

< Die Inspektion von Unterwasser-Bauwerken ist aufwändig und gefährlich. Laserscanner sollen in Zukunft die Überwachung der Anlagen übernehmen. Sie messen genauer und zuverlässiger als bisher eingesetzte Systeme.

GRUPPE AIRBORNE- UND UNTERWASSER-SCANNING

Abgetaucht: Laserscanning unter Wasser

Unterwasserbauwerke werden heute in der Regel von Tauchern inspiziert – teilweise unter hohem Risiko. Echte geometrische Zustandsmessungen finden praktisch nicht statt. Fraunhofer IPM konnte nun zeigen, dass 3D-Messungen mit Laserscannern auch unter Wasser möglich sind. Langfristiges Ziel ist ein LiDAR-basiertes Messsystem für die 3D-Erfassung von Unterwasserbauwerken.

Vor der deutschen Küste drehten sich im Jahr 2017 weit mehr als tausend Windenergieanlagen, weltweit förderten um die 600 Bohrplattformen Rohöl. Die Bauwerke liegen größtenteils unter Wasser und sind sehr rauen Umweltbedingungen ausgesetzt. Wie wichtig es ist, den Zustand solcher Bauwerke zu überwachen, hat der »Blowout« der Bohrplattform Deepwater Horizon im Jahr 2010 der Welt drastisch vor Augen geführt. Großstaudämme oder Tidenhubkraftwerke bergen ähnlich große Risiken. Messtechnik kann helfen, die Inspektion solcher Anlagen effizient, kostengünstig und präzise zu gestalten. Aber auch für die Kartierung von Binnengewässern und den Schiffsbau ist innovative Unterwassermesstechnik ein Gewinn: Fahrinnen könnten schneller und zuverlässiger vermessen, Retrofit-Maßnahmen an Schiffen effizienter geplant werden.

LiDAR statt Sonar

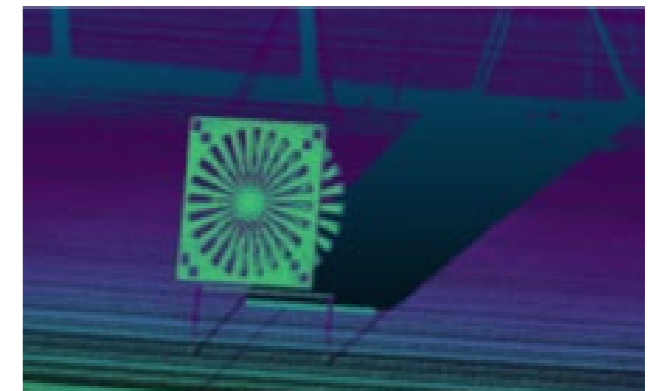
Zur Überwachung von Unterwasserbauwerken werden in der Regel Kameras genutzt. Die Bilder und Videos unterstützen die Sichtprüfung durch Taucher. Qualität und Reichweite der Bildaufnahmen sind aufgrund der Lichtverhältnisse jedoch begrenzt. Die Bewertung der Messbilder erfolgt manuell und liefert keine objektiven Messparame-

ter. Geometrische Größen – etwa zur Topographie von Meeresböden oder zur Positionsbestimmung von Objekten – lassen sich aus den Bildern mithilfe von photogrammetrischen Ansätzen nur mit sehr großem Aufwand ableiten. Großstrukturen werden üblicherweise mithilfe akustischer Messsysteme, zum Beispiel Sonar, erfasst. Der Nachteil: Sonar misst vergleichsweise langsam und ungenau. Scannende Sonar-Systeme liefern auch im Nahbereich nur Auflösungen von wenigen Zentimetern. Für das Zustandsmonitoring gilt es jedoch, auch millimeterfeine Verformungen aufzuspüren, die Schäden bereits in einem frühen Stadium ankündigen. Optische Verfahren sind den akustischen aufgrund kürzerer Wellenlängen und der konstanten und hohen Ausbreitungsgeschwindigkeit in puncto Genauigkeit und Messgeschwindigkeit grundsätzlich überlegen. Das Pulslaufzeitverfahren (Time-of-flight) gilt dabei als am besten geeignet für den Einsatz unter Wasser. Im Rahmen des von der Fraunhofer-Gesellschaft geförderten Projekts DeepInspect arbeitet Fraunhofer IPM gemeinsam mit Fraunhofer IGP an einem Unterwasser-Laserscanner, der diese Methode nutzt und eine echte 3D-Erfassung von Unterwasserbauwerken ermöglichen soll.

PULSLAUFZEITMESSUNG UNTER WASSER: Das Pulslaufzeitverfahren (Time-of-flight) ist eine sehr genaue optische Methode der Abstandsmessung. Ein kurzer Laserpuls wird ausgesendet, vom Messobjekt zurückgestreut und mit einem Detektor erfasst. Die Entfernung zum Objekt ergibt sich aus der Laufzeit, die der Puls von der Laserquelle zum Detektor benötigt. Lenkt man den Laserstrahl über einen kontinuierlich schwingenden oder rotierenden Spiegel ab, so lassen sich aus der Spiegelposition und der Lichtlaufzeit 3D-Bildpunktinformation ableiten (Scanner). Im optisch dichteren Medium Wasser ist die Lichtgeschwindigkeit geringer als in der Atmosphäre – ein Vorteil für die Messgenauigkeit. Gleichzeitig erschweren die geringe Sichtweite, Schwebeteilchen, Salzgehalt und damit Reflexionen die Messungen.

Streulichteffekte digital kompensieren

Time-of-flight-Messungen im trüben Medium Wasser durchzuführen, stellt die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vor neue Herausforderungen, denn für das Verhalten von Licht gelten unter Wasser andere physikalische Gesetze als in der Atmosphäre: Wasser schwächt Lichtstrahlen sehr stark ab, Streupartikel erschweren die Interpretation des eigentlichen Messsignals. Bereits im Vorfeld war klar, dass das Problem der Lichtabschwächung lösbar ist, da die Laserpulse bei ungestörter Lichtausbreitung über einige Kilometer ausreichend reflektiert werden. Ein Laserentfernungsmessgerät, das an Land über einen Kilometer misst, erreicht auch bei einer Abschwächung des Lichts auf ein Prozent über eine Messentfernung von 100 Metern noch immer eine ausreichende Signalthöhe. Solche Messentfernungen sind ausreichend für die meisten Messaufgaben unter Wasser. Als schwieriger erweist sich das Streulicht: Im Wasser schwebende Partikel reflektieren einen Teil des Messstrahls. Auf den Detektor trifft das Streusignal aller Objekte im Messvolumen, gesucht ist jedoch lediglich das Signal des am weitesten entfernten Messobjekts. Überflüssige Signale müssen daher vom Objektsignal getrennt werden. Der Schlüssel dazu liegt in der Signal-Digitalisierung: Schnelle Analog-/Digital-Wandler ordnen die digitalisierten Signale einer bestimmten Laufzeit und damit einer bestimmten Entfernung zu. Diese Technik wird bereits bei terrestrischen Laserscannern angewandt, z. B. um



Unter idealen Bedingungen im Testbecken misst der Unterwasser-Laserscanner mit einer Präzision von zirka vier Millimetern (hier ein Testobjekt).

Störsignale durch Vegetation zu beseitigen. Nun konnte das Team zeigen, dass dies auch bei kontinuierlich auftretenden Störobjekten gelingt – mithilfe von Echtzeit-Digitalisierung und nachträglicher Signalverarbeitung.

Das Team hat mit einem Prototyp erfolgreich Testmessungen in einem speziellen Wassermessbecken durchgeführt. In klarem Wasser wurde dabei eine Messgenauigkeit von vier Millimetern über eine Distanz von bis zu zehn Metern erreicht. Im Frühjahr 2019 wird das Messsystem, das in einem wasserfesten Druckgehäuse untergebracht ist, im Meer getestet.