

# Zustandserfassung



Abbildung 1: 3D-Ansicht Düker Baumwall, Hamburg | Fotos: Geodoc GmbH

3D-Laserscanning in Entwässerungsobjekten

## Die Erschaffung einer virtuellen Kanal-Realität

Die Geodoc GmbH aus Hamburg entwickelt ein mobiles 3D-Laserscanning-System auch für nicht begehbare Kanäle, große Sammler, Bauwerke und tiefe Deponieschächte, mit dem sich nicht nur die exakte Vermessung durchführen lässt, sondern parallel eine optische Inspektion durchgeführt werden kann.

*Von Dipl.-Ing. Lüdeke Graßhoff\**

Seit nunmehr über einem Jahr arbeitet die Geodoc als eine der ersten Firmen in Norddeutschland mit dem völlig neuen 3D-Laserscanner RTC 360 von Leica Geosystems. Als

ich diesen Scanner bei der ersten Präsentation auf der Leica-Tour gesehen habe, wusste ich sofort, dass wir nun endlich ein hochmodernes System für das 3D-Laserscanning im

Kanal entwickeln können, mit dem wir uns auch die nicht begehbaren Bereiche erschließen können.

**Was ist 3D-Laserscanning?**

Ein 3D-Laserscanner sendet einen sehr feinen Laserstrahl über einen rotierenden Spiegel aus und fängt ihn wieder ein. Dieser Vorgang wird – während sich der Scanner 360° um seine eigene Achse dreht – 2 Millionen Mal in der Sekunde wiederholt. Das Scannen erfolgt mit einer Genauigkeit von bis zu 3 mm auf eine Entfernung von 10



Abbildung 2: Pepermölenbek, ältester Kanal Hamburgs

m. Die Reichweite des Scanners beträgt bis zu 130 m Entfernung. In dem 60 Sekunden dauernden Scanvorgang werden 120 Millionen Messpunkte vermessen. Aus diesen vielen Millionen Einzelpunkten entsteht dann die Punktwolke, mit der sich eine Vielzahl verschiedener Auswertungen durchführen lassen:

- millimetergenaue Vermessung
- Querschnitte, Profile
- 3D-Modelle
- Deformationsanalysen
- Volumenberechnungen
- Rissvermessung

#### Das Besondere am RTC 360-Scanner

Der RTC 360 von Leica ist aktuell weltweit das schnellste 3D-Laserscansystem. In weniger als 60 Sekunden erstellt er den vollständigen Scan bei einer Auflösung von 3, 6 oder 12 mm in 10 m Entfernung. Zusätzlich zu der Laservermessung werden in knapp 60 Sekunden

die hochauflösenden 432 Mega-Pixel (MP) großen Panoramafotos als HDR-Bilder mit fünf verschiedenen Belichtungsstufen erzeugt.

Für die Anwendung im Kanal ist darüber hinaus aber von elementarer Bedeutung, dass der Scanner über das VIS-System (Video enhanced inertial system) verfügt (Tausend Augen für die genaue Orientierung). Durch zusätzlich fünf integrierte Kameras erfasst der Scanner bei Bewegung (Weiterfahren) die Umgebung und kann dann mittels Triangulation automatisch seine neue Position errechnen. Die Bewegung wird über zusätzliche Sensorik (Neigungssensor, Altimeter, Kompass, GNSS) erfasst.

Das VIS wurde für Scans an der Oberfläche entwickelt, funktioniert im Kanal aber so gut, dass in der Regel keine Zielmarken (Targets) mehr zur Standortbestimmung in den Kanal eingebracht werden müssen. Gerade dies ist im Kanal natürlich besonders aufwendig, wenn überhaupt möglich, und zusätzlich noch sehr zeitintensiv. Dadurch sind wir ge-



Abbildung 3: 3D-Scanner mit Fahrwagen IBAK T76

genüber dem konventionellen Scannen ca. um Faktor 3 schneller.

Die Einsatzmöglichkeiten sind so vielseitig, dass wir uns fragen müssen, wie wir die Aufgabenstellungen eigentlich vorher gelöst haben. Das zeigt eine kurze Aufzählung der Projekte nur des letzten Arbeitsjahres:

- Baumwalldüker Hamburg (s. Abb. 1)
- Pepermölenbek gemauertes Eiprofil 1600 x 1850 (s. Abb. 2)
- Dachkonstruktion Center Court Rothenbaum
- Motorenzelle GasHeizKraftwerk Kiel
- Deponieschächte Wiershop
- 300 m Kanal Bremen 1700 x 2600
- Mischwasserbehandlungsanlage Kiel
- U-Bahn Tunnel U1- Stephansplatz HH
- Kriechkeller in Schulen
- Neubau Asklepios Kliniken Altona
- 50 Schächte Murbach, sanierungsvorbereitend
- Sanierung Altbauvilla Kiel u.v.a.



Abbildung 4: Schachtscan am Kurbelstativ

#### Einsatzbereiche des Scanners:

- große Kanalsiele
- Haltungen ab Eiprofil 400 x 600 mm
- Schachtbauwerke
- Rückhaltebecken
- Deponieschächte bis ca. 35 m Tiefe
- Tunnelbauwerke (U-Bahn)
- Stollen
- Wasserbauwerke
- Architektur und Immobilienmarkt
- Anlagenbau
- Altbausanierung
- Forensik u.v.a.

## Fotorealistische Panoramabilder

Zusätzlich zu der Vielzahl der Messpunkte wird mit drei sehr hochauflösenden Kameras (je 36 MP) noch ein Panoramafoto an jedem Scanstandpunkt mit 432 MP als raw-Daten erzeugt. Dieses Bild wird dann im Anschluss zusammen mit der Punktwolke dargestellt, so dass die Fotorealität mit der Vermessungspunktwolke verschmilzt. Die Punktwolke wird somit in Echtfarben der Fotoaufnahme eingefärbt. Vormalig hatten wir nur Zugriff auf Graustufenbilder bzw. Intensitätsfarben.

Bereits mit dem lizenzfreien Sichtprogramm für die Scandaten lassen sich in diesen Fotos sämtliche Strecken messen, zusätzlich kann ob der hohen Auflösung frei verschwenkt und um ein Vielfaches gezoomt werden, ohne an Qualität zu verlieren. Diese Auflösung ist um ein Vielfaches besser als jede vergleichbare Aufnahme mit einem aktuellen Full-HD- oder 4K-System aus der Kanalkameratechnik.

Die oftmals subjektive Wahrnehmung wird mit den objektiven, faktenbasierten und messbaren Ergebnissen kombiniert. Auf dieser Basis können dann fundierte Entscheidungen für die Umsetzung visionärer Projekte durchgeführt werden. Im Vergleich zur konventionellen Messmethoden, bei denen in der Regel nur einzelne Punkte der Objekte aufgenommen werden, erfolgt durch das Laserscanning die vollständige Erfassung der Objekte. Nachmessungen sind in den meisten Fällen nicht mehr notwendig.

## Fahrwagen

In der konventionellen Vermessungstechnik wird der Laserscanner natürlich auf einem Stativ positioniert und manuell vom Scanstandort (Setup) zum nächsten Setup getragen. Da dies im Kanal nicht möglich ist, muss der Scanner auf einem Fahrwagen bewegt werden. Erste Versuche in einem begehbaren Kanal verliefen so positiv, dass zunächst ein Handwagen gefertigt wurde und im Anschluss dann eine spezielle Adaption, um den Scanner auf einem Kanal-TV-Fahrwagen zu montieren.

Ein oben am Schacht mit einem Kabel verbundenes Kanal-Inspektionsfahrzeug fährt den Scanner im Kanal an die gewünschten Positionen. Dadurch erschließt sich für uns ein ganz neuer Bereich, der nicht begehbare Kanäle ab Ei 400 x 600. Außerdem lässt sich der Scanner so auch durch z.B. einsturzgefährdete Kanalstrecken bewegen oder in Bauwerken, in denen keine atmefähige Atmosphäre

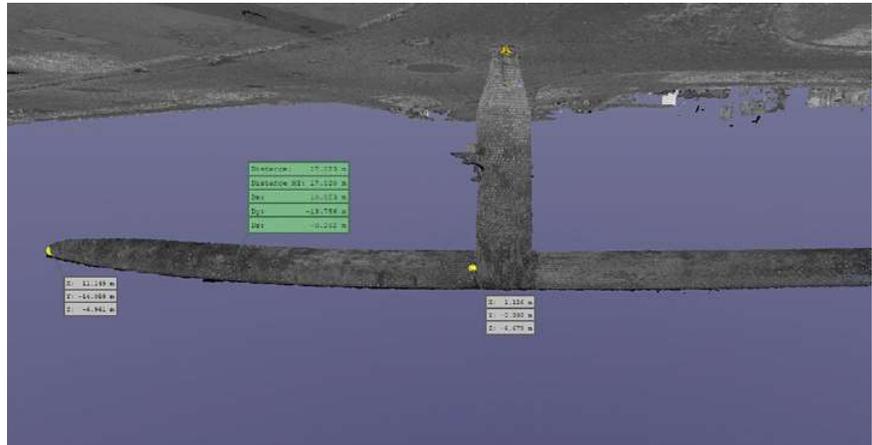


Abbildung 5: Schachtscan inkl. der Haltungen in 17 m Entfernung

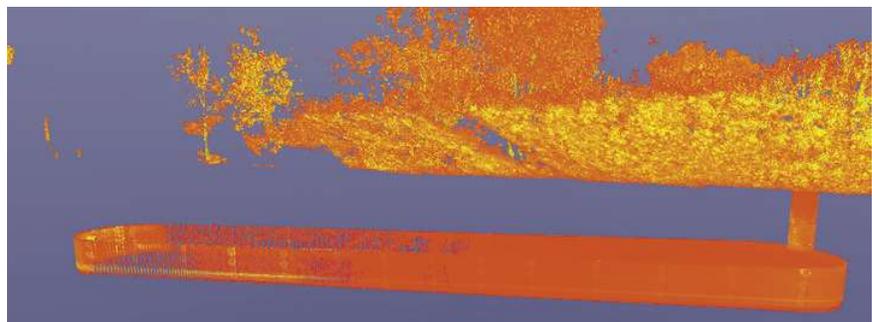


Abbildung 6: Regenrückhaltebecken 500 m<sup>3</sup>

hergestellt werden kann. Natürlich eignet sich solch ein System auch für z.B. Kriechkeller oder Böden, die nicht oder nur sehr schwer begehbar sind.

## Kopfüber in die Tiefe

Da die Ausrichtung des Scanners während des Scanvorgangs beliebig (aufrecht, horizontal oder kopfüber) sein kann, lassen sich mit dem Scanner auch Schächte und Bauwerke kopfüber an einem speziellen Stativ erfassen, ohne in das Bauwerk einsteigen zu müssen. Dies kann ein großer Vorteil sein, da in der Regel ein Bauwerkbegehungstrupp nicht erforderlich ist. Mit Verlängerungsstangen wird der Scanner dann in das Bauwerk abgeseht.

Dabei ist von ganz besonderem Vor-



Abbildung 7: Deponieschacht inkl. Redlining Funktion



Von der IHK zu Dortmund

**ö.b.u.v. Sachverständiger**

für die Prüfung und Sanierung von Kanalisationen  
inkl. der zugehörigen Technik

**& AwSV (VAwS)-Sachverständiger**

Aus einer Hand

Rohr- und Kanaltechnik / Anlagensicherheit

in den Phasen

- der Planung, des Baus, des Betriebs
- der Stilllegung, bei Differenzen zwischen Auftraggeber(n) und Auftragnehmer(n)
- vor Gericht, öffentlich und privat

- ✓ prüfen
- ✓ beraten
- ✓ schlichten
- ✓ begutachten

s.helmken@zrkt.de oder 0172/6042182



Abbildung 8: Eppendorfer Weg (HH), Eiprofil 1050 x 1750, seitliche Ansicht Kanal und Oberfläche



Abbildung 9: Leica Tilt &amp; Turn-Zielmarken am Schacht

teil, dass die Reichweite des Scanners bis zu 130 m beträgt. Wenn der Scanner während des Bauwerksscans günstig positioniert wird, dann lassen sich beim Scannen der Schachtbauwerke auch die anschließenden Haltungen erfassen. Ein Beispiel an einem ca. 7 m tiefen Schacht zeigt deutlich, dass sich so ohne Weiteres die Geometrie der Haltungen (DN 1600) in knapp 20 m noch erfassen lässt. So ist es sogar möglich, z.B. in größeren Bauwerken wie Regenüberlaufbecken, die komplette Geometrie in über 40 m Entfernung zu erfassen. Hier ist die Einstiegsleiter auf der Gegenseite noch gut zu erkennen.

### Deponieschächte

Ein ganz besonderer Anwendungsfall sind die tiefen Deponieschächte. Hier werden üblicherweise Schachttiefen von über 30 m vorgefunden. Die Schachtdurchmesser betragen oftmals über 2 m und das Rohrmaterial ist vielfach aus schwarzem Kunststoff. Dies alles sind für eine Inspektion sehr ungünstige Bedingungen. Mit dem 3D-Scanner lassen sich genau diese Schächte nun in einer vorher nicht dagewesenen Qualität untersuchen und vermessen. Da gerade im Deponiebereich stärkere Setzungs- und Scherkräfte auf die Bauwerke einwirken, ist es umso wichtiger, eine genaue Beurteilung durchzuführen. Zusätzlich zum Scansystem verwenden wir hier eine 80-Watt-LED-Beleuchtung und erzeugen somit gestochen scharfe Fotos der Deponieschächte.

Endlich lassen sich die Spülrohre, die Haltungen, die Teleskopelemente und sämtliche Einbauten bewerten. Sogar die Neigung bzw. der Schiefstand der Schächte kann ermittelt werden. Für die Betrachtung kann ein 3D-CAD-Modell inkl. einer vollständigen Abwicklung erstellt werden.

### Verbindung der Oberfläche zum Kanal mit Georeferenzierung

Ein großer Vorteil des Laserscannings ist es die Oberfläche mit der Unterwelt zu verbinden und den gesamten Scan zu georeferenzieren. Dazu wurden an den Schächten Leica Tilt & Turn Zielmarken magnetisch angebracht. Über tachymetrisch eingemessene Zielmarken, lässt sich dann der gesamte Scan z.B. gemäß UTM-Koordinatensystem georeferenzieren. Da die ca. 80 m lange Kanalstrecke sauber mit den anderen Scanstandpunkten verknüpft (registriert) wurde, kann nun jeder beliebige Punkt im Scan koordinatenmäßig zugeordnet werden.

Es ist sogar möglich, eine etwaige Schadstelle an die Straßenoberfläche zu loten und zenti-

metergenau zu markieren. Gerade dies ist für Baumaßnahmen besonders wertvoll, da der Bauleiter seine Baustelle praktisch virtuell begehen kann. Jede Baugrube kann markiert werden. Das Absperrn von Parkplätzen lässt sich planen und man erkennt, was sich genau an der Straßenoberfläche befindet und evtl. Auswirkungen auf den Schaden hatte.

### Messwerkzeug

Durch die sehr hochauflösende Punktwolke des Scanners mit einer Genauigkeit im Millimeterbereich kann der Anwender aus jedem Blickwinkel und jeder Position Vermessungen durchführen. Genau das kann z.B. dazu verwendet werden, um die genauen Durchmesser von zulaufenden Leitungen zu ermitteln.

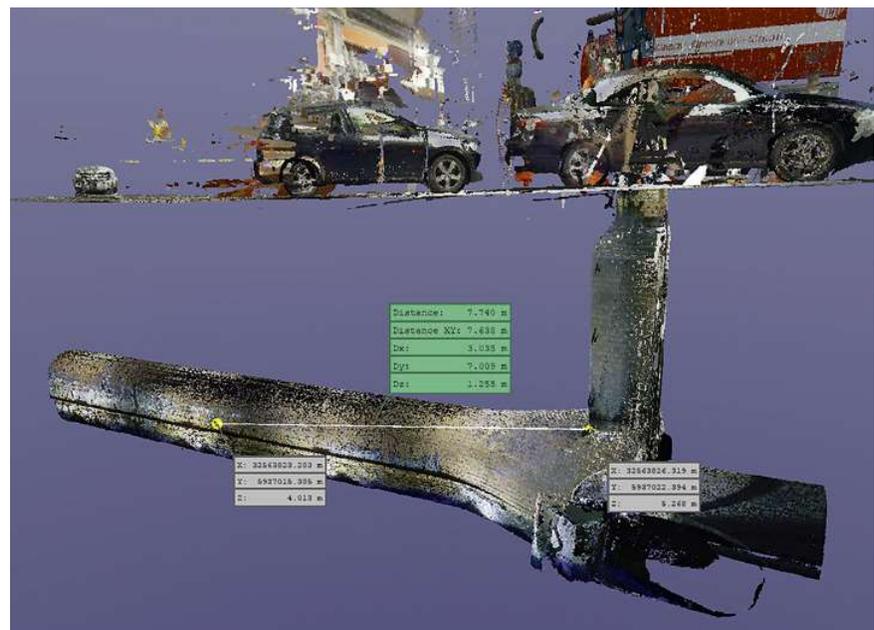


Abbildung 10: Kanal und Straßenoberfläche inkl. Koordinaten

### So haben Sie Risse noch nie gesehen!

Der Scanner trifft mit seinem Laser bei seinen 2 Millionen Messpunkten/Sekunde natürlich auch in Risse und Fugen. Ab einer Rissbreite von ca. 1,5 mm gelangt der Laserstrahl in die Fuge hinein. Diese lässt sich dann entsprechend im Sichtprogramm darstellen und vermessen.

### Clip-Boxen

Natürlich ist die Datenmenge beim Laserscan nicht ganz unerheblich. Pro Setup muss man mit einer Dateigröße von ca. 250 MB ausgehen, dafür erhält man aber auch pro Scanstandpunkt ca. 16 Mio. Messpunkte (doppelte Punkte werden optimiert). Um es dem Betrachter zu erleichtern, sich bestimmte Bereiche anzusehen, lassen sich sogenannte Clip-Boxen definieren, die dann wahlweise ein- und ausgeschaltet werden können.

In Abb. 13 sehen wir eine ausgewaschene Mauerfuge in einer seitlichen Darstellung/Schnitt, dargestellt mittels solch einer Clip-Box. Natürlich lässt sich in der „Clip-Box-Ansicht“ das Messwerkzeug auch verwenden.

### Querschnittzeichnungen

Benötigt man noch genauere Zeichnungen, lotrechte Querschnittsprofile, Umfangsmaße, Breiten und Höhen oder Volumina etc., lassen sich die Daten z.B. an AutoCAD oder Cyclone 3DR (Reshaper) übergeben. Mit diesen Werkzeugen können dann die so dringend für Sanierungszwecke erforderlichen Profilzeichnungen erstellt und zugeordnet werden.

### 3D-Modelle, Volumina

Die Messergebnisse lassen sich als Punktwolke mit spezieller Leica-Software weiterverarbeiten. Natürlich gibt es aber auch Stan-

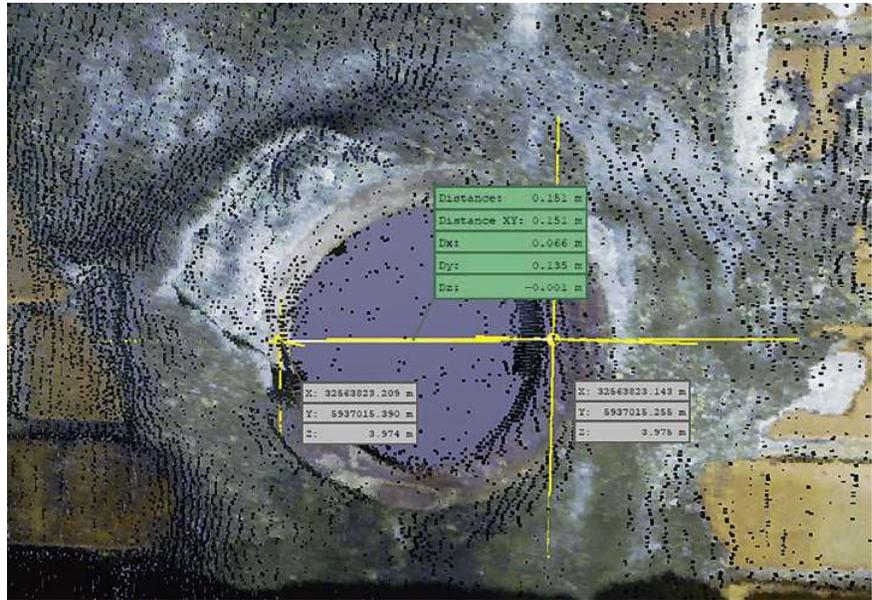


Abbildung 11: Durchmesserbestimmung

dardformate wie E57 oder andere, in denen man die Daten übergeben kann. Z.B. mit der Cyclone 3DR-Software (vgl. Reshaper) können wir auch 3D-Modelle als DXF erstellen, mit der die CAD-Abteilung dann nahtlos weiterarbeiten kann. Mit solch einem Modell lassen sich dann ohne weiteres Kollisionsprüfungen, Deformationsanalysen, Berechnungen der Volumina, Neigungsprofile und Querschnitte erstellen. Wichtig dabei ist für den Kunden, dass er diese Daten mit Standard-CAD-Software weiterverarbeiten kann.

### Fazit

Mit dem 3D-Laserscanning haben wir bei der Geodoc einen ganz neuen Bereich erschlossen. Jedes Projekt hat in der Regel ganz neue Anforderungen und Besonderheiten. Manchmal ist es der Durchmesser, dann die Wasserhaltung, die Tiefenlage, die Geometrie.

Manchmal sind wir in Klettertechnik auf Zelt-dächern angeleint, manchmal benötigen wir Vollatemschutz, um in Bauwerke einzusteigen. So werden wir immer wieder vor neue Herausforderungen gestellt, die es zu bewältigen gilt. Die meiste Freude bereitet es uns aber, wenn wir bei den Auftraggebern mit den Scandaten Begeisterung hervorrufen können und millimetergenaue Messdaten in einer virtuellen Realität übergeben können, auf die der Ingenieur dann weiterführend bewerten und planen kann. Wir sind sehr gespannt, welche interessanten Projekte uns noch erwarten und freuen uns auf die Zukunft.

\*Autor:  
Lüdeke Graßhoff, Prokurist der Geodoc GmbH, Hamburg  
E-Mail: lgrasshoff@geodoc-gmbh.de  
Tel.: 040/72000-630

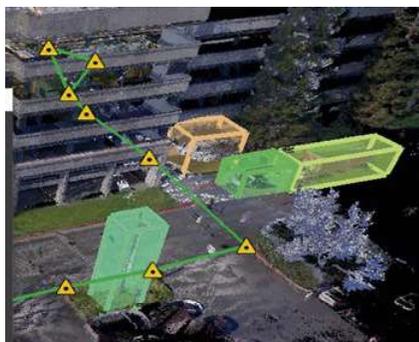


Abbildung 12: Vordefinierte Clip-Boxen

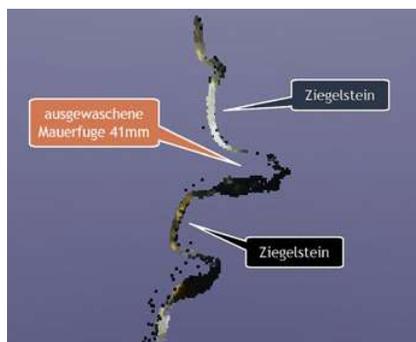


Abbildung 13: Tiefe einer Mauerfuge



Abbildung 14: 3D-Modell aus Cyclone 3DR