



< Ein neuartiges Messsystem wird Geometrie, Oberflächenstruktur und Bewuchs in Tunnelbauwerken zukünftig in einem Messdurchgang vermessen.

GRUPPE LASER SCANNING

Tunnelblick: Sensor erfasst Zustand von Tunnelbauwerken

Ein laserbasierter multispektraler Sensor wird zukünftig Geometrie, Oberflächenstruktur, Feuchte und Bewuchs in Tunnelbauwerken gleichzeitig erfassen. Das System wird alle relevanten Parameter im Zuge einer einzigen Messfahrt bei Geschwindigkeiten von bis zu 80 km/h ermitteln. Inspektion und Instandhaltung von Tunneln lassen sich so wesentlich effizienter und kostengünstiger durchführen.

Gerade in Mitteleuropa sind Tunnel kritische Transitverbindungen, sowohl für den Personen- als auch den Warenverkehr. Aber auch im Abwassersystem oder als Zugangsschächte im Bergbau kommt ihnen eine wichtige Bedeutung zu. Allein in Deutschland müssen über vierhundert Straßen-, Eisenbahn- und U-Bahn-Tunnel regelmäßig überprüft werden – einige davon sind viele Jahrzehnte alt. Hinzu kommen rund 250.000 Kilometer tunnelähnliche Bauwerke im Kanalnetz. Die Kosten für Wartung und Instandsetzung der Tunnel reichen allein in Deutschland Jahr für Jahr an die Milliarden-Euro-Grenze. Fraunhofer IPM entwickelt im Rahmen des Fraunhofer-internen Projekts IncaS (IntracavityScan) einen multispektralen Sensor, der die Kosten für Tunnelinspektionen deutlich senken wird – bei gleichzeitig verbesserter Qualität der Messdaten.

Mehrwellenlängen-Messung

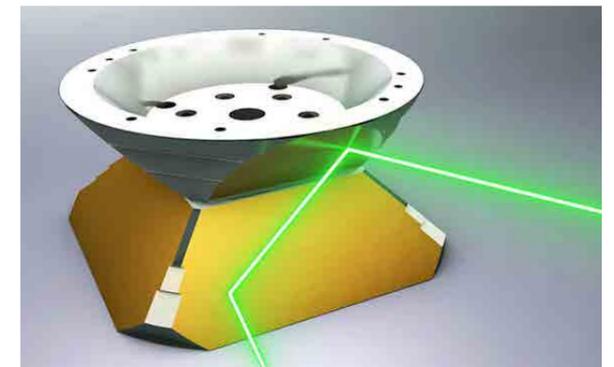
Die Wissenschaftler nutzen ein neuartiges Laserscanner-Design für eine Messung mit mehreren Wellenlängen, deren Messdaten miteinander kombiniert werden. So werden 3D-Geometrie, Oberflächenstruktur, Feuchte und Bewuchs im Tunnel lückenlos und schnell in einem Messvorgang erfasst. Das Messsystem arbeitet bei hohen

Fahrgeschwindigkeiten, sodass eine Sperrung während der Zustandserfassung nicht länger nötig sein wird. Die Bauwerksgeometrie wird über die Laufzeit des rückgestreuten Lichts eines Lasers vermessen. Bis zu zwei Millionen Messpunkte pro Sekunde sorgen dabei für eine hohe Auflösung. Zur Messung der Oberflächenfeuchtigkeit kommen zwei Laser unterschiedlicher Wellenlänge (1,3 bzw. 1,45 μm) zum Einsatz, deren Licht unterschiedlich stark, aber sehr spezifisch von Wasser absorbiert werden. Der Feuchtwert ergibt sich aus der Intensitätsanalyse der beiden Signale. Aus den Geometrie- und Feuchtedaten lassen sich Informationen über Vegetation, etwa Moos- oder Algenbewuchs ableiten. Oberflächen-Strukturmerkmale werden anhand der Intensität des rückgestreuten Lichts detektiert. Dazu bedarf es einer hohen räumlichen Auflösung, um ein fotorealistisches Abbild der zum Teil nur wenige Millimeter breiten Risse in der Oberflächenstruktur zu erzeugen. Der Laser leuchtet dazu das Objekt parallel zur Fahrtrichtung linienförmig aus. Eine speziell angepasste Empfangsoptik bildet die Signale flächenhaft ab und erzeugt somit ein durchgängiges Grauwertbild der Oberfläche. Mit dieser von Fraunhofer IPM patentierten Technik wird eine Auflösung von 1,5 mm x 1,5 mm bei Fahrgeschwindigkeiten von bis zu 80 km/h erreicht.

TUNNELINSPEKTION – STAND DER TECHNIK: Geometrie, Oberflächenstruktur der Bauwerkswände, Bewuchs und Wandfeuchte in Tunneln werden turnusgemäß alle fünf Jahre inspiziert. Zur Messung der Geometrie werden heute vorwiegend statische Laserscanner eingesetzt, die an zahlreichen Stellen im Tunnel positioniert werden. Einige wenige Systeme messen von mobilen Plattformen aus, zumeist auf handgeschobenen Messwagen. Risse und Feuchte werden mithilfe von Kameras, Hohlstellen mithilfe eines speziellen Hammers erfasst. Alle bestehenden Verfahren sind zeit- und personalintensiv und erfordern eine Vollsperrung des Bauwerks – mit weitreichenden wirtschaftlichen Folgen.

Innovatives Scanner-Design für echte 360°-Abtastung und Mehrwellenlängen-Messung

Eine speziell entwickelte Scanvorrichtung in Form eines Doppelpyramidenstumpfs ermöglicht es erstmals, Laserstrahlen mehrerer Wellenlängen zeitlich synchron und in ihrer Abbildung verzerrungsfrei einzusetzen (s. Skizze). Dies ist bei bisher verfügbaren Laserscannern nicht möglich, da die Lichtwege nicht klar getrennt werden können. Erstmals wird auch eine echte 360°-Abtastung möglich sein. Bisher sorgten mechanische Befestigungen für Abschattungen und machten Mehrfachmessungen erforderlich. Für ein durchgängiges 3D-Modell müssen dabei die Daten mehrerer Messungen fusioniert werden – ein fehleranfälliger Prozess, der mit dem neuen System entfällt. Der Doppelpyramidenstumpf hat vier Facetten, die jeweils einen Winkelbereich von etwas weniger als 180° abdecken, um Artefakte in den Kantenbereichen zu vermeiden. Aufgrund dieser speziellen Geometrie verdoppelt sich die Scangeschwindigkeit im Verhältnis zur Rotationsgeschwindigkeit, sodass bisher unerreichte Scanfrequenzen möglich sind. Bis zu vier identische Lasersysteme sowie entsprechende Detektionseinheiten können sternförmig um die Ablenkeinheit angeordnet werden und so die volle Winkelabdeckung gewährleisten. Das Design gewährleistet eine zeitlich und räumlich perfekt korrelierte Datenaufnahme und ermöglicht die Nutzung speziell geformter Laserstrahlen. Für eine



Für Messungen mit mehreren Wellenlängen und die geforderte 360°-Abtastung wurde eine speziell geformte Ablenkeinheit konzipiert. Zusätzlich gewährleistet sie eine verzerrungsfreie Projektion der insgesamt acht Laserlinien an der Tunnelwand. Hier wird beispielhaft ein Strahl gezeigt.

flächige Abtastung und aus Gründen der Augensicherheit wird der Strahl linienförmig aufgeweitet.

Das System wird das erste Messsystem für die Hohlrauminspektion sein, das sämtliche relevanten Parameter gleichzeitig, schnell und hochaufgelöst misst. Es ermöglicht durch eine perfekte Datensynchronisierung den Vergleich mit vorherigen Messungen, sodass auch geringe Veränderungen am Bauwerk rechtzeitig erkannt werden.