

Schriftenreihe aus dem
Institut für Rohrleitungsbau
Oldenburg



Band 49

ROHRLEITUNGEN UND KABEL – KRITISCHE INFRASTRUKTUR UND VERSORGUNGSSICHERHEIT

Tagungsband zum 35. Oldenburger Rohrleitungsforum

3D-Laserscanning in nicht begehbaren Kanälen

Referenzmessungen für die Unterwelt in Kombination mit Oberflächenscans durch autonom fliegende Laserscanner

Von Lüdeke Graßhoff

1 Abstract

Kein anderes Thema in der Vermessungstechnik hat sich in den letzten Jahren so dynamisch entwickelt wie der Bereich des Terrestrischen 3D-Laserscannings. Der Startschuß für das Laserscanning Verfahren fiel im Jahre 2000 (Cyrax 2500). Von koffergroßen Abmaßen und Gewichten von über 30 Kg ist man mittlerweile bei von Baugrößen von 150mm Höhe, 80mm Durchmesser und einem Gewicht von weniger als 900g (und das inklusive des Akkus) angekommen. Noch vor 5 Jahren waren hier Scannergewichte von knapp 20 kg völlig üblich.

Für unseren Bereich in der Kanalanwendungen können wir uns genau dies zu Nutze machen. Bereits ab einem Durchmesser von DN 500 (Ei 400x600) ist es nun endlich möglich mit den Scansystemen durch Abwasserkanäle zu fahren. Hierbei ist der limitierende Faktor mittlerweile nicht mehr die Baugröße der Scanner, sondern eher der naheliegende Messbereich, da die Scanner in der Regel mit 50cm als untere Messgrenze angegeben sind. Die Reichweiten der Scanner liegen in Normalfalle zwischen 50 und 150 Metern oder sogar darüber.

Auch große Bauwerke mit Durchmessern und Tiefen von über 50m sind somit problemlos zu erfassen. Die integrierten sehr hochauflösenden Fotokameras bilden die Umgebung ab und stellen uns als Anwender zusätzlich Kugelbilder zur Verfügung. Durch dieses Verfahren wird die Punktwolke zusätzlich in naturgetreuen Farben dargestellt, so dass mit den aktuellen Modellen tatsächlich eine Art „Virtual Reality“ erzeugt wird, durch die sich der Betrachter interaktiv mittels der freien Sichtprogramme bewegen kann.

2 Statisches Laserscanning

Beim Statischen Laserscanning wird, wie der Name schon besagt an einem statischen Punkt die Scanvermessung ausgeführt. Bei dem Scan (Dauer 1 bis 4 min) darf der Scanner nicht bewegt oder Erschütterungen ausgesetzt werden. Dann setzt man den Scanner zum nächsten Standpunkt um und löst den nächsten Scan aus. Der Abstand zwischen den Scanstandorten ist immer abhängig von der Umgebung. An der Oberfläche kann der Abstand mitunter über 10m liegen, in den Kanälen beträgt er in der Regel je nach Durchmesser und Materialbeschaffenheit zwischen 2m und 5m.

Diese einzelnen Setups aus den Scans werden dann bereits in Teilmenge auf ein Tablett übertragen und können dort registriert werden. Registrieren nennt man den Vorgang die einzelnen Punktwolken möglichst genau in Deckung zu bringen (in Lage und Neigung) und zu optimieren, so dass es nicht zu Verzerrungen bzw. zu Ungenauigkeiten kommt. Es lassen sich so durchaus Genauigkeiten von 2mm bis 3mm auf einer Strecke von 100m erreichen.

2.1 VIS – System – Visuelles Innertial System

Bis ca. 2019 musste für genau diesen Registriervorgang an den Messobjekten, also für uns im Kanal, Zielmarken (Schwarz-Weiß Targets) angebracht werden, um eine exakte Verknüpfung der Scans zu erreichen. Im Jahre 2019 hat die Firma Leica Geosystems das Visuelle Innertial System (VIS) entwickelt und auf den Markt gebracht. Das VIS verfügt über 5 eigene Kameras mit denen die Umgebung speziell bei der Bewegung des Scanners beobachtet wird und einzelne Fixpunkte festgehalten werden. Genau diese Punkte werden dann nach Erreichen des nächsten Scanstandpunktes wieder ermittelt und über Triangulation kann dann die genaue Position des Standpunktes berechnet werden. Genau gesagt wird sogar während der Bewegung über dieses Verfahren die Trajektorie errechnet und der visuelle SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) bestimmt.



Bild: Darstellung der verwendeten visuellen Fixpunkte (grün) bei Bewegung des Scanners RTC360



Bild: Visueller Slam am Beispiel des BLK2GO

2.2 Genauigkeiten IKT

Immer wieder stellt sich die Frage, welche Genauigkeiten mit dem 3D-Laserscanning verfahren erreicht werden? Dazu hat jüngst in der Ausgabe 11 der Korrespondenz Abwasser die Arbeitsgruppe der DWA ES-4.3 einen sehr interessanten Projektbericht veröffentlicht (*Messungen zur Quantifizierung bei der erweiterten Zustandserfassung von Entwässerungssystemen – Teil 1: Profilmäßbestimmung*).

Da nicht mal der Hersteller Leica Geosystems eine Angabe zu den Genauigkeiten im Kanal machen konnte oder wollte, haben wir eine Überprüfung der Messwerte eines 3D-Laserscan-systems beim IKT in Gelsenkirchen in Auftrag gegeben. Mit Nummer P08358 ist der Prüfbericht veröffentlicht worden, der aber auch auf unserer Webseite (<https://geodoc-gmbh.de/was-wir-machen/3d-laserscan/referenzmessung>) abgerufen werden kann. Als Ergebnis wurde eine Genauigkeit von besser als 0,1% Prozent festgestellt. Damit kann das für die Sanierung wichtigste Maß, das innenliegende Profulumfangsmaß, mit einer Genauigkeit von 2mm ... 3mm bestimmt werden (Am Beispiel eines DN 1200 Kreisprofils).

Bestätigt wurde auch, dass das Messergebnis relativ unabhängig vom Material und der Lage des Scanners im Kanal ist. So kann sich der Scanner durchaus schräge oder nichtmittig im Kanal befinden. Um auf die unterschiedlichen Rohroberflächen (hell, dunkel, reflektierend, nass) zu reagieren, sendet der Scanner ein intensives Signal und zusätzlich ein weniger intensives Messsignal aus, von dem dann das jeweils bessere Ergebnis für die Messung verwendet wird.

Unserer Philosophie nach sollten die Vermessungsergebnisse für Kanalwendungen in der höchstmöglichen Genauigkeit ermittelt werden, den der aktuelle Stand der Technik anbieten kann. Im weiteren Verlauf ergeben sich noch Ungenauigkeiten, die sich in der Regel eher aufsummieren. Weiters ist aber sehr gut in dem oben genannten Bericht der DWA Arbeitsgruppe ES-4.3 beschrieben.

3 Auswertungsmöglichkeiten

Mit der Messgenauigkeit von besser als 0,1% lassen sich nun umfangreiche und aussagefähige Auswertungen erstellen. Dafür werden die Punktwolken in Plug-In Software für CAD Programme (z.B. AutoCAD, BricsCAD) übertragen, und es lassen sich somit die gewünschten Zeichnungen erstellen. Einige Maße und Zeichnungen lassen sich sogar bereits mittels des freien Viewers abgreifen. Aber nur mit der speziellen CAD Software ist es möglich Schnitte genau lotrecht zur neutralen Achse der Rohre zu erstellen, ansonsten würde man mit einem „schiefen Schnitt“ das Messergebnis verfälschen. Grundsätzlich sind hier 2 Verfahren üblich:

- a) die Bearbeitung der Punktwolke im CAD oder
- b) die Erstellung von 3D-Vermaschungen (Meshes) mit spezieller Software. (z.B.: Cyclone 3DR, Reshaper, Revit).

3.1 Querschnittszeichnungen

Überträgt man die Punktwolken in die spezielle Software Cyclone 3DR, Revit, ..., lassen sich lotrecht zur neutralen Achse halbautomatisch Schnitte erstellen. Dies Schnitte können dann

direkt mittels CAD Software bearbeitet und um weitere Information ergänzt werden. Dabei wird zum Beispiel die millimetergenaue Schnittposition (rotes Fadenkreuz in Bild unten) mit georeferenzierten Koordinaten mit ausgegeben. Dargestellt ist auch der zum Beispiel unter Wasser liegende und nicht durch den Scanner erfassbare Bereich, der (magentafarben) anhand von Zeichnungen und anderen Querschnittspositionen konstruiert werden konnte. Zusätzlich zur Breite und Höhe wird hier das innenliegende Umfangsmaß ausgegeben. Höhenkoten sowohl am Scheitel und in der Sohle geben den Sanierungsfirmen wichtige Informationen für den Neubau des Kanals.

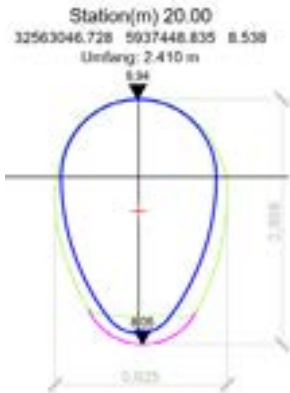


Bild: Querschnitt durch Eiprofil mit Darstellung des Istzustandes (grün) und Neurohr (blau) und Höhenkoten.

Die nächste Grafik stellt sogar das geplante Neurohr mit Innen- und Außenmaß dar, wobei in diesem Beispiel durch die deutliche Verkleinerung des Profils eine Kollisionsprüfung relativ unkritisch ist. Grau dargestellt ist hier der Vergleich mit einer Scanstation bei 3,0m um die Größe der Verformung exakt darstellen zu können.

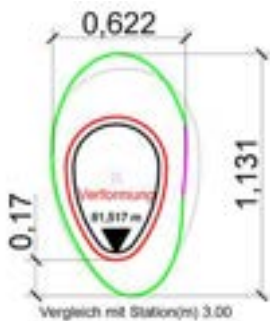


Bild: Querschnitt Eiprofil mit Istzustand (grün), Vergleich des Idealrohres (grau) und Neurohres (schwarz, rot)

3.2 Grundrisse

In der Draufsicht lassen sich mittels der georeferenzierten Scandaten selbstverständlich auch Grundrisszeichnungen erstellen. Zum Beispiel kann ein in beliebiger Höhe angesetzter Schnitt und Schnitte in verschiedenen Höhen erstellt werden und so kombinieren, dass sehr übersichtliche Zeichnungen geliefert werden können. Sämtliche Bemaßungen sind auch hier wieder im Millimeterbereich, bzw. können aus dem mitgelieferten CAD Zeichnungen (DWG oder DXF) von Anwender abgegriffen werden.

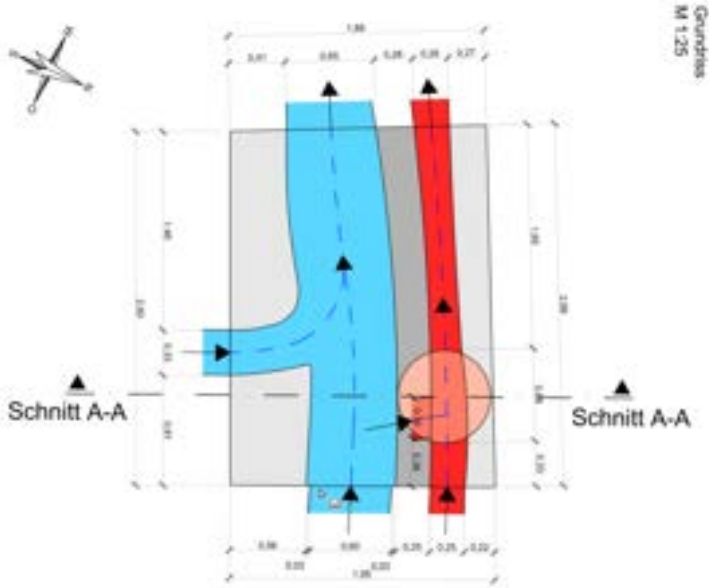


Bild: Grundrisszeichnung eines Schachtes mit umfangreicher Bemaßung in der Draufsicht.

Die Erstellung der Draufsichten funktioniert natürlich nicht nur im Kleinen, sondern lässt sich auch im Großen für ganze Kanalhaltungen mit horizontalem Schnitt erstellen. Genau dies ist für nicht geradlinig verlegte Kanäle mit teilweise unbekannter Lage von elementarer Bedeutung. Auch hier kann die Lage so genau bestimmen, dass Schadenspositionen mit der Lagegenauigkeit von 2cm ... 3cm an der Oberfläche abstecken lassen. Diese Genauigkeit erscheint nicht immer erforderlich, aber z. B. bei Rammarbeiten werden teilweise lichte Maße von 50cm genutzt. Auch für Baugruben und Kopfächer, die andere Versorgungsleitungen kreuzen sind solche Anforderungen an die Genauigkeit durchaus gefordert.

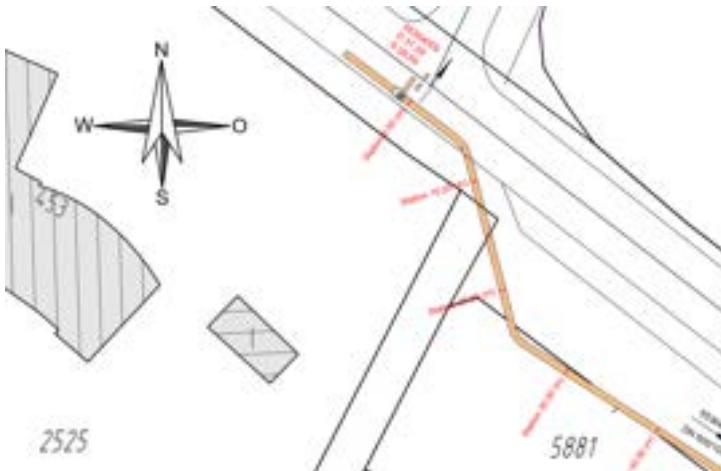


Bild: Draufsicht georeferenzierter Kanalverlauf einer nicht geradlinigen Haltung.

3.3 Rohrverlegepläne

Mittels der georeferenzierten Draufsicht (horizontaler Schnitt) lassen sich unter anderem Rohrverlegepläne erstellen. Diese sind so hochauflösend, dass sich hier sogar die Muffen der einzelnen Rohrstücke darstellen lassen. Wir haben diese Rohrverlegepläne bereits dazu genutzt, um zu simulieren wie lang die Formstücke gefertigt werden können, um noch im Kanal durch die Bögen ‚geschoben‘ zu werden und um durch die Schachttöffnung zu gelangen. Eine weitere Stufe auf diesem Datenbestand ist die Kollisionsprüfung der neuen Formteile auf Basis des 3D-Modells (Vermaschung) des Bestandskanales. Auch hier hat es sich bewährt Höhenkoten mit auszugeben, damit die Sanierungsfirmen bereits Informationen darüber erlangen, wie weit jedes Rohr unterfüttert werden muss.

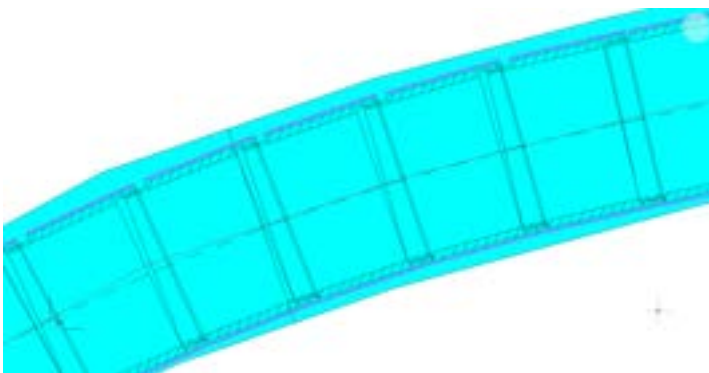


Bild: Ausschnitt aus einem Rohrverlegeplan mit Darstellung der Muffen des neuen Rohres.

3.4 3D-Modellierung

Um die Weiterverarbeitung der Daten aus dem Laserscanning Verfahren zu gewährleisten, ist es oftmals notwendig die Daten vom Punktwolkenformat in ein CAD Format zu transformieren. Dazu werden die Punktwolken über geeignete Software wie oben beschrieben in ein Mesh transformiert, so dass sich die Dateien z.B. dann als Standard *.dwg-Datei und Orbit Werkzeug im CAD weiterverarbeiten lassen. Nach der Glättung der Oberfläche kann man über die Maschenweite des Meshes dann die Genauigkeit definieren. Je nach Auflösung reduziert sich dadurch die Datenmenge deutlich (mind. Faktor 1/10 oder höher). Jetzt lassen sich die verschiedensten Auswertungen anwenden (Ovalitätsanalyse, Abweichung vom Sollwert, Neutrale Achse, Schnitte, Volumina, ...)



Bild: Punktwolke eines Schachtes



Bild: 3D-Modell (Mesh) des Schachtes



Bild. Schachtvermaschung als DWG-Datei



Bild: Detail der Schachtvermaschung

4 Mobiles Laserscanning – Mobile Mapping

Worin besteht nun der große Unterschied beim „Mobilen Laserscanning? Gegenüber den Terrestrischen Scannen (Statischen Scannen) wird beim Mobile Mapping bereits während der Bewegung ohne anzuhalten gescannt. Dieses Verfahren bringt einen deutlichen Geschwindigkeitsfaktor (ca. 10-mal schneller) mit sich – im Gegenzug stellt das Mobile Mapping natürlich umso höhere Anforderungen an die Registrierung (Zusammenfügen der einzelnen Messpunkte) mit sich. Fortwährend muss dazu beim Scanvorgang der aktuelle Standpunkt bekannt sein, was durch verschiedene Algorithmen erreicht wird.

Zum Visuellem Slam (siehe Pkt. 2.1 **VIS-System** – visuelles Inertial System) der über Fotokameras die Umgebung auswertet, kommt der **IMU Slam** (das ist der Slam durch die Inertiale Measuring Unit) z.B. durch ein Altimeter, Neigungssenor bzw. Gyroskop und letztendlich durch den **LIDAR Slam** (Berechnung der jeweiligen Position über die Punktwolke des LIDAR Systems).

Mit diesen 3 SLAM Berechnungen kann schon direkt bei der Bewegung, also beim Scanvorgang, die Trajektorie (Bewegungslinie) angezeigt werden. Dies hat vielfältige Vorteile. So erhält der Bediener in Echtzeit Informationen über seinen jeweiligen Standpunkt, was z.B. innerhalb von Gebäuden oder in Labyrinth oder in Tunnelsystemen ein erheblicher Vorteil ist.



Bild: Trajektorie (Grüne Linie) beim Gang durch ein Gebäude

4.1 Spot – Boston Dynamics

Das wohl bekannteste Mobile Mapping System ist sicherlich der „Roboterhund“ inkl. dem Leica BLK-ARC Scanner. Die korrekte Bezeichnung wäre natürlich der Spot von Boston Dynamics. Vielfach findet er bereits Anwendung im Industriebereich und z.B. für Sicherheitskräfte um möglichst autonom ein Messmittel an die gewünschten Orte zu transportieren.



Bild: Spot von Boston Dynamics bei GEODOC in Hamburg

Natürlich haben wir den Spot auch bereits in Kanalanwendungen getestet, um zum Beispiel Kanalstrecken, die weder mit einem fahrbaren Kamerasystem zu inspizieren sind, noch durch eine Begehung erfasst werden können, da der Querschnitt dies nicht hergibt oder der Kanal z.B. einsturzgefährdet ist. Folgendes Foto stellt einen verrohrten Bachlauf dar, durch den kein Kamerafahrzeug fahren könnte. Zusätzlich erschwert der vorhandene Wasserstand die Inspektion. Hier wäre es nahezu ideal, wenn wir den Spot durch diese Haltung laufen lassen könnten.



Bild: Verrohrter Bachlauf mit Geröll und Wasserstand

Leider kommen die Sensoren des Spot noch nicht mit dem Wasserstand in der Sohle klar. Die Kameraerfassung sieht die Wasseroberfläche als festen Untergrund an und tritt dann sozusagen ins Leere. Dabei könnte er ins Stolpern geraten, so wie zum Beispiel ein Jogger der im Dunkeln eine Bodensenke übersieht. Natürlich muss der Spot auch über entsprechende Lüftungsschlitze für seine PC-Systeme verfügen. Diese Lüftungen sitzen aber an der Unterseite (Bauchseite) und wenn der Spot in seine Grundstellung (Notstellung) geht, macht er Platz wie ein Hund und legt sich hin, was natürlich dann bei vorhandenem Wasserstand im Kanal dazu führen würde, dass das Wasser über die Lüftungsschlitze eingesaugt werden würde.



Bild: Spot von Boston Dynamics im Kanal.

Trotzdem dürfen wir hier auf entsprechende Weiterentwicklungen sehr gespannt sein, da sich damit einige Probleme in komplexen Projekten lösen könnten.

4.2 BLK ARC

Mit dem BLKARC hat die Firma Leica Geosystems ein dynamisches Laserscanning Modul für den Einsatz auf allgemein gesprochen Trägersystemen/Roboterfahrzeugen geschaffen. Der Scanner ist nur noch 18cm hoch und 9 cm breit und wiegt 690g inkl. der Batterie.



Bild: BLK Arc inkl. Bemaßung.

Zusätzlich verfügt der BLKARC über eine sehr hochauflösende Kamera (12 Megapixel) und speziell für den visuellen Slam 3 Kameras mit je 4,8 MPx. Die geringe Baugröße und das Gewicht, sowie die Möglichkeit ein Mobile Mapping durchzuführen, versetzt uns nun in die Lage mit dem BLK ARC auf einem Kanal-TV-Fahrgewagen als Trägerfahrzeug durch den Kanal zu fahren und die Rohrgeometrie hochauflösend zu scannen und die Abmaße komplett zu erfassen



BILD: BLK Arc im Kanal auf Kanal-TV-Fahrgewagen

Schon erste Versuche zeigten, dass die Messergebnisse mit dem BLK ARC ebenfalls mit einer Genauigkeit im Millimeterbereich aufgenommen werden können und sich die Ergebnisse kaum von den Referenzdaten des RTC360 unterscheiden.

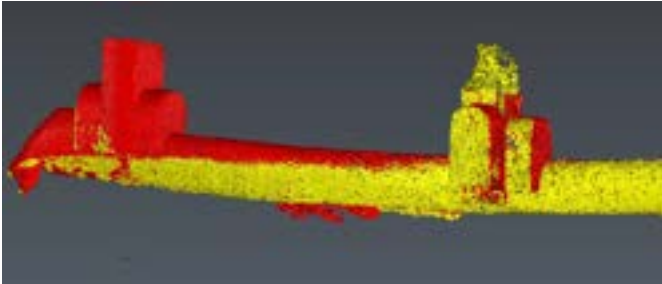


Bild: Differenz Punktwolken des BLK ARC (gelb) und Referenz RTC360 (rot)

4.3 BLK2FLY- weltweit erster autonom fliegender Laserscanner

Genau dieses Laserscanning Modul des BLK ARC wurde zusammen mit einem Quadrocopter entwickelt um das Mobile Mapping während des Fluges auszuführen. Serienreif war der BLK2FLY Anfang des Jahres 2022. Verschiedene Sensoren wie GNSS zur Positionsbestimmung, 3 Radarantennen zur Hindernisvermeidung, 5 Kameras für den visuellen SLAM, WLAN und LTE Antennen sorgen dafür, dass der BLK2FLY seinen Flugplan völlig autonom abarbeitet und auch nicht mehr, wie sonst üblich bei Drohnen, per Joystick gesteuert wird.



Bild: BLK2FLY von Leica Geosystems – erster autonom fliegender Laserscanner.

Der Pilot bedient den BLK2FLY über ein handelsübliches IPAD und erhält dort alle relevanten Daten wie Echtzeit-Video-Ansicht, Live Punktwolke oder Kartenansicht um die Vermessung mit

dem BLK2FLY zu kontrollieren und zu steuern. Da der BLK2FLY noch zwingend über eine Positionsbestimmung via GNSS benötigt und seine Baumaße 60x53cm betragen, ist er noch nicht in der Lage im Kanal eingesetzt zu werden. Außerdem ist die automatische Hinderniserkennung für einen minimalen Abstand von 2m von einem Objekt ausgelegt. Bei einem autonomen Flug im Kanal würden wir diesen Sicherheitsabstand fast immer deutlich unterschreiten. Trotzdem nutzen wir den BLK2FLY seit Q1/2022 um für die Scans im Kanalbereich zusätzlich die Oberfläche mit zu erfassen und miteinander zu verbinden. So ist der Projektleiter jederzeit in der Lage seine Baustelle virtuell Über- und Unter Tage zu begehen. Auch schwer erreichbare Positionen wie Dachflächen, abgeschirmte Bereiche, hohe Gebäude, und weitere entlegene Stellen können mit dem BLK2FLY gescannt und vermessen werden und liefern den Anwender vollständige Informationen mit einer Genauigkeit von ca. 2cm in Lage und Höhe.

Trotzdem lässt sich erkennen, dass entwicklungsstechnisch bereits an weiteren Schritten zur Miniaturisierung für einen Betrieb in engen Räumen geforscht wird.

4.4 Elios 3 – Flyability

Eine bahnbrechende Weiterentwicklung der ELIOS 2 Drohne ist die ELIOS 3, die seit ca. September 2022 erhältlich ist. Die für Vermessungsarbeiten wichtigste Komponente ist das LIDAR Modul, mit dem hochdichte Punktwolken erzeugt und in Echtzeit an das Bedienpanel übertragen werden. Zusätzlich wurde die Beleuchtung nochmal auf 16.000 Lumen verbessert und zur 4K Videokamera noch eine Wärmebildkamera zugefügt. Ein Range Extender verlängert das Funksignal und soll es auch ermöglicht größere Entfernungen bis ca. 180m zu realisieren.



BILD: Elios 3 Drohne von Flyability.

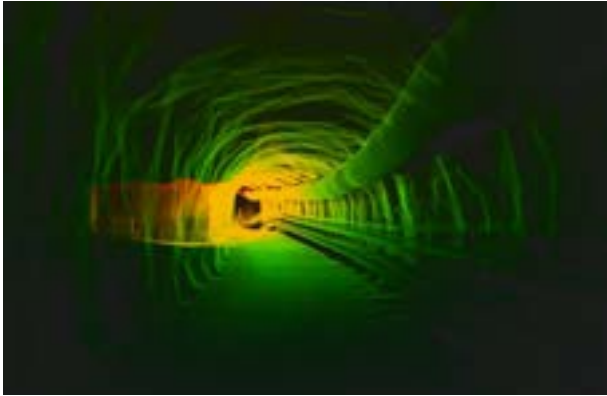


Bild: Punktwolke der ELIOS 3 Drohne exemplarisch aus einem Stollensystem.

4.5 Pegasus TRK

Ein weiteres System für das Mobile Mapping ist z.B. das Pegasus TRK System, welches auf dem Dach eines Fahrzeuges montiert wird. Bei der Datenerfassung mit Scangeschwindigkeiten von 0,15 m/s (BLK ARC) oder 2m/s (BLK2FLY) stößt man mitunter an Grenzen, da vielfach, wie z.B. im Straßenbereich, das Mobile Mapping eine deutliche Beeinträchtigung der anderen Verkehrsteilnehmer darstellt. Hier bieten Systeme wie Pegasus TRK ganz andere Möglichkeiten. Es lassen sich z.B. Straßenbereiche mit einer Geschwindigkeit von bis zu 130 km/h (36 m/s) abscannen. Bei einer Versuchsfahrt mit 15 km/h (4m/s) konnten Punktwolken mit einer Dichte von 1 cm erzeugt, und auf einer Strecke von 7,5 km über 22.000 hochauflösende Fotos der Straßenoberfläche aufgenommen werden. Vergleicht man diese Messfahrt mit der Fahrt mit dem BLK ARC durch den Kanal, so waren wir mehr als 25 mal so schnell unterwegs.



Bild: Leica Pegasus TRK System montiert auf Autodach

Das Pegasus TRK System bietet die Möglichkeit neben 2 LIDAR als Hauptscanner, 2 zusätzliche Lidar Scanner für den SLAM, 8 Kameras für die Oberflächenerfassung, eine 360 Grad Kamera und GNSS Empfänger zu verwenden. Im Vergleich zu einem Terrestrischen Scan konnte die Datenerfassung ca. 80-mal schneller erfolgen, wenn auch der stationäre Scan eine ca. um Faktor 10 höhere Auflösung bietet. Das Ziel eines solchen Systems ist nicht nur die Fotografische Erfassung und Vermessung, sondern die anschließende automatische Erkennung und Digitalisierung der Objekte zur weiterführenden Auswertung.

5 Projektbeispiele

In meinem Vortrag werden ich anschauliche Projektbeispiele zu den oben beschriebenen Systemen präsentieren (Doppeldüker unter Autobahn, Ortung eines einsturzgefährdeter Kanals mit 13m Überdeckung und komplexer Zugangsmöglichkeit,) und die Möglichkeit bieten, durch verschiedene Punktwolken zu ‚fliegen‘. Daraus lassen sich dann weiter Ergebnisse und Erkenntnisse ableiten und eventuell auf weitere Anforderungen und Projekte übertragen.

6 Hinweis

In diesem Beitrag wurden die meisten Messsysteme der Firma Leica Geosystems Part of Hexagon vorgestellt. Dies liegt daran, dass man Leica sicherlich als Marktführer in diesem Bereich bezeichnen muss. Zusätzlich setzen wir fast ausschließlich Komponenten der Firma Leica ein und arbeiten im Bereich von Weiterentwicklungen (Hard- und Software) eng mit der Entwicklungsabteilung zusammen. Daher ist es naheliegend hier Systeme von Leica exemplarisch vorzustellen. Natürlich gibt es in dem Bereich aber auch noch andere Anbieter, die sich leicht über das Internet recherchieren ließen.

Autor:

Dipl.-Ing. Lüdeke Graßhoff

GEODOC GmbH
Liebigstraße 64
22113 Hamburg

Tel.: +49-40-72000-630

E-Mail:

lgrasshoff@geodoc-gmbh.de

Internet:

www.geodoc-gmbh.de



ISBN 978-3-8027-3519-6