

InFOCUS

Magazin für Optische Messsysteme von Polytec

Verbesserung der medizinischen
Zahnpflegetechnik

Seite 8

Experimentelle Modalanalyse
an Zahnrädern

Seite 12

Mit Störschall giftfrei
gegen Schädlinge

Seite 20



The background image shows a forensic scene on a dark, textured surface. In the foreground, a yellow evidence marker with the number '3' is prominent. Another yellow marker with the number '8' is visible in the background. A handgun lies on the surface to the right. The scene is lit with a blue and purple glow, creating a dramatic atmosphere.

Heiße Spuren

Wie Oberflächenmesstechnik
forensische Detektivarbeit leistet

Seite 4

Heiße Spuren

Seite 4

Verbesserung der medizinischen
Zahnpflegetechnik

Seite 8

Experimentelle Modalanalyse
an Zahnrädern

Seite 12

FE-Modellkorrelation einer Blisk

Seite 16

Mit Störschall giftfrei
gegen Schädlinge

Seite 20

Berührungsfreie Oberflächen-
charakterisierung lackierter Flächen
mit Weißlicht

Seite 24

Produktneuheiten

Seite 28

PolyXpert Services

Seite 32



Liebe Leserinnen und Leser,

unser tägliches, modernes Leben wird vielfältig von Technologie und technischen Produkten unterstützt und beeinflusst, deren Entwicklung, Design, Herstellung, Zuverlässigkeit und Qualität von verlässlichen Messdaten abhängt. Unsere Transport-, Kommunikations-, Gesundheits- und Agrartechnik muss zuverlässig, wirtschaftlich, sicher, umweltverträglich (d. h. leise) und effektiv sein. Seit mehr als 50 Jahren bietet Polytec Wissenschaftlern und Ingenieuren innovative berührungslose Sensor- und Messtechniklösungen, um die Technologien von morgen voranzutreiben.

Besonderen Fokus hat bei Polytec die Weiterentwicklung der berührungsfreien Laser-Schwingungsmesstechnik. Sie hilft dabei, zahlreiche Anwendungen zu verbessern, vom kleinsten mikroelektromechanischen System (MEMS) über Automobil- und Luftfahrtdesigns bis hin zu den größten Brücken und Gebäuden.

Lassen Sie sich in dieser spannenden InFocus-Ausgabe davon inspirieren, wie optische Messtechnik die Effizienz und Sicherheit von Luft- und Autoverkehr erhöht, nachhaltige Lösungen zur Schädlingsbekämpfung in der Landwirtschaft ermöglicht, die Designoptimierung von High-tech-Medizintechnik vorantreibt und sogar die kriminalistische Forensik entscheidend unterstützt.

Auch 2020 stellt Polytec wieder messtechnische Innovationen vor – vom tragbaren und batteriebetriebenen VibroGo für Feldstudien und Schwingungsmessung unterwegs bis zur Ultrahochfrequenzanalyse von MEMS und akustischen Filtern mit dem MSA-600 X/U Micro System Analyzer.

Wir reizen die Grenzen der optischen Technologien aus, um für unsere Kunden und Partner die besten Lösungsansätze zu finden. Wir freuen uns auch auf Ihre konkreten Messaufgaben und Herausforderungen!



Eric Winkler

Leiter des Geschäftsbereichs
Optische Messsysteme



4



20



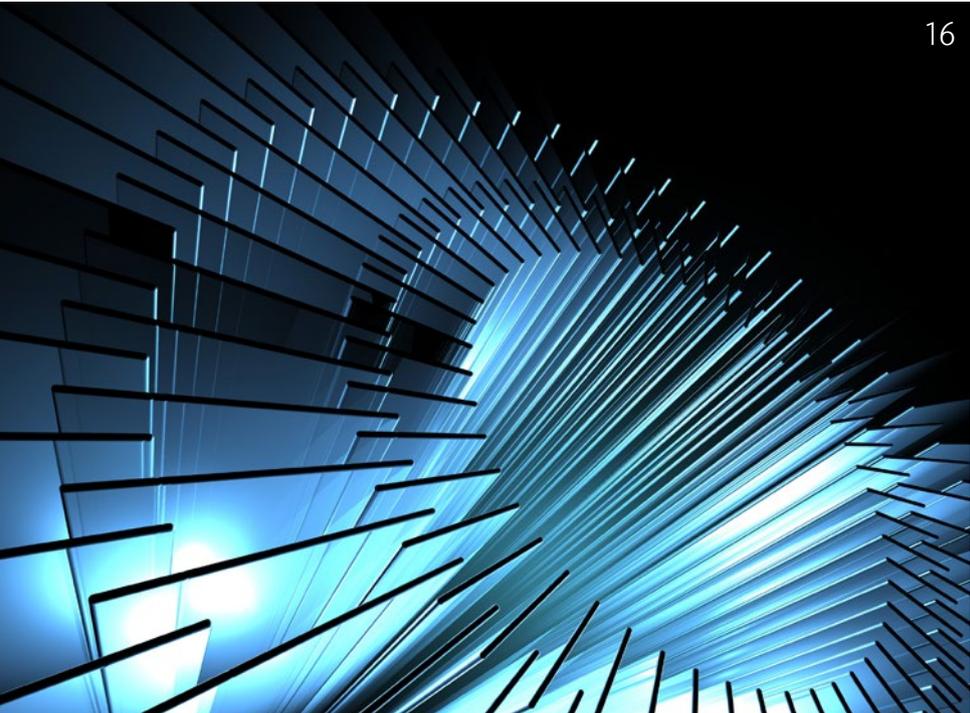
24



8



12



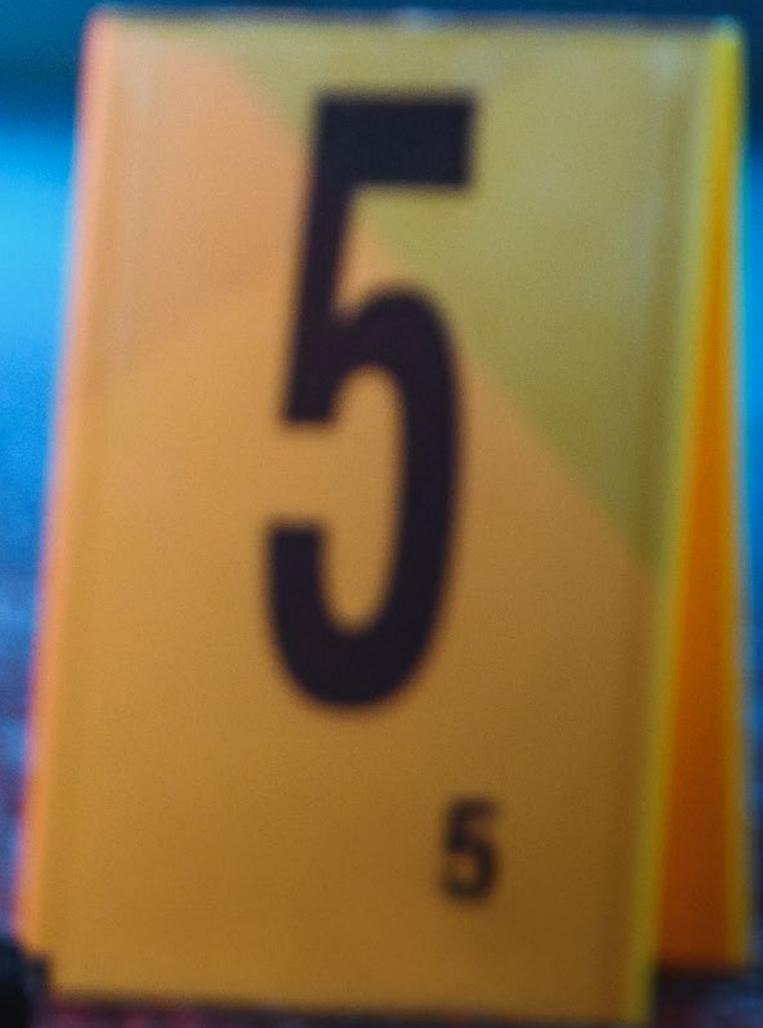
16

Heiße Spuren

Wie Oberflächenmesstechnik
forensische Detektivarbeit leistet



Die Forensik spielt eine wichtige Rolle in der Strafjustiz, indem sie wissenschaftlich fundierte Informationen anhand der Analyse von Beweisen darbietet. Während einer Untersuchung werden Beweise am Tatort oder von involvierten Personen zusammengetragen, im Kriminallabor analysiert und die Ergebnisse dem Gericht vorgelegt. Die Oberflächenmesstechnik wird als wissenschaftliches Verfahren herangezogen, um Oberflächen auf feinste forensisch relevante Details hin zu untersuchen und entscheidende Hinweise zum Tathergang zu liefern. ►

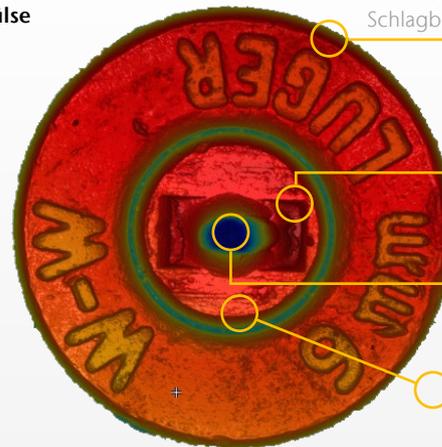
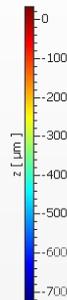


MAKROSKOPISCHE SPURENBILDANALYSE

Wird ein Projektil aus einer Waffe abgefeuert, entstehen mehrere aufschlussreiche Markierungen auf Patronenhülse und Projektil. Der Schlagbolzen trifft auf das Zündhütchen der Patrone und zündet diese kontrolliert. Er hinterlässt dabei einen individuellen Abdruck. Das Haupttreibmittel drückt das leicht übergroße Projektil durch den Lauf der Waffe, wo durch die Züge individuelle Riefen auf dem Projektil zurückbleiben. Gleichzeitig wird die Patronenhülse in die Verschlussfläche des Laufs gedrückt, was am Rand des Hülsenbodens Abdrücke hinterlässt. Beim Hülsenauswurf aus der Waffe entsteht ein weiterer „Fingerabdruck“ auf der Patronenhülse.

Gegenwärtige Techniken der forensischen Ballistik beruhen auf der Abbildung dieser Spurenbilder unter Verwendung der Lichtmikroskopie, deren Nachteile etwa eine subjektive Einschätzung sowie eine nicht wiederholbare Methode sind. Bei einer flächenhaften Profilerfassung hingegen werden die Höheninformationen der Projektilemarkierung präzise und objektiv erfasst. Würde man mehr auf die flächenhafte Datenerfassung setzen, könnte das quantifizierbare und damit belastbare Beweise in Strafverfahren bringen.

Makroskopische Glock 9 mm Patronenhülse



Austrittsmarkierung erzeugt durch die Ausziehkralle des Schlagbolzens

Rechteckiger Eindruck, spezifisch für eine Glock

zentraler Schlagbolzeneindruck

Spuren des Stoßbodens



Abbildung 1: Die diversen Markierungen in jedem Hülsenabdruck geben Aufschluss über ganz unterschiedliche Komponenten der zugehörigen Schusswaffe. Größere flächige Oberflächeninformationen geben Aufschluss über den Fertigungsprozess der Schusswaffe und damit auf den Waffenhersteller. Andere Details können wiederum charakteristisch für eine bestimmte Waffe einer Serie sein.

In dieser Arbeit wurden die Informationen der Oberflächentopografie mit einem TopMap Pro.Surf von Polytec ermittelt. Dieses optische Oberflächenmesssystem ist ein Kohärenz-Scanning- bzw. Weißlicht-Interferometer mit großem Gesichtsfeld, was Projektileanalysen in einer einzigen Messung ermöglicht und die berührungsfreien 3D-Oberflächenanalysen erheblich beschleunigt. Mit einer z-Auflösung im Nanometerbereich entgeht dem TopMap Pro.Surf kein wichtiges forensisches Detail. Während der

Lebensdauer der Patronenhülse erfährt ihre Oberfläche viele Einflüsse bis hin zu starken physikalischen Einflüssen beim Schuss selbst. Die Hülsenoberfläche wird poliert, geschoben, gezogen, mit Kohlenstoff beschichtet und wird so zu einer sehr facettenreichen Oberfläche mit unterschiedlichen Reflektivitäten und Oberflächenstrukturen. Die Weißlicht-Interferometrie kann mit diesen unterschiedlichen Reflektivitäten umgehen und charakterisiert sowohl spiegelnde, raue, dunkle als auch helle Oberflächendetails zuverlässig.

Makroskopische Messung einer 7,5 mm Patronenhülse

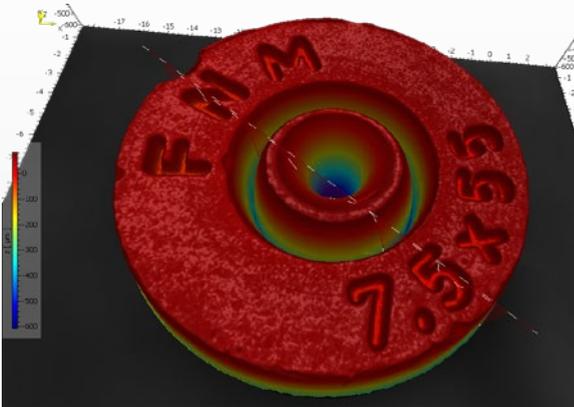


Abbildung 2: Die Schusswaffenuntersuchung ist ein in der Forensik etabliertes Verfahren zum Abgleich, ob zwei Projektile aus demselben Schusswaffenlauf stammen. Während des Schussvorgangs verursachen Züge, Herstellungseigenheiten und Verunreinigungen im Lauf Riefen am Projektil. Die Identifizierung dieser Markierungen ist das Hauptziel der Schusswaffenuntersuchung.



Kontakt

Dr. Katie Addinall
The Future Metrology Hub
University of Huddersfield
k.addinall@hud.ac.uk

Joe Armstrong
Vertrieb International
Geschäftsbereich Optische Messsysteme
Polytec GmbH

FAZIT

Geeignete, hochgenaue Verfahren und Geräte zur Oberflächencharakterisierung sind für die Weiterentwicklung der Forensik von entscheidender Bedeutung. Beweise, die nachweislich quantifizierbar sind, können nicht in Zweifel gezogen werden und sich in einem Gerichtsverfahren

als entscheidend erweisen. Hier überzeugt die berührungslose 3D-Oberflächenmesstechnik von Polytec durch schnelle, zuverlässige und wiederholbare Messungen. Obwohl die Messgeräte traditionell auf die industrielle Fertigungskontrolle ausgelegt sind, überzeugen sie auch als fundierte Analysewerkzeuge für anspruchsvolle forensische Ermittlungen. ■



Verbesserung der medizinischen Zahnpflegetechnik

Zähne gesund halten dank Ultraschall-Zahnsteinentferner und der EMS Piezon NO-PAIN® Technologie



Abbildung 1: Airflow-Prophylaxe-Instrument für die Guided Biofilm Therapie (GBT®), mit integriertem Piezon®-Ultraschall-Zahnsteinentferner auf der linken Seite.

Um natürliche Zähne so lange wie möglich zu erhalten und Karies und Parodontitis vorzubeugen, sind häusliche Pflegemethoden wie Zähneputzen und die Verwendung von Zahnseide unerlässlich. Leider reichen diese Maßnahmen alleine nicht aus. Ein schädlicher Biofilm entsteht auch dann, wenn diese Zahnpflege korrekt durchgeführt wird, und kann zur Bildung von Zahnstein und schweren Erkrankungen führen. Regelmäßige Besuche beim Zahnarzt sind unabdingbar, um die Bildung eines Biofilms oder von Zahnstein zu diagnostizieren und vorbeugende Maßnahmen durchzuführen, die deren Wuchs neutralisieren. Ein spezifisches Verfahren des Schweizer Unternehmens E.M.S. Electro Medical Systems S.A., Guided Biofilm Therapy (GBT®) genannt, sorgt für eine minimalinvasive, komfortable Behandlung. Dieses Verfahren umfasst Anfärbe- und Vorbeugungsschritte, die Entfernung von Biofilmen mit der Airflow®-Technologie (Polieren mit Luftdruck), die Entfernung von Zahnstein mit Piezon® PS (Ultraschall-Zahnsteinentferner) sowie Schritte für Endkontrolle und Nachsorge. Für eine effiziente Behandlung mit nicht-invasivem Ansatz spielen das genaue Verständnis und die Kontrolle der Bewegungen des Zahnsteinentferners die entscheidenden Rollen. Hier hilft die Laser-Doppler-Vibrometrie bei der Entwicklung und Herstellung dieses hochwertigen Dentalinstruments.

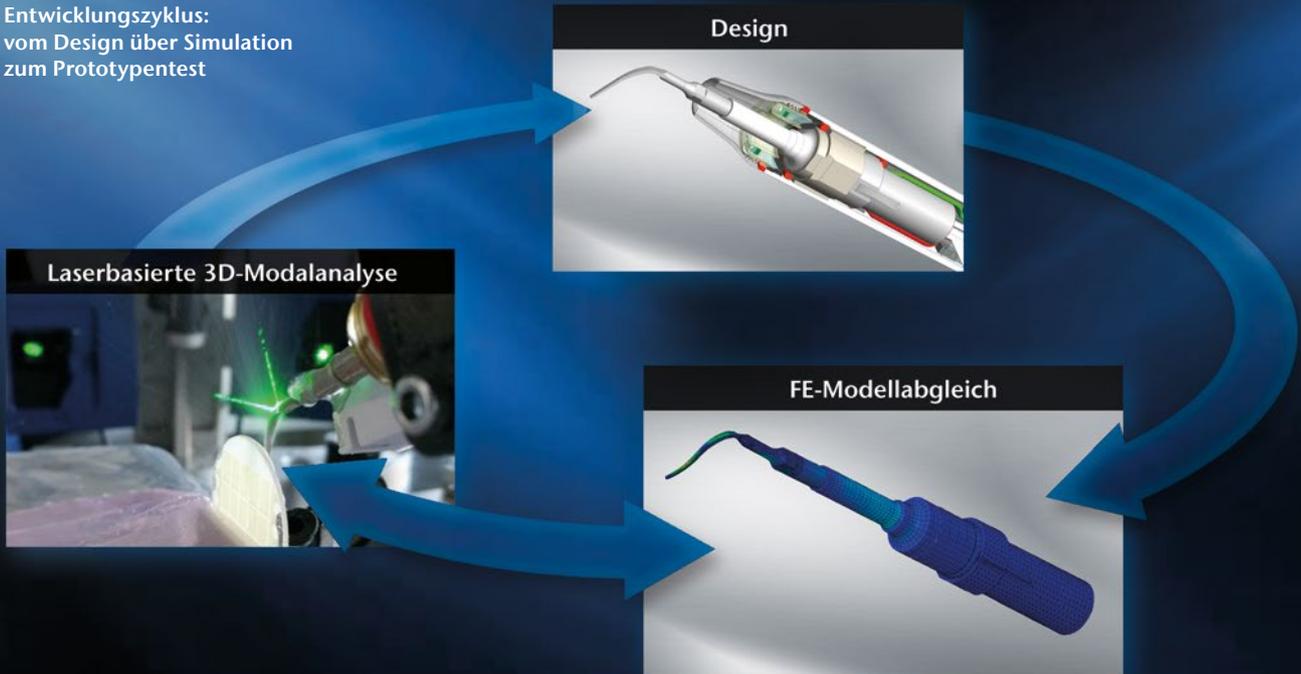
Das Guided Biofilm Therapy (GBT®) - Verfahren setzt auf die Piezon®-Technologie mit PS-Instrument, die aufgrund der Linearität ihrer Bewegung, ihrer Effizienz und dem geringen Einfluss auf Zähne und Weichgewebe gegenüber manuellen Verfahren, Pulverstrahl- oder magnetostriktiven Scalern überlegen ist. Das Piezon®-System entfernt Zahnstein durch kontrollierte Vibrationen des Instruments, welche durch einen Piezo-Wandler im Handstück angeregt werden. Der Piezo-Wandler wird von einem Elektronikmodul angesteuert, das eine konstante Vibration des Instruments gewährleistet. Das E.M.S. PS-Instrument gewährleistet dank der Geometrie und Form seines dünnen Endstücks eine schonende und effiziente Bewegung bei allen

Behandlungen von supragingival bis subgingival (oberhalb bzw. unterhalb des Zahnfleischsaums). Die Linearität der Bewegung ist durch das abgestimmte Zusammenspiel von Instrumentengeometrie, Design des Ultraschallwandlers und Elektronik gewährleistet. Bei konventionellen Instrumenten, ohne Abstimmung der Spitze auf das Gesamtsystem, war bisher die Herausforderung, die Schwingbewegungen der Spitze zu kontrollieren. Hier können selbst die kleinsten Abweichungen in Geometrie, Material und in der Behandlung selbst starken Einfluss auf die Effektivität haben. Dies kann in manchen Fällen sogar zu gefährlichem Bewegungsverhalten und Beschwerden beim Patienten führen. ►



Abbildung 2:
Piezon® PS, das universelle Instrument für die supragingivale bis subgingivale Behandlung (oberhalb bzw. unterhalb des Zahnfleischsaums).

Entwicklungszyklus:
vom Design über Simulation
zum Prototypentest



Um eine ordnungsgemäße Schwingbewegung des Instruments sicherzustellen, nutzt E.M.S. fortschrittlichste Technologien im gesamten Entwicklungs- und Charakterisierungsprozess. In der Entwicklungsphase werden scannende Laser-Doppler-Vibrometer zur Kalibration und Validierung der Finite-Elemente-Modelle (FEM) eingesetzt. Während der finalen Validierung überprüfen sie die Einhaltung der Toleranzwerte am Wandler im Instrumentenherstellungsprozess. Ebenso wird damit ein zulässiges Verschleißlevel für jedes Instrument bestimmt. Die Charakterisierung des Ultraschallinstruments erfordert

kontaktlose Analysemethoden, mit denen kleine Amplituden der Spitze bei hoher Frequenz und in Echtzeit genau gemessen werden können (<200 µm peak-to-peak), getriggert auf das von der Elektronik gesendete elektrische Signal zur mechanischen Bewegung des Instruments. Die einzigartigen Möglichkeiten des PSV-500-3D Xtra Scanning Vibrometers erlauben eine vollständige, scannende Erfassung der 3D-Bewegung der Spitze, bezogen auf das Signal des Wandlers als Phasenreferenz. Das PSV Scanning Vibrometer ermöglicht eine Überprüfung der Linearität des Frequenzgangs der Bewegung unter realen Bedin-

gungen: mit Kontakten auf einer Zahnoberfläche und Wasserspray. Dank erweitertem Geschwindigkeitsbereich auf bis zu 30 m/s erlaubt die Xtra Vibromerertechnologie von Polytec die Analyse der Zahnsteinferner unter realen Arbeitsfrequenzen (29 kHz) mit Amplituden von 275 µm peak-to-peak.

ERGEBNISSE

Die Messung des PS-Instruments konnte berührungsfrei ohne störende Massebelastung erfolgen. Das Endstück des Instruments ist mit ungefähr 135 Punkten hinreichend in X, Y und Z Richtung beschrieben, siehe Abbildung 4.

Basierend auf diesen Ergebnissen können wir das FE-Modell (Schwingform, Frequenz, Linearität der Ultraschallbewegung) validieren und kalibrieren, sodass es mit der tatsächlichen Amplitude der Ultraschallbewegung übereinstimmt, siehe Abbildung 5.

Wir können die mechanischen Messungen auch direkt mit dem elektrischen Signal der Treiber-elektronik vergleichen, um die Steuerungsqualität bei der Regelung der Ausgangsschwingung zu überprüfen. Darüber hinaus verwenden wir das Laservibrometer, um die Bewegung des Instruments unter realen Bedingungen

(unter Last bei Kontakt mit Zähnen und Zahnstein) zu messen, die in der Simulation schwer zu modellieren sind. Selbst unter schwierigen Betriebsbedingungen konnten wir so die Amplitude in situ exakt erfassen und die Linearität der Bewegung überprüfen.

FAZIT

Das Polytec PSV-3D Xtra Scanning Vibrometer erfasst mit konkurrenzloser Genauigkeit die Hochgeschwindigkeitsbewegung des Ultraschall-Zahnsteinentferners. Dank dieser Messtechnik hat E.M.S. die Simulationsmodelle

zuverlässig validiert, das Gerät kalibriert und letztlich die Effektivität des PS-Instruments sichergestellt. Dank der Synergie zwischen Design, Simulation und Prototyp hilft uns das Laservibrometer bei der Entwicklung neuer Konzepte, um unsere Produkte kontinuierlich zu verbessern und zu optimieren. Letztlich ermöglicht die Genauigkeit der Schwingungsanalyse die hohe Effizienz und Qualität der Prophylaxe-Behandlung getreu dem Motto: für die beste Behandlung nur die besten Technologien. ■



Abbildung 4: Schwingform des PS-Instruments bei aktivem Ultraschall.

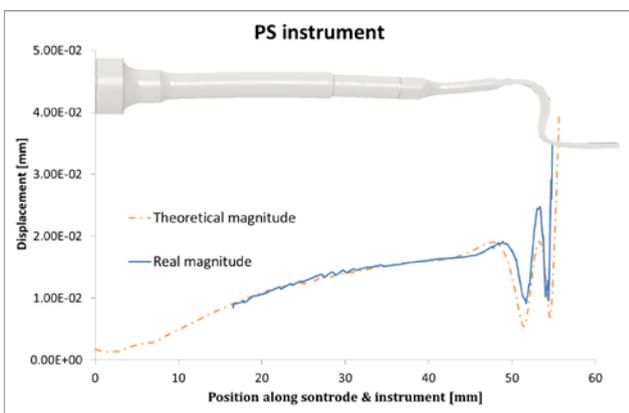


Abbildung 5: Vergleich zwischen realer und theoretischer Schwingamplitude entlang eines definierten Pfades auf der Sonotrode und dem Instrument.

Kontakt

Alex Bienaime, Ph.D.
Piezo-Technologie-Experte
Elektromechanischer Ingenieur
Research group – Dental
E.M.S. Electro Medical Systems S.A.
Nyon, Schweiz

abienaime@ems-ch.com

www.ems-company.com
www.ems-dent.com

Mehr Informationen finden Sie im vollständigen Artikel:

www.polytec.com/eu/vibrometry/areas-of-application/biology-and-medicine/

Experimentelle Modalanalyse an Zahnrädern

Messungen mit breitbandiger
piezoelektrischer Kraftanregung



Im vorliegenden Beitrag werden unterschiedliche Krafterreger zur Ermittlung von Übertragungsadmittanzen mechanischer Systeme am Beispiel eines Zahnrades verglichen. Zielsetzung ist es, die akustischen Eigenschaften technischer Strukturen, wie z. B. der Antriebstrang eines Elektrofahrzeuges im höherfrequenten Bereich, zu analysieren und zu bewerten. Es konnte gezeigt werden, dass mit breitbandiger piezoelektrischer Kraftanregung deutlich konsistentere Messergebnisse insbesondere bei hohen Frequenzen erzielt werden können.

STAND DER TECHNIK

Mit zunehmender Verbreitung elektrischer Antriebe in Fahrzeugen ergeben sich neue Anforderungen an die akustischen Eigenschaften des gesamten Antriebsstranges. Der klassische Verbrennungsmotor erzeugt einen relativ hohen Geräuschpegel, der bestimmte Störgeräusche, wie z. B. das „Getriebeheulen“, überdeckt. Dieser sogenannte Maskierungseffekt des Verbrennungsmotors entfällt bei elektrischen Antrieben, wodurch Anteile im höheren Frequenzbereich in den Vordergrund rücken. Gegenstand aktueller Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten ist folglich die Verringerung dieser akustischen Eigenschaften.

Beim Fraunhofer IWU wird das Übertragungsverhalten der Komponenten des Antriebsstranges durch sog. Netzwerkmodelle beschrieben [1]. Eine Grundlage dieser Herangehensweise ist die Beschreibung

der Einzelkomponenten, z. B. eines Zahnrades, durch frequenzabhängige Übertragungsfunktionen. Dies geschieht durch harmonische Kraftanregung der Komponenten und Messung der Strukturantwort mittels 3D-Scanning-Laservibrometrie.

Insbesondere bei großen Strukturen stellt die Kraftanregung im interessierenden Frequenzbereich (bis 20 kHz) eine Herausforderung an die existierende Erregertechnik dar. Als Stand der Technik werden elektrodynamische Shaker oder Impulshämmer verwendet. Gerade bei höheren Frequenzen (> 5 kHz) reichen die eingeleiteten Kräfte oft nicht aus, um konsistente Messergebnisse (Betrag und Phase) zu erhalten. In diesem Artikel werden ein Verfahren zur breitbandigen Kraftanregung unter Verwendung eines piezoelektrischen Modalerregers (dm2) und ein Vergleich mit einem konventionellen Erreger (Brüel&Kjær 4810) beschrieben. ▶

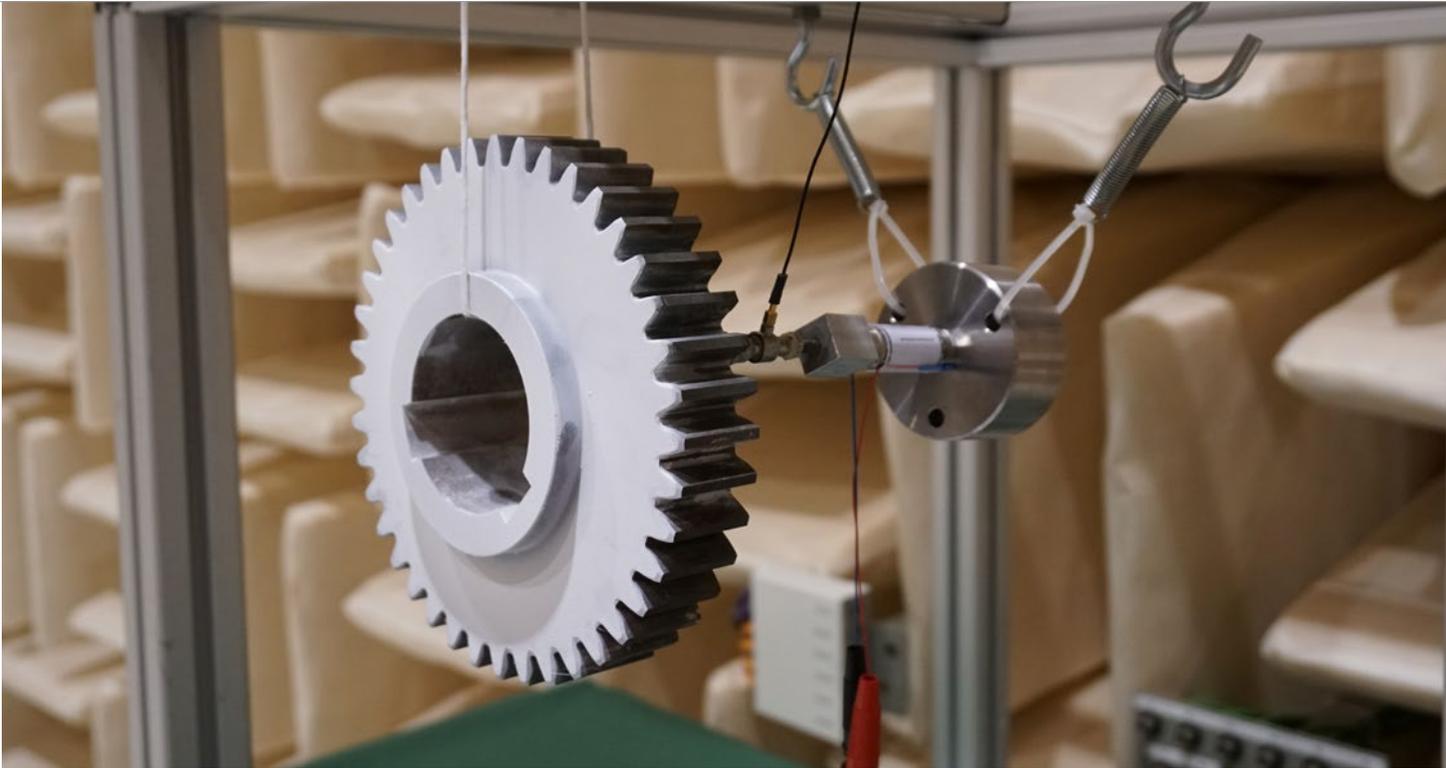


Abbildung 1: Messaufbau.

MESSAUFBAU

Der Vergleich der beiden Shaker erfolgte unter frei/frei-Randbedingungen, wobei der entsprechende Erreger mittels Federn und das Messobjekt unter Verwendung elastischer Entkoppelelemente in einem Rahmengestell aufgehängt wurden. Die Kopplung zwischen Shaker und Versuchsobjekt wurde starr über eine Kraftmesszelle (Brüel&Kjær, Typ 8203) realisiert. Abbildung 1 zeigt den beschriebenen Versuchsaufbau mit dem Piezoshaker dm2.

Die Erfassung der Systemantwort erfolgte unter Verwendung eines PSV-3D Polytec Scanning Vibrometers. Als Anregungssignal wurde

ein periodic chirp genutzt, wobei der Anregungs- und Auswertfrequenzbereich auf 3,5 bis 16 kHz festgelegt wurde (Bandbreite 20 kHz, 12800 FFT-Linien).

ERGEBNISSE

Abbildung 2 zeigt den Vergleich der Übertragungsadmittanzen der der Krafteinleitungsstelle (vgl. Abbildung 1) gegenüberliegenden Einzelmesspunkte. Die Eigenfrequenzen (rot markiert) wurden in einer vorangestellten experimentellen Modalanalyse unter Verwendung eines automatisierten Impulshammers ermittelt. Weiterhin sind im unteren Diagramm aus Abbildung 2 die zugehörigen Kohärenzverläufe dargestellt.

Es ist zu erkennen, dass unter Verwendung des Shakers B&K 4810 oberhalb von ca. 7 kHz nicht genug Energie in das System eingetragen werden kann, um einen ausreichenden Signal-Rausch-Abstand zu erhalten, was die entsprechende Kohärenz sowie die deutlich erkennbaren Rauschteile im Verlauf der Übertragungsadmittanz ab 7 kHz verdeutlichen. Beim Einsatz des dm2 zeigt sich, dass dieser zur Erfassung der Systemantworten im höheren Frequenzbereich geeignet ist. Aufgrund des signifikant höheren Energieeintrages ist eine saubere Erfassung der Übertragungsfunktionen möglich, was zusätzlich der in Abbildung 3 dargestellte Vergleich der Phasenfrequenzgänge verdeutlicht.

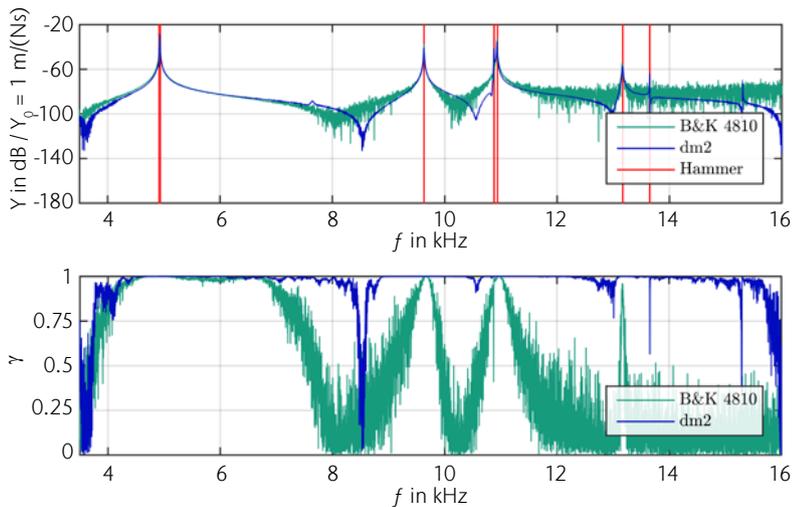


Abbildung 2: Vergleich der Ergebnisse eines ausgewählten Scanpunktes.
Oben: Übertragungsadmittanz. Unten: zugehöriger Kohärenzverlauf.

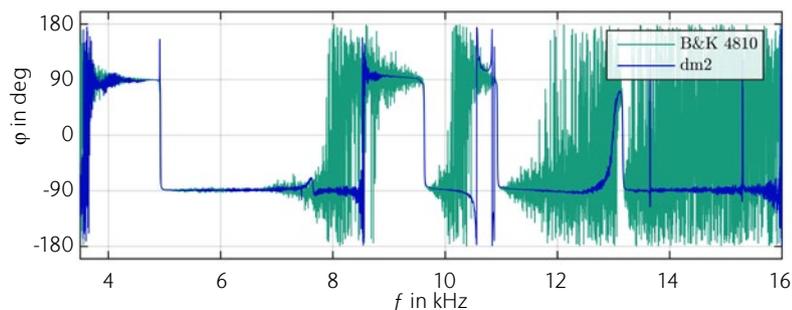


Abbildung 3: Vergleich der Phasenfrequenzgänge der betrachteten Scanpunkte.

AUSBLICK

Im vorliegenden Beitrag wurden unterschiedliche Kraftreregner zur Erfassung von Übertragungsadmittanzen an Zahnrädern verglichen. Zielsetzung war es, eine geeignete Anregungsmethode im höheren Frequenzbereich zu finden, um bspw. die Beschreibung der akustischen Eigenschaften technischer Strukturen auf Basis von messtechnisch erfassten Übertragungsfunktionen zu ermöglichen. Es konnte gezeigt werden, dass

mit breitbandiger piezoelektrischer Kraftreregung deutliche konsistentere Messergebnisse insbesondere bei hohen Frequenzen erzielt werden können.

Weiterführende Arbeiten werden Untersuchungen zur Ankopplung des Kraftrereggers sowie die Erweiterung des Frequenzbereiches hin zu tieferen Frequenzen beinhalten. Weiterhin steht die Erfassung von rotatorischen Freiheitsgraden im höheren Frequenzbereich im Fokus zukünftiger Arbeiten. ■

Kontakt

Dr. Martin Brucke
Dynamic Mechanics, Deutschland
martin.brucke@dynamic-mechanics.com

www.dynamic-mechanics.com

Eric Hensel
Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Dresden

Abteilung Technische Akustik

eric.hensel@iwu.fraunhofer.de

Referenzen

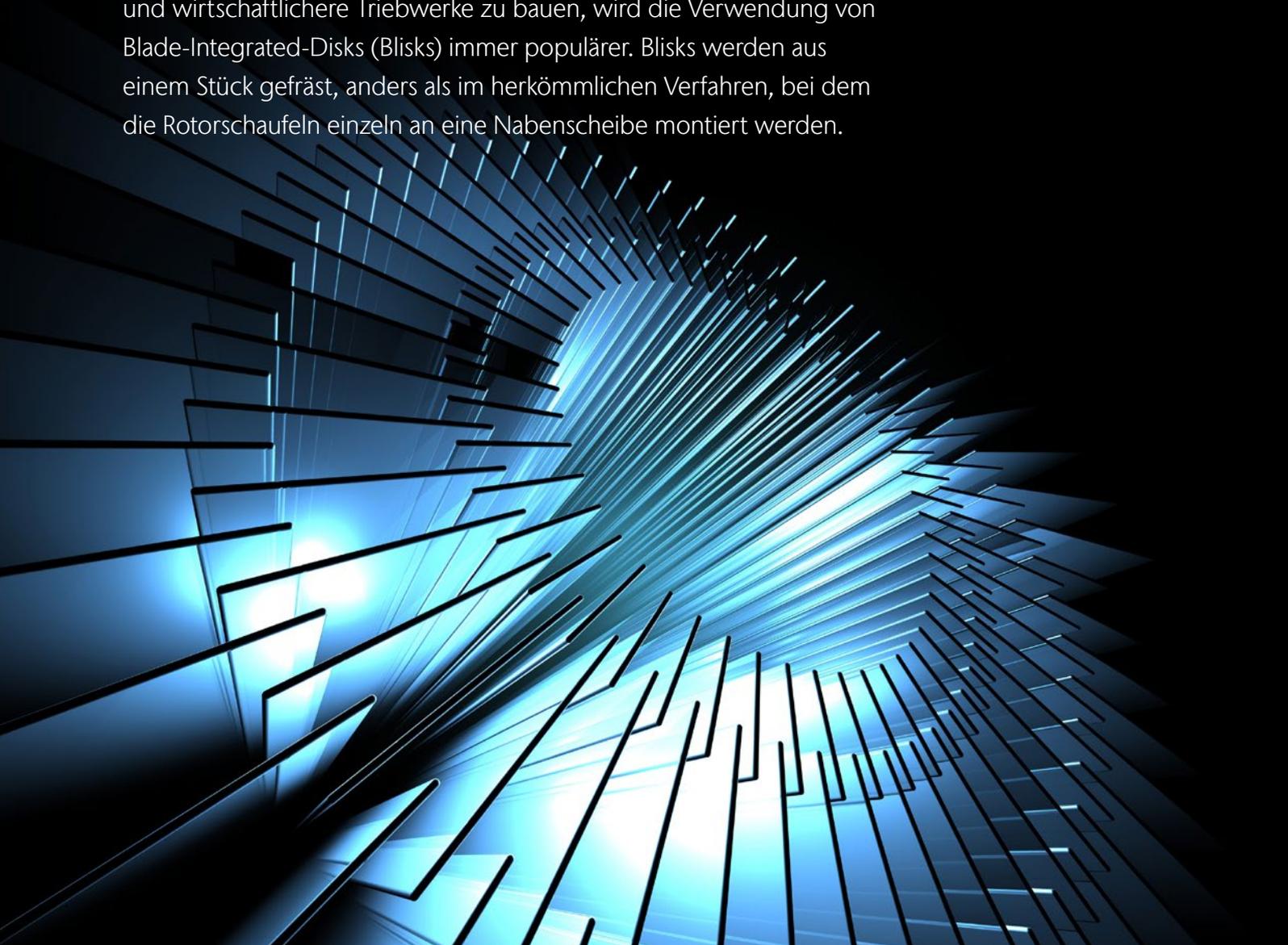
[1] Bräunig, J. et al.: Options for the vibro-acoustic structure investigation of a wheel body of a tooth system.

In: ant journal,
Antriebstechnik 53 (2 2014), S. 3-9.

FE-Modellkorrelation einer Blisk

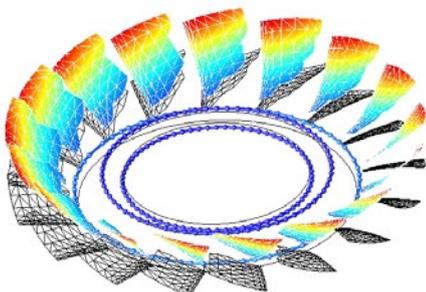
3D-Scanning-Laser-Doppler-Vibrometrie für treibstoffeffiziente Turbinen

Der Treibstoffverbrauch von Flugzeugen ist ein heißes Thema in der Debatte über den globalen Klimawandel. Ein wichtiger Faktor ist das Design des Flugzeugtriebwerks selbst. Um das Gewicht zu reduzieren und wirtschaftlichere Triebwerke zu bauen, wird die Verwendung von Blade-Integrated-Disks (Blisks) immer populärer. Blisks werden aus einem Stück gefräst, anders als im herkömmlichen Verfahren, bei dem die Rotorscheufeln einzeln an eine Nabenscheibe montiert werden.



BEDARF AN SCHWINGUNGS-TESTS UND MODELL-KORRELATION

Blisks reduzieren Gewicht und Komplexität, bringen aber technische Herausforderungen mit sich. Da sie aus einem einzigen Stück bestehen, weisen sie extrem niedrige Dämpfungswerte auf, die zu stark ausgeprägten Resonanzen führen. Eine ideale Blisk ist perfekt symmetrisch, sodass alle Schaufelsektoren die gleiche Geometrie und Materialeigenschaften aufweisen. In einem solchen Fall zeigen die Moden ebenfalls ein symmetrisches Verhalten und die Schwingungsenergie wird gleichmäßig auf alle Segmente verteilt. Kleinste Abweichungen im Herstellungsprozess führen jedoch zur Verstimmung der Resonanzen. Wenn eine Verstimmung auftritt, kann sich die Schwingungsenergie auf eine oder mehrere Schaufeln konzentrieren, was lokal zu erhöhten Schwingungsamplituden führt. Während des Realbetriebs führt dies zu höheren Bauteilspannungen und letztendlich zu einer verkürzten Lebensdauer der ganzen Blisk (Langzeitermüdung). Um die reale Beanspruchung der Blisk unter Betriebsbedingungen



vorherzusagen, zieht man detaillierte Finite-Elemente-Modelle (FEM) heran. Im ersten Schritt wird ein FE-Modell für ein perfekt symmetrisches Teil erstellt und mit experimentellen Daten überprüft. Im zweiten Schritt wird es hinsichtlich der beobachteten Verstimmung angepasst. Eine detaillierte FE-Korrelation ist daher unerlässlich für ein erfolgreiches Design und muss sehr exakt erfolgen.

3D-LASER-DOPPLER-VIBROMETRIE FÜR MODELL-KORRELATION

Laser-Doppler-Vibrometer messen das Vibrationsverhalten zuverlässig und berührungslos über den gesamten Frequenzbereich. Eine zusätzliche Massebeladung oder erhöhte Dämpfungswerte wie bei der Verwendung von berührender Sensorik, z. B. Beschleunigungsaufnehmern, tritt nicht auf. Damit ist die berührungsfreie Messung eine viel detailliertere und verlässlichere Basis für eine exakte Modellkorrelation. 3D-Scanning-Laser-Doppler-Vibrometer liefern außerdem auf einfache und genaue Weise die vollständigen 3D-Schwingformen für alle Frequenzen in einem einzigen vollständigen Datensatz, der ideal für die Korrelation mit FE-Modellen verwendet werden kann.

Als Messobjekt dient hier eine Kompressor-Blisk mit 240 mm Durchmesser vom ITSM an der Universität Stuttgart. Sie besteht



Abbildung 1: Messaufbau einer Blisk mit 240 mm Durchmesser, gemessen mit einem PSV-3D Scanning Vibrometer.

aus Edelstahl und wurde in einem auf Präzisionsmechanik spezialisierten Unternehmen hochpräzise gefräst. Ein hochauflösender Geometrie-Scan zeigte nur sehr geringe geometrische Abweichungen in einer Größenordnung von 50 µm. Die Blisk wurde auf drei kleine Gummidämpfer gelegt, um sie von der Umgebung zu entkoppeln und Umgebungseinflüsse zu minimieren. Der SAM 1 Skalierbare Automatische Modalhammer regt die Struktur breitbandig bis 20 kHz an. Das verwendete PSV-500-3D Xtra Scanning Vibrometer benutzt eine Infrarotlichtquelle mit 3 mW Leistung, die eine aufwendige Oberflächenvorbereitung überflüssig macht, aber immer noch unbedenklich für das Auge ist. ►

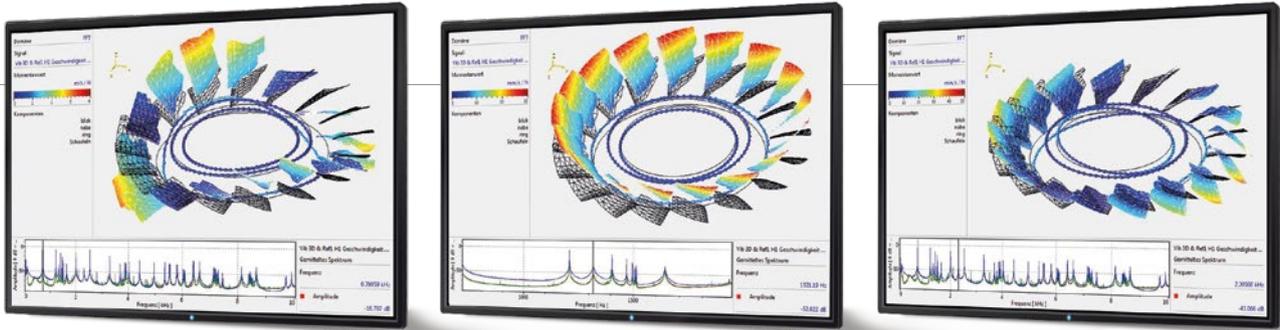


Abbildung 2: Ausgewählte Schwingformen der Blik-Übertragungsfunktion bei 0,7 kHz, 1,3 kHz und 2,3 kHz von links nach rechts (siehe unten).

ERGEBNISSE

Abbildung 3 zeigt das über alle Messpunkte gemittelte Spektrum der gemessenen Übertragungsfunktion (FRF). In Abbildung 2 sind einige beispielhafte Schwingformen dargestellt. Abbildung 4 zeigt exemplarisch eine Frequenzaufspaltung der Doppelmoden, die für zyklisch-symmetrische Strukturen charakteristisch sind, und gibt den ersten Hinweis auf eine sehr geringfügige Verstimmung der Blik, siehe oben.

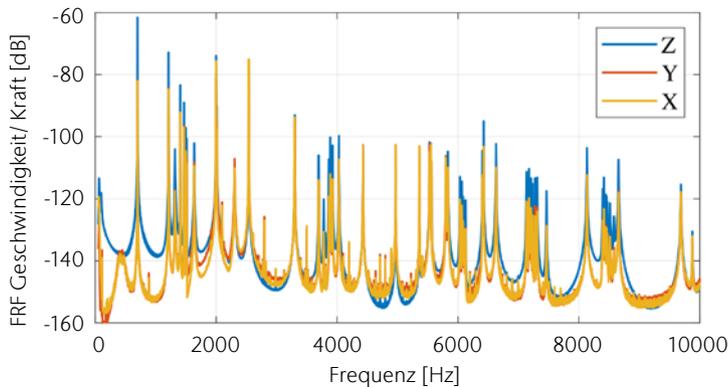


Abbildung 3: Spektrum der Blik-Übertragungsfunktion (FRF).

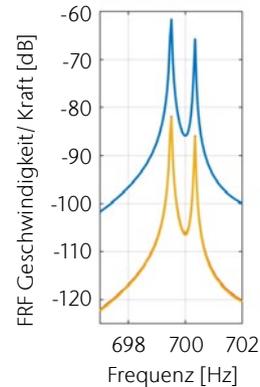


Abbildung 4: Das gezoomte FRF-Spektrum zeigt eine leichte Aufspaltung zweier symmetrischer Moden.

Zur weiteren Analyse und zum Vergleich mit dem FE-Modell wird der Datensatz als Universal File Format (UFF) exportiert und in der Modalanalyse-Software PolyWave von Polytec einer Modalanalyse unterzogen. Die Moden der ersten Modenfamilie werden dann mit den Moden der FE-Simulation für eine rein symmetrische Struktur verglichen. Tabelle 1 stellt die Frequenzen aus Test und Simulation einander gegenüber und zeigt die aus dem Test extrahierten Dämpfungswerte. Tabelle 1

enthält Daten für die erste Modenfamilie, bei der alle Schaufeln dieselbe erste Biegung aufweisen. Die Frequenzen von Test und FE stimmen hervorragend überein, was darauf hinweist, dass die Verstimmung generell gering ist. Nichtsdestotrotz weist die leichte Aufspaltung der Frequenzen der Doppelmoden (0,6 - 3 Hz, für Mittenfrequenzen von etwa 1 - 2 kHz) darauf hin, dass eine geringe Verstimmung eben doch vorhanden ist.

Mode	$f_{FEsim.}$ [Hz]	$f_{gemessen}$ [Hz]	Δf [-]	$\xi_{gemessen}$ [-]
1	701.8	699.5	0.3%	2.8×10^{-5}
2	701.8	700.3	0.2%	2.8×10^{-5}
3	1216.0	1212.1	0.3%	3.4×10^{-5}
4	1216.0	1212.7	0.3%	3.0×10^{-5}
5	1300.4	1320.0	-1.5%	1.5×10^{-5}
6	1408.9	1405.8	0.2%	3.1×10^{-5}
7	1408.9	1406.5	0.2%	2.8×10^{-5}
8	1471.9	1469.2	0.2%	2.8×10^{-5}
9	1471.9	1469.8	0.1%	2.4×10^{-5}
10	1498.0	1495.1	0.2%	2.8×10^{-5}
11	1498.0	1496.0	0.1%	2.8×10^{-5}
12	1510.0	1508.3	0.2%	2.8×10^{-5}
13	1510.0	1508.3	0.1%	2.7×10^{-5}
14	1514.8	1512.9	0.1%	2.7×10^{-5}
15	1514.8	1515.0	-0.0%	2.7×10^{-5}

Tabelle 1: Modenfrequenzen aus FE und Test sowie Dämpfungswerte aus der experimentellen Modalanalyse.

Dies wird durch den Vergleich der Modenformen aus FE und Test mittels einer MAC-Analyse (engl. model assurance criterion) bestätigt, siehe Abbildung 5. Wie üblich zeigen MAC-Werte nahe 1 eine hohe Ähnlichkeit der Modenformen an, kleinere Werte zeigen Abweichungen in der Modenform an. Moden niedriger Ordnung korrelieren hier ausgezeichnet, einige der höheren Moden zeigen hingegen niedrigere MAC-Werte.

SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

Die 3D-Scanning-Laser-Doppler-Vibrometrie ist eine hervorragende Methode für das hochgenaue Erfassen von detaillierten Daten von herausfordernden Objekten wie Blisks. Die Extraktion der modalen Daten mit PolyWave ermöglicht eine detaillierte Korrelation mit FE-Moden. Die Ergebnisse aus Simulation und Test stimmen im Allgemeinen sehr gut überein. Alle Moden der Simulation finden sich auch in den Messergebnissen wieder, und die Übereinstimmung der Frequenzen ist generell sehr gut. Eine detaillierte Analyse der gemessenen Schwingungsdaten zeigt leichte Verstimmungseffekte in der realen Blisk, was nicht im idealisierten,

Eine detailliertere Studie (siehe Referenzen unten) zeigt, dass diese Abweichungen in den Modenformen sich sehr gut durch leichte geometrische Abweichungen erklären lassen. Diese leichten Geometrie-Abweichungen brechen die Symmetrie der Modenformen durch Lokalisierung, sodass die Schwingungsamplituden bei einigen Schaufeln größer sind als bei anderen.

ersten FE-Modell auf Basis des CAD-Modells berücksichtigt ist. Diese Verstimmungseffekte führen zur Frequenzaufspaltung von doppelten Moden und zu Abweichungen bei den Schwingformen höherer Ordnung. Diese Ergebnisse ermöglichen ein FE-Modell Update, die Erstellung eines verbesserten FE-Modells, das die Verstimmung nun berücksichtigt. Dieses verbesserte FE-Modell ist unerlässlich für die genaue Vorhersage der Ermüdung im realen Betrieb. Bisher wurde die Analyse nur für die Moden der ersten Modenfamilie der Blisk durchgeführt. Da aber Daten bis zu 10 kHz erfasst wurden, können auch höhere Modenfamilien mit dem gleichen Detaillierungsgrad untersucht werden. ■

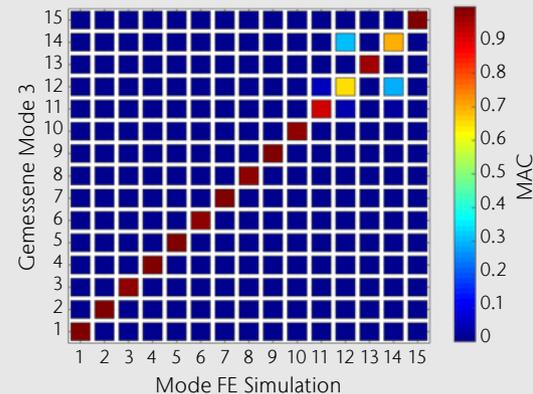


Abbildung 5: MAC-Diagramm (model assurance criterion) für Moden aus dem Test und aus der Simulation (FE).

Kontakt

Patrick Buchwald, Christian U. Waldherr
und Prof. Tekn. Dr. Damian M. Vogt
Institut für Thermische Strömungsmaschinen
und Maschinenlaboratorium (ITSM)
Universität Stuttgart

patrick.buchwald@itsm.uni-stuttgart.de

Dr. Jochen Schell
Leitung Applikation
Dr. Heinrich Steger
Leitung Strategisches Produktmarketing
Polytec GmbH

info@polytec.de

Referenz

Patrick Buchwald et al.
Paper presented at the APVC conference in Sydney,
Australia, Nov. 2019.

Mit Störschall giftfrei gegen Schädlinge Laservibrometrie ist der Schlüssel

Das Bakterium *Xylella fastidiosa* verursacht verschiedene schwere Erkrankungen bei einer Vielzahl von Nutzpflanzen. Der Schädling ist unter anderem verantwortlich für verheerende Seuchen an Weinreben in Kalifornien und an Zitrus- und Kaffeepflanzen in Südamerika. Allein den kalifornischen Weinbau kosten diese Schäden jährlich rund 104 Millionen USD. In einem einzigartigen Forschungsprojekt analysierten Wissenschaftler mithilfe der optischen Laserschwingungsmessung die Balzkommunikation der Tiere, die das Bakterium auf die Pflanzen übertragen, und fanden so eine neue Bekämpfungsmethode, die anders als bisherige Maßnahmen wie Pestizideinsatz ganz ohne die Beeinträchtigung des Ökosystems auskommt. Das lässt auch Landwirte in Europa hoffen, wo sich das Bakterium seit 2013 ebenfalls ausbreitet.





Ein gemeinsames Forschungsprojekt des United States Department of Agriculture (USDA) und der Edmund Mach Foundation in Italien, geleitet von Entomologe Rodrigo Krugner, hat dem Bakterium *Xylella fastidiosa* in kalifornischen Weinbergen den Kampf angesagt. Das Bakterium löst mehrere schwere Pflanzenkrankheiten aus, beispielsweise das Olivenbaumsterben (englisch: olive quick decline syndrome) in Italien oder den sogenannten Zitrus-Krebs in Brasilien. Die betroffenen Pflanzen erleiden eine Blockade ihrer Wasser- und Nährstoffversorgung und sterben ab oder werden lebenslang unproduktiv. Der glassy-winged

Sharpshooter (GWSS) wurde als ein wichtiger Vektor, also Überträger, identifiziert, der das *Xylella fastidiosa* in kalifornischen Weinbergen verbreitet. Der GWSS ist ein entfernter Verwandter der Zikaden. Er ist auch deshalb ein besonders gefährlicher Vektor, da er über eine große Flugreichweite verfügt und das Bakterium besonders schnell in umliegende Gebiete verbreitet. Seit über 25 Jahren dämmen eingesetzte Pestizide die Population des GWSS ein. Die zuletzt zunehmende Resistenz der GWSS für die versprühten Gifte zwang die Forschung jedoch dazu, neue Wege zu beschreiten.

LASERVIBROMETER IN DER ENTOMOLOGIE

Die GWSS verfügen über ein komplexes Kommunikationssystem. Anders als die Zikade, die Lockrufe über die Luft überträgt, erzeugt der GWSS Laute, indem er seinen Körper in Schwingung versetzt und so Vibrationen über die Pflanzen aussendet. Über Sinnesorgane in den Beinen nehmen die Tiere die Signale der Artgenossen wahr. Auch für die Suche nach Paarungspartnern kommunizieren die Tiere über Vibrationen, die sie über die Pflanzen verbreiten. ►

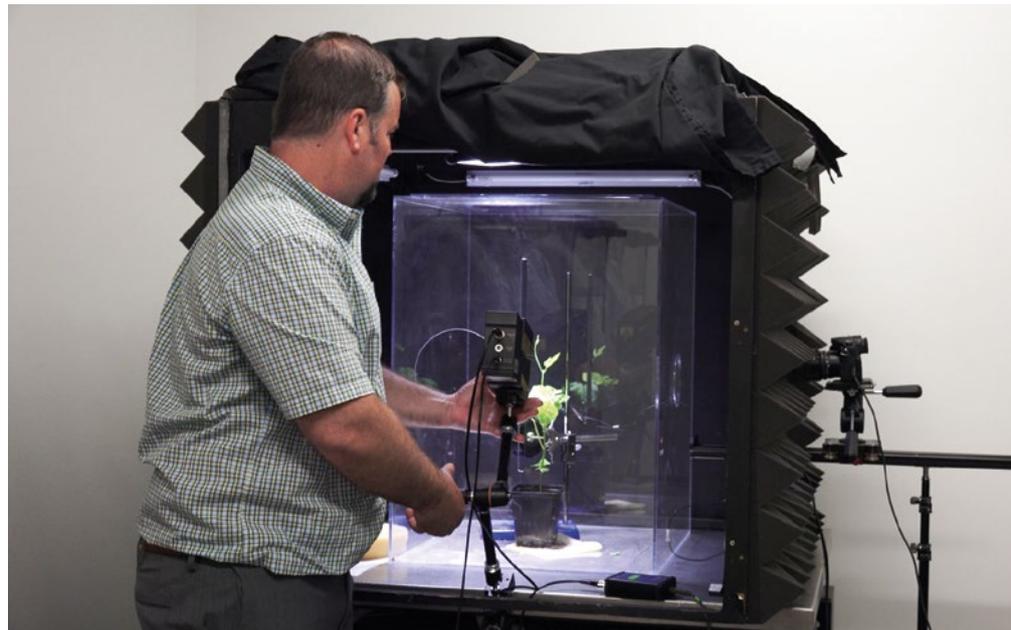
“These are frequencies and vibrations transmitted to the plant we cannot hear without specialized equipment”, erklärt Rodrigo Krugner.

Die Idee des Forscherteams war es, diese Frequenzen und Schwingungen zunächst zu entschlüsseln, um einen Ansatz zu finden, sie zu unterbinden oder zu stören: „The approach is to disrupt communication of the insect. The first step is to identify and describe their mating calls. We also look for weak links in their communication system. These are places where we are going to try to interfere with“, sagt Krugner. Für die Erfassung und Analyse der Frequenzen der Paarungsrufe setzten die Forscher einen tragbaren Laser-Schwingungssensor von Polytec ein.

MOBILE SCHWINGUNGSMESSUNG FÜR LABOR UND FELDSTUDIEN

Der Arbeitsabstand des kompakten Vibrometers ist von 0,4 bis über 20 Meter variabel und die Leistungsaufnahme gering, was es gerade für biologische Proben einsetzbar macht – für Laboranalysen wie für Feldversuche direkt in den Weinbergen. In der aktuellen Version misst das tragbare, netzunabhängige Laser-vibrometer optisch und somit berührungsfrei die Schwing-

Die tragbare Schwingungsmesstechnik eignet sich gleichermaßen für Laboraufbauten wie für Feldstudien – hier ist Entomologe Rodrigo Krugner bei Labortests zur Kommunikationsstörung der Insekten zu sehen.



geschwindigkeiten von Messobjekten im Frequenzbereich von DC bis 100 kHz. Das Gehäuse ist hermetisch abgeschlossen, die Bauweise robust und leicht. Dank optionalem Batteriebetrieb, innovativem Schnittstellenkonzept und Kompatibilität zu Datenerfassungssystemen ist es explizit zur Schwingungsmessung im mobilen Einsatz ausgelegt: für Inspektionen von Anlagentechnik in starken elektromagnetischen Feldern oder sonstigen Gefahrenbereichen sowie bei Forschungsarbeiten in entlegenen Gebieten wie in Wäldern und Wildnis.

Den Forschern gelang es, die verschiedenen Geräusche in Dauer

und spektralen Parametern zu erfassen, zu analysieren und sie den einzelnen Balz-Akteuren zuzuweisen. In der Balzkommunikation identifizierten sie die Schwingfrequenzen der rufenden Weibchen, der werbenden Männchen und die Signale von Paarungskonkurrenten. Durch die Verhaltens- und Signalanalyse isolierten die Forscher so, was sie „candidate disrupting signals“ nannten, welche die Balzkommunikation des eigentlichen Paares störten und damit die Paarung unterbanden. Mit diesen aufgezeichneten Störsignalen beschallte das Team die Insekten, um sie an der Paarung zu hindern.

**Kontakt**

Alexandra Stemmer
Marketing Kommunikation
Polytec GmbH

pr@polytec.de

In Zusammenarbeit mit

Rodrigo Krugner,
United States Department of Agriculture (USDA)
und Edmund Mach Foundation, Italien

rodrigo.krugner@usda.gov

www.ars.usda.gov

Hier geht es zum Video:**ERFOLG UND KÜNFTIGE
PROJEKTE**

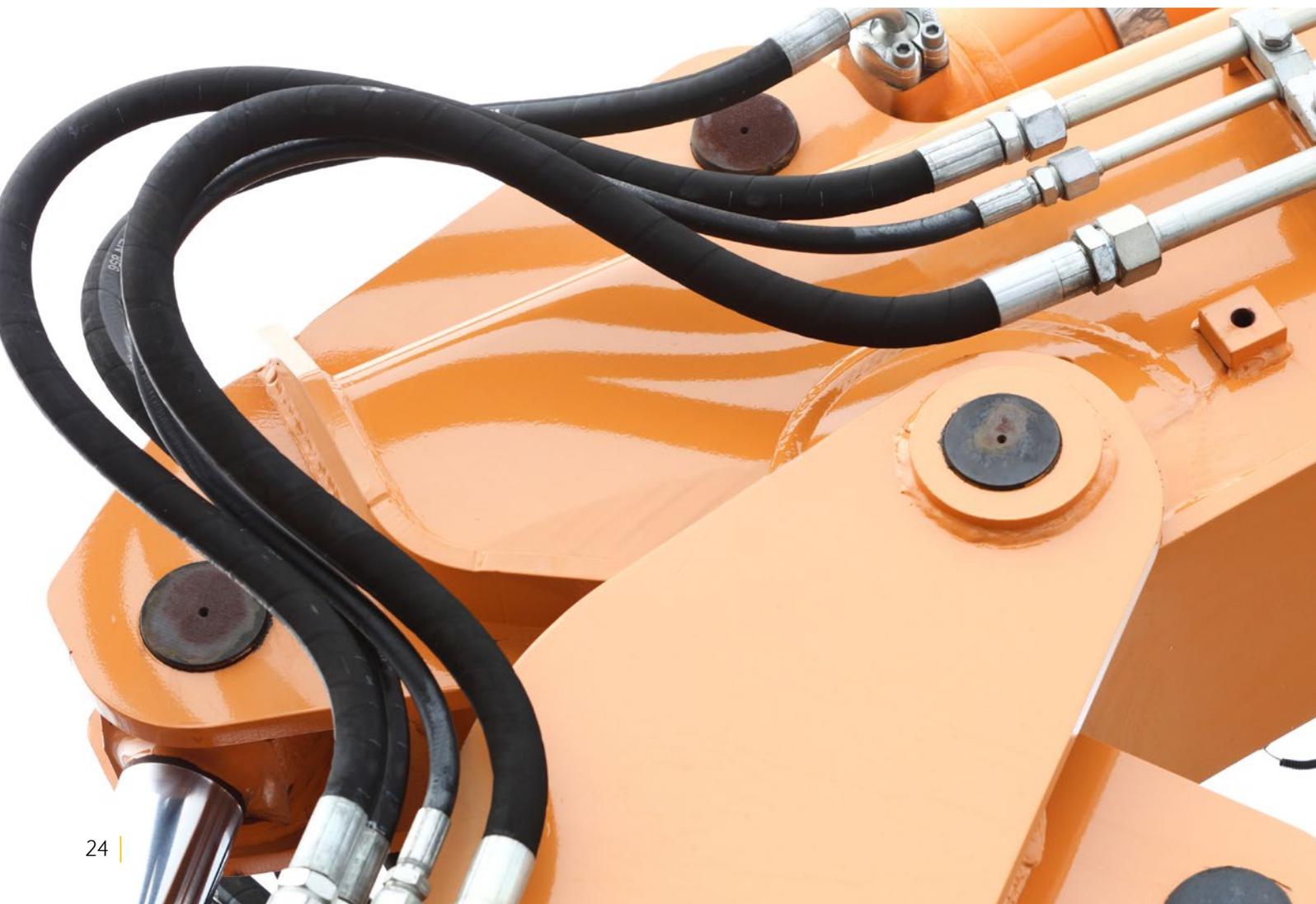
Unter kontrollierten Feldbedingungen zeigt die Methode vielversprechende Erfolge: Von 134 GWSS-Paaren paarten sich in der Kontrollgruppe, die nicht beschallt wurde, 28 Paare. Von den 134 Paaren, die mit den Störsignalen beschallt wurden, paarte sich hingegen nur ein einziges. Auch im Feld bewährte sich die neue Methode, wie Krugner zusammenfasst: „We took the playback-sounds out in the field and we were able to disrupt mating of virgin insects in vineyards.“ Die Methode ist kombinierbar mit

bisherigen Maßnahmen wie der flächendeckenden Ausbringung von Insektiziden oder der Massenverbreitung von natürlichen Fressfeinden der Schädlinge. Anders als der Einsatz von Giftspray oder von exotischen Fressfeinden bekämpft die Beschallung ausschließlich den GWSS und hat keinerlei Einfluss auf die dort beheimateten Nutzinsekten, denn seine Kommunikationsfrequenzen sind artspezifisch. Der neuartige und umweltschonende Ansatz und die bisherige Datenlage lassen hoffen, dass die USDA eine erfolgversprechende Methode entwickeln konnte, um nicht nur die GWSS-Population einzudämmen.

Nun gilt es, weitere und umfassendere Daten zu eruiieren und die Beschallung an den Rebstock-Sparlieren zu optimieren. Je größer der Abstand zur Schallquelle, desto geringer ist die Intensität hochfrequenter Spektralanteile und desto geringer vermutlich auch die Störwirkung auf das Paarungsverhalten der Insekten. Das Forscherteam plant zudem, die Störsignale von weiteren Traubenschädlingen, die ebenfalls über Schwingungen kommunizieren, zu identifizieren, unter anderem weitere Vektoren des *Xylella fastidiosa*. ■

Berührungsfreie Oberflächen- charakterisierung lackierter Flächen mit Weißlicht

Für dauerhaft hohe Schraubenvorspannkraft
und optimalen Korrosionsschutz



Oberflächeneigenschaften von Beschichtungen und Lackierungen spielen bei vielen Produkten eine wichtige Rolle, da sie das optische Erscheinungsbild, den Korrosionsschutz und die Beständigkeit gegen mechanische Beschädigung maßgeblich beeinflussen. Informationen über die Ebenheit der Oberfläche oder Verformungen unter mechanischer Belastung sind die Basis zur Optimierung. Mit ihrer Hilfe lassen sich z.B. Reibung erhöhen oder verringern, Verschleiß minimieren, die Unempfindlichkeit gegenüber äußeren Einflüssen steigern, die Leitfähigkeit verbessern, Qualitätsparameter für zukünftige Lackierungen ermitteln oder Grenzen bestimmter Beschichtungssysteme und -technologien bei Schraubenverbindungen aufspüren. Optische Messverfahren dienen hier als berührungslose und zerstörungsfreie Analyse- und Prüfmethode auf nahezu allen Materialien – besonders für empfindliche Oberflächen.

Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele und sein Team der Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik an der Hochschule Offenburg untersuchen den Einfluss organischer Korrosionsschutzsysteme und anderweitiger Beschichtungen auf Schraubverbindungen. Motivation ist die Langlebigkeit der untersuchten Bauteile und deren Verbindungen. Diese sollen später in Maschinen und Anlagen, in Kraftfahrzeugen, mobilen Arbeitsmaschinen oder Windrädern über die gesamte Lebensdauer zuverlässig funktionieren, also bis zu zwanzig Jahren oder mehr bei schwierigen Umgebungseinflüssen. Die Schraubverbindung von Bauteilen muss daher dauerhaft fest sein, darf gleichzeitig aber nicht die Oberflächenbeschichtung bzw. Lackierung an Kontaktflächen beeinträchtigen, um den notwendigen Korrosionsschutz zu erhalten.

KORROSIONSSCHUTZBE- SCHICHTUNGEN UND IHRE AUSWIRKUNGEN AUF DIE SCHRAUBENVERBINDUNG

„Verbindungen zwischen unbeschichteten Bauteilen verhalten sich anders als die zwischen lackierten“, weist Professor Isele auf den grundlegenden Unterschied hin. Ohne Zwischenschicht stehen metallische Oberflächen direkt im Kontakt, und bei lackierten Bauteilen drückt die Verschraubung die Zwischenschicht zusammen. Dabei entstehen μ -kleine Verformungen, welche jedoch die Verbindung essentiell beeinflussen. Das beeinträchtigt die Qualität der Verbindung, also die Haltekraft der Schraube im langjährigen Einsatz und den Korrosionsschutz. ►



Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele

Die Hochschule Offenburg untersucht das Verhalten der Oberfläche an eben diesen Verbindungsstellen, und welche Vorspannkraftänderungen bzw. Verformungen sich unter bestimmten Bedingungen ergeben (Abbildung 1) zur Bestimmung von Grenzwerten wie Temperaturen oder Belastungshöhen.

**BERÜHRUNGSFREI
ABSCANNEN MIT WEISSLICHT**

Das verbreitete Tastschnittverfahren ist eine taktile Oberflächenmessmethode mit Diamanttastelementen. „Für unsere Prüfung hat dieses Verfahren allerdings gleich zwei Nachteile“, bedauert Prof. Isele. „So ist die punktuelle, taktile Messung recht langsam und wir bekommen pro Messung immer nur ein Schnittbild. Da jedoch eine Korrosionsschutzbeschichtung applikationsbedingten Schichtstärkenschwankungen unterliegt, ist ein einziges Schnittbild zur quantitativen Auswertung zu wenig. Wir benötigen daher ein Messverfahren, mit dem sich Flächen ganzheitlich vermessen lassen. Außerdem hat das Tastschnittverfahren den Nachteil, dass die Geometrie des Messtasters sowie die Probenoberfläche immer einem gewissen Verschleiß unterliegt.“

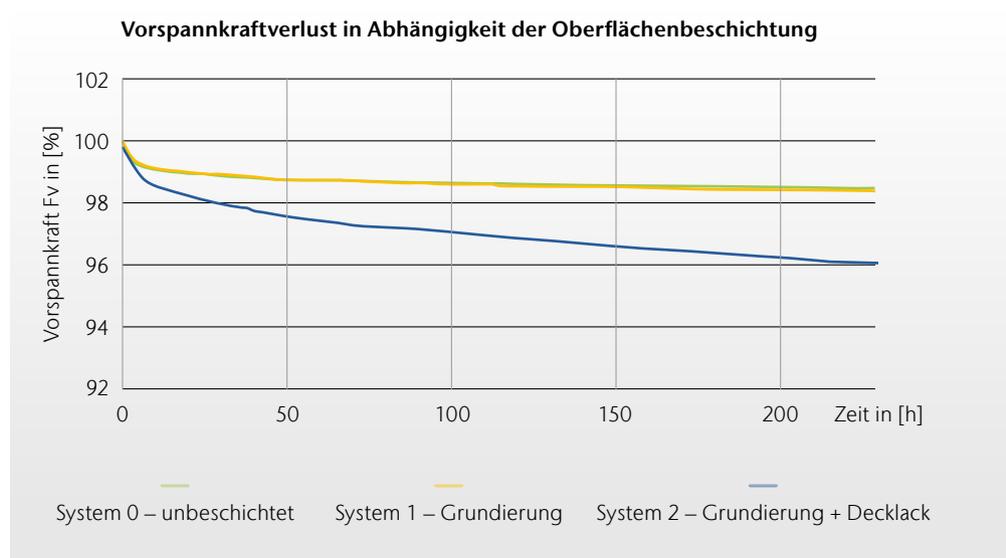


Abbildung 1: Der Vorspannkraftverlust nimmt in Abhängigkeit der Oberflächenbeschichtung ab.

Optische Verfahren wie die Weißlicht-Interferometrie hingegen prüfen flächenhaft und zudem ohne Verschleiß, was kurze Messzeiten und eine hohe Reproduzierbarkeit nach sich zieht.

TopMap-Messsysteme von Polytec bieten zudem eine sehr hohe vertikale Auflösung unabhängig von der Bildfeldgröße, um mehr Details auf einen Blick zu erfassen auch ohne Stitching (Zusammenfügen von Messfeldern) (Abbildung 2).

DANK WEISSLICHT-INTERFEROMETRIE ALLES IM BLICK

Die Weißlicht-Interferometer der TopMap-Serie bestechen durch einen großen vertikalen Verfahrensweg und nm-Auflösung bei der berührungsfreien Messung von Ebenheit, Stufen und Höhen sowie Parallelität. Die telezentrische Optik misst selbst an steilen Stufen wie in Bohrlöchern. „Auch die einfache Bedienung und die komfortablen Auswertungsmöglichkeiten haben

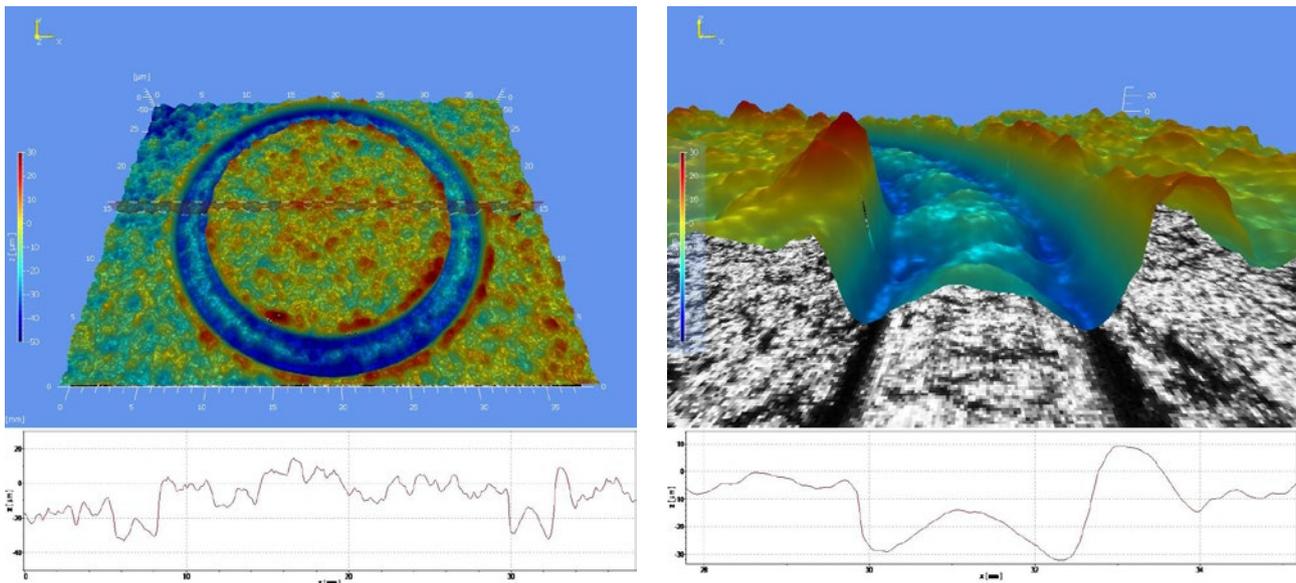


Abbildung 2: Rauheitsprofile berührungsfrei erfassen als Qualitätsindikator für Lackqualität und Erscheinungsbild, links auf ganzen Schraubverbindungsflächen, rechts im Querschnitt (Urheber: Hochschule Offenburg).

uns überzeugt“, ergänzt Prof. Isele. Die offene Software-Architektur ermöglicht zudem das Programmieren von Routineaufgaben oder die Einrichtung einer eigenen Benutzeroberfläche.

Das Messsystem eignet sich aber nicht nur für Laborbereiche, sondern kann auch produktionsnah eingesetzt werden. Integriert in eine staubgeschützte und vibrationsgedämpfte Prüfstation arbeitet diese Messtechnik direkt in Maschinenhallen wie in der

Automobilindustrie entlang der Produktionskette der Bleche: Wie hochwertig ein Fahrzeug wirkt, hängt maßgeblich vom Erscheinungsbild der Lackqualität ab (englisch: appearance). TopMap kann hier Kenngrößen zur Überprüfung der Appearance entlang des gesamten Lackierprozesses und vor der Endkontrolle liefern. Hier dient die großflächig ermittelte Oberflächenrauheit als Qualitätsparameter für die Lackqualität und das spätere Erscheinungsbild. ■

Kontakt

Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele
University of Applied Sciences Offenburg

alfred.isele@hs-offenburg.de

Redaktion

Ellen-Christine Reiff, M.A.
Redaktionsbüro Stutensee

www.polytec.com/us/surface-metrology

Kompaktlösung der optischen Schwingungsmesstechnik

VibroOne



VibroOne ist das kompakte Laser-Doppler-Vibrometer von Polytec zur berührungsfreien und hochpräzisen Schwingungsmessung. VibroOne hilft zuverlässig, die reale Bauteildynamik, Schwingphänomene und Akustik in Forschung, Produktentwicklung und Qualitätskontrolle zu analysieren. Das Messgerät besteht aus dem bedienerfreundlichen Frontend mit integriertem Laser und einem sehr kompakten fasergekoppelten Sensor. Gemeinsam mit der digitalen Datenerfassungs- und Auswertungssoftware VibSoft ist VibroOne die Komplettlösung für die Schwingungsmessung.

VibroOne ist speziell für den Einsatz in engen Messaufbauten im Messlabor, in Prüfständen und in der Produktionsumgebung sowie für die Analyse von Mikrostrukturen

und biomedizinischen Proben konzipiert. Hier ermöglicht die integrierte HD+ Kamera das präzise Ausrichten des Lasermesspunkts und eine einfache Dokumentation. Ein einstellbarer Filter sorgt für den perfekten Kontrast des Lasermesspunkts. Mit speziellen Mikroskopobjektiven mit μm -kleinem Messpunkt und koaxialer Beleuchtungseinheit analysieren Sie selbst feinste Strukturen souverän.

Das kompakte All-in-one-Laser-vibrometer VibroOne erlaubt es, Schwingungen im Frequenzbereich von DC bis zu 3 MHz mit höchster Zeitauflösung zu erfassen. Das Messsystem bietet Schwingweg, Schwinggeschwindigkeit und Beschleunigung direkt als analoge Ausgangssignale an. Die digitale Schnittstelle VibroLink ermöglicht

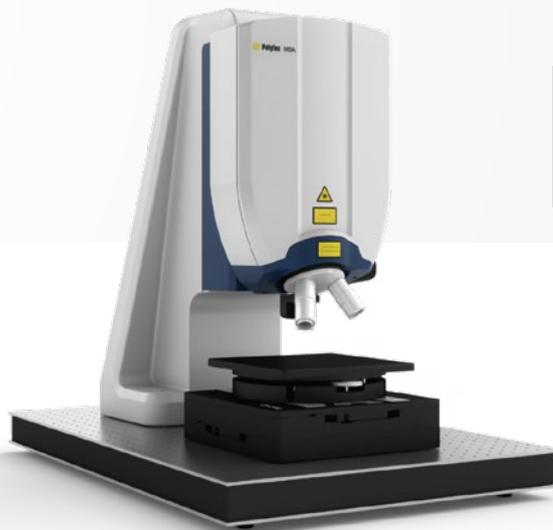
eine einfache, voll-digitale Übertragung der Geschwindigkeitsmessdaten über Ethernet an ein Notebook oder einen Computer. So wird eine komfortable und leistungsfähige Datenanalyse im Zeit- und Frequenzbereich mit der Polytec Vibsoft Datenerfassungs- und Analysesoftware mit einem optimalen Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) möglich. Zusätzlich ist VibroOne dank der analogen BNC-Ausgänge auch mit konventioneller Datenerfassungshardware kompatibel.

Mehr Informationen:

www.polytec.com/vibroone

MEMS-Inspektion bis in den UHF-Bereich

MSA-600 X/U Micro System Analyzer



Mehr Informationen:

www.polytec.com/msa600

Smartphone, Smart Health, Smart Living, Smart Mobility, unsere heutige Hightech-Welt wird erst durch leistungsfähige Sensorik und Aktorik auf der Basis von Mikro- und Nanotechnologie smart. Sowohl die hierbei eingesetzten mikroelektromechanischen Sensoren und Aktoren als auch mikroakustische Bauelemente wie SAW und BAW-Filter stoßen zur Steigerung der Leistungsfähigkeit in immer höhere Frequenzbereiche vor. Die Entwicklung solcher Bauelemente benötigen darum leistungsfähige optische Messverfahren, um das dynamische Verhalten der mechanischen Komponenten für Frequenzen bis in den GHz-Bereich zu charakterisieren.

Für derartige Anwendungen hat Polytec die MSA-Familie weiter ausgebaut und bietet nun den

MSA-600 Micro System Analyzer in neuen UHF-Varianten mit Messbandbreiten für die Schwingungsmessung von 300 MHz bis zu 2.5 GHz an. Der bewährte und erfolgreiche All-in-one-Aufbau kombiniert Out-of-Plane und In-Plane Schwingungsmessung sowie die Erfassung der 3D-Oberflächenstruktur des Messobjektes.

Mit den neuen MSAs sind breitbandige Messungen zur schnellen Ermittlung von Übertragungsfunktionen ohne aufwendige Datennachbearbeitung genauso einfach möglich wie Echtzeit-Messungen des transienten Systemverhaltens auf ultrakurzen Zeitskalen. Das Interferometer des MSA misst mit höchster Messempfindlichkeit und Sub-pm-Wegauflösung und sorgt

so für aussagekräftige Ergebnisse z. B. bei der Extraktion modaler Parameter zur FEM-Validierung.

Neben der Bauteildynamik kann mithilfe eines optional integrierten Weißlicht-Interferometers auch die Oberflächentopografie des Messobjektes berührungslos und hochpräzise gemessen werden.



Neues Zubehör: 200 mm Wafer Probe Station Modul.

Laservibrometer to go

wo Portabilität zählt!



Die berührungslose Laser-Doppler-Vibrometrie wurde ursprünglich zur Untersuchung von technischen Objekten und Systemen entwickelt, hat sich aber auch bei der Aufklärung biologischer Strukturen und Mechanismen bestens bewährt. Heute profitieren Industrie und Forschung gleichermaßen von der berührungslosen Messtechnik. Jetzt dürfte sich das Einsatzgebiet noch einmal erweitern. Ein neues, besonders leichtes Vibrometer, das speziell für den mobilen Einsatz konzipiert wurde, ermöglicht die Messung von Schwingwegen, -geschwindigkeiten und -beschleunigungen beliebiger Objekte im Frequenzbereich bis 100 kHz selbst bei Entfernungen bis 30 m.

Die Laser-Doppler-Vibrometrie ist ein sehr robustes Messverfahren: Wird ein Lichtstrahl von einem bewegten Objekt reflektiert, so ändert sich die Frequenz des Lichtes proportional zu seiner Geschwindigkeit. Das gilt auch bei der Reflexion an durch Schwingungen bewegten Oberflächen. Die Geschwindigkeit

information der Schwingung ist dann in der Frequenzverschiebung kodiert und wird als Messgröße genutzt. Ein Präzisionsinterferometer und die digitale Dekodierungselektronik wandeln diese Frequenzverschiebung in ein Spannungssignal um. Da die Geschwindigkeitsinformation unabhängig von der Lichtintensität ist, eignet sich das Verfahren auch für Messobjekte, die einen sehr geringen Reflexionsgrad haben.

HIGHTECH FÜR DEN OUTDOOR-EINSATZ

Jetzt lässt sich diese Technik auch besonders komfortabel im mobilen Einsatz nutzen, denn mit dem kompakten VibroGo hat Polytec ein etwa 3 kg leichtes Vibrometer entwickelt, das sich bequem überallhin mitnehmen lässt und so robust ausgelegt ist, dass es sich für den harten Outdoor-Einsatz eignet. Dabei hat das tragbare Messgerät einiges zu bieten.

So lässt sich VibroGo über den 5"-Farb-Touchscreen mit intuitiver Menüführung komfortabel einrichten und konfigurieren. Zusätzlich zur Autofokus-Funktion lässt sich der Fokus über den Touchscreen fernsteuern. Mit bis zu 100 kHz deckt der maximale Messbereich diverse Messaufgaben der Akustik und Dynamik ab; die optische Empfindlichkeit wurde gegenüber dem Vorgängermodell noch einmal signifikant gesteigert und die maximale Messgeschwindigkeit liegt bei 2 m/s. Zudem können jetzt sowohl Schwinggeschwindigkeiten als auch Schwingwege und -beschleunigungen aus großer Distanz (bis 30 m) gemessen werden. Die Messdaten lassen sich über einen analogen Anschluss, digital über Ethernet oder auch kabellos per WLAN auf Laptop oder Rechner übertragen, um sie weiterzuverarbeiten.



Abbildung 1: Zustandsüberwachung: Überall, wo keine feste Sensorik montiert werden kann, lassen sich technische Anlagen und Bauteile berührungslos aus der Distanz (z. B. auch in Gefahrenbereichen) kontrollieren.



Abbildung 2: Für Botanik, Entomologie, Bionik oder Schädlingsbekämpfung sind tragbare Laservibrometer oftmals das einzige Messgerät der Wahl.

BREITES EINSATZSPEKTRUM IN TECHNIK UND NATUR

Einsatzbereiche für das tragbare Vibrometer gibt es viele. Zustandsüberwachung technischer Anlagen ist einer davon. Überall, wo keine feste Sensorik montiert werden kann, lassen sich bestimmte Komponenten periodisch und berührungslos aus der Distanz kontrollieren. Beispiele finden sich bei Pumpen und Rohrleitungen (Abbildung 1) ebenso wie bei Hochspannungskomponenten oder heißen Oberflächen.

Interessante Möglichkeiten erschließt das mobile Vibrometer aber auch bei Forschungsprojekten, z. B. um die mechanischen Eigenschaften von Spinnennetzen zu untersuchen. Das funktionelle Merkmal des Spinnennetzes ist die Widerstandsfähigkeit gegenüber windbedingten Schwingungen und der hohen Aufprallenergie

fliegender Beute. Um das Schwingungsdämpfungsverhalten eines kompletten Spinnennetzes vorherzusagen, werden die Dämpfungseigenschaften der Seidenfäden durch In-situ-Experimente im Dschungel mit einem mobilen Vibrometer gemessen. Bei solchen Strukturen sind berührungslose Schwingungssensoren wie das VibroGo zwingend erforderlich, da die Fadenstruktur die Last herkömmlicher Sensoren wie Beschleunigungsaufnehmer und Dehnmessstreifen nicht tragen kann.

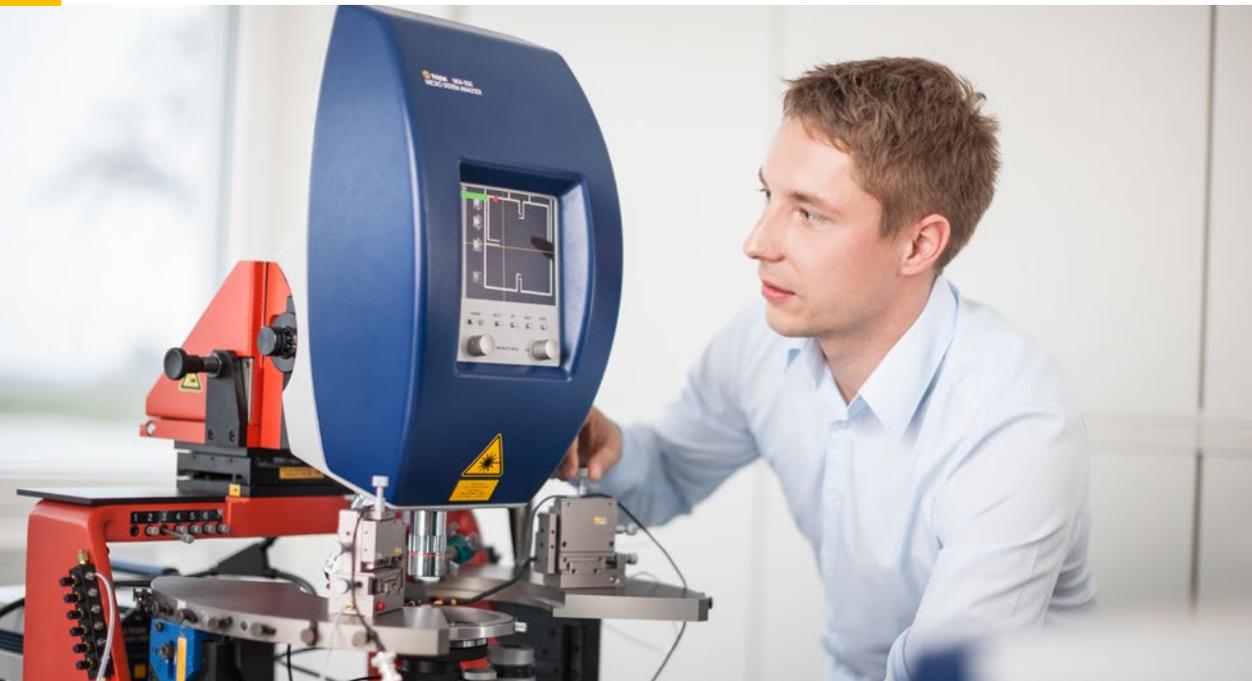
Selbst bei der Schädlingsbekämpfung können tragbare Vibrometer das Mittel der Wahl sein (Abbildung 2). In einem einzigartigen Forschungsprojekt analysierten Wissenschaftler mithilfe der optischen Laserschwingungsmessung die Balzkommunikation eines entfernten Verwandten der Zikaden (engl. glassy-winged Sharpshooter), der ein bestimmtes, z. B. für

Weinreben, sehr schädliches Bakterium verbreitet. Schlussendlich fanden sie eine neue schonende Bekämpfungsmethode, die anders als bisherige Maßnahmen wie Pestizideinsatz ganz ohne die Beeinträchtigung des Ökosystems auskommt (siehe auch Artikel auf Seite 20).

Für Universitäten, die ihren Studenten solche und ähnliche Möglichkeiten der Laser-Doppler-Vibrometer näherbringen möchten, bietet Polytec ein Education-Kit an, das Praktikumsversuche umfasst und den spannenden Einstieg in die Welt der optischen Schwingungsmessung ermöglicht.

Mehr Informationen:

www.polytec.com/vibrogo



Lagern Sie Ihre Prüf- und Entwicklungsaufgaben nach Bedarf aus und nutzen Sie die PolyXpert Messdienstleistungen.

Unsere erfahrenen Anwendungsingenieure unterstützen Sie kosteneffizient mit modernster Messtechnik in den Bereichen Schwingungsmessung, Dynamik und Akustik sowie Oberflächentopografie. Profitieren Sie von modernster optischer Messtechnik als Leihgeräte oder Dienstleistung!

Erfahren Sie mehr über Polytec:



Impressum

Polytec InFocus - Magazin für Optische Messsysteme
Ausgabe 2020 – ISSN 1864-9203 · Copyright © Polytec GmbH, 2020
Herausgeber: Polytec GmbH · Polytec-Platz 1-7 · D-76337 Waldbronn

Bildnachweise: Soweit nachfolgend nicht anders aufgeführt bei den Autoren.

Seite 3,4,5: ©D-Keine/iStock.com; Seite 3,8: ©Igor Korchak/iStock.com; Seite 3,12,13: ©FredRoese/iStock.com
Seite 3,16: ©jpa1999/iStock.com; Seite 24: ©Voyagerix/iStock.com

- Betriebsschwingformanalyse
- Experimentelle Modalanalyse zur FE-Modellvalidierung
- Automatisierte Messung der Strukturdynamik
- NEU: Jetzt auch 3D-Dynamik verkapselter MEMS
- 3D-Oberflächencharakterisierung
- Machbarkeitsstudien

und vieles mehr...

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

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)
Unit 8
The Cobalt Centre
Siskin Parkway East
Middlemarch Business Park
Coventry, CV3 4PE
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.jp@polytec.com

Polytec South-East Asia Pte Ltd
Blk 4010 Ang Mo Kio Ave 10
#06-06 TechPlace 1
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

www.polytec.com