

# LiDAR-Systeme für die topobathymetrische Vermessung

Ein Beitrag von *URSULA RIEGL* und *MARTIN PFENNIGBAUER*

3D-Daten sind wesentlicher Bestandteil des Vermessungswesens und bilden die Grundlage für viele Anforderungen unserer zunehmend digitalen Umgebung. Laserscanner von RIEGL sind heute weltweit im Einsatz, um die immer genauere und höher auflösende Vermessung der Welt vom Boden aus, zu Wasser und aus der Luft voranzutreiben. LiDAR-Technologie spielt dabei auch für die Erfassung von Wasserwegen und Küstengebieten eine wichtige Rolle.

RIEGL | Laserscanner | ALS | TLS | BLS | ULS | Wellenformanalyse  
RIEGL | laser scanner | ALS | TLS | BLS | ULS | wave form analysis

3D data are an essential part of surveying and mapping and are the basis for many requirements of our increasingly digital environment. Today, laser scanners from RIEGL are in use worldwide to advance the ever more accurate and high-resolution surveying of the world from a ground position, on water and from the air. LiDAR technology also plays an important role in the survey of waterways and coastal areas.

## Autoren

Mag. Ursula Riegl ist Assistentin der Geschäftsführung bei der RIEGL Laser Measurement Systems GmbH in Horn, Österreich. Dr. Martin Pfennigbauer ist dort Director Research & Intellectual Property.

[mpfennigbauer@riegl.com](mailto:mpfennigbauer@riegl.com)

Bei der Entwicklung von leistungsstarken und innovativen Geräten, die für sehr unterschiedliche Aufgabenbereiche optimiert sind, beruft sich RIEGL auf über 40 Jahre Unternehmenserfahrung im Bereich der Lasermesstechnik. Erfahrung meint dabei sowohl die Perfektionierung der Basistechnologie als auch die kontinuierliche Herausforderung, in klassischen Anwendungsbereichen wie auch in neuen Feldern neue Maßstäbe zu setzen. Diese Zielsetzung – und Leidenschaft – findet Ausdruck im Firmenleitspruch »Innovation in 3D«.

Seit den Anfängen des im niederösterreichischen Waldviertel ansässigen Unternehmens werden Laserentfernungsmessgeräte entwickelt – ursprünglich hauptsächlich für Industrieanwendungen – und auch vor Ort gefertigt. Seit der Einführung von Laserscannern richtete sich das RIEGL-Produktportfolio immer mehr auch an die Vermessungsbranche, dem heute wesentlichsten Absatzmarkt. In der luftgestützten Kartographie wurde die Effizienz von 2D-Laserscannern (Airborne Laserscanning, ALS) bald gewinnbringend eingesetzt, und auch in der Vermessung vom Stativ aus – zum Beispiel in den Bereichen Infrastrukturvermessung, Archäologie, Architektur – behauptete sich 3D-Laserscanning (Terrestrisches Laserscanning, TLS). Heute ist Laserscanning in diesem Markt längst zur Selbstverständlichkeit geworden.

Die komplette Entwicklung und Produktion von RIEGL-Produkten findet nach wie vor am Stammsitz in Horn statt. Hier sind Labor-, Fertigungs- und Testeinrichtungen vorhanden und damit eine enge Anbindung und ein reger Austausch zwischen den Design- und Entwicklungsteams und den vertriebsbezogenen Abteilungen. Niederlassungen in

den USA, Japan, China, Kanada und Australien gewährleisten die internationale Marktpräsenz und – gemeinsam mit zahlreichen Partnern – den weltweiten Vertrieb von RIEGL-Produkten. Am Standort USA sind in Orlando, Florida, in den letzten Jahren auch eine Servicestelle sowie ein Test- und Kalibrierfeld angelegt worden, um auf Supportaufgaben schneller reagieren zu können.

Ein entscheidender Technologiesprung gelang RIEGL 2005 mit der Vorstellung des luftgestützten Laserscanners LMS-Q560. Es war dies das erste kommerzielle ALS-Gerät, das die Wellenform aller Echosignale digitalisierte und die digitalen Signale zur späteren Analyse auf einem Datenrekorder speicherte. Die gespeicherten Signale werden nach der Befliegung im Postprocessing einer auf Gaußscher Dekomposition beruhenden Wellenformanalyse zugeführt. Mit dieser Kombination aus fortschrittlicher Hard- und Software können Messungen mit hoher Genauigkeit, Mehrzielfähigkeit und zusätzlichen Attributen realisiert werden. Aus räumlichen Abstandsdaten waren Punktwolken – bestehend aus kompakten Informationskernen – geworden: die neue Waveform-LiDAR-Technologie führte damit eine zuvor unbekannte Datenqualität als Standard ein. Datenanalyse und -filterung, Flächenklassifikation, die semiautomatische Generierung digitaler Geländemodelle (Digital Terrain Model, DTM) sind einige der Features, die den Vorteil von Waveform-LiDAR gegenüber bildgebenden Verfahren ausmachen. Diese kommen ganz besonders in der Vermessung – und dabei speziell bei der Durchdringung – von Vegetation zum Tragen.

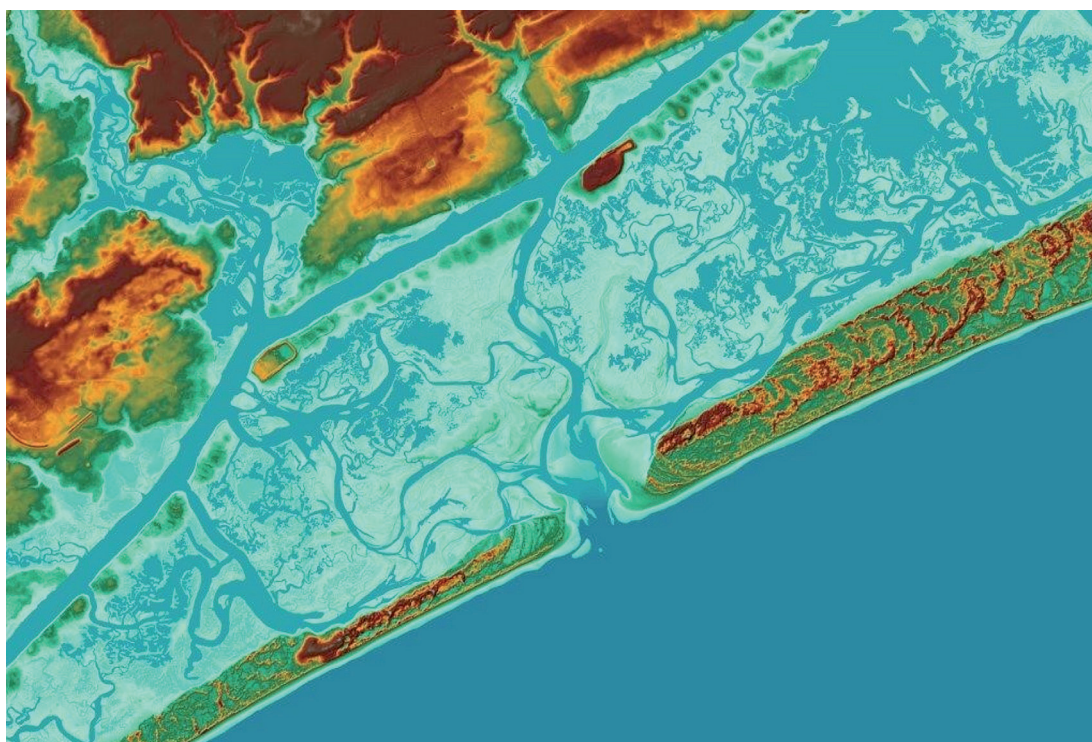
Mit der Einführung der V-Line-Gerätegeneration

beginnend ab 2009 konnte die Wellenformanalyse von der Nachverarbeitung direkt in das Gerät verlagert werden, wo sie in Echtzeit während der Datenaufnahme erfolgt. Dies bewirkt eine deutliche Beschleunigung der Datenverarbeitung und ist nicht zuletzt aufgrund der kontinuierlich gestiegenen Leistungsdaten der Scanner eine essenzielle Funktion. Während die Messrate 2005 noch bei 100 kHz lag, stellte RIEGL auf der Intergeo 2019 das Zwei-Kanal-ALS-System VQ-1560 II mit einer Messrate von 2,66 MHz vor. Mit Geräten dieser Leistungsklasse können selbst aus großer Flughöhe hochauflösende und hochgenaue Punktwolken aufgenommen und somit hunderte Quadratkilometer pro Stunde vermessen werden. Dies kommt beispielsweise bei der regelmäßigen Vermessung der Rocky Mountains durch die NASA zur Bestimmung der Schneehöhe und damit der Süßwasser-Reserven für Kalifornien zur Anwendung.

Ein Trend, der von RIEGL wesentlich mitbestimmt wird, sind benutzerfreundliche Systemlösungen für mobile Anwendungen auf Schienen- oder Straßenfahrzeugen im Bereich der Infrastrukturvermessung und in der luftgestützten Vermessung. Neben Einzelscannern (Scan Engines) bietet RIEGL nun vermehrt Gesamtsysteme an, die aus einem oder mehreren Laserscannern, aus integrierter INS-Lösung (Inertial Navigation System), aus Kamera(s) und Datenspeicher bestehen, welche ab Werk kalibriert und somit einfach und rasch auf einer Trägerplattform integrierbar sind. Diese Multi-Sensor-Systeme entsprechen durch die Konfiguration der integrierten Einzelsensoren der kundenseitigen

Forderung, in einer einzelnen Aufnahmeemission ein Maximum an komplementärer Information (Bild, Lage, Georeferenzierung etc.) über einen ebenso möglichst perfekt räumlich abgedeckten Vermessungsbereich zu generieren.

Ein Beispiel für ein derartiges leistungsstarkes Sensorsystem ist das Airborne-Laserscanning-System VQ-880-G, das 2014 auf den Markt kam: ein topo-bathymetrisches System, das zusätzlich zu den Systemkomponenten bathymetrischer (»grüner«) Laserscanner, INS und GNSS auch einen infraroten Laserscanner und eine Kamera enthält. Obschon RIEGL-Geräte seit Beginn auch im Umfeld von Wasser eingesetzt wurden – beispielsweise als Abstandssensoren für Dockinganlagen und für die Vermessung von Hafeninfrasturktur, Uferböschungen, Staudämmen und Küstenregionen mit Erosionsrisiko – war die Erfassung der Grundtopographie durch die Wasseroberfläche hindurch mit den bisher angebotenen Produkten nicht durchführbar gewesen. Als Thema von Forschungsarbeiten zusammen mit dem Arbeitsbereich Wasserbau der Universität Innsbruck wurde das Potenzial von LiDAR für die Bathymetrie ausgelotet. Dieses liegt in der Vermessung von Bereichen mit geringer Wassertiefe und in den Übergangszonen zwischen Land und Wasser (Abb. 1). Der erste RIEGL ALS-Scanner der neuen Klasse »Topo-bathymetric« für Flachwasserkartierung kam 2011 auf den Markt. Zusätzlich wurde geeignete Software entwickelt, um die spezifischen Herausforderungen bei der Verarbeitung der Daten – nämlich Wasserklassifikation, Wasseroberflächenmodellierung, Refrak-



**Abb. 1:** Onslow Bucht, North Carolina, USA: Topo-bathymetrische LiDAR-Daten veranschaulichen die Küsten- und Meerestiefeninformation und die Kraft der natürlichen Gezeitenströme

tionskorrektur – verlässlich zu meistern. Aus dieser Nische wurde für RIEGL schlussendlich ein eigener Produktbereich: Bathymetrisches Laserscanning, abgekürzt BLS.

Auf Hydrographie spezialisierte Vermessungsbüros, Geodatenprovider, Forschungsinstitute und staatliche Organisationen verwenden RIEGL-Scanner – oft auch in Verbindung mit Photogrammetrie- und Sonarsystemen – für die Vermessung von weitreichenden Küstenabschnitten, Flussläufen und Gletschergebieten. Die Ergebnisdaten dienen z. B. der Feststellung von topographischen Veränderungen und damit der Einschätzung von Risikofaktoren oder auch der Berechnung von Wassermengen.

Parallel zur Nachfrage nach Multi-Sensor-Systemen spiegelt sich ein weiterer Trend im RIEGL-Produktangebot: die Miniaturisierung von Sensoren. Gewicht und Größe spielen vor allem bei der Integration in komplexe Robotiksysteme und Drohnen eine wesentliche Rolle. Unbemannte Luftfahrzeuge haben in den letzten Jahren ihr nunmehr unbestrittenes Potenzial bewiesen und damit auch den Vermessungsmarkt revolutioniert. Der Miniaturlaserscanner RIEGL VUX-1 war 2014 der weltweit erste speziell für die UAV-basierte Vermessung entwickelte Laserscanner, mittlerweile bietet RIEGL eine Serie von Kleingeräten und komplexen Systemaufbauten an – und auch eine vollintegrierte UAV-Komplettlösung, den RiCOPTER mit VUX-SYS.

Der Einsatz von Laserscannersystemen von Drohnen aus eröffnete neue Perspektiven: Durch keine andere Methode war es davor möglich gewesen, sich in den Zielumgebungen so ungehindert wie in der luftgestützten Vermessung, aber dabei auch fast so nahe am Objekt wie bei terrestrischem Laserscanning zu bewegen. Das Ergebnis sind dichte, verschattungsfreie Aufnahmen, selbst in sehr komplexen räumlichen Situationen. Aktuell wird der Ein-

satz von UAVs ausgestattet mit LiDAR-Multi-Sensor-Systemen für den Einsatz in Katastrophenszenarien getestet. Anders als bei präzisen Modellierungsaufgaben werden die Daten in Echtzeit für die unmittelbare Lageeinschätzung und Koordination der Hilfskräfte bereitgestellt. Weitere typische Aufgaben für ULS (UAV-basiertes Laserscanning) finden sich bei Routine-Monitoringaufgaben zu Sicherheitszwecken im Infrastrukturbereich oder zur Dokumentation im Bauwesen oder im Tagebau.

Das Interesse, die Möglichkeiten der völlig neuen Aufnahmeposition vom UAV aus und der sich daraus ergebenden Vorteile auch für bathymetrische Anwendungen nutzbar zu machen, führte zur Entwicklung eines ersten UAV-basierten Laser-Profilmessgerätes RIEGL BDF-1 (2015), das sich hauptsächlich zur Vermessung von Fließgewässern eignet. Im Abstand der gewählten Fluglinien des Träger-UAVs ergeben sich Linien aus Einzelmesspunkten, die das Flussbettprofil und die Uferböschung abzeichnen. Die vielversprechenden Ergebnisse aus der Entwicklung dieses ersten U(B)LS-Gerätes ließen rasch den Wunsch nach einem ersten UAV-basierten Bathymetriescanner laut werden. Diesem wurde 2018 mit der Präsentation des RIEGL VQ-840-G entsprochen. Das kompakte BLS-System mit einem Gewicht von nur etwa 12 kg weist mit bis zu 200 kHz Messrate und einer Eindringtiefe von mehr als zwei Secchi-Tiefen aus einer Flughöhe von etwa 75 m sehr attraktive Leistungsdaten auf. Gewässerabschnitte von kleinem bis mittlerem Umfang können mit diesem System schnell und mit sehr hoher Auflösung vermessen werden.

Parallel zu dieser Entwicklung wurden auch für den Airborne-Sektor Upgrades im bathymetrischen Produktportfolio vorgestellt: Die Schwestertypen RIEGL VQ-880-GH, spezialisiert für die Integration im Helikopter (Abb. 2), und RIEGL VQ-880-G II für Flächenflieger. Mit moderner Kamerakonfiguration, höherer Messrate und deutlich verbessertem Infrarotkanal stellen diese Systeme die ideale Lösung für großflächige Projekte dar.

Die Bedeutung der hydrographischen Vermessung hat in den letzten Jahren verstärkt öffentliche Aufmerksamkeit erhalten: Die dramatische Gefährdung unserer Gewässer als Trinkwasservorrat, Nahrungsmittelquelle und Verkehrsweg, aber auch die Bedrohungen von Lebensraum und Ressourcen durch Trockenheit und Überflutungen sind aktuell viel diskutierte Themen. Es ist zu erwarten, dass sich hieraus weiteres Marktpotenzial für die zum Einsatz gebrachten Messsysteme – aber auch zusätzliche, neue Anforderungen – ergeben werden. Durch intensive Zusammenarbeit mit Kunden, Partnern und Forschungsinstituten setzt RIEGL alles daran, neue Fragestellungen früh zu erkennen und durch kontinuierliche Weiterentwicklung zuverlässige technologische Antworten zu definieren. //



**Abb. 2:** Vermessung von Küstengebieten in Japan mit dem RIEGL VQ-880-GH, integriert im Vermessungshubschrauber von NAKANIHON