

Fokus Laserscanning unter Wasser

Mehr Durchblick: 3D-Vermessung von Unterwasser-Infrastruktur und bathymetrische Messungen



Im Zuge des Klimawandels verändern sich Küstenverläufe dynamisch. Laserbasierte Systeme erleichtern die topographische Kartierung.

Was sich unter einer Wasseroberfläche verbirgt, ist mit Messtechnik nicht immer leicht zu erfassen. Unterwasser-Bauwerke werden heute in der Regel von Tauchern inspiziert. Solche Sichtprüfungen – unterstützt von Bild- und Videoaufnahmen – sind wenig objektiv, aufwändig und nicht zuletzt gefährlich. Auch weitere optische Methoden, wie z. B. die Lasertriangulation oder Photogrammetrie, haben begrenzte Reichweiten und sind empfindlich gegenüber trübem Wasser. Die bathymetrische Vermessung flacher Gewässer – speziell von Küstenbereichen und Wasserwegen – ist ebenso komplex und aufwändig. Es existiert bisher kein einheitlicher, automatischer Prozess, mit dem sowohl die Topographie des Umlands als auch die Topographie des Gewässergrunds erfasst werden kann, da diese Bereiche für Sonarsysteme oft nicht erreichbar sind. Als Mittel der Wahl bleibt deshalb vielfach nur die manuelle Vermessung mit einem GNSS-Lotstab. Die so erzielbare Auflösung ist jedoch begrenzt, die Messungen sehr zeitintensiv und kostspielig.

Die LiDAR-Technologie (Light detection and ranging) mit gepulsten Lasern bietet zahlreiche

Vorteile für 3D-Messungen unter Wasser oder bathymetrische Messungen. Diese LiDAR-Systeme messen genauer und detaillierter als etwa Kamera- oder Sonarsysteme und ermöglichen eine direkte, echte 3D-Erfassung – auch über vergleichsweise große Distanzen. Allerdings bringt das Medium Wasser einige grundsätzliche Schwierigkeiten mit sich, weshalb optische Systeme für Unterwasser-Messungen bislang kaum eingesetzt werden: Zum einen schwächt Wasser Licht stark ab; zusätzlich streuen Trübstoffe im Wasser das Licht und blenden die Sensoren. Den Forschenden am Fraunhofer IPM ist es in den vergangenen Jahren gelungen, diese Schwierigkeiten zu meistern. Zwei Systeme hat das Team inzwischen entwickelt: Das »Underwater LiDAR-System ULi« und das »Airborne Bathymetric System ABS«.

Bauwerke millimetergenau vermessen – in bis zu 300 Metern Tiefe

Der Unterwasser-Laserscanner ULi vermisst 3D-Strukturen unter Wasser – in Bewegung

von einem ferngesteuerten Unterwasserfahrzeug oder einem Schiff aus, kann aber auch statisch verwendet werden. So können Schäden an unter Wasser gelegener Infrastruktur wie Staumauern, Sockeln von Windkraftanlagen, Pipelines oder auch Datenkabeln rechtzeitig entdeckt werden. Aber auch Biofouling, das sich mitunter zentimeterdick an Schiffsrümpfen ablagert und den Kraftstoffverbrauch in die Höhe treibt, lässt sich mithilfe des Systems erfassen.

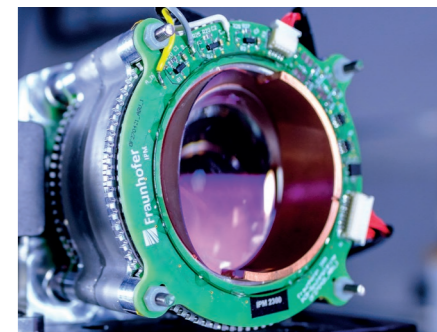
ULi taucht bis zu 300 Meter tief und erfasst Objekte mit Millimetergenauigkeit über Distanzen von mehreren zehn Metern. Dabei gilt: Je klarer das Wasser, desto besser das Messergebnis. Die Messdistanz liegt dabei etwa doppelt so weit wie die Sichtweite, wobei sich Strukturen deutlich unter einem Zentimeter auflösen lassen. Damit misst das System bis zu zehnmal genauer als zum Beispiel Sonar-Systeme und liefert ein präzises 3D-Modell des Objekts. ULi erfasst Unterwasser-Infrastruktur basierend auf dem Pulslaufzeit-Verfahren (Pulsed time-of-flight) mit Laserlicht von 532 nm Wellenlänge und nimmt bis zu 100 000 Messpunkte pro Sekunde auf. Der Messstrahl wird durch zwei rotierende Keilprismen abgelenkt. So erfasst der Scanner das volle Sichtfeld, ohne dass der Sensor bewegt werden muss.

Ultraleichter LiDAR-Scanner misst effizient aus der Luft

Laserbasierte Systeme sind geeignet, Gewässer effizient und mit einer vergleichsweise hohen Auflösung bathymetrisch zu kartographieren. Einzelne Laserbathymetrie-Systeme gibt es bereits. Sie sind allerdings groß und bis zu 200 Kilogramm schwer. Das nur

schuhkartongroße ABS ist mit einem Gewicht von etwa drei Kilogramm so leicht, dass es auf gängige Drohnen montiert werden kann. Durch das geringe Gewicht entfallen aufwändige und teure Fluggenehmigungen. Der LiDAR-Scanner erfasst die Topographie des Gewässerbodens sowie der Randbereiche nach dem Prinzip der Multiwellenlängenmessung mit zwei Laserstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge. Der Vorteil: Durch den Einsatz von zwei perfekt überlagerten Laserpulsen wird der unerwünschte Effekt der Lichtbrechung korrigiert, der die Wassertiefe optisch weniger tief erscheinen lässt, als sie tatsächlich ist. Das macht die Messungen wesentlich genauer als Messungen mit nur einem Laserstrahl. Der infrarote Messstrahl (1064 nm) dringt nicht ins Wasser ein und liefert somit Informationen über die Wasseroberfläche. Er kann aber auch zur Detektion von Vegetation speziell im Küstenbereich verwendet werden. So werden Messungen bis zu einer Tiefe von zwei Secchi – also zweimal die Sichttiefe des Wassers – möglich, mit einer Präzision von bis zu 10 cm.

Eine besondere Herausforderung bei Lasermessungen in Wasser ist die Signalauswertung: Das reflektierte Licht enthält unterschiedliche Echos – von der Wasseroberfläche, von im Wasser vorhandenen Partikeln und vom Gewässerboden. Diese Echofolge zu trennen, um die gesuchte Topographie zu extrahieren, gelingt nur mithilfe einer »Full-Waveform-Analyse« der Messdaten. Durch eigens entwickelte Algorithmen lassen sich so selbst kleinste Echos extrahieren und präzise erfassen. Durch Einbinden von GNSS-Daten kann die Flugtrajektorie bestimmt und mit den LiDAR-Daten zu einem kompletten, georeferenzierten 3D-Modell fusioniert werden.



*Blick unter das Gehäuse:
Der Unterwasser-Laserscanner
ULi taucht bis zu 300 Meter tief.*



LiDAR-Systeme messen präziser als Kamera- oder Sonarsysteme und liefern 3D-Modelle.«

*Dr. Christoph Werner,
Gruppenleiter*

Wasserbassin für Testmessungen
Seit 2022 testen wir unsere LiDAR-Systeme in einem Wasserbecken direkt vor Ort. Das Becken ist 40 Meter lang, 3 Meter breit und 2 Meter tief und bietet damit eine ausreichend lange Messstrecke für Testmessungen. Die Scanner können auf einer verfahrbaren Plattform über dem Wasserspiegel bewegt und auch ins Wasser getaucht werden. Über eine Filteranlage können Trübstoffe gezielt hinzugefügt oder abgesaugt werden. Das Becken für Forschungszwecke ist in seiner Größe einzigartig.

