

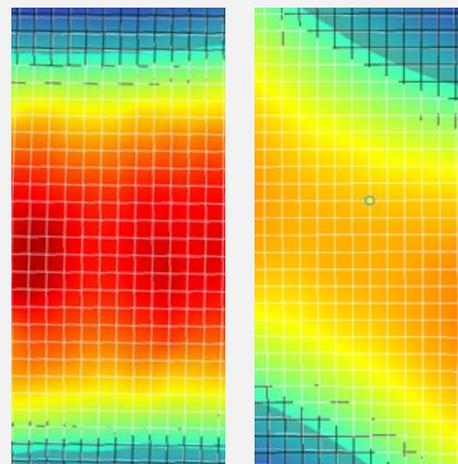
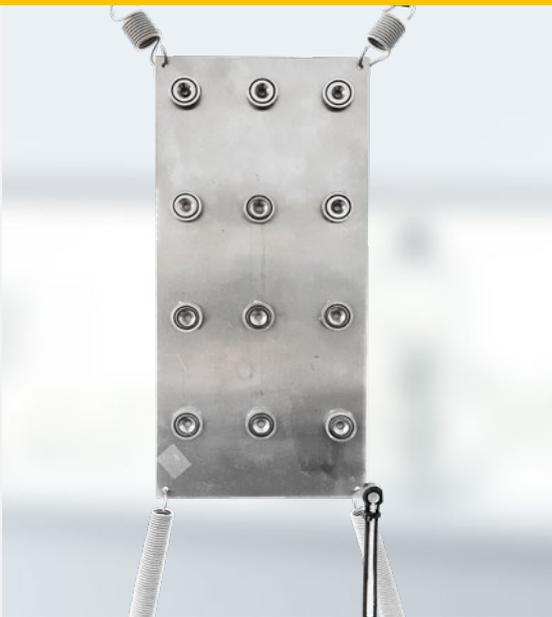
Ohne Massebeladung

Wirkung und Kompensation
in der Schwingungsanalyse
Applikationsnote



Externe Einflüsse stellen die Schwingungsanalyse vor Herausforderungen. Die Anregungsmethode und aufgebrachte Massen bei kontaktierenden Messverfahren können das Ergebnis verfälschen. Hier setzen berührungslos arbeitende Laser-Doppler Vibrometer an.

1
Aufgebrachte Dummy-Gewichte simulieren den Einfluss von Beschleunigungsaufnehmern; Struktur im Testaufbau angeregt per Modalhammer (rechts unten)



mit Massebeladung

ohne Massebeladung

2
Schwingformen einer Aluminiumplatte: links bei 144 Hz; rechts ohne Massebeladung mittels berührungsloser Laservibrometrie visualisiert die tatsächliche Strukturdynamik

Diese Applikationsnote stellt den quantitativen und qualitativen Einfluss der Masse eines physisch aufgebrachten Sensors auf Eigenfrequenzen und Schwingformen (ODS) dar. Damit werden taktile Schwingungsmessmethoden wie Beschleunigungsaufnehmer mit der berührungslosen und damit rückwirkungsfreien Messmethode der Scanning-Laser-Doppler-Vibrometrie (SLDV) verglichen.

Versuchsaufbau

Als Prüfobjekt diente eine 300 mm lange und 100 mm breite Aluminiumplatte mit einem Eigengewicht von 213 g. Sie wurde federnd gelagert, um eine freie Aufhängung zu simulieren. Als Anregungsquelle diente ein SAM Skalierbarer Automatischer Modalhammer mit Pulsanregung. Abb. 1 sowie das Titelbild zeigen den Testaufbau. Zwölf Gewichte mit 12 g pro Stück (zusätzlich insgesamt 144 g) dienten als Dummy-Massen, um das zusätzlich aufgetragene Gewicht kontaktierender

Schwingungsmessverfahren zu simulieren (Beschleunigungsaufnehmer). Die Massen entsprachen ungefähr der typischen Masse eines Beschleunigungsaufnehmers und wurden mit Klebeband fixiert. Zum Vergleich wurde das PSV-500 Scanning Vibrometer als berührungsfreie, optische Messmethode eingesetzt. Es erfolgten zwei Messungen bei einer Punktdichte von 500 Messpunkten: eine Modalanalyse mit Zusatzgewichten, welche die angebrachten Beschleunigungsaufnehmer simulieren, sowie eine Messung ohne Zusatzmassen, beispielhaft für die berührungslose Messung per scannendem Laservibrometer.

Schwingungsverhalten mit und ohne Massebeladung

Abb. 2 zeigt deutlich die unterschiedlichen Schwingformen bei 144 Hz für eine Messung auf einer Aluminiumplatte mit und ohne Massebeladung. Im Antwortspektrum der beiden in Abb. 3 dargestellten Messungen ist eine deutliche Frequenzverschiebung sowie eine er-

3
 Aluminiumplatte,
 blaue Kurve =
 ohne Masse-
 beladung,
 rote Kurve = mit
 12 Zusatzmassen

Geschwindigkeit/
 Spannung:
 Amplitude [(m/s)/V]

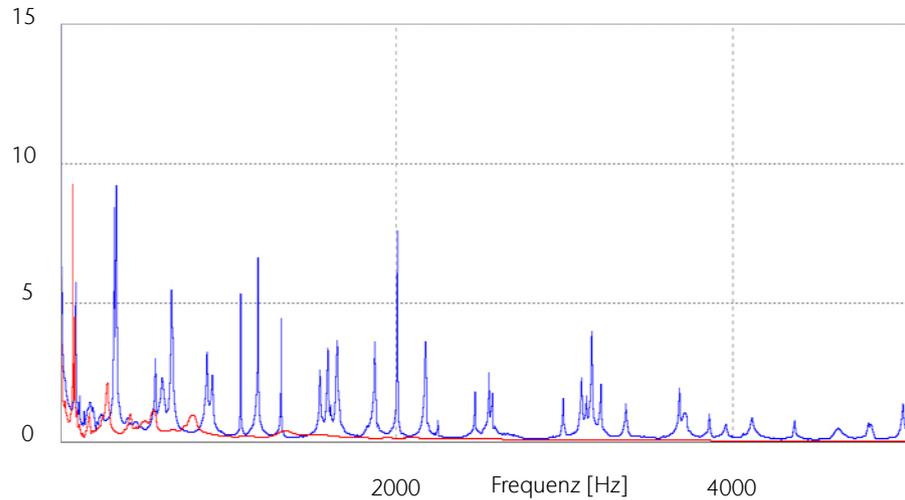


Tabelle 1:

Vergleich der
 Frequenzver-
 schiebung und
 Dämpfung auf
 einer Aluminium-
 platte ohne
 Massebeladung
 und mit 12
 Zusatzmassen
 als Simulation
 aufgeklebter
 Beschleunigungs-
 aufnehmer

Betriebsschwingform	1	2	3
$f_{\text{ohne Masse}}$ [Hz]	328	668	910
$f_{\text{mit Masse}}$ [Hz]	288	564	788
Δf [%]	12,195	15,569	13,407
$Zeta_{\text{ohne Masse}}$ [‰]	5,87	8,214	6,985
$Zeta_{\text{mit Masse}}$ [‰]	27,52	26,653	32,241

höhte Dämpfung zu beobachten.

Der Dämpfungswert Zeta in Tabelle 1 ist definiert als

$$Zeta = \frac{-3 \text{ dB [Hz]}}{2 * f \text{ Max [Hz]}}$$

das Verhältnis der halben Breite (bei 3 dB) und der dop-
 pelten Frequenz des Maximums einer Moden-Spitze.
 Die Dämpfung ist hauptsächlich auf das Klebeband als
 zusätzliches Trägermaterial zurückzuführen, während die
 eigentlichen Zusatzgewichte nur einen geringen Einfluss
 auf die Schwingungsdämpfung hatten. Tabelle 1 fasst
 die Ergebnisse für die verschiedenen Frequenzen f , Δf
 und den Dämpfungswert Zeta zusammen.

Fazit

Die Ergebnisse in Tabelle 1 zeigen erhebliche Ver-
 schiebungen in den beobachteten Resonanzfrequenzen
 aufgrund der Zusatzmassen. Dies bedeutet, dass die An-
 bringung von Beschleunigungsaufnehmern das Schwin-
 gungsverhalten von Leichtbaustrukturen beeinflusst.

Darüber hinaus ist eine deutliche Erhöhung der Dämp-
 fung durch das zur Fixierung dieser Zusatzmassen ver-
 wendete Klebeband zu beobachten. Diese Verzerrun-
 gen sind bei der Durchführung von Tests mit ange-
 schlossenen Schwingungssensoren zu berücksichtigen.
 Die Laservibrometrie hingegen ist eine berührungslose,
 optische Messmethode, die das Schwingungsverhalten
 der Prüfstrukturen nicht beeinflusst und somit die tat-
 sächliche Dynamik offenbart. Dies ist besonders wichtig
 für die Schwingungsanalyse von leichten Objekten. Die
 Laservibrometrie bietet darüber hinaus den Vorteil einer
 nahezu unbegrenzten Anzahl von Messpunkten. Diese
 hohe räumliche Auflösung ermöglicht die detaillierte
 und exakte Darstellung komplexer Schwingformen
 höherer Ordnung ohne Masseeintrag.

Autorin

Joline Dank, Polytec GmbH, in Kooperation mit der
 Fakultät für Elektrotechnik und Informatik an 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