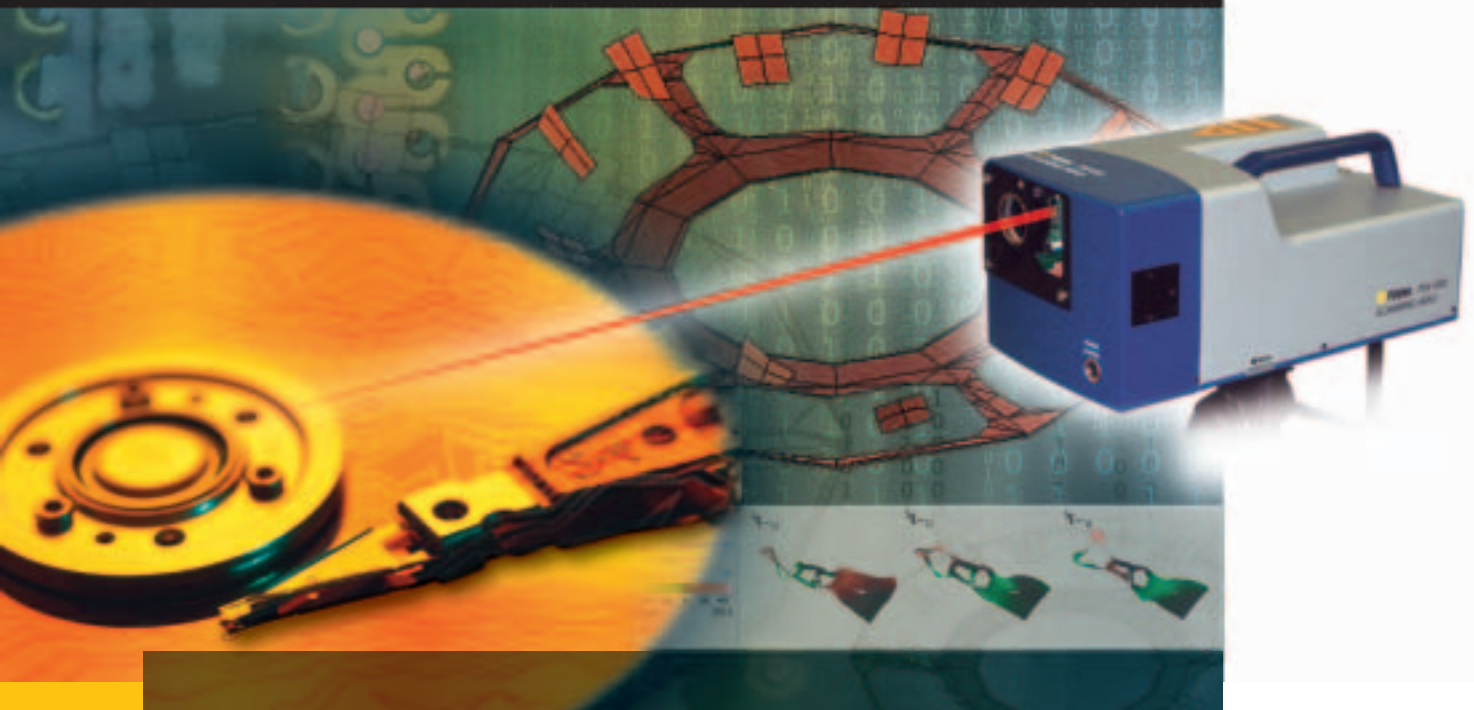




MESSTECHNIK IM GRENZBEREICH

Speichermedien werden immer kleiner, leistungsfähiger, zuverlässiger und leiser – Laser-Doppler-Vibrometrie macht's möglich!

Laser-Vibrometer sind unersetzliche Werkzeuge für dynamische Prüfungen und Schwingungsanalysen in Forschung, Konstruktion und Fertigungskontrolle.

Bei der Entwicklung von Festplatten und anderen Speichermedien helfen sie seit Jahren erfolgreich dabei die stetig steigenden Anforderungen an Datendichte, Übertragungsrate und Ausfallsicherheit zu erfüllen.

Erfahren Sie in einem Beitrag von THÖT Technologies, wie eine Festplatte aufgebaut ist und wie mit Hilfe der faser-optischen Vibrometer von Polytec die komplexen mechanischen Wechselwirkungen der Bauteile untersucht werden können (Seite 5). Entdecken Sie, wie bei PM²DM die Geräusche eines Festplattenantriebs durch Messungen mit dem PSV Scanning Vibrometer auf das Schwingungsverhalten der einzelnen Komponenten zurückgeführt werden (Seite 8) und wie das Polytec TopMap-Weißlichtinterferometer für die Qualitätsprüfung der Motorlager eingesetzt wird (Seite 12). Lesen Sie auf Seite 10, mit welchen Methoden die Entwickler von Hitachi die Flugeigenschaften des Schreib-/Lesekopfs über der Festplattenoberfläche erforschen. Dies und vieles andere mehr erwartet Sie in dieser neuen Ausgabe.

INHALT

SEITE

Polytec Nachrichten	2
Produktneuheiten	3
■ Neue modulare Mikroskopsysteme	4
■ Hard- und Software Neuigkeiten	20
Titelthema:	
Vibrometrie für Speichermedien	
■ Kleiner, schneller, zuverlässiger	5
■ Wenn es im Schlafzimmer pfeift...	8
■ Guten Flug: die Schreib-/Leseinheit	10
■ Oberfläche intakt mit TopMap	12
Aus der Praxis	
■ MEMS – zuverlässige Helfer im Kfz	13
■ Leiser lenken: 100% Qualitätsprüfung	16
■ LSV hat den Dreh heraus	18
Veranstaltungen	22
Einhefter:	
Grundlagen der digitalen Vibrometrie	

EDITORIAL



Michael Frech



Dr. Helmut Selbach

Sehr geehrte/r Leser/in,
in diesem Heft laden wir Sie
zu einer Reise in die Welt der
Festplatten ein. Jeder nutzt
diese Technologie am PC, aber
nur wenige wissen, wie viel
Know-how erforderlich ist,
um eine Festplatte ausgereift
auf den Markt zu bringen.
Immer schneller und kom-
pakter sollen sie sein, sie
sollen immer mehr Speicher-
platz bieten – und dies unter
dem ständigen Zeitdruck für
den Hersteller, der Erste auf
dem Markt zu sein.

Nach einigen trüben Jahren sieht die
Festplattenindustrie die Zukunft nun
wieder deutlich optimistischer, nicht
zuletzt durch die Erschließung neuer
Anwendungsgebiete für so genannte
Micro-Drives (Mini-Festplatten) in
Mobiltelefonen, Unterhaltungsmedien
und Haushaltsgeräten.

Welche wichtige Rolle die Laser-
Vibrometrie für die Entwicklung von
Festplatten spielt, möchten wir Ihnen
auf den folgenden Seiten anhand
interessanter Fachbeiträge unserer
Kunden zeigen.

Dazu viele weitere Informationen,
auch über unsere neuen mikroskop-
basierten Vibrometersysteme zur
Messung kleinster Bauteile und in der
Heftmitte ein Special über digitale
Vibrometrie, eine hochpräzise Mess-
technik für höchste Auflösung und
geringste Rauschpegel.

Viel Spaß beim Lesen!

Michael Frech

Leiter des Geschäftsbereichs
Lasermesssysteme

Dr. Helmut Selbach

Geschäftsleitung Polytec GmbH

Polytec neu aufgestellt

In den vergangenen Monaten gab es viele positive
Veränderungen in der weltweiten Polytec-Organisation.
In den USA und Japan sind an die Stellen der bisherigen
gemeinsamen Vertriebsniederlassungen von Polytec und
PI eigenständige Niederlassungen getreten, über die die
unabhängigen und eigenständig operierenden Unter-
nehmen ihre jeweiligen Zielmärkte effektiver bedienen
können. Für Korea, Italien, Türkei, Polen und weitere
osteuropäische Länder wurden neue Vertreter engagiert,
um in ihren Regionen den Vertrieb und die Kunden-
betreuung auszubauen (Übersicht Seite 21).

USA – Polytec, Inc.

Am 1. Januar wurde in den USA die eigenständige Polytec, Inc.
gegründet. Die neue Polytec-Zentrale liegt in Tustin, Kalifornien mit
einem Zweigbüro in Auburn, Massachusetts. www.polytec.com/usa

Japan – Polytec KK ポリテック株式会社

Die japanische Niederlassung wurde am 1. Juli gegründet und
befindet sich im German Centry for Industry and Trade im Hakusan
High Tech Park in Yokohama. Die Leitung hat
B. Sc. Hon. Kevin Gatzwiller, der seit 1989 in ver-
schiedensten Positionen bei PCB Piezotronics und
Brüel&Kjaer gearbeitet hat. Er kennt den japa-
nischen Markt, die japanische Sprache und
bringt profunde Kenntnisse und Erfahrungen in
der Schwingungsmesstechnik, Laservibrometrie
und Modalanalyse mit. www.polytec.co.jp



Führende MEMS-Forscher setzen auf Polytec MMA-400

Prof. Kimberly L. Turner vom Institut für Maschinenbau
und Umwelttechnik der University of California in
Santa Barbara hat ihre Laborausstattung um einen
MMA-400 Micro Motion Analyzer (Seite 4) zur
dreidimensionalen Charakterisierung dynamischer
Eigenschaften von MEMS erweitert.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Turner gilt als Vorreiter
in der Forschung und Entwicklung neuer MEMS-
Sensoren und -Aktoren.

Aktuelle Forschungsprojekte im MEMS-Prüflabor
der UCSB befassen sich mit der nichtlinearen und
parametrischen Dynamik von MEMS und mit der
Nutzung dieser einzigartigen Eigenschaften für neue
Anwendungen wie Schalter, Sensoren oder Filter.



Neue Vibrometer und Zubehör

Der Generationswechsel bei Polytec setzt sich fort mit den neuen mikroskopbasierten Vibrometern, den neuen faseroptischen Interferometern sowie weiteren neuen Decodern für das modulare OFV-5000 System. Außerdem gibt es innovatives Zubehör und neue Software-Versionen für eine noch komfortablere und flexiblere Nutzung unserer Scanning-Systeme und Industriesensoren. Weitere Informationen auf den Seiten 4 und 20. Besuchen Sie auch unsere Download-Seite im Internet: www.polytec.de/LM-download

Neue OFV-551/552

Faseroptische Interferometer

Die neuen OFV-551 und OFV-552 faseroptischen Interferometer bieten in einem robusten Aufbau und aktuellen Design eine leistungsfähige Präzisionsoptik mit hoher Streulichtempfindlichkeit und einen optionalen Power-Dimmer zur Regelung der Ausgangsintensität. Faseroptische Vibrometer ermöglichen Schwingungsmessungen überall dort, wo das Messobjekt schwer zugänglich ist oder geringe Arbeitsabstände erforderlich sind. Sie sind auch Bestandteil der neuen mikroskopbasierten Systeme (S. 4).



Hier ist der integrierte und vom OFV-5000 Controller gesteuerte Laser-Power-Dimmer von Vorteil, um eine optimale Strahlintensität für Messungen an Mikrosystemen bereitzustellen. Das OFV-552 nutzt beide Interferometerarme für optisch differenzielle Messungen von Relativbewegungen zwischen zwei Punkten.

Neues Zubehör für das PSV-400 Scanning Vibrometer

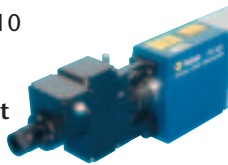
Eine direkte Erfassung der 3D-Geometrie des Messobjekts, im Bildbeispiel ein Getriebegehäuse, macht jetzt die PSV-A-420 Geometrie-Scaneinheit möglich.



Dieser speziell entwickelte Laser-Abstandssensor erlaubt es, vor Beginn der vibrometrischen Untersuchung die Objektkoordinaten zu bestimmen. Er wird seitlich am PSV-400 Messkopf angebracht und durch die PSV-Software ab Version 8.2 angesteuert. Für Scanning-Messungen aus kurzem Abstand auf kleinen Objekten oder Strukturen ist jetzt die PSV-A-410 Close-Up Unit verfügbar.

VIB-A-100 Strahlablenkeinheit für Industrie-Sensoren

Die Integration der Polytec-Schwingungssensoren IVS-200, IVS-300, CLV und PDV-100 in die industrielle Prozessumgebung wird durch die VIB-A-100 Strahlablenkeinheit noch weiter erleichtert. Dieses Zubehör ermöglicht eine digital gesteuerte Ablenkung des Laserstrahls, um den Einfluss lokaler Speckle-Effekte zu kompensieren und damit die Signalqualität zu verbessern.

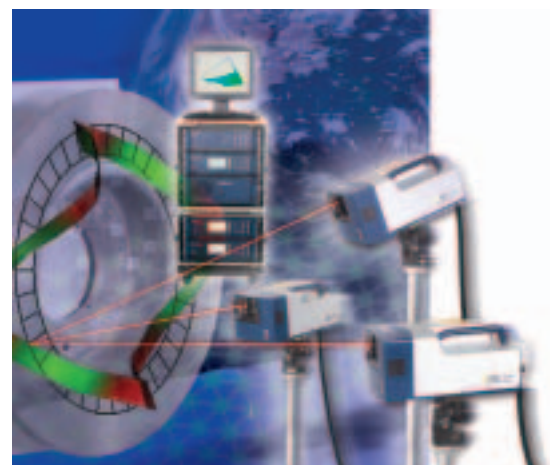


Bosch setzt Polytec's PSV-3D Scanning Technologie ein

Das PSV-400-3D Scanning Vibrometer ist das High-End-Messsystem von Polytec für anspruchsvollste Messaufgaben bei der berührungslosen Messung und Visualisierung von Schwingungen in drei Dimensionen.

Bosch als weltweit tätiger Automobilzulieferer nutzt in seiner zentralen Forschung und Vorausentwicklung in Gerlingen bei Stuttgart bereits seit längerer Zeit die einzigartigen Vorteile des PSV-3D Systems von Polytec. Im Februar 2004 wurde nun auch bei Bosch in Drancy (Frankreich), einem großen europäischen Zentrum für Bremsenentwicklung und -prüfung,

ein neues PSV-400-3D installiert. Im Mai hat die Bosch Braking Systems in den USA ebenfalls ein PSV-400-3D System bestellt. Bosch nutzt das Messsystem beispielsweise, um Schwingungen an Bremsanlagen sichtbar zu machen. Das PSV-400-3D etabliert sich damit weltweit zum neuen Standard für dreidimensionale Schwingungsmessungen.



MEHR INFO?

E-mail: Lm@polytec.de
oder www.polytec.de/psv3d

MSV-400 + PMA-400 = MMA-400



Die neuen modularen mikroskopbasierten Vibrometersysteme

Mit der neuen Microscope Vibrometer-Produktlinie von Polytec werden Schwingungsanalysen an Mikrostrukturen jetzt noch einfacher und benutzerfreundlicher. Das MSV-400 Microscope Scanning Vibrometer ist auf die Messung von Out-of-Plane-Schwingungen (in der Beobachtungsrichtung) und der PMA-400 Planar Motion Analyzer auf In-Plane-Schwingungen (in der Bauteilebene) spezialisiert, während der MMA-400 Micro Motion Analyzer hochgenaue Schwingungsmessungen in allen drei Raumrichtungen ermöglicht.

Die Untersuchung dynamischer Eigenschaften von Mikrosystemen gewinnt eine neue Qualität. Die Microscope Vibrometer-Systeme von Polytec sind jetzt noch übersichtlicher und einfacher aufgebaut. Sie basieren auf dem OFV-5000 Vibrometer Controller, den neuen OFV-551/552 faseroptischen Interferometern und einer einheitlichen MSA-E-400 Junction Box, alles im neuen Polytec Design.

Das **MSV-400 Microscope Scanning Vibrometer** führt flächenhafte Schwingungsmessungen über eine vorhandene Standard-Mikroskop-Optik

Out-of-Plane-Messung mit dem MSV-400



(CCD Port) durch, wobei der Lasermesspunkt bis auf etwa 1 µm fokussiert werden kann. Das System ist in einer Basis-Version mit 1 MHz Bandbreite und in einer Hochfrequenz-Version mit bis zu 20 MHz verfügbar und wird mit der neuen PSV 8.2 Software (siehe Seite 20) ausgeliefert.

Der **PMA-400 Planar Motion Analyzer** ermöglicht Untersuchungen der In-Plane-Schwingungen von MEMS mit Hilfe der stroboskopischen Video-Mikroskopie. Bewegungen können im Frequenzbereich von 0,001 Hz bis 1 MHz bei einer Auflösung von

In-Plane-Messung mit dem PMA-400



besser als 10 nm gemessen werden. Der PMA-400 wird mit der aktuellen PMA 2.0 Software (Seite 20) ausgestattet und kann in einfacher Weise zum MMA-400 aufgerüstet werden.

Als High-End System bietet der **MMA-400 Micro Motion Analyzer** sowohl Out-of-Plane als auch In-Plane-Schwingungsmessungen und vereint damit alle Qualitäten des MSV-400 und des PMA-400. Die hochempfindliche Laser-Doppler-Technik ermöglicht es, mittels Breitband-Anregung ohne Vorkenntnisse rasch alle Resonanzen eines Objekts zu finden und danach die Amplituden und Phasen der In-Plane-Schwingungen mit der stroboskopischen Videomikroskopie genau zu bestimmen.

MEHR INFO?

E-mail: Lm@polytec.de
oder www.polytec.de/microsysteme

Kleiner, schneller, zuverlässiger



Untersuchung komplexer mechanischer Wechselwirkungen in Festplatten durch synchrone Schwingungsmessungen

Die mechanischen Eigenschaften komplexer Baugruppen werden normalerweise so bestimmt, dass man die Einzelteile vermisst und mit Hilfe eines Modellierungsprogramms auf die gesamte Baugruppe hochrechnet. Die Laservibrometrie ermöglicht dagegen multiple und synchrone Messungen in Echtzeit an der kompletten Baugruppe, was insbesondere dann von Vorteil ist, wenn das Modell nicht passt oder das Zusammenfügen der Komponenten zu unerwarteten Veränderungen im Verhalten führt.

Einführung

Bei der Entwicklung von Festplatten ist das Verständnis der mechanischen Wechselwirkungen zwischen den Komponenten von entscheidender Bedeutung, da der Kampf um die Beherrschung kleinster Größenord-

Bild 1: Tragarm mit Schreib-/Lesekopf einer Festplatte



nungen jetzt bis in den Bereich von Nanometern und darunter vorgeordnet ist. Die Schreib-/Leseköpfe der nächsten Festplattengeneration werden in einem Abstand von drei Nanometern über der Plattenoberfläche fliegen. „Fliegen“ ist hier tatsächlich das richtige Wort, denn der Kopf darf die Oberfläche nicht berühren, weil sonst der Kopf oder die Oberfläche vorzeitig ausfallen. Wenn der Kopf andererseits zu hoch fliegt, kann es massive Datenübertragungsfehler geben.

Der Aufbau einer Festplatte

Zunächst soll der generelle Aufbau einer Festplatte (Bild 1) erläutert werden, beginnend beim Schreib-/Lesekopf,

der im Betrieb auf einem Luftpolster schwebt. Der Kopf ist an einer kardananischen Aufhängung befestigt, die wiederum über eine Feder mit dem Tragarm verbunden ist. Der Arm ist Bestandteil der Positioniereinheit und fährt den Kopf durch einen Servoantrieb über die gewünschte Spur.

Die größte und schwerste Struktureinheit ist die Grundplatte, die neben der Positioniereinheit die so genannte Spindel trägt. Im Inneren der Spindel ist der Antriebsmotor gelagert; auf der Auflagefläche der Spindel befindet sich schließlich der Plattenstapel, der aus den magnetisierbaren Einzelplatten, Distanzstücken sowie Befestigungselementen besteht.

Bitte umblättern

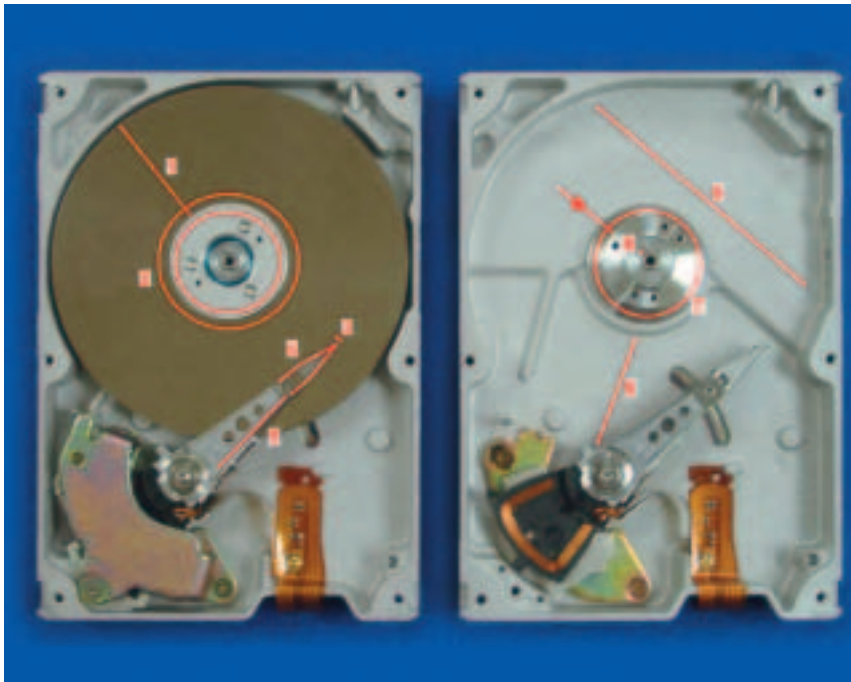


Bild 2:
Festplatten-Komponenten und Messungen

- 1. Platte:** Oberflächenscan zur Morphologie- und Defektanalyse
- 2. Nabe und Scheibeninnenrand:** Untersuchung auf geometrische Fehler
- 3. Kopf und Platte:** Zweistrahlmessung zur Verfolgung der Flughöhe
- 4. Flexible Verbindung zwischen Kopf und Tragarm:** Messung der dynamischen Eigenschaften
- 5. Tragarm:** wie 4.
- 6. Grundplatte:** Torsion und Resonanz
- 7. Plattenauflagefläche:** Ebenheits- und Rauigkeitsmessung
- 8. Spindel:** radiale und axiale Unregelmäßigkeiten (synchron/asynchron)

Dies war jedoch nur die statische Betrachtung. Im Betrieb dreht sich die Scheibe mit 5400 Umdrehungen pro Minute oder mit höheren Drehzahlen, und der Kopf fliegt im Abstand von 3 Nanometern über der Oberfläche, wobei er nicht mehr als 0,6 Nanometer nach oben oder unten abweichen darf. Außerdem muss der Kopf auch noch auf 25 Nanometer genau und konstant über der Spur positioniert werden.

Untersuchung der Plattenoberfläche

Mit Hilfe der Laser-Doppler-Vibrometrie in Verbindung mit einer neuartigen Signalverarbeitung, einer speziellen Datenerfassung, durchdachter Software und der Fähigkeit, ein wenig um die Ecke zu denken, können nun die Strukturen in-situ analysiert werden (Bild 2).

Auf der Plattenoberfläche befinden sich lokale Defekte, Löcher und Kratzer, die auf einer Oberflächenrauigkeit im Bereich von 0,1 Nanometer und einer Welligkeit von zehntel Nanometern bis einigen Nanometern aufsitzen. Dazu kommen mikrometergroße Toleranzen durch die Motornabe, die Distanzstücke, die Verwindung der Befestigungselemente und die Unrundheit der Scheiben. Die Eigen-

resonanz, verursacht durch die Unwucht der Scheiben und ungleichmäßige Luftströmungen, ist für weitere Mikrometer-Abweichungen verantwortlich. Die Gesamtschwingung besteht im Wesentlichen aus niederfrequenten Komponenten, die der Kopf ausgleichen kann und die sich nicht auf die Schreib-/Lesequalität auswirken. Dagegen müssen diejenigen Vorgänge mit kleinen Amplituden, die die Modulation der Flughöhe beeinflussen, bei der Messung davon sauber getrennt werden.

Im Frequenzspektrum des Dopplersignals sind verschiedene Strukturen und Bereiche erkennbar die unterschiedlichen Ursachen zugeordnet

werden können. Eigenschaften, die die Flugstabilität des Kopfes beeinflussen, wie Mikro-Welligkeit, Nano-Welligkeit und Rauigkeit, lassen sich voneinander abgrenzen (Bild 3).

Dank der extrem hohen Auflösung und Wiederholgenauigkeit des Lasermesssystems lassen sich Rauigkeiten vollflächig und mehrere hundertmal genauer messen als mit der Kraftmikroskopie. Außerdem wird dadurch die Synchronisierung der Datenerfassung mit der aktuellen Position auf der Plattenoberfläche möglich.

Untersuchung der Spindel

Die Messung an der Spindel bringt neue Herausforderungen mit sich.

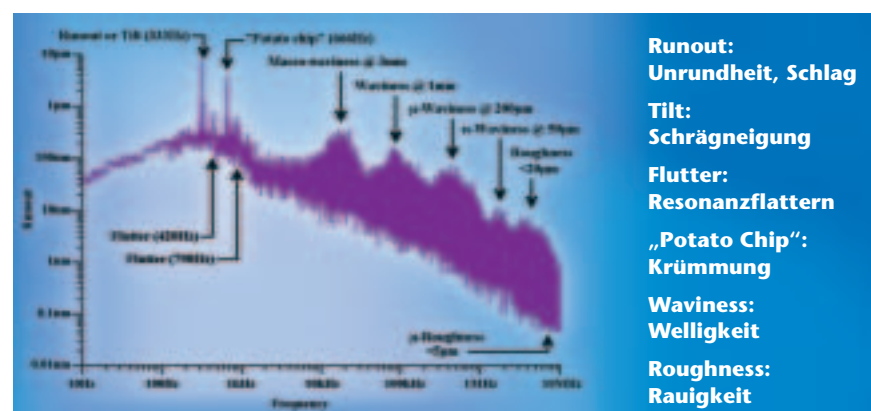


Bild 3: Spektrum der Lasermessdaten (Bildrechte: THôT Technologies)

Zunächst hat sie eine raue Oberfläche – kein Problem für das Vibrometer, solange nur die Schwingungen in der Ebene der Oberfläche (In-plane) betrachtet werden. Allerdings geht es hier um die Messung einer rauen Oberfläche bei hohen Drehzahlen, und für genaue Messungen wird die Synchronisierung der Datenerfassung mit der Rotation schwierig. Die Messanforderungen an die Plattenoberfläche und die Spindel sind sehr unterschiedlich. Bei den Messungen an der Scheibe bezieht man sich auf die mittlere Ebene der Platte als Bezugsebene. Dies ist bei einer Messung an der Spindel nicht möglich. Die entscheidende Größe bei Spindelmessungen, besonders im Festplattenbereich, sind die nichtwiederholbaren Signale (non-repetitive runout).

Die treibende Kraft in diesem System ist der Spindelmotor. Die Unwucht der gesamten Anordnung einschließlich Motor, Nabe, Scheiben, Spacern und Befestigungselementen versetzt die anderen Komponenten in Schwingung. Die Strukturschwingungen der Einzelteile lassen sich relativ einfach auf einem Prüfstand mit Shaker und Scanning-Vibrometer bestimmen. Es ist jedoch auch möglich, die Messungen an der komplett aufgebauten Gruppe durchzuführen. Die Spindel dient als „Shaker“, und mit einer sorgfältig synchronisierten Datenerfassung wird zunächst eine Messreihe entlang der Grundplatte bis zum Auflagepunkt der Positioniereinheit aufgenommen. Mit dieser Methode kann anschließend der Tragarm, die Aufhängung und auch der Schreib-/Lesekopf selbst untersucht werden.

Mehrfach synchronisierte Messungen

Die Gewinnung von Daten an Einzelkomponenten in einer für die FFT-Analyse ausreichenden Bandbreite ist nur ein Teil der Lösung. Wir müssen auch die räumliche Beziehung der Schwingungen unterschiedlicher Bauteile verstehen. Wenn beispielsweise der Verbindungspunkt zwischen

Kopf und Feder eine starke Schwingung bei einer bestimmten Frequenz aufweist und die Spindel ebenso, sollte man auf jeden Fall die Phasenbeziehung zwischen diesen Punkten kennen. Dies ist deswegen schwierig, weil die Bewegung der Spindel und die Resonanz der Scheiben asynchrone Vorgänge sind. Die Erfassung der Frequenz alleine reicht nicht aus, um die strukturellen Beziehungen aufzuklären. Mit Hilfe zweier unabhängiger Messstrahlen kann man jedoch auch dieses Problem lösen.

Dies wird anschaulich in unserem letzten Beispiel, der Verfolgung des Abstands zwischen dem Schreib-/Lesekopf und der Platte im laufenden Betrieb (Bild 4). Diese Messung ist aus mehreren Gründen sehr empfindlich, zunächst deswegen, weil der Messstrahl auf diejenige Stelle des Kopfes positioniert werden kann, die das Flugverhalten möglichst gut repräsentiert. Außerdem wird der die Scheibe messende Laserstrahl in möglichst geringem Abstand zum Kopf positioniert. Die Abweichungen der beiden Messpositionen voneinander in radialer und angularer Richtung werden durch sorgfältige Korrekturen berücksichtigt.

Die Synchronisierung der Messung erlangt hier eine zusätzliche Bedeutung. Um die veränderliche Form einer dynamischen Struktur richtig zu interpretieren, muss einerseits die Datenerfassung mit der Rotation der Scheibe synchronisiert sein. Außerdem müssen andererseits die Messpunkte auf dem Kopf und der Scheibe in genau demselben Zeitintervall abgefragt werden, denn auch der kleinste Zeitunterschied würde den Messfehler signifikant in die Höhe treiben.

Zusammenfassung

Die hohe Bandbreite und die extrem gute Auflösung der Vibrometersysteme von Polytec ermöglicht in Verbindung mit einer schnellen Datenerfassung und der Synchronisation paralleler Messungen den Aufbau leistungsfähiger Messtechnologien für anspruchsvolle Aufgaben in der Entwicklung von Daten-

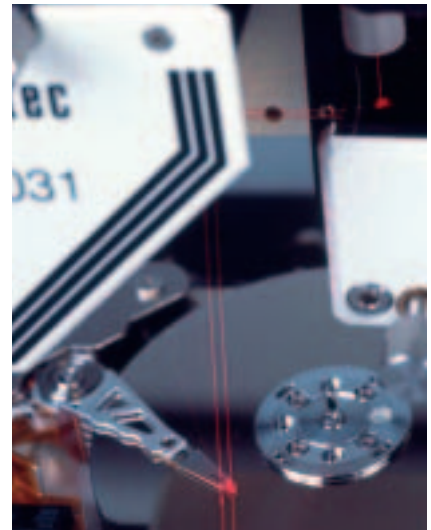


Bild 4: Messung des Abstands zwischen Kopf und Platte mit Doppelfaser-Interferometer

AUTOR · KONTAKT

Jim Eckerman
President

THôT Technologies, Inc.
271 East Hacienda Avenue
Campbell, California 95008-6616
info@thot-tech.com



Über THôT Technologies

THôT Technologies wurde 1991 von Jim Eckerman und Dr. Ian Freeman gegründet. Das Unternehmen entwickelt, produziert und vertreibt physikalische Messgeräte. Seit zwölf Jahren integriert THôT Technologies Polytec-Laservibrometer in komplette Messsysteme für die Festplattenindustrie. Die Anwendungen umfassen zwischenzeitlich auch Werkzeugmaschinen, Halbleiter und photolithographische Masken.

speichern. Kreatives Denken und ein besseres Verständnis der Wechselwirkungen zwischen den Komponenten der Festplatte sollten die Ingenieure in die Lage versetzen, Produkte mit noch höherer Speicherkapazität und besserer Leistung zu niedrigeren Kosten herzustellen.

Wenn es im Schlafzimmer pfeift ...



Wo und wodurch entstehen störende Geräusche in Festplatten? Die Firma PM°DM, Hersteller von modernen bürstenlosen Spindelmotoren für Datenspeicher, geht den Geräuschursachen mit Hilfe der Laser Scanning Vibrometer-Technik auf den Grund.

Einführung

Nicht nur im PC sind Festplatten als Datenspeicher eingebaut. In modernen Videorecordern, DVD-Playern oder Spielekonsolen stecken immer häufiger Festplatten als leistungsfähige Massenspeicher. Mit zunehmendem Einzug dieser Medien in den Alltag werden allerdings auch die Anforderungen in puncto Geräusch ständig höher. Zukünftig laden wir uns den Wunschfilm einfach auf Bestellung über Nacht auf die Festplatte des heimischen Videorecorders, der vielleicht im Schlafzimmer steht. Keiner akzeptiert hier einen generell lauten oder sogar permanent pfeifenden Antriebsmotor.

Hintergrund

Pfeifgeräusche in Elektromotoren entstehen dadurch, dass einzelne Komponenten während des Betriebs zu Schwingungen angeregt werden. Ein solcher Effekt tritt beispielsweise bei einer anfahrenden Straßenbahn auf. Bei voller Fahrt wird das Pfeifen von den normalen Laufgeräuschen überdeckt und wirkt sich daher nicht störend aus. Anders sieht es allerdings bei den Festplatten aus. Die neueste Generation von flüssigkeitsgelagerten Festplatten gibt im Normalbetrieb bei 15.000 U/min

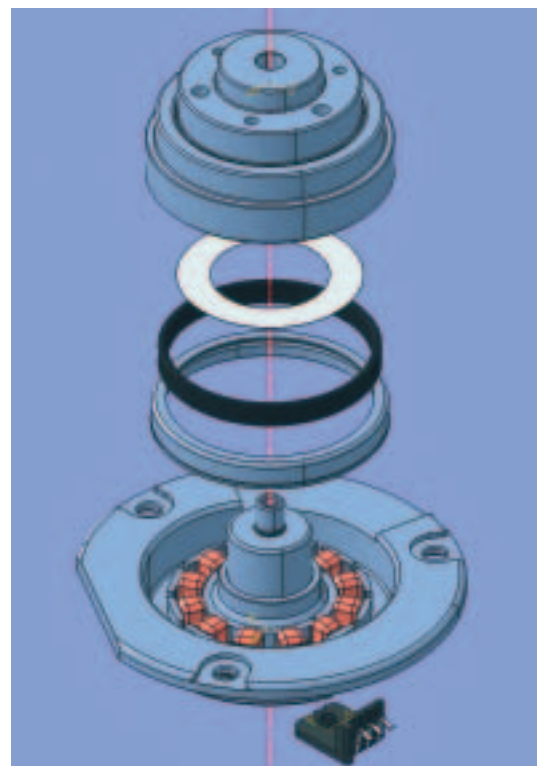


Bild 1: Aufbau der Antriebseinheit

kaum noch wahrnehmbare Geräusche von sich. Deshalb werden hier einzelne Frequenzen, die aus dem elektromagnetischen Kreis des Motors kommen und sich auch im Spektrum deutlich abzeichnen, als störender, dominanter Pfeifton wahrgenommen.

Lösung

Der Festplattenantrieb besteht aus einer überschaubaren Anzahl von Komponenten (Bild 1). Die störenden Geräusche müssen irgendwo im Stator, in der Wicklung oder in dem rotierenden Magnet entstehen.

Bei PM[°]DM werden die Schwingungen und die Faktoren, die sie beeinflussen, an einem „gläsernen“, universell verstellbaren Spindelmotor mit Hilfe des Polytec Scanning Vibrometers untersucht. Der gläserne Motor bietet auch im vollen Betrieb bei 15.000 U/min freien Blick auf den Stator. Alle Komponenten können einzeln und unabhängig voneinander bewegt werden. Der Stator kann in seiner Lage zum Rotor verschoben und/oder verkippt werden. Diese Parameter sind an sich durch das Motordesign vorgegeben, werden aber durch Fertigungstoleranzen stark beeinflusst.

Im gläsernen Universalmotor ist es nun erstmals möglich, alle Einbaulagen direkt einzustellen. In anderen Untersuchungen werden gezielt die Bauteilabmessungen variiert. In jeder Einbaulage werden die Betriebsschwingungen des Stators mit dem Polytec Scanning Vibrometer in Frequenz, Amplitude und Schwingform vermessen (Bild 2).

Bild 3 zeigt die auf dem Stator definierte Messfläche und die zugehörige Schwingform in z-Richtung.



Bild 2: Messaufbau mit dem PSV Polytec Scanning Vibrometer und Close-up Unit



Bild 3: Darstellung der Scanning Vibrometrie-Messergebnisse für den Stator

AUTOR · KONTAKT

Dipl. Ing. (FH) Martin Arnold

PM[°]DM Precision Motors

Deutsche Minebea GmbH

R&D - HDD Motor Technology

Auf Herdenen 10

78052 VS-Villingen

spindle@nmb-minebea.com



Über PM[°]DM

PM[°]DM entwickelt bürstenlose Gleichstrom- und Wechselstrommotoren für ein breites Spektrum von Anwendungen, von der miniaturisierten Computerfestplatte bis zur elektrischen Lenkhilfe im Pkw. Das neue Forschungszentrum für elektrische Kleinmotoren im Minebea-Konzern befindet sich in Villingen-Schwenningen im Schwarzwald.

Fazit

Mit Hilfe der Scanning Vibrometrie können die Ursachen der dominanten, störenden Töne sehr gut mit dem Schwingungsverhalten der einzelnen Bauteile eines Festplattenmotors korreliert werden. Zur Reduktion der unerwünschten Geräusche können mit Hilfe der Messergebnisse anschließend die Größenverhältnisse der Bauteile und die relative Lage der Komponenten zueinander gezielt optimiert werden.

Wenn es gelingt, die störenden Töne unter eine bestimmte Wahrnehmungsschwelle zu drücken, kann sich der Verbraucher dann tatsächlich Filme auf seinen Festplattenrecorder laden, ohne dadurch im Schlaf gestört zu werden.

Guten *Flug*



Untersuchung von Resonanzphänomenen der Schreib-/Leseinheit von Festplatten mit Laser-Vibrometrie

Laservibrometer sind heute fest etablierte Standardwerkzeuge für dynamische Prüfungen und Schwingungsanalysen an Speichermedien, wie beispielsweise optischen Datenträgern, Festplatten, Wechselmedien sowie DVD- und Bandlaufwerken. In Festplatten gleiten („fliegen“) die Schreib-/Leseköpfe auf einem dünnen Luftpolster. Das Flugverhalten eines solchen Kopfes im stabilen und instabilen Bereich wurde mit faseroptischen und Scanning Vibrometern von Polytec untersucht.

Einführung und Zielsetzung

Eine Paarung aus Schreib-/Lesekopf und Speichermedium (Disk) zu entwickeln, bedeutet immer einen Kompromiss im Hinblick auf die Flughöhe des Kopfes. Allgemein gilt: je größer die Flughöhe, desto kleiner das Risiko eines Aufpralls durch äußere Störeinwirkungen. Je kleiner der Abstand, umso besser ist die Auflösung beim Schreiben oder Lesen der magnetischen Bereiche. Die hier vorgestellte Studie hatte zum Ziel, die Resonanzempfindlichkeit des Luftpolsters mit einem faseroptischen Vibrometer zu bestimmen. Außerdem sollte ein Verfahren zur Dämpfung der am meisten störenden Schwingungen ausgearbeitet werden.

Methoden

Für die Untersuchungen wurde ein spezielles Festplattenlaufwerk aufgebaut, bei dem die Abhängigkeit der Flughöhe vom Luftdruck reduziert ist. Die Vorderseite des Laufwerks wurde durch eine Glasplatte ersetzt und dieses Laufwerk in eine evakuierbare Kammer mit einer ebenfalls transparenten Türe gebracht, sodass der Laserstrahl durch die Scheiben direkt auf den obersten Schreib-/Lesekopf positioniert werden konnte (Bild 1). Die dynamischen Eigenschaften des Luftpolsters wurden an der Vorder- und Hinterkante des Kopfes sowohl bei Normaldruck als auch während

des Evakuierens untersucht, um die Längs- und Querempfindlichkeit auf Resonanzen zu bestimmen.

Auf der Hinterkante des Schreib-/Lesekopfs war ein starkes Signal bei 263 kHz festzustellen, das einer Nickbewegung (pitch mode) zugeordnet werden konnte. Dieses Signal war auch auf dem Tragarm



Bild 1: Schreib-/Lesekopf mit Messpunkten für den Laserstrahl



Fig. 2: PSV Scanning Vibrometer-Messungen auf dem Tragarm

und der Verkabelung bemerkbar, was zu der Vermutung führte, dass es sich ab einer bestimmten Amplitude von dem einen Kopf über Träger und Kabel auf alle anderen Köpfe überträgt. Der Kontakt des ersten Kopfes mit der Plattenoberfläche während des Evakuierens löst diese Verteilung der Schwingungsenergie aus. Der Effekt bestätigte sich bei einem zur Kontrolle eingesetzten zweiten Laufwerk; auch hier trat bei verschiedenen Luftdrücken die Nickbewegung auf.

Ergebnis und Diskussion

Vor Beginn der vibrometrischen Messungen wurde der Abstand zwischen Schreib-/Lesekopf und Platte durch Verfolgen des magnetischen Signals getestet. Während des Evakuierens nahm die Amplitude der Magnetisierung ständig zu, bis einer der Köpfe die Oberfläche berührte und das Signal störte. Sobald der erste Kopf die Platte erreichte, wurden alle anderen Köpfe instabil und fielen ebenfalls aus. Dieser Test war ein erster Indikator auf den zwischen der Oberflächenrauigkeit und dem Kopf verbleibenden Zwischenraum. Er wurde außerdem auch dazu eingesetzt, die Stabilität der Flughöhe vor und nach dem Kontakt zu bestimmen. Die Ergebnisse wurden durch Einpunkt- und Scanning-Vibrometrie-Messungen an dem obersten Kopf bestätigt.

Für die Scanning-Messungen wurden repräsentative Messpunkte auf dem Kopf und dem Tragarm ausgewählt. Bild 2 zeigt die bei 263 kHz ausgelöste Schwingung des Trägers, die in der Nähe des Kopfes kombinierte Biege- und Torsionsmoden aufweist, während die übrige Fläche keine starken Bewegungen ausführt.

Für Einpunktmessungen wurde der Laserstrahl auf die Hinterkante des Kopfes gerichtet. In Bild 3 (links) ist das Signal der Nickbewegung des Kopfes bei 263 kHz zu sehen. Diese Mode erscheint bei sehr niedrigem Druck, wenn die Flughöhe so gering ist, dass der Kopf in Wechselwirkung mit der Oberflächenrauigkeit und dem Schmiermittelfilm auf der Platte tritt. Die Resonanz nimmt mit abnehmendem Luftdruck zu; man findet sie auch auf dem Tragarm und der Verkabelung, jedoch nicht auf der Scheibe. Vermutlich fungiert das Kabel als Dämpfungselement und verhindert dadurch eine Energieübertragung zwischen den Schreib-/Leseeinheiten. Die Dämpfung des Trägers wurde durch Einbringen einer viskoelastischen Flüssigkeit in den Spalt zwischen Kopf und Träger erreicht und führt zum Verschwinden des 263 kHz-Signals (Bild 3 rechts).

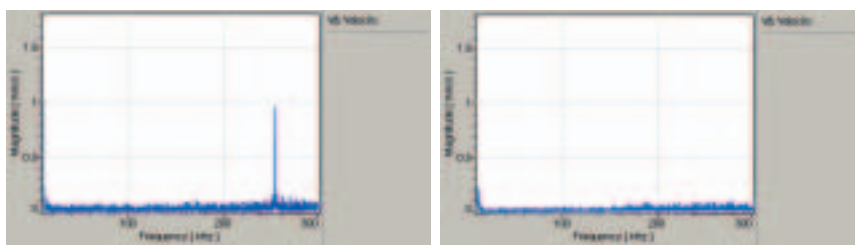


Bild 3: 263 kHz-Resonanzsignal vor und nach der Zugabe des viskosen Mediums

Zusammenfassung

Mit Hilfe der Laservibrometrie wurde auf einem Schreib-/Lesekopf eine instabile Nickbewegung nachgewiesen, die insbesondere bei einem kleinen Abstand zur Platte auftritt. Bei großen Abständen ist die Neigung dieser Mode zur Instabilität gering. Verringert sich die Flughöhe durch abnehmenden Luftdruck, können einige der Köpfe in dem Laufwerk den Bereich der Oberflächenrauigkeit erreichen. Um das Risiko dieses Resonanzphänomens zu vermindern, wurde eine viskose Flüssigkeit zur Dämpfung eingesetzt. Dies führte nicht nur zum Verschwinden der Resonanz, sondern verhinderte auch ihre Übertragung auf die anderen Köpfe.

AUTOR · KONTAKT

Bert Feliss

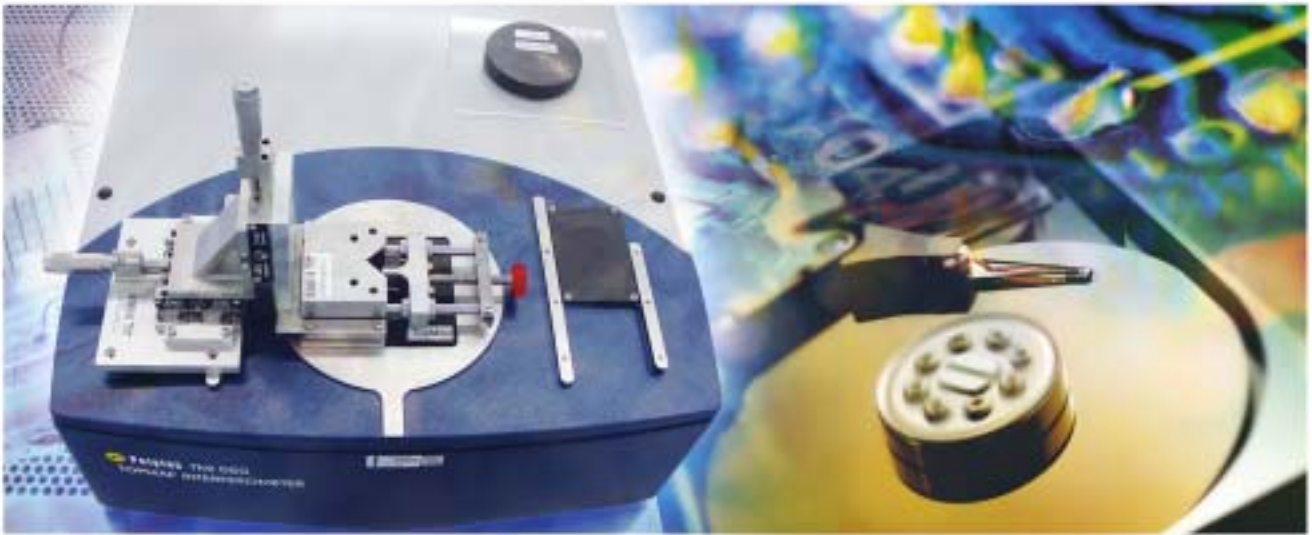
**Ad Tech Development
Department
Hitachi Global Storage
Technologies, Inc.
Dept CNK, 5600 Cottle Rd.,
San Jose, CA 95193, USA
Bert.Feliss@hgst.com**

Über

 **Hitachi Global Storage Technologies**

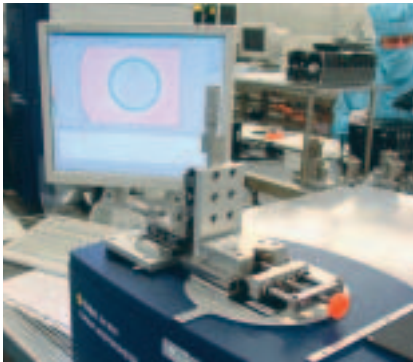
Hitachi Global Storage Technologies wurde 2003 als strategischer Zusammenschluss der Speichermedien-Geschäfte von IBM und Hitachi gegründet und verfolgt das Ziel, die Festplattentechnologie über klassische Computeranwendungen hinaus in die Unterhaltungselektronik und andere aktuelle Anwendungen einzuführen.

Oberfläche intakt mit TopMap



Zerstörungsfreie Qualitätskontrolle an Festplattenbauteilen mit dem TopMap Weißlichtinterferometer

Für Messungen der Oberflächentopographie hochwertiger Bauteile sind die klassischen Tastschnittverfahren wenig geeignet, da sie die Oberfläche zerkratzen und das Teil damit unbrauchbar wird. Das TopMap Weißlichtinterferometer ermöglicht dagegen eine zerstörungsfreie Topographie- und Ebenheitsmessung an Oberflächen bis zu 30 mm x 40 mm mit einer vertikalen Auflösung von bis zu 10 nm.



Die Firma PM[°]DM setzt zur Qualitätskontrolle neben vielen anderen Messtechniken zwei TopMap-Systeme ein, davon eines im Werk Deutschland und eines in der Produktion in Thailand. Die Messungen werden an Komponenten von Festplattenantrieben wie Lagerhülsen, Wellen oder Plattenauflageflächen durchgeführt, die bei PM[°]DM gefertigt werden. Eine aktuelle Fragestellung ist die Güte von hydrodynamischen Lagern (fluid dynamic bearings, FDB), die in den letzten Jahren als Alternative zu Kugellagern auf den Markt kamen.

Bei dem im Bild gezeigten Beispiel handelt es sich um eine mit Rillen versehene Gegenplatte aus einem hydrodynamischen Lager. Die Prüflinge werden mit einer speziellen Halterung über dem Messfeld des TopMap justiert (Bild links). Das TopMap bestimmt dann mit Nanometer-Genauigkeit die komplexe Topographie der gerillten Oberfläche (Bild unten).

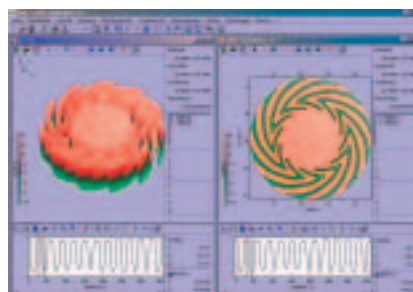
Um die Qualität des Bauteils bezüglich Abstand und Tiefe der Stufen zu vermessen, wird ein Schnitt entlang einer Kreislinie ausgewertet. Die Ergebnisse sind im unteren Bildteil sichtbar.

Ein besonderer Vorteil des TopMap Weißlichtinterferometers ist der tele-

zentrische Aufbau, der mit parallelem Licht das Objekt vermisst.

Dies erlaubt im Vergleich zu anderen Verfahren, beispielsweise der Laserinterferometrie, auch Bauteile mit Senkungen, Bohrungen und Stufen zu prüfen.

Die Qualitätsprüfung mit dem TopMap Weißlichtinterferometer hat sich bei PM[°]DM bestens bewährt und erfüllt alle Anforderungen an die Messtechnik. Ein weiterer, geplanter Schritt ist deshalb die Aufrüstung der Produktionslinie mit dem TopCam-System, das eine nahtlose Einbindung der Topographieprüfung in den Produktionsprozess ermöglicht.



KONTAKT

Dipl. Ing. (FH) Martin Arnold
PM[°]DM Precision Motors
Deutsche Minebea GmbH
R&D - HDD Motor Technology
Auf Herdenen 10
78052 VS-Villingen **PM[°]DM**
spindle@nmb-minebea.com

Grundlagen *der digitalen Vibrometrie*



FÜR NEU-EINSTEIGER UND ERFAHRENE ANWENDER

Die aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet digitaler Signalprozessoren und die Verfügbarkeit kostengünstiger, leistungsstarker PC-Plattformen haben die Realisierung einer neuen Generation digitaler Laser-Doppler-Vibrometer ermöglicht. Heterodyne Interferometer-Technologie in Kombination mit schnellen A/D-Konvertern bilden die Basis für herausragende Messgenauigkeit und Auflösung. Digitale Laser-Vibrometer weisen die folgenden Leistungsmerkmale auf:

- *Systembedingt hohe Kalibrierengenauigkeit, keine Drift- und Alterungseffekte*
- *Amplituden-Auflösung allein durch Laser-Leistung limitiert*
- *Sub-Nanometer-Auflösung für den Schwingweg
im gesamten Geschwindigkeits- und Frequenzbereich*
- *Flache Amplitudenfrequenz-Kennlinie von DC bis 2 MHz*
- *Komfortable Datenerfassung und Auswertung*

Diese herausragenden Leistungsmerkmale eröffnen ein weites Feld neuartiger High-End-Anwendungen, die besonders hohe Messgenauigkeit, sehr geringen Rauschpegel oder numerisches Post-Processing erfordern, von der MEMS-Charakterisierung über Dynamik-Untersuchungen an modernen Festplatten bis hin zu grundlegenden metrologischen Fragestellungen.

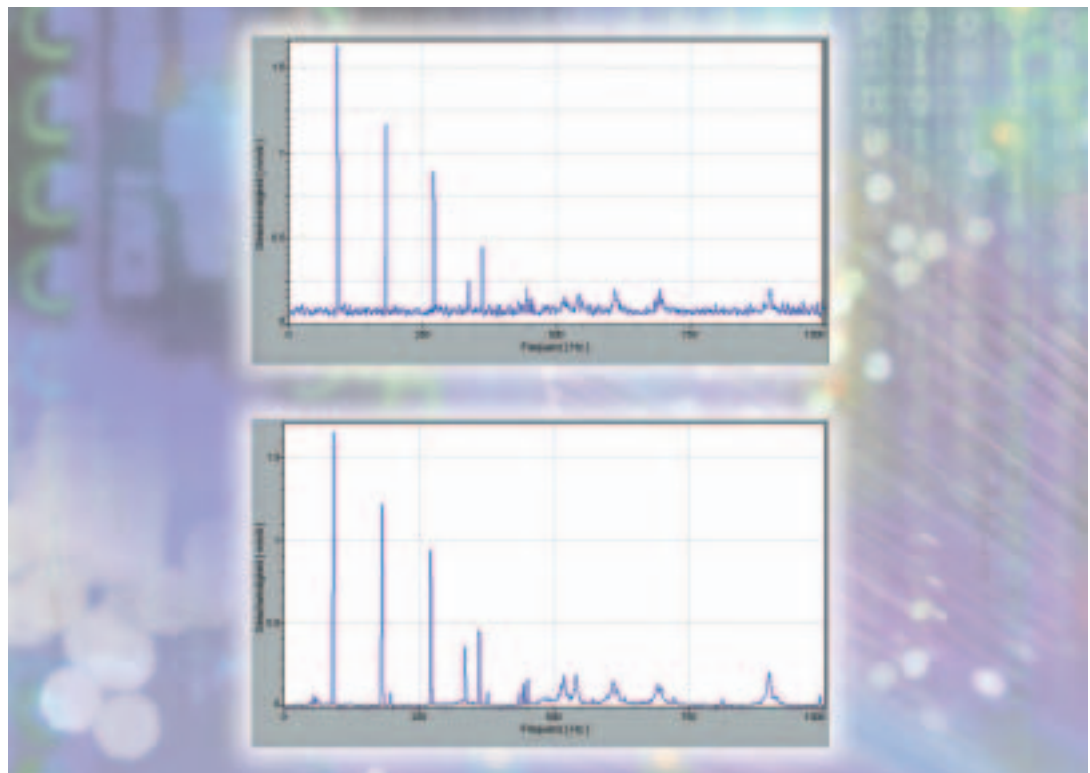
Polytec GmbH
Polytec-Platz 1-7
D-76337 Waldbronn
Tel. +49 (0) 72 43 6 04-0
Fax +49 (0) 72 43 6 99 44
Lm@polytec.de

Bild 1:

Vergleich der Rauschpegel analoger und digitaler Decoder bei der Messung der Schwinggeschwindigkeit einer sich drehenden Festplatte.

Oben: OFV-5000 Vibrometer Controller mit analogem VD-02 Geschwindigkeitsdecoder und VibSoft.

Unten: VDD Digital Vibrometer mit digitalem DD-600 Wegdecoder (Wegsignal wurde differenziert).



Einleitung

Die Laser-Vibrometrie hat sich als genaues und rückwirkungsfreies Messverfahren zur Erfassung von Bewegungsgrößen in industriellen und metrologischen Anwendungen fest etabliert. Analoge Geschwindigkeitsdecoder der aktuellen Generation erlauben die Erfassung von Spitzengeschwindigkeiten bis zu 30 m/s in einem Frequenzbereich von DC bis > 20 MHz. Bedingt durch die enorme Bandbreite der Doppler-Signale, stellt die Phasen-Linearität von Verstärkern und Filtern immer eine interessante Herausforderung für den Entwicklungsingenieur dar. Die Genauigkeit des Gesamtverfahrens hängt dabei entscheidend von jeder einzelnen Komponente der analogen Signalverarbeitungskette ab, insbesondere von der Qualität der Phasen- und Frequenz-Demodulatoren.

Die Digitalisierung des Dopplersignals und nachfolgende numerische Demodulationsverfahren haben sich deshalb gegenüber der konventionellen Analogtechnik in vielen Aspekten als überlegene Alternative erwiesen. Schnelle Hardware in Kombination mit anspruchsvoller numerischer Signalverarbeitung ermöglicht die Echtzeitverarbeitung des Doppler-Signals. Bild 1 zeigt beispielhaft den niedrigen Rauschpegel eines digitalen Decoders im Vergleich mit einem analogen Decoder. Je nach Art der Applikation sind entweder PC-gestützte Systeme oder DSP-basierte Decoder-Module das Mittel der Wahl.

Digitale Demodulations-techniken

Das Fringe Counting-Verfahren zur Weg-Demodulation

Das klassische Digital-Verfahren zur Extraktion der Weg-Information aus dem Phasen-modulierten Doppler-Signal ist die Fringe Counting Methode. Registriert der Photo-Detektor einen kompletten Hell-Dunkel-Zyklus, so entspricht dies einer vollständigen Periode bzw. einem 2π -Inkrement des interferometrischen Phasenwinkels, entsprechend einer Änderung der optischen Weglänge um $\lambda/2$. Weiter verfeinerte Verfahren erreichen eine Auflösung bis zu 2 nm pro Zählpuls, womit derzeit die Grenzen der Technik erreicht sind.

Das Arcus-Tangens Phasen-Demodulations-Verfahren

Bedingt durch die extrem große Bandbreite des Dopplersignals sind schnelle A/D-Wandler und leistungsstarke Prozessoren unabdingbare Voraussetzungen für DSP-basierte Vibrometer-Systeme. Polytec setzt sowohl Standard-PC-Technologien als auch maßgeschneiderte DSP-Prozessoren für die numerische High-Speed-Verarbeitung des Vibrometersignals ein. Beide Varianten basieren auf der wohlbekannten Arcus-Tangens-Methode zur Phasendemodulation des Doppler-Signals. Ausgehend von einem

Ausgangssignal im Quadratur-Format berechnet dieses Verfahren den Phasenwinkel über einfache trigonometrische Beziehungen. Da dieses Demodulationsverfahren sehr genau und stabil arbeitet, ist es eine der in der ISO-Norm 16063-11 (Fundamentale Schwingungskalibrierung mit dem Laser-Interferometer, Sine Approximation Method) präferierten Methoden für die Decodierung von Doppler-Signalen.

Vorbedingung für die Arcus-Tangens-Methode ist ein aus dem Messsignal abgeleitetes Signal-Paar mit I- (In-Phase) und Q- (Quadratur, 90° Phasendifferenz) Komponenten, deren Spannungspegel vom interferometrischen Phasenwinkel $\varphi_m(t)$ abhängen.

$$u_i(t) = U_i \cos \varphi_m(t)$$

$$u_q(t) = U_q \sin \varphi_m(t)$$

Da kein Frequenz-Offset vorliegt, wird eine solche Signalkombination auch als I&Q Basisband-Signal bezeichnet (Bild 2). Im Basisband wird ein Signal-paar für die Darstellung der kompletten Doppler-Information benötigt: Der Absolutbetrag des Wegsignals ist in jedem der beiden Signale enthalten, die Richtungsinformation kann jedoch nur über das Vorzeichen des Phasenwinkels aus beiden Signalen bestimmt werden.

Mit anwachsendem Phasenwinkel $\varphi_m(t) \sim s(t)$ beschreibt der darstellende Vektor einen perfekten Kreis um den Koordinatenursprung. Gleichwertig kann ein Quadratur-Signal-Paar auch als reelle und imaginäre Komponente eines komplexen Zeigers betrachtet werden.

Das I&Q-Format ist der ideale Ausgangspunkt für die digitale Demodulation von Doppler-Signalen. Die Bestimmung des Wegsignals $s(t)$ erfordert lediglich die Berechnung des Phasenwinkels $\varphi_m(t)$ aus den Momentanwerten des I&Q-Signals gemäß der trigonometrischen Relation $\tan \alpha = \sin \alpha / \cos \alpha$.

Die Umkehrfunktion liefert den Momentanwert des Phasenwinkels beim jeweiligen Messzeitpunkt t_n

$$\varphi(t_n) = \arctan \frac{u_q(t_n)}{u_i(t_n)} + 2m\pi$$

$m = 0, 1, 2, \dots$

Die Mehrdeutigkeit der Arcus-Tangens-Funktion kann über einen so genannten Phase-Unwrapping-Algorithmus entfernt werden, der ganze Zahlen liefert, die Vielfachen von $\lambda/2$ entsprechen. Der Quotient eliminiert den Momentanwert

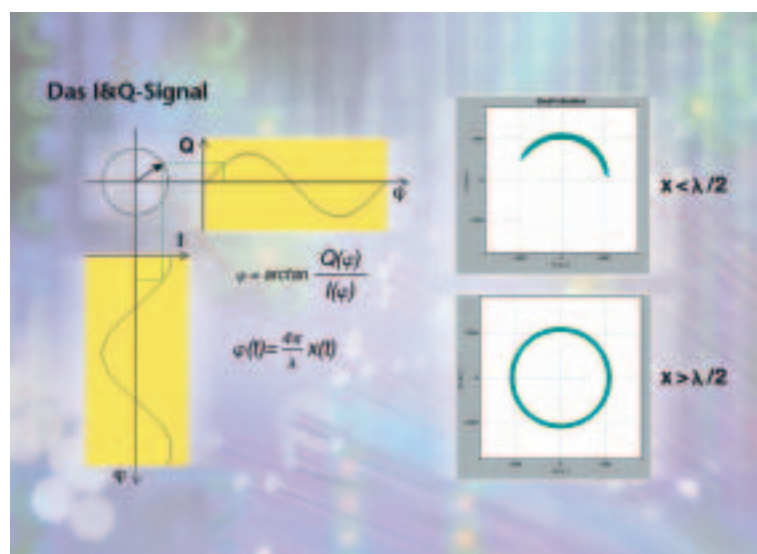
der Signalamplitude U . Dieser Umstand ist der Schlüssel für die Genauigkeit des Verfahrens. Die diskrete Weg-Funktion $s(t_n)$ ergibt sich schließlich zu

$$s(t_n) = \frac{\lambda}{4\pi} \varphi(t_n)$$

Digitale Schnittstellen

Bei Digital-Sensoren ist es oft wünschenswert, die digital generierten Signale auch digital, d. h. ohne Rückwandlung in die Analog-Form zu übertragen bzw. aufzunehmen. Deshalb verfügen digitale Geschwindigkeits-Decoder, zusätzlich zum analogen Signalausgang, über einen seriellen Output. Um die Datenerfassung mit kommerziell verfügbaren Komponenten, wie PC-Soundkarten oder digitalen Audio-Recordern durchführen zu können, hat sich Polytec für den S/P-DIF Standard (Sony/Philips Digital Audio Interface) zur digitalen Übertragung des Schwingungssignals im Audio-Frequenzbereich entschieden. Diese Schnittstelle ermöglicht die verzerrungsfreie Signalaufnahme auf digitalen Medien sowie eine Messdatenerfassung ohne teure Analog/Digitalwandler-Karten. S/P-DIF verwendet eine Single-Line-Übertragung – entweder über Koaxial-Kabel oder über Glasfaser. Die aktuelle Implementierung des Standards unterstützt eine Amplitudenauflösung von 24 bit bei einer Erfassungsrate von 48 kSa/s bzw. 96 kSa/s beim OFV-5000, im Frequenzbereich zwischen 0 Hz und 22 kHz bzw. 42 kHz.

Bild 2: I&Q-Signal als Vektordiagramm (links) und die resultierende Darstellung für unterschiedliche Schwingungsamplituden



Digitale Vibrometer von Polytec



PDV-100 Portable Digital Vibrometer

Das erste tragbare, netzunabhängige digitale Vibrometer für den mobilen Einsatz, beispielsweise die Zustandsüberwachung von Maschinen. Digitale Signalverarbeitung; analoge und digitale (S/P-DIF) Signalausgänge.



IVS-300 Digital Industrial Vibration Sensor

Dieser digitale Sensor vereint alle Komponenten in einem kompakten und robusten Gehäuse und ist insbesondere für berührungslose Schwingungsmessungen bis 22 kHz in der Produktion geeignet, auch in rauen und anspruchsvollen Industrieumgebungen.



CLV Compact Laser Vibrometer

Das Basissystem mit kompaktem, leichtem Sensorkopf und separatem Controller für Schwingungsmessungen bis 350 kHz im rauen Industrieinsatz und allgemeine Aufgaben in F+E und Fertigungskontrolle, optional mit digitaler Signalverarbeitung.



OFV-5000/50X/55X

Modulares Vibrometer-System

Unser hochwertiges modulares System mit OFV-505/503-Standsensor oder OFV-551/552 faseroptischem Messkopf, durch Kombination leistungsfähiger analoger und digitaler Decoder flexibel an spezielle oder allgemeine Aufgaben bei Messfrequenzen bis 20 MHz anpassbar.



VDD Digital Vibrometer

Besteht aus schneller Datenerfassung für den PC und dem leistungsfähigen VibSoft-Programmpaket, dazu wahlweise ein kompaktes Frontend oder ein DD-600 Decoder zur Verwendung im OFV-5000 Controller. Für Anwendungen mit höchsten Anforderungen an die Genauigkeit und Messauflösung, beispielsweise an Speichermedien, MEMS oder für Kalibrierzwecke.



PSV-400 Scanning Vibrometer

Top Level-Messtechnik für vollflächige Messungen und anschauliche Visualisierungen. Zur Analyse von Strukturschwingungen und Untersuchung komplexer Geräusch- und Schwingungsthematiken in Industrie, Produktion, Forschung und Entwicklung. Kombination analoger und digitaler Decoder für anspruchsvolle und hochgenaue Messaufgaben.

Mehr Info: www.polytec.de/LM-digital

POLYTEC GRUNDLAGEN-SEMINAR

Grundlagen der Vibrometrie

(Heft 1/2003) E1 – E4

Grundlagen der Velocimetrie

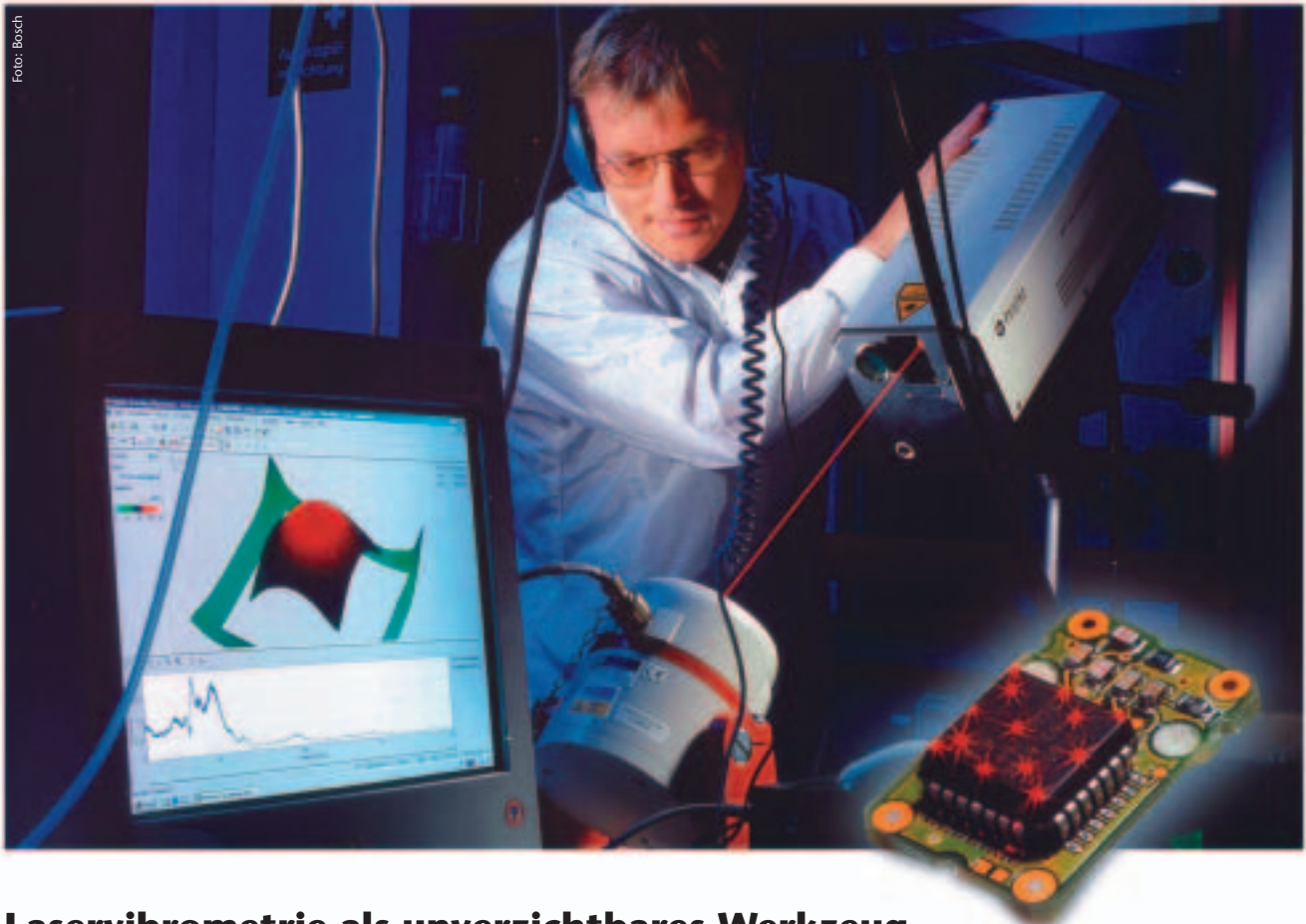
(Heft 1/2004) E5 – E8

Grundlagen der digitalen Vibrometrie

(Heft 2/2004) E9 – E12

Fehlende Teile können Sie nachbestellen unter Lm@polytec.de oder als PDF-Datei abrufen unter: www.polytec.de/LM-download

MEMS – Zuverlässige Helfer im Kfz



Laservibrometrie als unverzichtbares Werkzeug in der MEMS-Entwicklung

Vor 50 Jahren beschränkte sich die „Sensorik“ in einem Kraftfahrzeug auf eine Hand voll mechanischer oder bestenfalls elektromechanischer Instrumente, wie Tachometer oder Drehzahlmesser. In einem modernen Auto dagegen leisten eine Vielzahl mikroprozessorgesteuerter, elektronischer Sensoren und Aktoren komplexe Mess-, Überwachungs- und Steuerungsaufgaben.

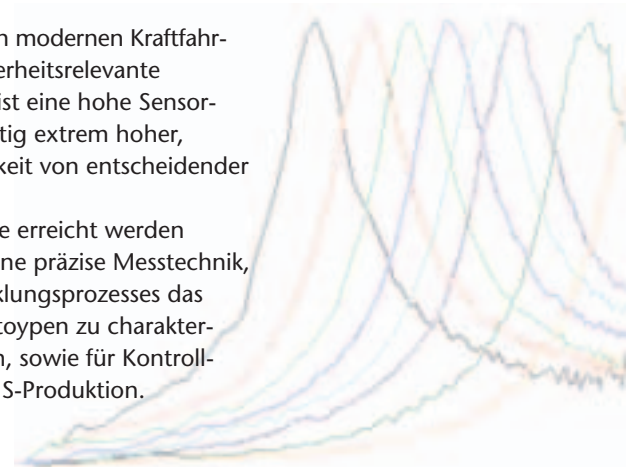
Unverzichtbare Werkzeuge bei der Entwicklung und Produktion dieser stillen Helfer sind Verfahren der modernen berührungslosen optischen Messtechnik, wie die Laser-Vibrometrie.

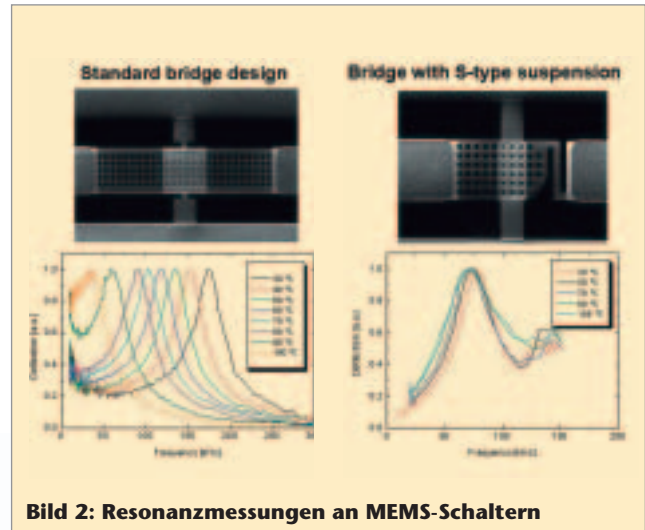
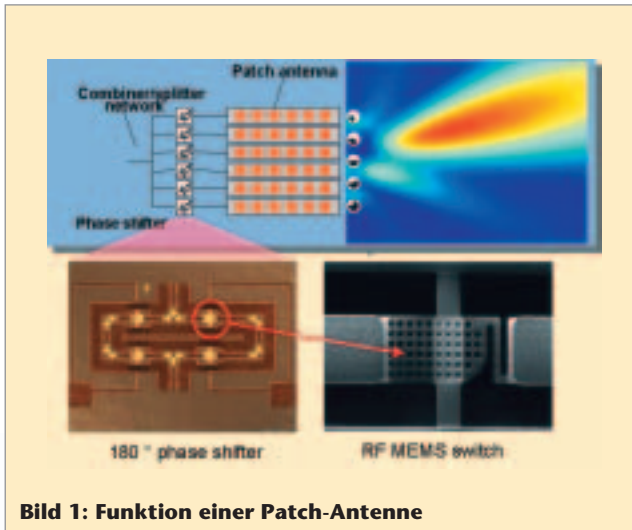
Moderne Sensorelemente in Kraftfahrzeugen sind heute zu einem großen Teil als Mikrobausteine realisiert, als so genannte MEMS (Mikro-Elektro-Mechanische Systeme). Sie vereinen in kompakter Weise auf einem Chip sowohl mechanische als auch elektrische bzw. elektronische Funktionen. MEMS können mit ihrer Umgebung prinzipiell entweder als Sensor oder als Aktor in Wechselwirkung treten, wobei in der Automobiltechnik insbesondere die Mikrosensorik eine Schlüssel-funktion eingenommen hat. Somit kann ein auf MEMS-Technik basierendes System auf entsprechende physikalische oder chemische „Reize“ elektrisch oder auch mechanisch reagieren.

Da MEMS-Bauelemente in modernen Kraftfahrzeugen zunehmend sicherheitsrelevante Aufgaben übernehmen, ist eine hohe Sensor-genauigkeit bei gleichzeitig extrem hoher, lebenslanger Zuverlässigkeit von entscheidender Bedeutung.

Damit diese Qualitätsziele erreicht werden können, benötigt man eine präzise Messtechnik, um während des Entwicklungsprozesses das Systemverhalten der Prototypen zu charakterisieren und zu verifizieren, sowie für Kontroll-messungen bei der MEMS-Produktion.

Bitte umblättern





Hohe Anforderungen im Bereich Automotive

Zu den sicherheitsrelevanten Einsatzbereichen für MEMS zählen beispielsweise Bremssysteme, Airbag-Steuerungen oder elektronische Stabilitätskontrollsysteme.

Die Zuverlässigkeitsanforderungen sind nicht zuletzt deshalb so hoch, weil die Bausteine während ihrer gesamten Lebensdauer stark beanspruchenden Umgebungsbedingungen wie Vibration, Temperaturwechsel und Korrosion ausgesetzt sind. Die auf die Lebensdauer bezogenen Defektraten für diese Bauteile liegen deshalb in Bereichen von nur wenigen ppm.

Die für Sensoren erforderliche Genauigkeit liegt bei Anwendungen in der Automobilindustrie in der Größenordnung von 1% über die gesamte Lebensdauer des Bauteils, entsprechend 15 – 20 Jahren oder einer Laufleistung von ca. 200.000 km.

Selbstverständlich sollen alle diese Anforderungen bei möglichst geringen Produktionskosten erfüllt werden.

Vibrometrie macht's möglich

Die Laser-Doppler-Vibrometrie als flexible und präzise Schwingungsmesstechnik hilft maßgeblich dabei, das mechanische Verhalten der MEMS schnell, rückwirkungsfrei und genau zu charakterisieren und dadurch die hohe Qualität der Bauteile sicher zu stellen.

Mit Einpunktvibrometern lassen sich Systemresonanzen der Bauelemente messen. Das Bewegungsverhalten von MEMS über die gesamte Fläche des Bauelementes wird mit speziellen Microscope Scanning Vibrometern schnell und über einen breiten Frequenzbereich bestimmt.

Die aus den Messwerten berechnete, anschaulich animierte Darstellung der Betriebsschwingformen hilft entscheidend beim Verständnis der untersuchten Prozesse.

Adaptive Antennen

In der Hochfrequenztechnik bietet sich eine Vielzahl von Anwendungen für adaptive Antennen, deren Abstrahlcharakteristik bzw. Sende- oder Empfangsrichtung an äußere Randbedingungen angepasst werden kann. Bei Radaranwendungen können beispielsweise durch sequenzielles Scannen des Abstrahlwinkels und Messung der Laufzeit Objekte in unterschiedlichen Entfernungen detektiert und ihre Winkelposition gemessen werden.

Die Anpassung der Abstrahlcharakteristik kann ohne bewegliche Elemente mit planaren Patch-Antennen realisiert werden, deren Strahlkeule sich aus der Überlagerung der elektromagnetischen Wellen vieler einzelner Antennenelemente („Patches“) ergibt. Die Antennen-Patches werden spalten- und zeilenweise derart zusammengeschaltet, dass eine feste Phasenbeziehung zwischen ihnen besteht. Hierzu werden geeignete Phasenschieber benötigt, die mit den Verfahren der Mikrosystemtechnik realisiert werden können. Diese Phasenschieber enthalten als grundlegendes Bauelement Hochfrequenz-MEMS-Schalter, über die definierte Umwegleitungen zu- oder abgeschaltet werden können, sodass sich eine feste Phasenlage einstellt (Bild 1).

Ziel der Entwicklungsingenieure bei Bosch ist ein klar definiertes, von Umgebungsbedingungen unabhängiges und während der Lebensdauer des Bauteils gleichbleibendes Schaltverhalten.

MEMS-Design und Schwingungseigenschaften

Die von den Ingenieuren zunächst realisierte Schalterform mit einem Standard-Brücken-Design zeigte ein mit der Umgebungstemperatur variierendes Schaltverhalten, klar erkennbar an der Verschiebung der mit dem Vibrometer gemessenen Brückenresonanz (Bild 2, links).

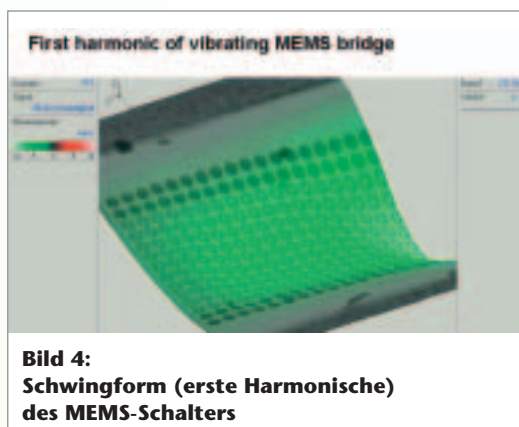
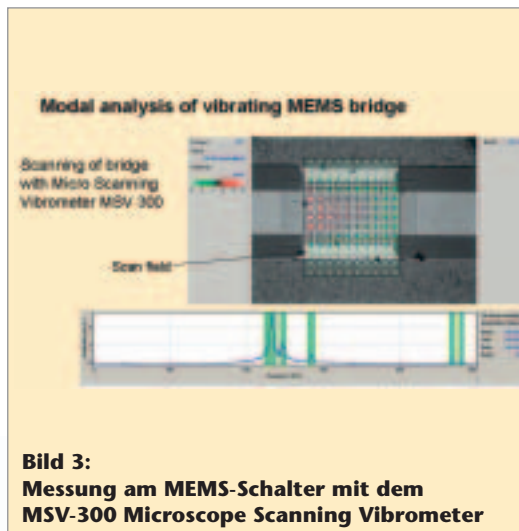
Verantwortlich hierfür ist der Unterschied in den thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Aluminiumbrücke und des Silicium-Substrats. Durch eine modifizierte Geometrie der Brücke kann dieser Effekt weitgehend kompensiert werden, wie das in Bild 2 rechts abgebildete Spektrum zeigt.

Scanning-Untersuchungen

Die Untersuchung des Schaltverhaltens in der Zeitdomäne zeigt ein ausgeprägtes Prell- oder Nachschwingverhalten. Um sich ein Bild von der tatsächlichen flächenhaften Bauteildynamik beim Schalten zu machen, wurden Untersuchungen mit dem Scanning Laser Vibrometer durchgeführt (Bild 3). Die visualisierten Ergebnisse zeigen neben der Grundschwingung die Anwesenheit höherer Harmonischer der Brückenfläche im Spektrum des Bauteils (Bild 4 und Bilder unten). Die Laservibrometrie liefert auch hier wichtige strukturdynamische Informationen für eine Optimierung der Baustein-Funktionalität.

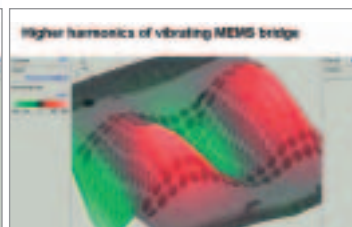
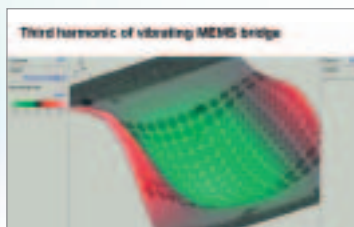
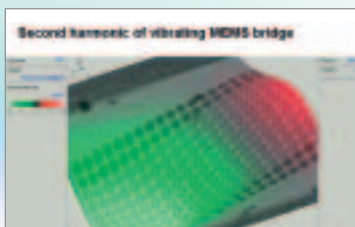
Fazit

Die fortgeschrittenen Sicherheits- und Komforteigenschaften heutiger Kraftfahrzeuge basieren auf modernsten Bauelementen der Mikrosystemtechnik. Aktuelle optische Mess- und Prüfverfahren wie die Laser-Doppler-Vibrometrie stellen im Entwicklungs- und Produktionsprozess dieser MEMS-Elemente sicher, dass die geforderten Funktions- und Qualitätsmerkmale erreicht oder übertroffen werden und wir darum heute sicherer unterwegs sind als jemals zuvor.



AUTOREN · KONTAKT

Dr. Roland Müller-Fiedler,
Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Kunz,
Robert Bosch GmbH, Stuttgart,
Zentralbereich Forschung und
Vorausentwicklung
roland.mueller-fiedler@de.bosch.com



Leiser lenken



100%-Qualitätsprüfung an Lenkgetrieben mit PDV-100 Portable Digital Vibrometern von Polytec

Damit beim Autofahren die Pumpen hydraulischer Lenkgetriebe keine störenden Geräusche erzeugen, wird bei TRW Automotive in Gelsenkirchen ein hoher Aufwand betrieben. Alle Motor-Pumpen-Aggregate durchlaufen sofort nach der Montage und vor dem Einbau an die Lenkung eine Vielzahl von Prüfschritten. Das Schwingungsverhalten als Maß für die Geräuschentwicklung unter Betriebsbedingungen messen bei TRW mehr als zehn PDV-100 Vibrometer. Sie übermitteln alle Daten an die Prozesssteuerung, die dann das Aggregat entweder für die Weiterverarbeitung freigibt oder als fehlerhaft zurückweist.

Einführung

Im TRW-Werk Gelsenkirchen entstehen moderne Lenkgetriebe mit elektrohydraulischer Steuerung. TRW liefert diese EPHS-Systeme (Electrically Powered Hydraulic Steering) fertig montiert, mit Hydrauliköl befüllt und komplett getestet an die Montagebänder der Automobilhersteller. Es werden aber auch MPA (Motor-Pumpen-Aggregate) separat an die Automobilhersteller geliefert, die dann erst im Fahrzeug verschlaucht und befüllt werden. Der hydraulische Druck wird mittels einer motorbetriebenen Pumpe erzeugt und elektronisch reguliert, abhängig von der Fahrgeschwindigkeit, der Lenkkraft

und der Lenkwinkelrate. Das MPA wird in einer Fertigungslinie halbautomatisch aufgebaut und anschließend in einem Rundtisch, in mehreren Prüfstationen, automatisch auf Noise- und Performance-werte geprüft. Der Durchsatz liegt bei etwa 1500 Einheiten pro Tag und Anlage.

Prüftechnik

Der Prüfzyklus findet unter simulierten Betriebsbedingungen statt, indem das MPA mit Hydrauliköl befüllt und mittels der Pumpe auf Betriebsdruck gebracht wird (Bild 2). Nach Durchführung verschiedener Dichtheits- und anderer mechanischer Prüfungen gelangt das Aggregat in die Geräuschprüfung und durchläuft eine ausgeklügelte Testsequenz.

Hier werden vom Standby-Betrieb mit wenigen bar Druck bis zur Vollast bei über 100 bar Druck und verschiedenen Pumpendrehzahlen alle relevanten Betriebszustände simuliert.

Die dabei auftretenden Schwingungen messen zwei unterschiedlich positionierte PDV-100 Vibrometer, eines für die bevorzugt radialen und das andere für überwiegend laterale Schwingbewegungen. Die Vibrometer sind vollständig in den Prüfstand integriert und transparent gekapselt (Bild 1). Im Werk Gelsenkirchen sind in verschiedenen Prüfständen insgesamt mehr als zehn PDV-100 Vibrometer im Einsatz, ein weiterer Ausbau ist geplant.

Zum Schutz vor schädlichen Umgebungseinflüssen, beispielsweise Ölnebel, hält eine Luftdüse die Laseroptik von Verschmutzungen frei. Das Ausgangssignal des PDV-100 wird direkt vom Prozessrechner erfasst und ausgewertet. Wie alle Prüfmittel unterliegen auch die Vibrometer der Qualitätsüberwachung; bei jedem Schichtwechsel findet eine Kontrolle unter Verwendung eines Masterprüflings statt. Im Auswertungssystem sind außerdem Kontrollmechanismen integriert, die eine Fehlmessung oder einen Fehler im System sofort erkennen können.

Die Rotationsbewegung im Motor kann ganz verschiedene Effekte anregen. Besonderes Augenmerk wird auf die Ordnung bestimmter Resonanzen gelegt. Das ist das Verhältnis der jeweiligen Resonanzfrequenz zur Anregungs-

frequenz. Die Ordnungsanalyse erlaubt eine Zuordnung von Schwingfrequenzen zu bestimmten Komponenten, da erstere oft mit geometrischen Parametern der Komponenten, beispielsweise Symmetrieeigenschaften, zusammenhängen. Schwingungen 4. Ordnung gehen zum Beispiel auf ungenügende Rundlaufgenauigkeit der Pumpenachse zurück.

Diese Korrelationen zwischen Schwingungen und Messwerten wurden vorab im Detail in der TRW Forschung & Entwicklung untersucht, sodass in der Fertigungslinie nur noch wenige ausgewählte Ordnungen zu messen sind. Die Entwicklungsabteilung legt auch vorab die optimale Lage der beiden Messpunkte fest, indem sie mit einem PSV Polytec Scanning Vibrometer die flächenhaften Schwingformen ermittelt und auswertet.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Peter Marpe
Zentrale Prozesstechnologie
TRW Automotive GmbH
Werk Gelsenkirchen Schalke
Freiligrathstraße 8 – 28
45881 Gelsenkirchen
peter.marpe@trw.com

Über TRW Automotive



TRW Automotive ist einer der größten Automobilzulieferer weltweit. Als Unternehmen ist TRW in acht Produktbereichen prägnant: Ersatzteilmarkt, Bremssysteme, Lenkungs- und Fahrwerkssysteme, Nutzfahrzeuglenkungen, Elektronik, Motorkomponenten, Befestigungssysteme und Insassenschutzsysteme.

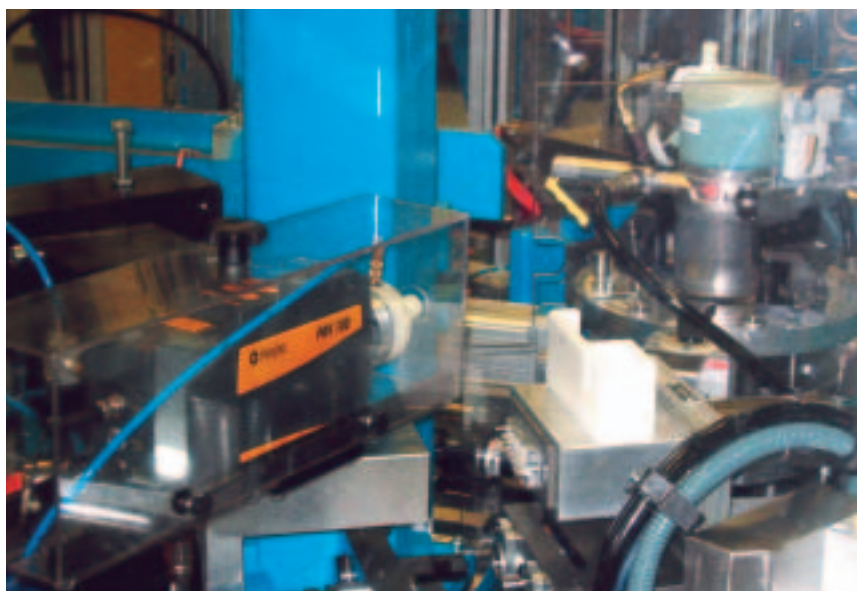
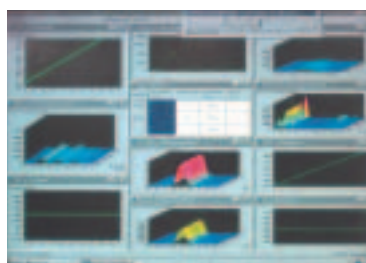


Bild 1: Integration des PDV-100 im Prüfstand; rechts im Bild Prüfling mit rotem Laserreflex

Bild 2: Motor-Pumpen-Aggregat im Prüfstand



Bild 3: Darstellung der Ordnungsspektren und Zeitsignale auf dem Prozessrechner-Display



Das Prüfsystem stellt die Ergebnisse der verschiedenen Testabschnitte auf einem Display dar (Bild 3) und spielt etwa 150 Messwerte je Prüfling in das Prozessleitsystem, das etwa zehn davon für die Bewertung heranzieht. Sämtliche Qualitätskriterien müssen erfüllt sein, um eine Freigabe des Aggregats zu erreichen.

Fazit

Die Geräuschuntersuchung im Rahmen der 100 %-Prüfung der Motor-Pumpen-Aggregate vor dem Einbau in das Lenkgetriebe erfolgt mit dem PDV-100 Vibrometer berührungsfrei und vollautomatisch. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass nur einwandfrei leise Aggregate ins Auto und somit zum Kunden gelangen. Die Vielzahl der bei der Prüfung anfallenden Daten, die vom System kontinuierlich erfasst und ausgewertet werden, ermöglicht es, die Qualität der Komponenten und deren Zusammenbau jederzeit nachzuverfolgen. Durch die stetige Verringerung des allgemeinen Geräuschpegels in den heutigen Automobilen erlangt die Geräuschmessung an Einzelkomponenten einen immer größeren Stellenwert.

LSV hat den Dreh heraus



Polytec Laser Surface Velocimeter regeln unerwünschte Drehbewegungen im Edelstahl-Walzwerk

Durch eine Simultanmessung von Rotations- und Translationsgeschwindigkeit mit zwei LSV Serie 6000 Laser Surface Velocimetern im Auslauf eines Planetenschrägwalzwerks lässt sich ein Drehen des heißen Stabstahls automatisch kompensieren.

Die Boschgotthardshütte (BGH) produziert Edelstahl und Sonderlegierungen für höchste Beanspruchungen. Im Werk BGH Edelstahl Freital werden jetzt zwei Polytec LSV Serie 6000 Laser Surface Velocimeter zur Regelung eines so genannten Planetenschrägwalzwerks eingesetzt. In Bild 1 sind die beiden wassergekühlten LSV-026 Messköpfe zu sehen.

Laser Surface Velocimeter (LSV) sind berührungslos arbeitende Messgeräte zur Bestimmung der Geschwindigkeit und Länge von bewegten Oberflächen, beispielsweise Profilen, Blechen oder Folien. Sie berechnen den Vorschub aus der Frequenzverschiebung zwischen zwei Messstrahlen, die durch die Bewegung der Oberfläche verursacht wird (Doppler-Effekt). Als berührungslos und präzise arbeitende optische Messsysteme haben sich Polytec LSVs in Stranggießanlagen, Walzwerken und anderen kontinuierlichen Produktionsanlagen vielfach bewährt. Das neue LSV Serie 6000-System

basiert auf dem LSV-6200 Velocimeter Controller, der sich dank seines flexiblen Schnittstellenkonzepts leicht in bestehende Prozesssteuerungen integrieren lässt (Bild 2).

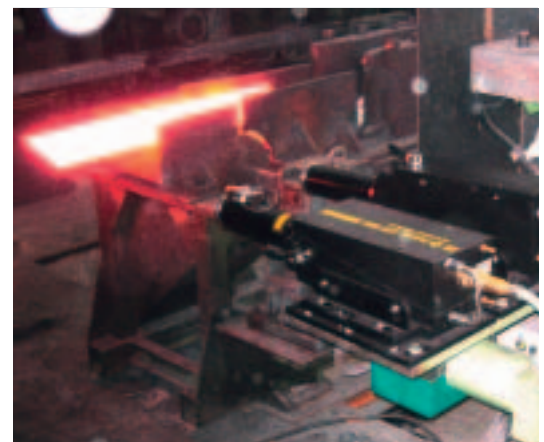


Bild 1: Zwei LSV-026 Messköpfe messen die Rotations- und Translationsgeschwindigkeit von glühendem Stabstahl

Im Auslauf des Planetenschrägwalzwerks (PSW) führt der gewalzte Stabstahl neben der Vorschubbewegung noch eine Drehung aus, die für den weiterführenden Prozess unerwünscht ist. Mit dem Laser Surface Velocimeter wird die Rotationsgeschwindigkeit der Stäbe gemessen und mit Hilfe dieser Regelgröße das PSW so angestellt, dass der Stabstahl nach einer gewissen Einregelstrecke nicht mehr rotiert.

Das Regeln auf die Rotationsgeschwindigkeit Null ist nur dank des im LSV eingesetzten Heterodyn-Verfahrens möglich. Bei diesem Verfahren wird einer der zur Messung eingesetzten Laserstrahlen in seiner Frequenz um 40 MHz verschoben. Das Heterodyn-Verfahren ermöglicht damit dem LSV, im Gegensatz zu anderen berührungslosen Messmethoden, auch die Bewegungsrichtung zu erkennen und bis herab zum Stillstand ($v = 0$) zu messen.

Das zweite LSV ist gegenüber dem ersten um 90° gedreht aufgebaut. Damit werden die Translationsgeschwindigkeit und die Länge des Stabstahls gemessen. Die Längsinformation wird für eine exakte Zuschnittsteuerung benötigt.

Alle Messwerte werden über die LSV-6200 Controller erfasst und können mit Hilfe der LSV PC Software am PC-Bildschirm dargestellt und ausgewertet werden (Bild 3).

Bei BGH ist man sehr zufrieden mit den eingesetzten LSV-Systemen. Schon nach der nur wenige Stunden dauernden Inbetriebnahme stellte sich heraus, dass die LSVs alle Erwartungen erfüllen werden. Zwei weitere LSV-Systeme befinden sich bereits seit über zwei Jahren im Einsatz zur Zuschnittsteuerung in einer Sägenstraße bei den BGH Edelstahlwerken in Siegen.

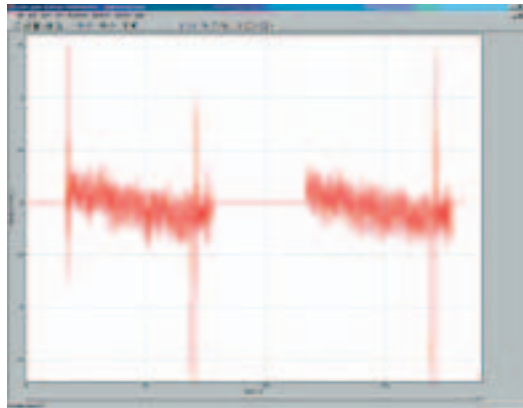


Bild 3: Verlauf der Rotationsgeschwindigkeit während des Durchlaufs von zwei Stäben

MEHR INFO ?

E-mail: Lm@polytec.de
oder www.polytec.de/lsv

Über die BGH-Gruppe

Zur BGH-Gruppe gehören unter anderem die Werke Freital, Siegen und Lungau. Die BGH Edelstahl Freital GmbH, mit 650 Mitarbeitern das größte Werk der BGH-Gruppe, bietet ein nahezu komplettes Programm von Edelstahl-erzeugnissen, gefertigt aus unlegierten, leicht- und hochlegierten Stahlsorten bis hin zu Sonderwerkstoffen. Im Alltag findet man an vielen Stellen Produkte, die ihren Ursprung in Freital haben können, beispielsweise Bestecke, Werkzeuge, Implantate oder Teile für den Maschinen- und Fahrzeugbau.



Bild 2: LSV-6200 Controller für Rotations- und Translationsgeschwindigkeit im E-Raum

Soft- und Hardware Neuigkeiten

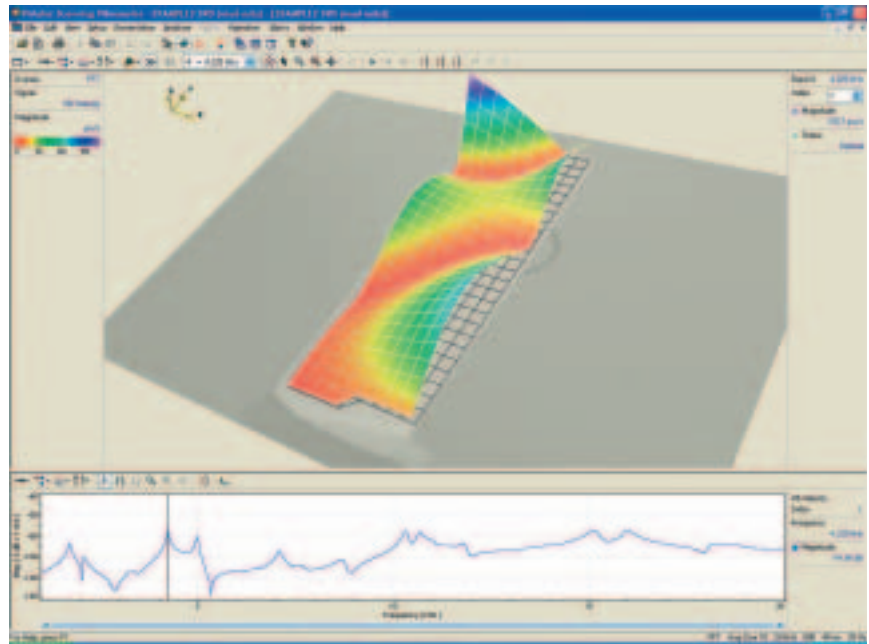
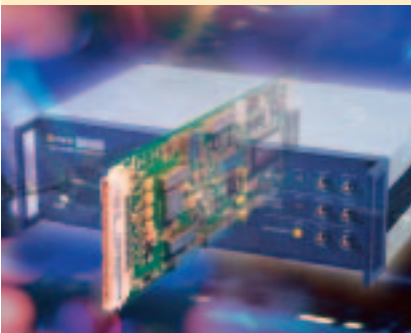
Neue Decoder für den OFV-5000 Vibrometer Controller

Das modulare OFV-5000 Vibrometersystem kann durch Auswahl und Kombination unterschiedlicher analoger und/oder digitaler Signaldecoder genau an die Erfordernisse einer bestimmten Anwendung angepasst werden. In Ergänzung zu den bisher wählbaren Geschwindigkeits- und Wegdecodern stehen jetzt zusätzliche Hochleistungs-Decoder zur Verfügung. Mehr Info in unserem Decoder-Leitfaden unter www.polytec.de/LM-decoder

Der **VD-05** ist ein analoger Geschwindigkeitsdecoder für Hochfrequenz-Anwendungen in der Ultraschall- oder Mikrosystemtechnik. Er misst Schwingungsgeschwindigkeiten bis 3 m/s bei Frequenzen bis 10 MHz.

Ein hochwertiger digitaler Wegdecoder ist der **DD-500** für anspruchsvolle Messaufgaben beispielsweise in der Akustik, Mikrosystemtechnik oder Feinmechanik. Der Decoder hat 16 Messbereiche und deckt den Frequenzbereich von 0 Hz – 350 kHz ab.

Auch der **DD-600** Wegdecoder ist jetzt verfügbar, ein I & Q-Konverter für die digitale, PC-gestützte Messdatenverarbeitung mit VibSoft-VDD. Er ermöglicht hochlineare und genaue Wegmessungen auf Datenspeichermedien oder MEMS bei hervorragender Auflösung. Bitte lesen Sie dazu auch unseren Einhefter „Grundlagen der digitalen Vibrometrie“ in der Heftmitte.



PSV 8.2 Scanning Vibrometer Software

Die umfangreichen Möglichkeiten der PSV 8.1 Version (siehe LM INFO Special Ausgabe 1/2004) ergänzt Polytec in der PSV 8.2 Version um die neu gestaltete räumliche Visualisierung von Schwingungsdaten, die Ansteuerung der neuen Geometrie-Scaneinheit und zusätzliche benutzerfreundliche Funktionen, die vielfach durch unsere Kunden angeregt wurden.

- Unterstützung der Geometrie-Scaneinheit (siehe Seite 3)
- Polytec Signal Prozessor, ein integriertes Tool für die Signalverarbeitung im Präsentationsmodus mit Excel-ähnlicher Bedienung
- Projekt-Browser für eine bequeme Verwaltung aller Daten und Dateien eines Messprojekts
- Bildverarbeitungsfunktion, um den Laserstrahl während des Alignments automatisch zu finden
- Wesentlich verbesserte räumliche Darstellung von Schwingungsdaten

PMA 2.0 Planar Motion Analyzer Software

Für den PMA-400 und PMA-300 Planar Motion Analyzer ist die neue PMA Version 2.0 verfügbar, die folgende Neuerungen enthält:

- Die Bedienoberfläche für Out-of-Plane- und In-Plane-Messungen wurde einheitlich gestaltet
- Der Benutzerdialog zur Einstellung der Messparameter wurde komplett überarbeitet und mit einer grafischen Hilfefunktion ausgestattet
- Bode-Plots und Time-Domain-Daten werden jetzt im Standard-Analyzenfenster dargestellt mit den aus der PSV-Software bekannten Elementen wie Cursor, Zoom, Skalierung, Legenden, ASCII- und Grafik-Export
- Zur Analyse von transienten Phänomenen, beispielsweise Schaltvorgängen, wird jetzt Pulsanregung unterstützt
- Mustererkennungsalgorithmus ist jetzt in die Anwendung integriert
- Animation der aufgezeichneten Videosequenz bei einer bestimmten Frequenz, Abspeichern im AVI-Format
- Integrierte Hilfefunktion



Polytec weltweit

Australien und Neuseeland

Warsash Scientific Pty Ltd
Strawberry Hills
NSW 2012
AUSTRALIEN
Tel. +61-2-9319-0122
Fax +61-2-9318-2192
d.huxley@warsash.com.au
www.warsash.com.au

Belgien, Niederlande und Luxemburg

K. Peeraer B.V.B.A.
B-2000 Antwerpen
BELGIEN
Tel. +32-3-226-4240
Fax +32-3-232-8098
k.peeraer@skynet.be

Brasilien

Opmetrix Ltda.
Sao Carlos – SP, 13560-290
Tel. +55-16-3307 5321
Fax +55-16-3307 5327
info@opmetrix.com.br
www.opmetrix.com.br

China (P.R.) und Hongkong

Pacific Optoelectronic Inc.
Beijing Office
Chaoyang District Beijing,
China 100022
P.R. CHINA
Tel: +86-10-6568 3291,
+86-10-6568 2591
Fax +86-10-6568 8291
zhijianc@pacific-opto.com

Dänemark

B&L Butina & Larsen technic
DK-3500 Værløse
Tel. +45-4448 4660
Fax +45-4970 7590
blt@post8.tele.dk
www.butina-larsen.dk

Finnland

Cheos Oy
FIN-02630 Espoo
Tel. +358-201 986464
Fax +358-201
sales@cheos.fi
www.cheos.fi

Griechenland

Paragon Ltd.
GR-11146 Athens
Tel. +30-210-222-0008
Fax +30-210-222-0019
paragon1@otenet.gr
www.paragongreece.com

Indien

Techscience Services PVT LTD
Guindy, Chennai- 600032
Tel. +91-44-2232-2612,
+91-44-2231-2637
Fax +91-44-2231-1264
techscience@eth.net

Italien

NEU

BPS s.r.l. (Vibrometers)
I-20092 Cinisello B (MI)
Tel. +39-02-262 60 208
Fax +39-02-262 60 214
info@bpsweb.it
www.bpsweb.it

Sensortech S.r.l. (LSV)

I-21040 Origgio
Tel. +39-02-9673-2453
Fax +39-02-9673-2431
info@sensortech.it
www.sensortech.it

Korea

NEU

Hysen Corp. (Vibrometers)
Kyonggi-do, 463-943
Tel. +82-31-728-0010
Fax +82-31-728-0049
info@vibrometry.co.kr
www.vibrometry.co.kr
VIGtools Co. Ltd. (LSV)
Seoul, 143-200
Tel. +82-2-546-4368
Fax +82-2-456-4369
email@vigtools.com

Norwegen

Elektronisk Maleteknikk AS
N-3179 Aasgaardstrand
Tel. +47-33047917
Fax +47-33047546
ele-ma@online.no

Österreich,

Ungarn, Slovenien,

NEU

Tschechien, Slowakei,
Rumänien, Kroatien,
ehemaliges Jugoslawien
LB acoustics
Messgeräte GmbH
A-1210 Wien
AUSTRIA
Tel. +43 1 2593-444 4410
Fax +43 1 2593-444 3400
helmut.ryback@
lb-acoustics.at
www.lb-acoustics.at

Polytec Niederlassungen

Die Adresse unserer deutschen Zentrale finden Sie auf der Rückseite und die Adressen der Polytec-Büros in Europa, Japan und den USA im Internet unter www.polytec.de.

Polytec Vertretungen

Wir freuen uns über unsere neuen und weltweit aktiven Partner! Die neuen Vertretungen sind in dieser Liste hervorgehoben. Weitere Kontaktinformationen finden Sie auf unserer Webseite.

Polen

NEU

Energocontrol Spółka z o.o.
31-147 Kraków
Tel. +48-12-418 07 10
Fax +48-12-411 45 17
jzak@energocontrol.pl
www.energocontrol.pl

Russland

Octava+, Ltd.
129226 Moscow
Tel. +7-095-799-90-92
Fax +7-095-799-90-93
michael@octava.ru
www.octava.ru

Singapur, Thailand, Malaysia, Philippinen, Vietnam, Indonesien, Myanmar, Laos, Kambodscha

Millice Private Limited
SINGAPORE 2056
Tel. +65-6552-7211
Fax +65-6552-7311
mplsing@singnet.com.sg
www.millice.com.sg

Spanien und Portugal

ALAVA Ingenieros S.A.
E-28020 Madrid
Tel. +34-91-567-9700
Fax +34-91-570-2661
g.gonzalez@alava-ing.es
www.alava-ing.es
E-08037 Barcelona
Tel. +34-93-459-4250
Fax +34-93-459-4262
d.faro@alava-ing.es

Schweden

Alvetec AB
SE-175 62 Järfälla
Tel. +46-8-445-7661
Fax +46-8-445-7676
info@alvetec.se
www.alvetec.se

Schweiz, Liechtenstein

Vibrodyn AG
CH-8113 Boppelsen
Tel. +41-1-844-3431
Fax +41-1-844-0480
vibrodyn_finger@swissonline.ch
www.vibrodyn.ch

Taiwan

Samwell Testing Inc.
Shi-Chi County, 221
TAIWAN ROC
Tel. +886-2-2692-1400
Fax +886-2-2692-1380
info@samwells.com
www.samwells.com

Türkei

NEU

db-KES
80620 Istanbul
Tel. +90-533-627 36 27
Fax +90-212-325 39 05
cinar.kurra@db-kes.com.tr
www.dbkes.com.tr

Ukraine

Kiev University,
Taras Shevchenko
P.O. Box 164, Kiev, 03191
Tel. +380-44-266-2397
Fax +380-44-266-5108
yarovoi@univ.kiev.ua

Treffpunkte weltweit



Polytec ist weltweit präsent mit Fachmessen, Konferenzen, Anwendertreffen und Roadshows – eine gute Gelegenheit für alle Kunden und interessierte Fachleute mit uns ins Gespräch zu kommen und von unserer langjährigen Erfahrung in der Schwingungsmesstechnik zu profitieren.

On the Road Again – Polytec auf Tour in Deutschland und Nordamerika



Polytec unterwegs – mit Roadshows erreichen wir unsere Kunden und interessierte Fachleute auf eine neue und wirkungsvolle Weise. Der große

Erfolg der Roadshows in Deutschland und Nordamerika bestärkt uns darin, auch zukünftig direkt vor Ort die neueste Technologie und neuartige Applikationen der Anwendergemeinschaft und Neu-Interessenten zu präsentieren. Wir werden Sie an dieser Stelle und auf unserer Website rechtzeitig informieren.

Vom 12. bis zum 19. März hieß es in Deutschland wieder „Vibrometer on the Road“.

An fünf verschiedenen Standorten machte die Polytec Roadshow Station, um Vibrometer und ihre Applikationen einem interessierten Publikum direkt vor Ort zu präsentieren. Über 120 Teilnehmer nutzten in Waldbronn, Köln,

Königsutter, Chemnitz und München die Gelegenheit, sich über Produktneuheiten und neuartige Applikationen der berührungslosen Laser-Doppler-Messtechnik zu informieren. Intensiv wurde mit dem Polytec Team über die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Vibrometrie in der Fertigungsendkontrolle sowie über die einzigartigen Möglichkeiten der dreidimensionalen Schwingungsmesstechnik im Mikro- und Makrobereich diskutiert. Neben den Praxisdemonstrationen war der Austausch mit und zwischen den Praktikern eines der Highlights der Veranstaltung.

Vom 18. bis 21. Mai und vom 2. bis 4. Juni fand die US-Roadshow mit Schwerpunkt „Optische Schwingungsmesstechnik für Data Storage Anwendungen“ in San Jose, Kalifornien und Colorado statt.

Die zahlreichen Teilnehmer konnten die neuen Vibrometersysteme und ihre Anwendung in Schwingungsprüfungen, Schocktests und dynamischen Untersuchungen an Festplattenkomponenten kennen lernen.

Automotive Testing Expo Europe

Europas führende, auf Automobil-Prüftechnik und -Qualitätswesen spezialisierte Fachmesse hat vom 25. bis 27. Mai über 280 Aussteller und fast 8000 internationale Besucher auf das Stuttgarter Messegelände gelockt. Mit dem neuen faseroptischen Interferometer und dem PSV-400-3D Scanning Vibrometer stellte Polytec die aktuellen Produktinnovationen für berührungslose Schwingungsmessungen vor. Viele Besucher kamen an den Polytec-Stand, um die zahlreichen Anwendungen der Laservibrometrie im Automobilbereich und die unschlagbaren Vorteile dieser Messtechnik im NVH-Bereich kennen zu lernen. Als Marktführer kann Polytec mit Informationen aus erster Hand aufwarten, was sich auch in der hohen Anzahl der Anfragen nach der Messe widerspiegelte.



Control – Internationale Fachmesse für Qualitätssicherung

Fast 800 Unternehmen aus 23 Ländern präsentierten sich und ihre neuen Produkte vom 11. bis 14. Mai im Sinsheimer Messezentrum.

Polytec demonstrierte seine hohe Kompetenz in der Akustischen Qualitätsüberwachung mit laser-vibrometrischen Systemen, was schon während der Messe zu mehreren konkreten Anfragen nach Prüfsystemen führte.

Auch die Scanning-Vibrometrie und die Oberflächentopographie wurden



als wertvolle Werkzeuge für die Qualitätssicherung vorgestellt und zogen das Interesse vieler Besucher auf sich.

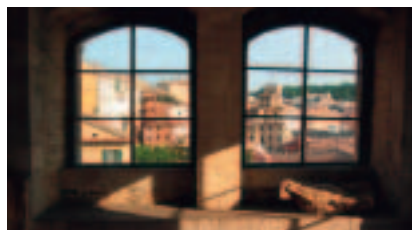
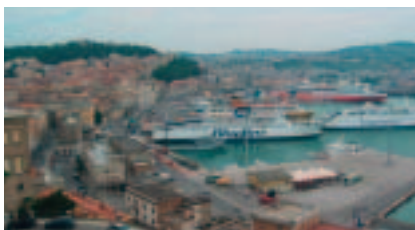
3. Vibrometer-Anwendertreffen in England

Das User Meeting unter der Organisation von Lambda Photometrics wurde diesmal unter der Schirmherrschaft des Photonics Cluster (UK) im Aston Science Park in Birmingham veranstaltet. Am ersten Tag fand das eigentliche Anwendertreffen mit über 40 Teilnehmern und Referenten aus allen Disziplinen und Anwendungsgebieten statt. Die Beiträge reichten von Mittelohruntersuchungen über Qualitätsprüfungen sehr unterschiedlicher Produkte bis zu Scanning-Messungen auf rotierenden Teilen und zur Risserkennung in Flugzeugkomponenten. Der zweite Tag war der 3D-Scanning-Technologie gewidmet und von gut 30 Ingenieuren besucht.

Grundlagen der 1D- und 3D-Scanning-Vibrometrie wurden erläutert. Das neue Flaggschiff von Polytec, das PSV-400-3D Scanning Vibrometer-System, konnte seine Fähigkeiten an einer Fahrzeugbremse demonstrieren und die komplexen In-Plane und Out-of-Plane-Moden und ihre Zusammenhänge schnell und anschaulich darstellen. Schließlich stand auch genügend Zeit für Diskussionen unter den Teilnehmern und mit den Polytec-Mitarbeitern zur Verfügung. Dem Feedback der Teilnehmer nach zu urteilen, eine sehr sinnvolle und wichtige Veranstaltung – ein „Muss“ für alle englischen Vibrometeranwender! www.lambdaphoto.co.uk

6. Internationale Fachkonferenz „Vibration Measurements by Laser Techniques“

Diese renommierte Veranstaltung, die sich mit Grundlagen-Anwendungen der Laser-Vibrometrie beschäftigt, fand vom 21. bis 25. Juni in Ancona statt. Polytec trug mit einem vielbesuchten Konferenzstand und aktuellen Vorträgen über Aspekte der mikroskopbasierten Vibrometrie und der 3D-Schwingungsanalyse von Elektrowerkzeugen (in Zusammenarbeit mit Bosch) zum Gelingen der Tagung bei. www.aivela.org



1. Vibrometer-Seminar in Korea

Zum ersten Anwendertreffen kamen auf Einladung von HYSEN im März 70 Fachleute für Schwingungen und Akustik aus Industrieunternehmen, staatlichen Forschungsinstituten und Hochschulen, um Technik und Anwendungen der Scanning-Vibrometrie kennen zu lernen.

Das Feedback war sehr positiv – eine gelungene Markteinführung für das junge Unternehmen. www.vibrometry.co.kr



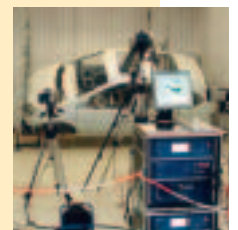
1. Vibrometer-Anwendertreffen in Frankreich

Das „Séminaire des utilisateurs de Vibromètres Laser“ vom 15. bis 16. Juni in Rouen zog über 30 Teilnehmer an.

Für die Demonstrationen und Messungen hatte die CEVAA, ein Spezialist für vibro-akustische Dienstleistungen im Automobilbereich, ihre Einrichtungen zur Verfügung gestellt. Im Mittelpunkt stand das PSV-400-3D Scanning Vibrometer, aber auch andere für Automobilanwendungen relevante Vibrometersysteme, beispielsweise das High Speed- und das Rotations-Vibrometer. Die zahlreichen Vorträge über Anwendungen und Entwicklungen der Laservibrometrie wurden ergänzt durch Erfahrungsberichte aus anderen europäischen Ländern.

Das Treffen wurde von den Teilnehmern als sehr wertvoll und gelungen bezeichnet und hat schon konkretes Kaufinteresse bei verschiedenen französischen Automobilherstellern ausgelöst.

www.polytec-pi.fr



Polytec



Polytec wurde 1967 gegründet und bot als Pionier in Deutschland erstmalig kommerzielle Lasertechnologie für Industrie und Forschung an. Aufbauend auf dem Erfolg im Distributionsgeschäft begann Polytec in den 70er Jahren mit der Entwicklung und der Fertigung eigener, innovativer, laserbasierter Messgeräte.

Gestern wie auch heute wird der weltweite Standard für laserbasierte Schwingungs-, Geschwindigkeits- und Längenmesssysteme von Polytec Produkten definiert. Die Entwicklung von High-Tech-Produkten ist bei Polytec eine strategische Kernaktivität und hat neben den Lösungen aus dem Bereich Lasermesssysteme zu einer Palette von weiteren Eigenprodukten in den Anwendungsgebieten Oberflächenmesstechnik, Analytische Messtechnik, Noise Analysis und Prozessautomation geführt.

Unsere weltweiten Aktivitäten

Die innovativen Lösungen von Polytec erlauben unseren Kunden, eigene technologische Führungsstärke in vielen unterschiedlichen Bereichen zu behaupten. In Märkten von Automobilbau, Luft- und Raumfahrttechnik sowie Maschinenbau über Data Storage, Mikrosystemtechnik und Nano-Technologie bis hin zu Biologie und Medizin wird das Vertrauen der Kunden in Polytec und seine Produkte immer wieder bestätigt. Weiterhin stellt die Distribution exzellenter High-Tech-Produkte anderer innovativer Hersteller eine Kernkompetenz von Polytec dar.

Wir von Polytec sind der höchstmöglichen Zufriedenheit unserer Kunden verpflichtet und bieten deshalb neben exzellenten Produkten auch Service, Support und Anwendungsunterstützung direkt vor Ort über unsere Niederlassungen in Europa, Nord-Amerika und Asien. Polytec ist seit 1994 ISO-zertifiziert, zuletzt nach DIN EN ISO 9001:2000.

Unsere Zielsetzung ist die kontinuierliche Verbesserung unserer Produkte und Dienstleistungen und drückt sich aus in der Mission:

„Advancing Measurements by Light“

Fax-Antwort

07243 604-320

Name	Titel
Abteilung	Funktion
Firma	
Straße	
Ort	PLZ
Land	
Telefon	Telefax
E-Mail	

- ☐ Ich möchte zukünftig regelmäßig ein persönliches und kostenloses Exemplar der LM INFO special erhalten.
Bitte nehmen Sie mich in Ihre LM INFO Datenbank auf.
- ☐ Ich möchte zukünftig regelmäßig über Produktneuheiten und Polytec-Veranstaltungen informiert werden.
Bitte nehmen Sie mich in Ihre Mailing-Liste auf.
- ☐ Bitte rufen Sie mich an wegen eines Beratungsgesprächs.
Meine Applikation: _____
- ☐ Meine Adressdaten stimmen nicht.
Bitte korrigieren Sie wie oben angegeben.

Wie beurteilen Sie die Qualität von LM INFO special?

	sehr gut				nicht gut	
	1	2	3	4	5	6
■ Informationsgehalt	☐	☐	☐	☐	☐	☐
■ Gestaltung	☐	☐	☐	☐	☐	☐
■ Ausgewogenheit zwischen Produktvorstellungen und Applikationsberichten	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Was vermissen Sie? _____

Verbesserungsvorschläge: _____

Bitte faxen Sie dieses Dokument an Ihre lokale Polytec-Niederlassung. Für Österreich und die Schweiz entnehmen Sie bitte die Fax-Nummer der Niederlassungsliste auf Seite 21 in diesem Heft.

Vibrometrie *im Fokus*



Einladung zum 8. Vibrometer-Seminar am 27./28. 10. 2004 in Waldbronn

Polytec freut sich, Ihnen mit dem diesjährigen Vibrometerseminar wieder ein einmaliges Forum für den Informationsaustausch innerhalb der Anwendergemeinschaft der Laser-Doppler-Vibrometrie bieten zu können. Diskutieren Sie mit Polytec-Experten den aktuellen Stand der Vibrometrie, sowie mit anderen Anwendern über erfolgreich realisierte Messaufgaben und neuartige Einsatzmöglichkeiten der berührungslosen Schwingungsmesstechnik von Polytec.

Wir stellen Ihnen die neuesten, innovativen Vibrometer sowie die aktuellen Software-Releases vor und freuen uns auf anregende Gespräche mit Ihnen!



Messen und Events – Geschäftsbereich Lasermesssysteme

14. 09. – 15. 09. 2004	PSV-Anwenderschulung	Waldbronn	www.polytec.de
14. 09. – 16. 09. 2004	Nanofair	St. Gallen, Schweiz	www.nanofair.ch
14. 09. – 17. 09. 2004	BIAS 2004	Milano, Italien	www.milanoenergia.it/personal/bias_eng
20. 09. – 22. 09. 2004	ISMA 2004	Leuven, Belgien	www.isma-isaac.be
20. 09. – 22. 09. 2004	Diskcon 2004	Santa Clara, California, USA	www.idema.org
22. 09. – 24. 09. 2004	ALUMINIUM 2004	Essen	www.aluminium-messe.com
28. 09. – 30. 09. 2004	MeasComp 2004	Wiesbaden	www.meascomp.com
01. 10. 2004	Grand Opening Seminar Polytec K.K.	Yokohama, Japan	www.polytec.com
28. 09. – 01. 10. 2004	15th Micronora	Besançon, Frankreich	www.micronora.com
04. 10. – 06. 10. 2004	13. Aachener Kolloquium	Aachen	www.rwth-aachen.de/ac-kolloquium/index_d.htm
19. 10. – 21. 10. 2004	Mesurexpo	Paris, Frankreich	www.mesurexpo.com
25. 10. – 26. 10. 2004	Polytec User Meeting	Detroit, Michigan, USA	www.polytec.com
27. 10. – 29. 10. 2004	Automotive Testing Expo 2004	Detroit, Michigan, USA	www.testing-expo.com/usa
27. 10. – 28. 10. 2004	Vibrometerseminar	Waldbronn	www.polytec.de
10. 11. – 12. 11. 2004	Micromachine 2004	Tokyo, Japan	www.micromachine.jp
16. 11. – 17. 11. 2004	DGAQS Forum 2004	Karlsruhe	www.dgaqs.de

Polytec GmbH
Vertriebs- und
Beratungsbüro Berlin
Schwarzschildstraße 1
12489 Berlin
Tel. +49 (0) 30 6392-5140
Fax +49 (0) 30 6392-5141

Polytec GmbH
Vertriebs- und
Beratungsbüro Berlin
Schwarzschildstraße 1
12489 Berlin
Tel. +49 (0) 30 6392-5140
Fax +49 (0) 30 6392-5141