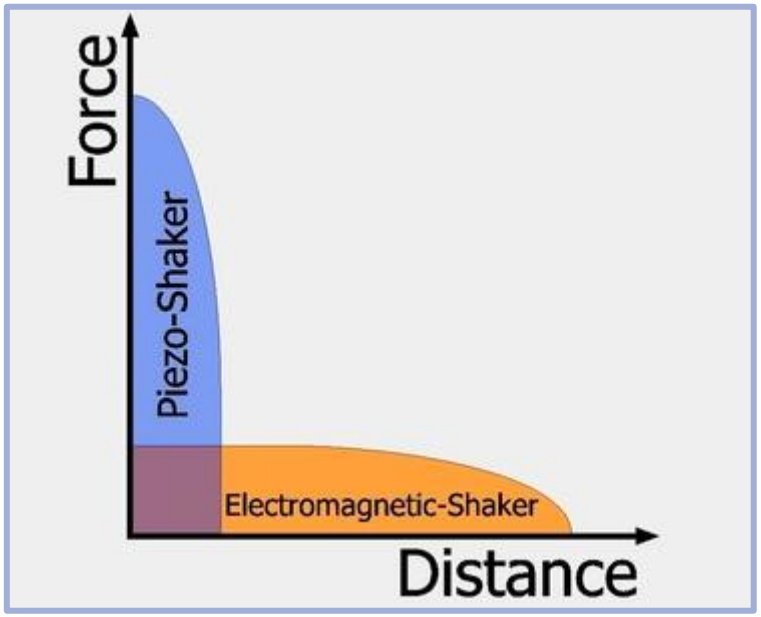
Dipl-Ing. Anja Carl

BEISPIEL: TURBINENRAD EINES TURBOLADERS

Im Vergleich zu elektromagnetischen Shakern verfügen Piezo-Shaker über ein höheres Kraftpotential und höhere Steifigkeiten bei vergleichsweise kleinen Wegen.

Schwingungsanregung mit Piezo-Shakern zeichnet sich aus durch:

- Beschleunigungen bis 1000g und höher
- hohe Kraftmodulation bis einige 10kN
- breiter Frequenzbereich bis 100kHz
- Amplituden bis in den sub mm Bereich
- kompakte Abmessungen (Mini-Shaker)



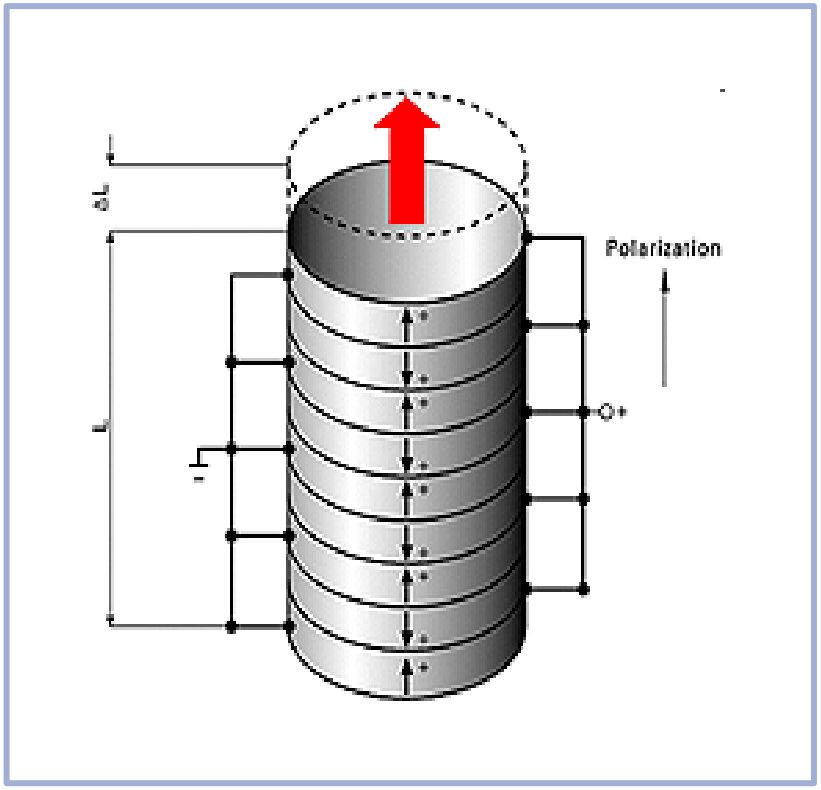
BEISPIEL: TURBINENRAD EINES TURBOLADERS

Vorteile von Piezo-Shakern:

- Die Stoßanregung ist reproduzierbar
- hohe, variabel einstellbare Wiederholraten
- einstellbare Stoßenergien
- kompakte Bauweise

Der Einsatzbereich von Piezo-Shakern liegt hauptsächlich in folgenden Bereichen:

- Modalanalyse mechanischer Strukturen
- Untersuchungen zur Betriebsfestigkeit
- Ermüdungstests, High Cycle Fatigue Tests
- Materialtests an Metallen, Kunststoffen
- Fretting Tests
- Schwingungsanregung



BEISPIEL: TURBINENRAD EINES TURBOLADERS

Anwendungsbeispiel im Automotive Bereich: Turbinenrad eines Turboladers

Versagen von Verdichter/-Turbinenrädern sind in der Regel dreierlei Art bedingt:

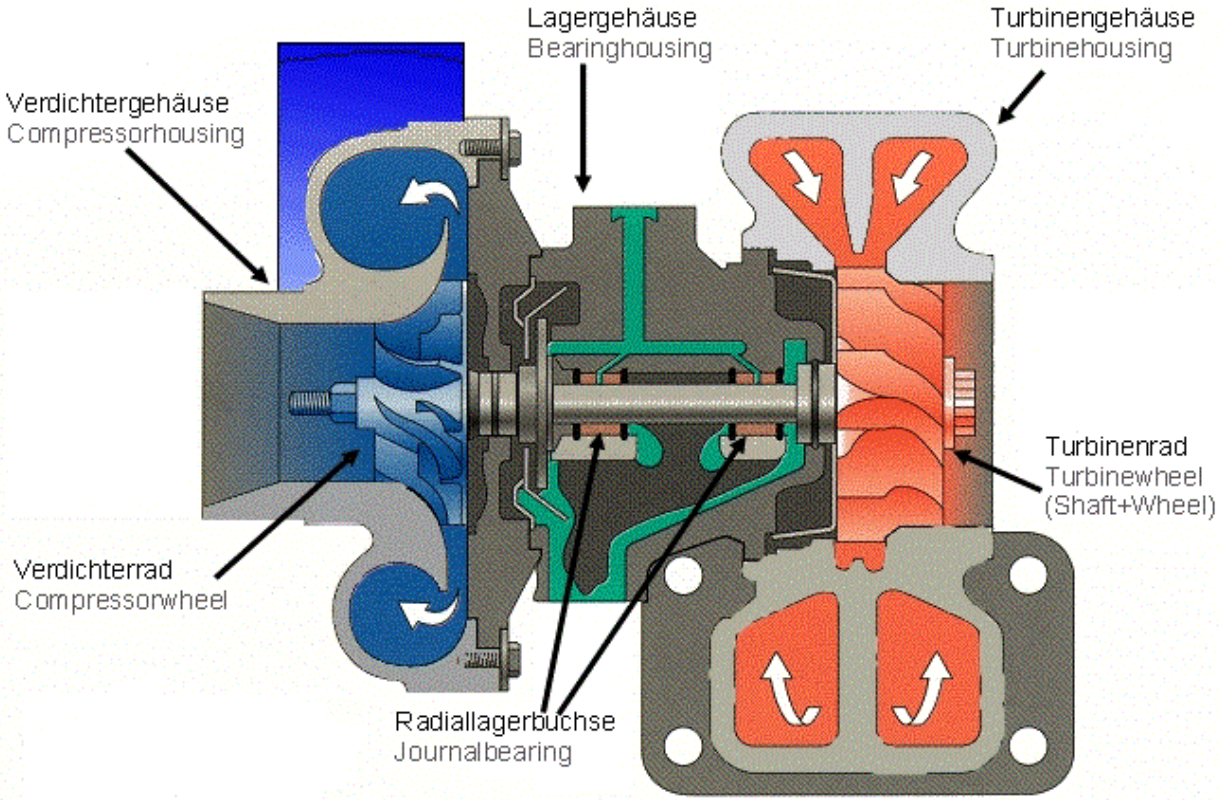
1. durch Nabenspannungen
2. rückwandbedingt

} LCF-Versagen (Ermüdung bei niedriger Lastspielzahl)

3. schaufelfrequenzbedingt } HCF-Versagen (Ermüdung bei hoher Lastspielzahl)

BEISPIEL: TURBINENRAD EINES TURBOLADERS

- Abgasturbolader besteht aus Frischluftseite (dem Verdichter) und einer Abgasseite (der Turbine), die durch eine gemeinsame Welle miteinander verbunden sind.
- Die Abgasseite wird angetrieben von den ungenutzten Abgasen aus dem Motor und das Turbinenrad liefert die entsprechende Antriebsenergie für den Verdichter



BEISPIEL: TURBINENRAD EINES TURBOLADERS

Früher liefen Turbolader bei 50.000 U/min
Heutige Turbolader drehen bei 125.000 U/min , sogar bis 300.000 U/min

Grundsätzlich gilt:
Jedes rotierende Bauteil unterliegt neben der Anregung durch die Drehzahl auch überlagerten Anregungen. Linear mit der Drehzahl treten z.B. Unwuchtanregungen auf. Durch Wälzlager (Anzahl der Wälzkörper) oder Turboladerläufer (Anzahl der Schaufeln) werden Vielfache der Drehzahlschwingungen angeregt – die sogenannten Ordnungen.

Um die Gefahr eines HCF Versagens des rotierenden Bauteils zu reduzieren, sollten daher die Eigenfrequenzen der Schaufeln nicht in das Betriebsdrehzahlband fallen – was bei bekannten Anregungen durch höhere Ordnungen und dem aktuell interessanten Drehzahlband (bis 300kRPM ~5kHz -> 10. Ordnung ~50kHz) technisch nicht mehr realisierbar erscheint.

Die einhergehende Erhöhung der Betriebsdrehzahl macht die Anpassung der Eigenfrequenz der Schaufeln nötig, um ein vorzeitiges Versagen zu verhindern. Damit einhergehend ist die genaue Analyse der realen Eigenfrequenzen immer bedeutsamer.

BEISPIEL: TURBINENRAD EINES TURBOLADERS

Die Eigenfrequenz der Schaufeln kann angepasst werden durch z.B.:

- Dickere Laufradschaufeln was Steifigkeit erhöht aber auch Gewicht!!!
- Material mit höherem Dämpfungsvermögen, die Auswahlmöglichkeiten sind allerdings durch Lastenheft/Betriebsanforderungen begrenzt
- Anpassung der Geometrie, auch hier gibt es z.B. Bauraumbegrenzungen
- Anzahl / Anordnung der Schaufeln

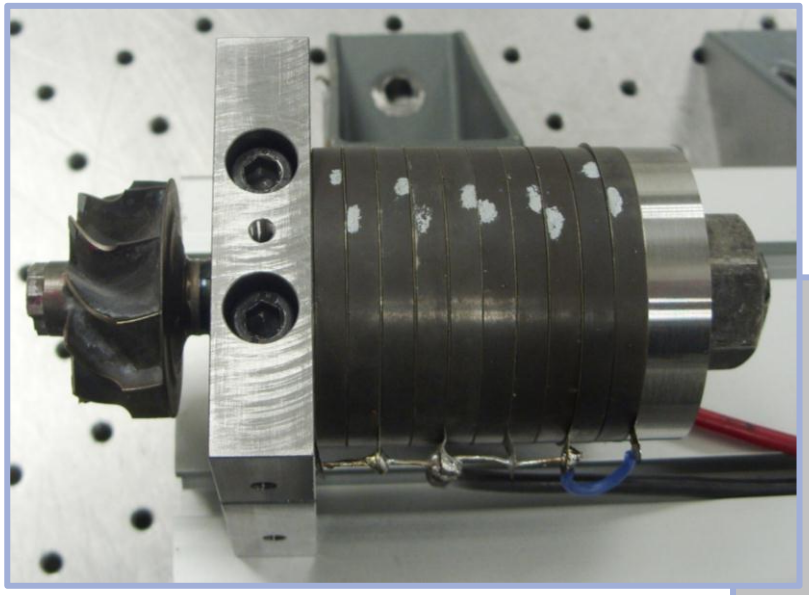
Diese Vielzahl von beeinflussenden Faktoren führt an die Grenze der Berechnung

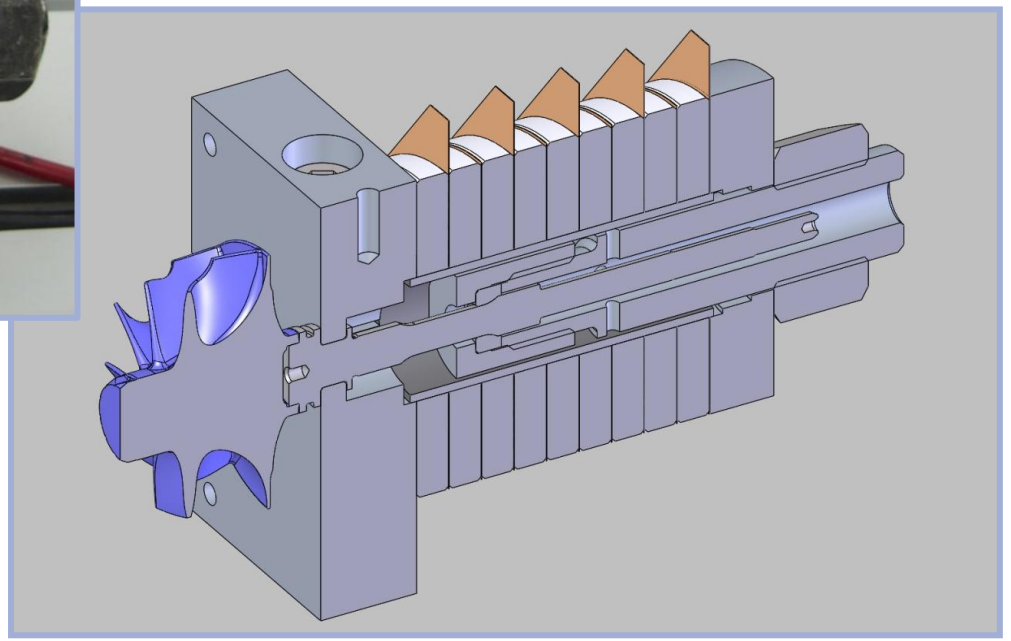
➡ **Verifikation**

- **Hier können Modeshape Analysen, Frequenzanalysen mit Bestimmung der Dämpfung sowie HCF Tests für den Entwickler interessant sein**

BEISPIEL: TURBINENRAD EINES TURBOLADERS

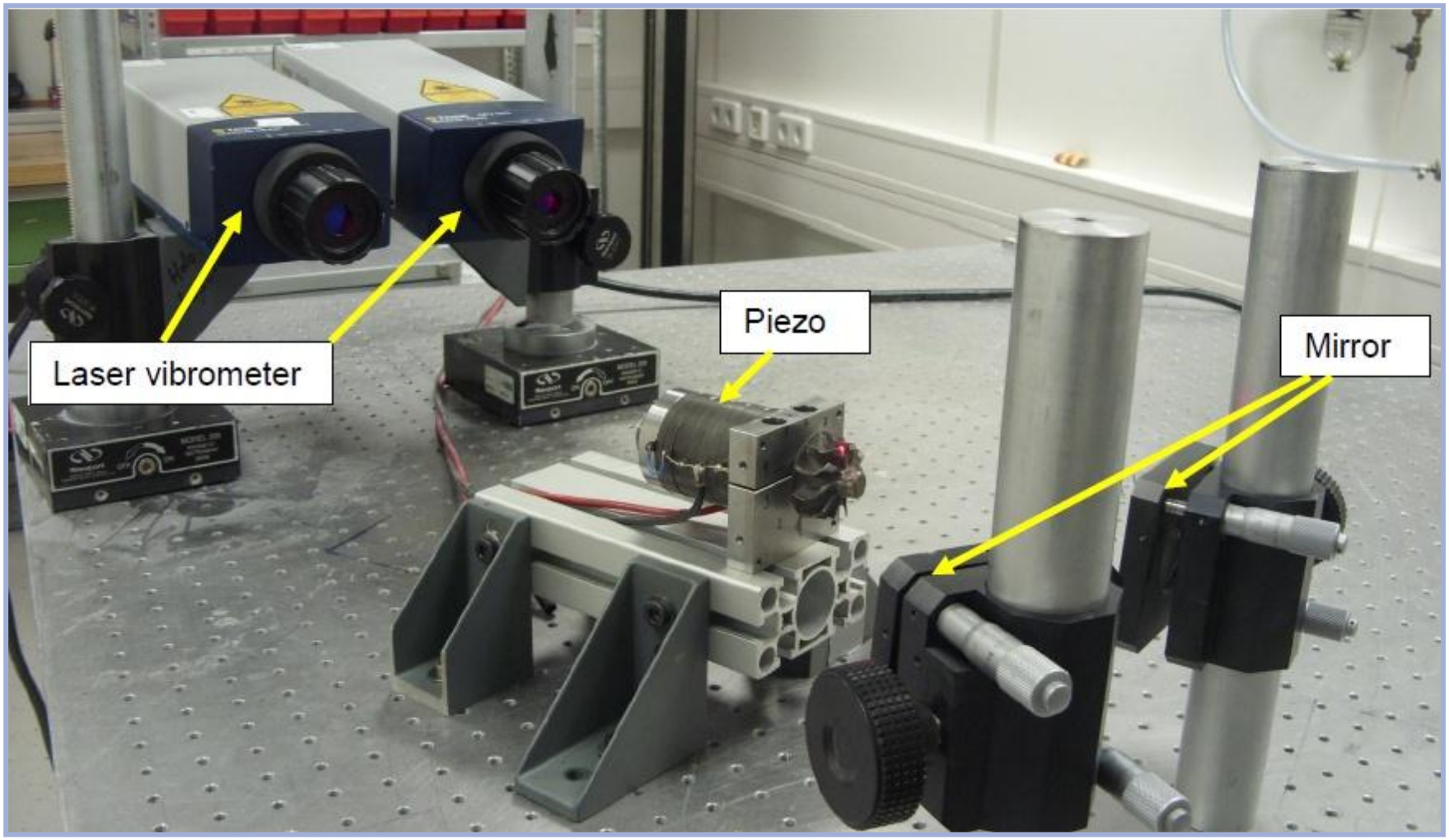
Test an Turbinenrad eines ATLs mit Piezo Anregung





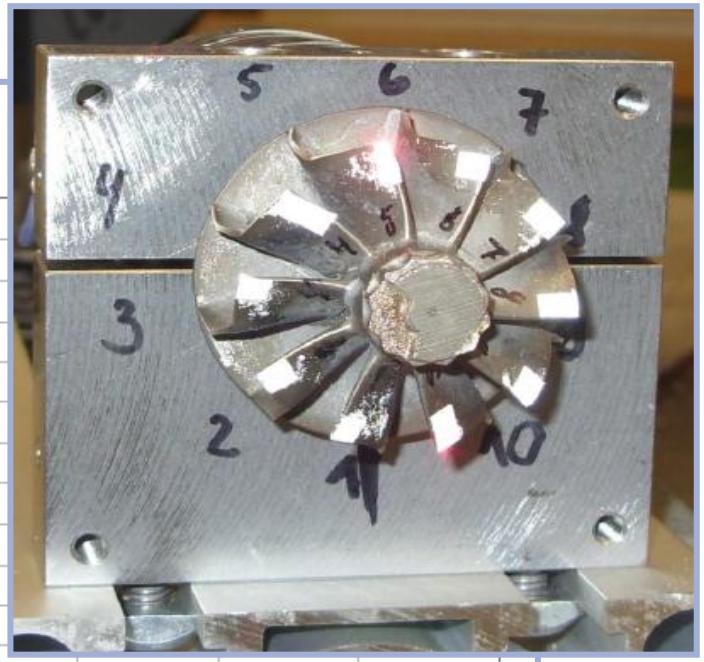
PIEZO-SHAKER - AUTOMOTIVE

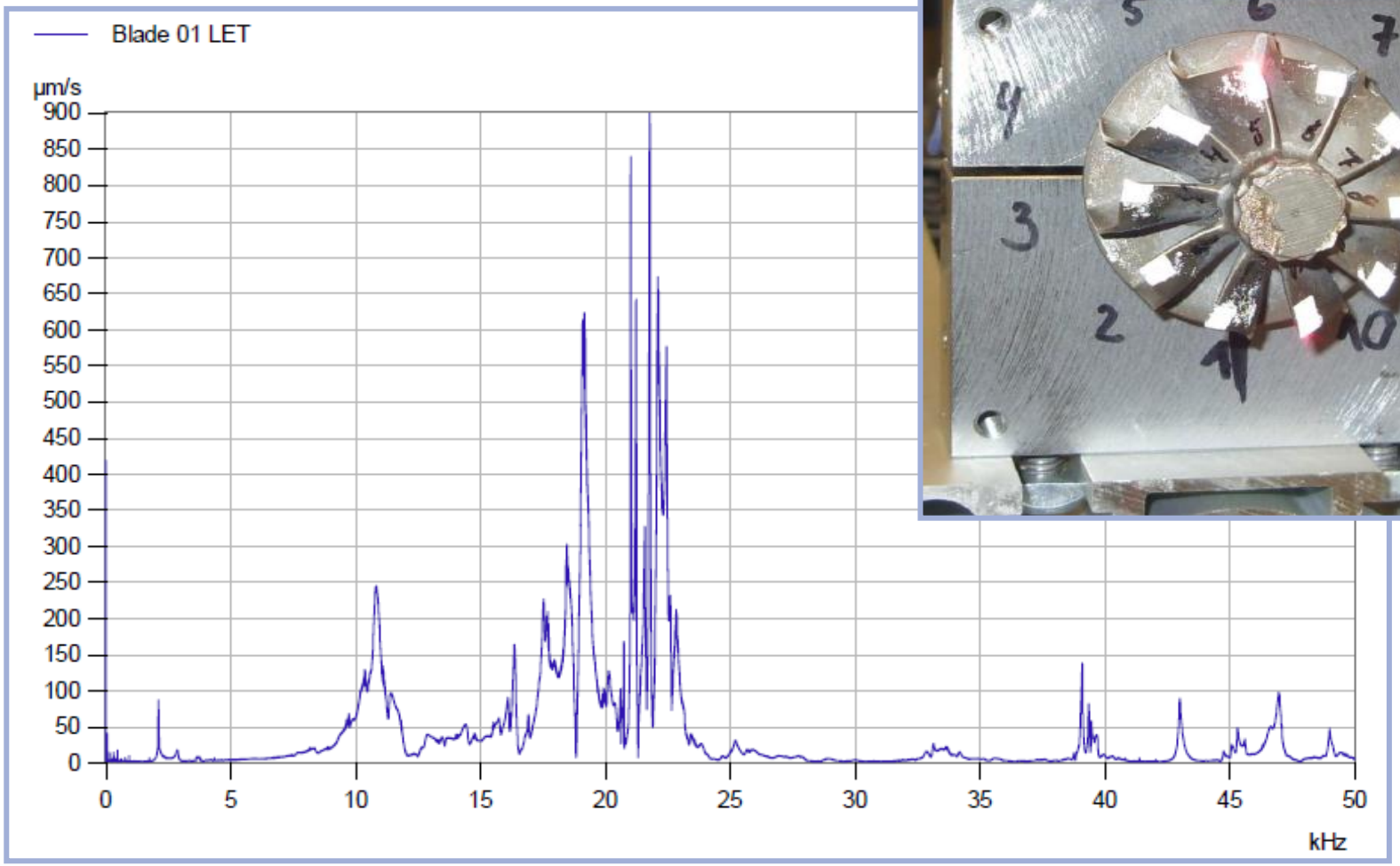
BEISPIEL: TURBINENRAD EINES TURBOLADERS



PIEZO-SHAKER - AUTOMOTIVE

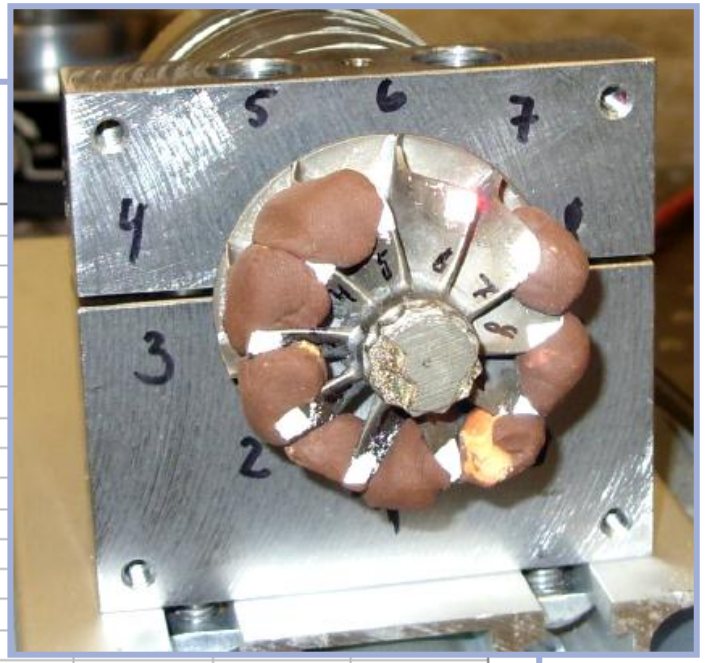
BEISPIEL: TURBINENRAD EINES TURBOLADERS

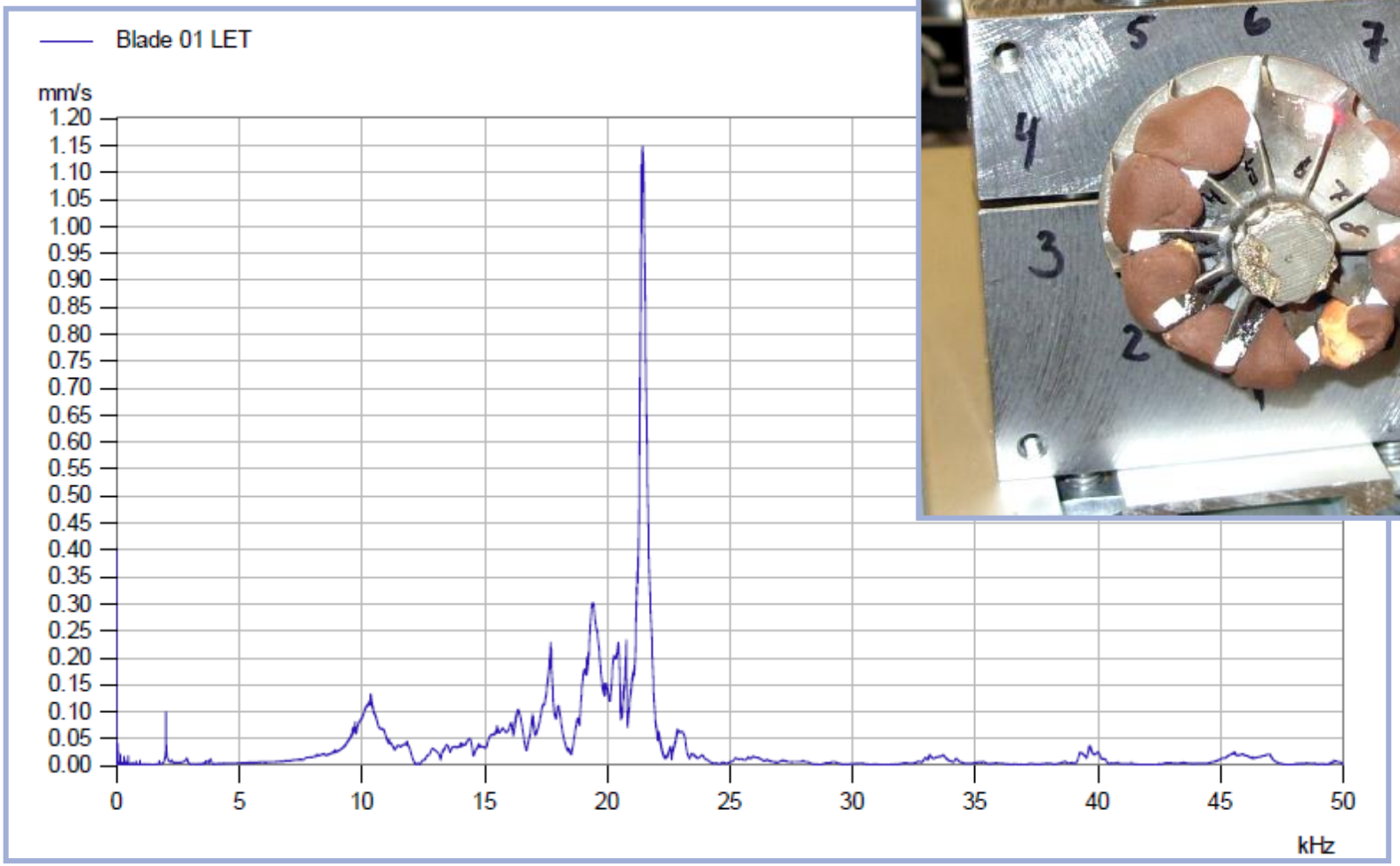




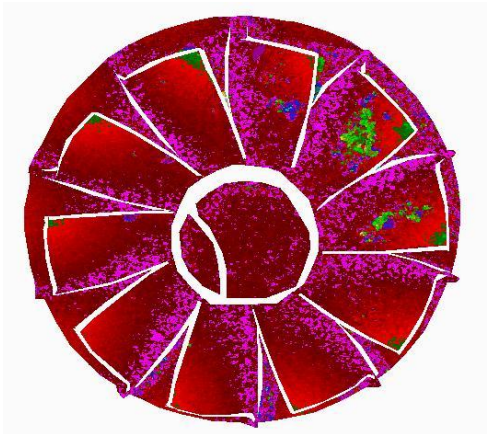
PIEZO-SHAKER - AUTOMOTIVE

BEISPIEL: TURBINENRAD EINES TURBOLADERS

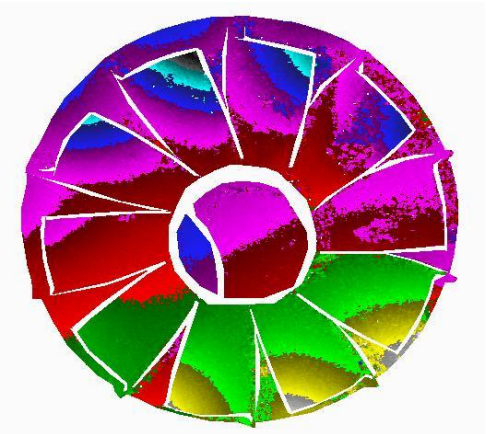




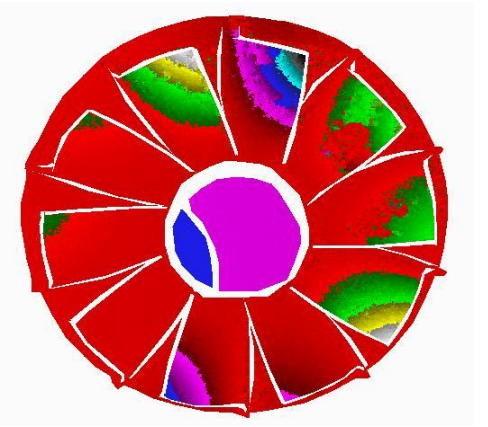
BEISPIEL: TURBINENRAD EINES TURBOLADERS



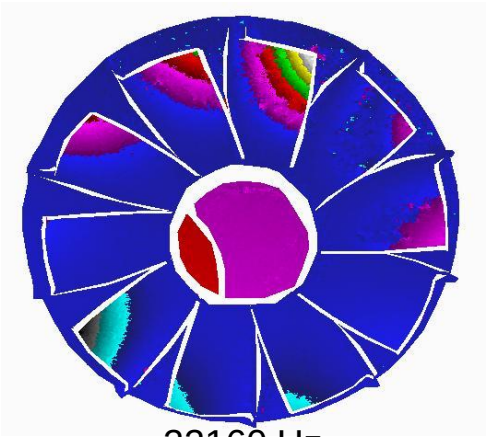
10974 Hz



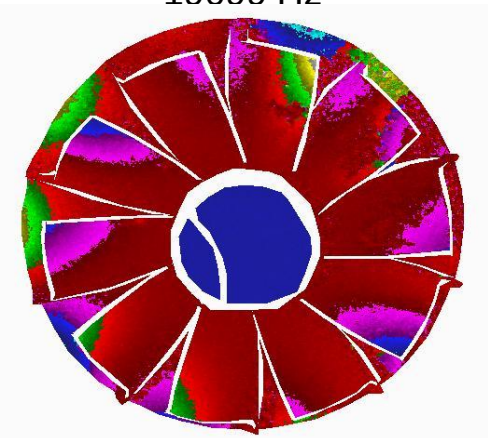
19099 Hz



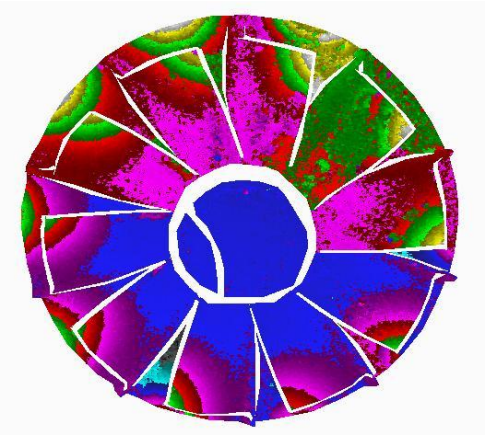
21216 Hz



22160 Hz



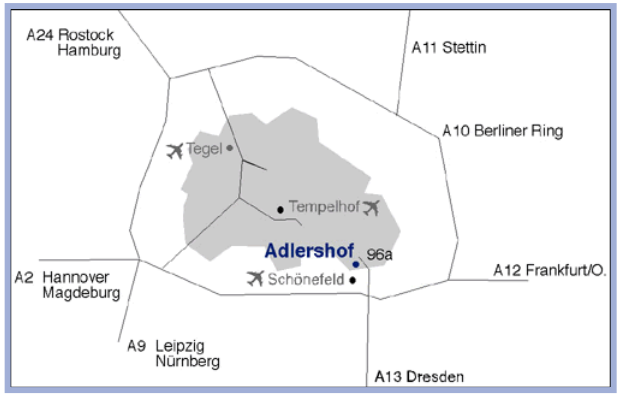
38959 Hz



47037 Hz

KONTAKT

GEVA mbH
Willy Wolf - Bau
Friedrich- Wöhler- Str. 1
12489 Berlin-Adlershof
Germany

Tel: +49 30 63 92 74 10
Fax: +49 30 63 92 74 70

mailto: service@geva-adlershof.de
http://www.geva-adlershof.de