

Hohe Punktdichte

Optisch das wahre Schwingverhalten messen
Applikationsnote



Laservibrometer erfassen schwingende Strukturen flächenhaft mit beliebig hoher Messpunktdichte und ohne Massebeladung.



Optische Schwingungsmesstechnik analysiert das exakte Schwingverhalten von Objekten in der Forschung und Produktentwicklung. So fördern Laser-Doppler-Vibrometer von Polytec Innovationen beispielsweise in der Automobilindustrie, in der Luft- und Raumfahrt, im Maschinenbau sowie in der Festplatten- oder Mikrosystemtechnik und in diversen Qualitäts- und Produktionskontrollen.

Bei Anwendungen, in denen viele Messpunkte benötigt werden, um das Schwingverhalten eines Objektes optimal analysieren zu können, bietet die berührungslose Scanning-Vibrometrie viele Vorteile gegenüber taktiler Schwingungsmesssysteme. Der begrenzte Platz zur Anbringung der berührenden Sensoren limitiert auch die Anzahl an Messpunkten und schränkt damit die räumliche Auflösung ein.

Dieser Testbericht beschreibt den Vergleich zwischen einer hochaufgelösten, vollflächigen Messung durch ein Scanning-Vibrometer und einer Testmessung mit wenigen Messpunkten (typisch bei Beschleunigungsaufnehmern) an frei schwingenden Platten.

Versuchsaufbau

Der Messaufbau zur Untersuchung des Einflusses der räumlichen Auflösung auf die Betriebschwingform bestand aus einem Rahmen mit einer darin frei schwingend aufgehängten Aluminiumplatte (Abbildung 1). Die verwendete Platte mit den Maßen L x B 300 x 100 mm wurde von einem SAM Skalierbaren Automatischen Modalhammer angeregt, um ein breites Frequenzspektrum abzudecken.

Unterschiede je nach Punktdichte

Bei der folgenden Untersuchung wurde diese Aluminiumplatte nacheinander mit verschiedenen Einstellungen der Punktdichte vermessen. Die Messungen mit Punktdichten von 45 Messpunkten und 1.200 Messpunkten wurden einander gegenübergestellt und bei verschiedenen Schwingformen miteinander verglichen.

Als berührungslos arbeitendes, optisches Messsystem diente das PSV Polytec Scanning Vibrometer. Die Frequenzbandbreite lag bei 25,6 kHz mit einer Frequenzauflösung von 2 Hz. Die Einstellungen wurden für alle Messungen übernommen, sodass das gemittelte Antwortspektrum aller Messungen nahezu übereinstimmte.

In Abbildung 2 sind die Messungen von 45 (2a) und 1.200 (2b) Messpunkten bei einer einfachen Schwingform mit einer Frequenz von 100 Hz zu sehen.

1
*Platten mit
Kabelbinder
und Federung
frei schwingend
aufgehängt.*

Hierbei wird die Schwingform, eine Torsion, mit beiden Punktdichten korrekt dargestellt. In einem höherfrequenten Bereich des Antwortspektrums bei ca. 3 kHz gelangt die Animation der Biegemoden, wie in Abbildung 2c zu sehen ist, mit einer Punktdichte von 45 Messpunkten bereits an die Grenze der Darstellbarkeit. Im Vergleich dazu siehe Abbildung 2d mit 1.200 Messpunkten. Der Animationsausschnitt 2e zeigt bei ca. 7 kHz eine deutliche Unterabtastung der Schwingform mit nur 45 Messpunkten. Diese Schwingform wird in Abbildung 2f mit 1200 Messpunkten korrekt dargestellt.

Dieser Effekt ist in der Messtechnik als Aliasing-Effekt bekannt. Auch räumlich gilt das Nyquist-Shannon-Abtasttheorem. Betrachtet man einen frei schwingenden Biegebalken, muss für die erste Biegeeigenform mindestens an drei Stellen abgetastet werden, für die zweite an fünf Stellen. Deshalb ist eine ausreichende räumliche Auflösung zum verlässlichen Bestimmen der Betriebsschwingformen und der evtl. nachgelagerten Modalanalyse zur Ermittlung der Eigenformen essentiell.

Bei einer Unterabtastung durch eine zu geringe Messpunktdichte können daher falsche Rückschlüsse auf die wirkliche Schwingform gezogen werden, was zu einer Fehlinterpretation der Messergebnisse führt. Durch räumliches Aliasing werden Schwingformen mit niedriger räumlicher Frequenz dargestellt, die aber zu keiner Eigenfrequenz gehören. Im schlimmsten Fall führt das zu einer falschen Ausgangslage bei der Beurteilung einer technischen Sachlage bis hin zu Designfehlern und späteren Bauteil- oder Funktionsdefekten.

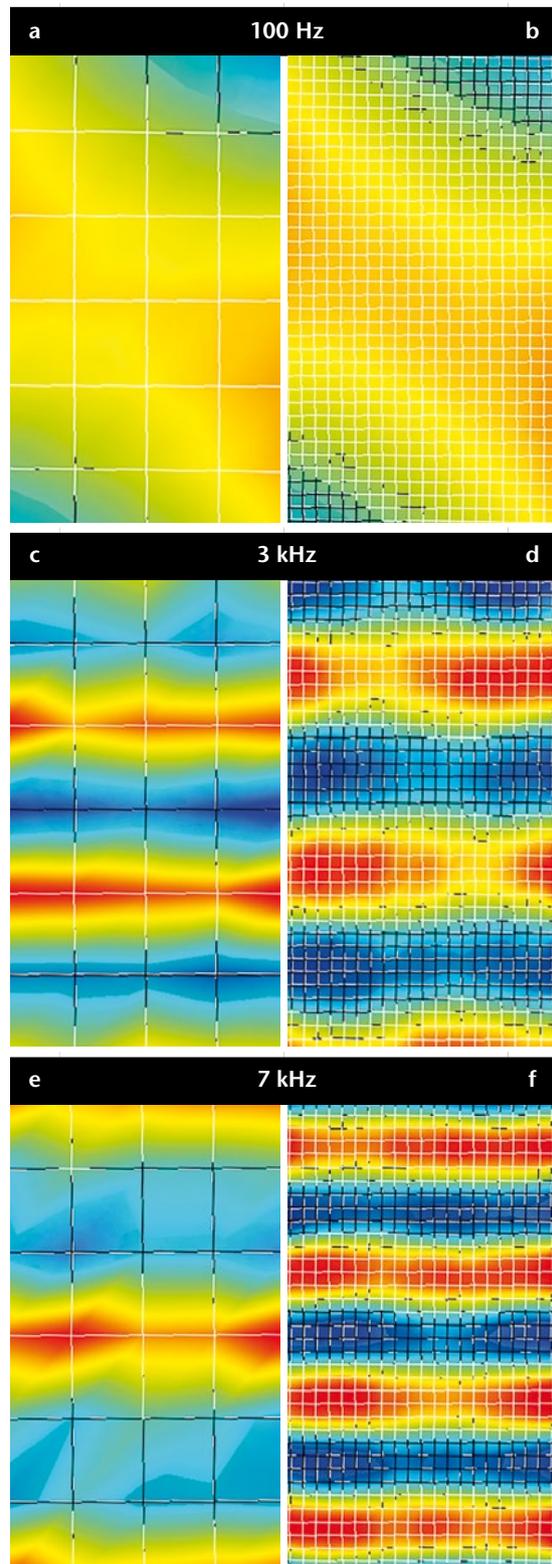
Fazit

Der Vergleich der hohen Messpunktdichte mit dem PSV Polytec Scanning Vibrometer mit der geringen Messpunktdichte berührender Beschleunigungsaufnehmer hat gezeigt, dass mit geringer Messpunktdichte die Schwingformen höherer Moden nur bedingt dargestellt werden können. Liegt der Bereich der gesuchten Schwingformen außerhalb der Darstellbarkeit, so kann dies durch räumliches Aliasing zu falschen Rückschlüssen führen.

Bei der Verwendung taktiler Schwingungssensoren wie Beschleunigungsaufnehmern besteht in vielen Fällen die Problematik der begrenzten Anzahl von Messpunkten. Zudem verfälschen berührende Sensoren durch Massebeladung die Schwingform. Das PSV Polytec Scanning Vibrometer löst diese Herausforderungen berührungslos durch eine nahezu unbegrenzte Anzahl von Messpunkten und bietet auch bei komplexen Objektstrukturen zuverlässige Messdaten.

**begrenzte
Messpunktdichte**

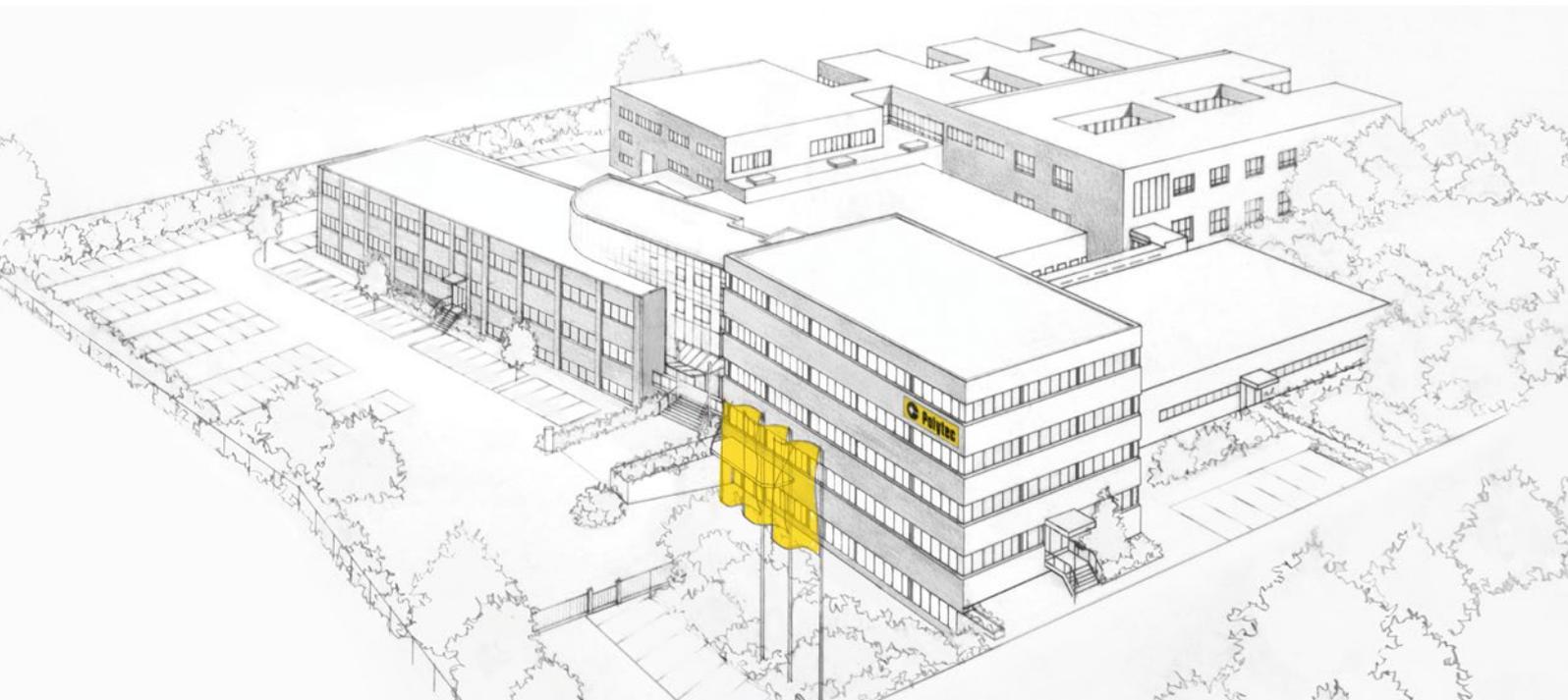
**hohe
Messpunktdichte**



2 Betriebsschwingformen a, c, e mit nur 45 Messpunkten simulieren die Messung mit Beschleunigungsaufnehmern, während b, d, f die räumlich hochaufgelösten Messergebnisse der Scanning-Laser-Doppler-Vibrometern repräsentieren (1.200 Abtastpunkte).

Autoren

Joline Dank, Polytec GmbH, in Kooperation mit der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft



Polytec GmbH
 Polytec-Platz 1-7
 76337 Waldbronn
 Tel. +49 7243 604-0
 info@polytec.de

**Polytec GmbH
 Vertriebs- und
 Beratungsbüro**
 Schwarzschildstraße 1
 12489 Berlin
 Tel. +49 30 6392-5140



Polytec, Inc. (USA)
 North American
 Headquarters
 16400 Bake Parkway
 Suites 150 & 200
 Irvine, CA 92618
 Tel. +1 949 943-3033
 info@polytec.com

Central Office
 1046 Baker Road
 Dexter, MI 48130
 Tel. +1 734 253-9428

East Coast Office
 1 Cabot Road
 Suites 101 & 102
 Hudson, MA 01749
 Tel. +1 508 417-1040



**Polytec Ltd.
 (Great Britain)**
 Lambda House
 Batford Mill
 Harpenden, Herts AL5 5BZ
 Tel. +44 1582 711670
 info@polytec-ltd.co.uk

Polytec France S.A.S.
 Technosud II
 Bâtiment A
 99, Rue Pierre Semard
 92320 Châtillon
 Tel. +33 1 496569-00
 info@polytec.fr



Polytec Japan
 Arena Tower, 13th floor
 3-1-9, Shinyokohama
 Kohoku-ku, Yokohama-shi
 Kanagawa 222-0033
 Tel. +81 45 478-6980
 info@polytec.co.jp

**Polytec South-East Asia
 Pte. Ltd.**
 Blk 4010 Ang Mo Kio Ave 10
 #06-06 TechPlace I
 Singapore 569626
 Tel. +65 64510886
 info@polytec-sea.com



Polytec China Ltd.
 Room 402, Tower B
 Minmetals Plaza
 No. 5 Chaoyang North Ave
 Dongcheng District
 100010 Beijing
 Tel. +86 10 65682591
 info-cn@polytec.com