

Struktur- und Zustandsüberwachung mit Weitblick

Artikel vom **3. Oktober 2024**

Lasert

Die Struktur- und Zustandsüberwachung von Bauwerken erlebt einen technologischen Wandel. Innovative Methoden wie KI und IoT ermöglichen eine präzisere Erfassung und Bewertung des Zustands von Brücken und Gebäuden. Diese Fortschritte versprechen eine verbesserte Vorhersage von Schäden, effizientere Wartungsplanung und letztlich eine höhere Sicherheit und Langlebigkeit der Infrastruktur bei gleichzeitiger Kostenreduzierung.



Schwingungsmessung und Condition Monitoring mit Laserpräzision über bis zu 300 m.

Bilder: Polytec

Der Einsturz der Carolabrücke in Dresden hat Fragen zur Sicherheit und Prüfung von Brücken in Deutschland aufgeworfen. Experten des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) und des Bundesverbandes der Prüfügenieure für Bautechnik (BVPI) betonen entgegen

voreiligen Schlussfolgerungen, dass dieser Vorfall nicht auf unzureichende Brückenprüfungen zurückzuführen ist. Denn Deutschland verfügt über ein umfangreiches und strenges System zur Überwachung von Brücken. Die DIN 1076 schreibt vor, dass jede Brücke mindestens alle drei Jahre einer gründlichen Untersuchung durch zertifizierte Prüfingenieure unterzogen wird. Es gibt sehr unterschiedliche Szenarien, in denen Schwingungen und Vibrationen erfasst und überwacht werden, um Schäden frühzeitig zu erkennen, eine zuverlässige Funktion sicherzustellen oder Fehlerursachen zu finden. Brücken gehören ebenso zur Schwingungsüberwachung wie Condition Monitoring in Industrie oder im Tagebau. Ein weiteres Gebiet ist die Energieversorgung. Dort gilt es beispielsweise, lose Verbindungen zu ermitteln und zu lokalisieren, um Probleme mit der elektrischen Kontaktierung zu verhindern. Ein für den Außeneinsatz ausgelegtes Laser-Doppler-Vibrometer ermöglicht die berührungslose Schwingungsmessung aus bis zu 300 Metern Entfernung, selbst bei schwierigen Oberflächen und eher ungünstigen Umgebungsbedingungen.



Bei diesem Laservibrometer verbessert die »QTec«-Technologie das Signal-Rausch-Verhältnis bei Schwingungsmessungen signifikant.

Die Laser-Doppler-Vibrometrie ist ein robustes, berührungsloses Messverfahren, das sich für ganz unterschiedliche Struktur- und Schwingungsmessungen bewährt hat. Es bietet Vorteile, wenn Sensorik sich nur sehr aufwendig anbringen und verkabeln lässt oder der Zugang zu den Messstellen gefährlich oder gar nicht möglich ist. Manchmal sind die Einsatzbedingungen allerdings selbst für Laservibrometer schwierig. **Bessere Signalqualität** Die Signalqualität einer Laservibrometer-Messung ist immer von der Intensität des zurückgestreuten Lichts abhängig. Die Oberfläche des Messobjekts bestimmt die räumliche Verteilung des reflektierten Lichts und damit die Güte der Informationen, die der Fotodetektor an seiner Position im Raum erhält. Sie bestimmt demzufolge auch, auf welchen Oberflächen gemessen werden kann, und ist verantwortlich für das Signal-Rausch-Verhältnis sowie den möglichen Messabstand.



Für den Außeneinsatz konzipiert und in wenigen Minuten einsatzbereit ist der Laservibrometer.

Auf einer optisch glatten Oberfläche wird das reflektierte Laserlicht verlustfrei zum Fotodetektor im Sensor zurückgeführt. Bei Brücken, Bauwerken, Gleis- und Industrieanlagen sind die Oberflächen meist optisch rau oder verschmutzt. Diese technischen Oberflächen streuen das Laserlicht diffus, sodass durch das entstehende Speckle-Muster auf der Oberfläche die Lichtintensität zeitweise völlig einbrechen kann. Diese Effekte können bei optischen Messungen zu breitbandigem Rauschen und unerwünschten Signalaussetzern führen.



Der Laserstrahl lässt sich selbst bei schwierigen Bedingungen punktgenau ausrichten.
Bild: DB Netz

Um die Messqualität und den Messabstand bei Strukturprüfungen im Outdoorbereich zu erhöhen, hat Polytec aufgrund langjähriger und intensiver Erfahrungen mit Schwingungsmesstechnik das VibroFlex Range entwickelt. Die Technologie »QTec« nutzt jedes Photon und sorgt damit für höchste Signalqualität insbesondere bei Messungen aus großer Entfernung und auf schwierigen Oberflächen. Damit erhält man auch bei schlecht reflektierenden Oberflächen gute Messdaten mit einem 20 Dezibel besseren Rauschverhältnis als bei konventioneller Technik. Außerdem müssen kritische Objektflächen nicht zwangsläufig vorbehandelt werden. Dadurch verkürzt sich die

Vorbereitungszeit für Messungen. Gleichzeitig ist die höhere optische Empfindlichkeit der Schlüssel zu mehr Datenqualität und schnelleren Messergebnissen, weil Mittelungen nicht mehr notwendig sind. Davon profitieren Anwender sowohl bei Struktur- und Zustandsüberwachungen als auch bei der Validierung von Simulationsmodellen.

Zuverlässige Präzisionsmesstechnik Für die Umgebungsbedingungen im Feldeinsatz ist das VibroFlex Range bestens gerüstet. Der robuste Messkopf ist gegen Staub und Sprühwasser geschützt (IP63) und schnell auf dem soliden Stativ montiert. Zunächst wird der Messpunkt grob mit dem Getriebeneiger über das Zielfernrohr anvisiert. Anschließend lässt sich der Laserstrahl mit Hilfe des Feinverstellers über das Kamerabild der integrierten koaxialen Full-HD-Kamera mit Zielkreuz punktgenau ausrichten. Das funktioniert selbst unter schwierigen Bedingungen bei filigranen Objekten in großer Entfernung, denn auf dem scharfen Videobild ist das Zielkreuz gut zu sehen, selbst wenn der Lasermesspunkt beispielsweise bei starker Sonneneinstrahlung nicht sichtbar ist.



Strukturdynamische Untersuchung an Brücken: Verschiebungen und Eigenfrequenzen werden zeit- und kosteneffizient erfasst.

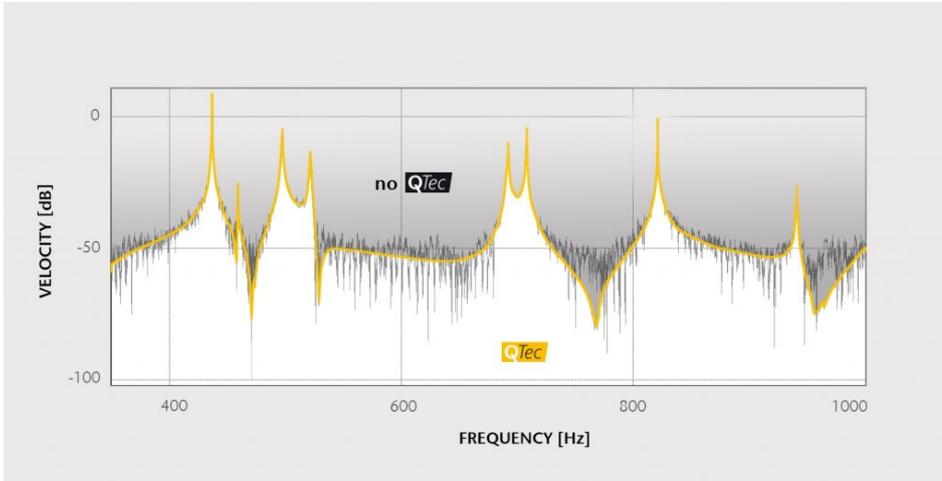
Da sich mit dem Laservibrometer Schwinggeschwindigkeit, Schwingweg und Beschleunigung mikrometergenau aus der Ferne erfassen lassen, ist das Einsatzgebiet breit gefächert. Anwendungsbereiche finden sich dort, wo das Einrichten von Messstellen einen hohen Aufwand erfordert oder der Zugang zum Messpunkt schwierig oder sogar gefährlich ist. Überall, wo keine feste Sensorik montiert werden kann, lassen sich damit technische Komponenten periodisch und berührungslos aus der Distanz überprüfen, beispielsweise im Rahmen eines zustandsorientierten Wartungsplans. Dazu gehören Pumpen und Rohrleitungen ebenso wie Hochspannungskomponenten oder heiße Oberflächen wie bei Öfen.



Lose Verbindungen an Isolatoren lassen sich lokalisieren, ohne dass der Mensch den Gefahrenbereich betreten muss.

Kabelgebundene Sensorik käme mit den hohen Temperaturen nicht zurecht. Durch die weite Messdistanz kann sich der Mensch zudem außerhalb des Gefahrenbereichs aufhalten. Bei Störungen, die durch Schwingungen oder Vibrationen entstehen, lassen sich die Ursachen aus der Ferne untersuchen, Fehler können schneller lokalisiert und behoben werden. Bei der strukturdynamischen Überwachung von Brücken, Gebäuden und Tragwerken können Laservibrometer Verschiebungen, Durchbiegungen und Eigenfrequenzen zur zerstörungsfreien Überprüfung schnell und kosteneffizient erfassen. Dazu müssen keine Dehnungsmesstreifen auf zuvor aufwendig behandelten Konstruktionsteilen aufgebracht und anschließend noch verkabelt werden. Auch muss niemand mehr unter strengen Sicherheitsauflagen klettern, um Sensoren zum Beispiel für Zugspannungsmessungen an den Tragseilen einer Bücke anzubringen. Prüfungen unter Last sind ebenfalls einfach möglich, beispielsweise um zu kontrollieren, wie sich die Konstruktion verhält, wenn schwere Fahrzeuge oder Züge auf Brücken abbremesen. Das berührungslose Verfahren eignet sich auch für ganz andere Bereiche, zum Beispiel für denkmalgeschützte Objekte, deren Oberflächen nicht manipuliert werden dürfen.

Verbessertes Signal-Rausch-Verhältnis Die »QTec«-Technologie wurde von Polytec entwickelt. Sie verbessert das Signal-Rausch-Verhältnis bei Schwingungsmessungen signifikant. Den Schlüssel dazu liefert die Mehrkanal-Interferometrie mit Empfangsdiversität, das heißt, die zurückgestreuten Signale werden gleichzeitig von mehreren Fotodetektoren erfasst.



Die »QTec«-Technologie verbessert das Signal-Rausch-Verhältnis bei Schwingungsmessungen signifikant.

Unregelmäßigkeiten der Oberfläche spielen kaum noch eine Rolle, weil – vereinfacht ausgedrückt – bei der Reflexion weniger Licht verloren geht. Jeder Detektor ist ein Beobachter des Messpunkts mit eigener Perspektive und sieht ein eigenes Speckle-Muster. Zu jedem Zeitpunkt variiert der Signalpegel entsprechend dem Speckle-Muster. Da die Speckle-Muster der einzelnen Detektoren voneinander unabhängig und quasi zufällig sind, ergibt die Kombination der Signale der räumlich verteilten Detektoren einen statistisch stabilen Signalpegel. Eine schnelle Elektronik im Messkopf gewichtet die Detektorsignale in Echtzeit und nur der stabile Teil des Signals wird als Nutzsignal ausgegeben. Der Anwender bekommt ein gemeinsames Messsignal zur Verfügung gestellt, sodass die neuen Messköpfe mit »QTec«-Technologie kompatibel mit vorhandenen Einkanal-Vibrometer-Decodern sind.

Hersteller aus dieser Kategorie
