

Terrestrisches 3D-Laserscanning: Real World Scan Data 3D-Modell

Erich DUMFARTH

Mag. Erich Dumfarth, Fa. NEXTGIS, Dr. Hans Lechner Straße 6, 5071 Wals-Siezenheim bei Salzburg, email: office@nextgis.at

1 EINLEITUNG

3D-Laserscan-Systeme werden seit einigen Jahren sehr erfolgreich für Design und industrielle Produktion von Gütern eingesetzt. Ihre Aufgabe ist es, die Farbe, Oberflächenstruktur und Gestalt von Objekten zu vermessen und in 3D-Modelle umzusetzen. Der Arbeitsbereich solcher Anwendungen umfaßt typischerweise wenige Zentimeter bis Meter. Neueste Entwicklungen erlauben die Ausdehnung des Arbeitsbereichs auf einige Hundert Meter. Damit sind terrestrische 3D-Laserscanner in der Lage, selbst komplexe Strukturen und Örtlichkeiten von einigen Metern Durchmesser bis hin zu ganzen Landschaftsausschnitten zu vermessen, visualisieren und modellieren. Die eigentliche Vermessung erfolgt in einer bislang nicht zu erzielenden Kombination aus Sicherheit, Geschwindigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit. Dabei wird der Scanner auf eine "Szene", eine Örtlichkeit oder ein Objekt hin ausgerichtet, das Gebiet, welches gescannt werden soll, ausgewählt, die räumliche Auflösung der Vermessung (Anzahl der Meßpunkte pro Flächeneinheit) gewählt und anschließend der Vermessungsvorgang, der Scan der "Szene", binnen weniger Minuten durchgeführt. Resultat der Vermessung ist eine 3D-Punktwolke, welche die Oberflächengeometrie des vermessenen Objekts äußerst exakt beschreibt und für die weitere Verarbeitung (Visualisierung, Modellierung, Analyse und Auswertung) anderen Softwareprodukten zur Verfügung stellt. Der innovative Charakter dieser neuen Technologie ist durch zahlreiche Auszeichnungen der internationalen Fachpresse belegt¹:

2 FUNKTIONSWEISE VON 3D-LASERSCANNING

Zentral für die Funktionsweise des 3D-Laserscanners ist das Zusammenspiel von Laser und Sensor. Allgemein gesprochen wird das Zielobjekt, beispielsweise ein Haus, eine Felswand oder eine Straße, von einem Netz aus Laserimpulsen abgetastet. Die Impulse werden vom Zielobjekt zurück zum Sensor geworfen und von diesem registriert. Über die Laufzeit des Signals und den Winkel des ausgesendeten Impulses wird die Position der einzelnen Punkte in Relation auf den Scanner berechnet. Pro Sekunde werden bis zu 6000 Punkte vermessen. Die Aufnahme einer Szene ist dadurch in wenigen Minuten abgeschlossen. Die erzielbare Genauigkeit liegt im Bereich von Millimeter bis Zentimeter. Die Einbeziehung von 4 geodätisch vermessenen Punkten ermöglicht die Transformation der gesamten 3D-Punktwolke in ein beliebiges geodätisches Koordinatensystem.

maximale Reichweite: ²	bis 350m für natürliche Objekte mit einer Reflektivität von $\geq 50\%$ bis 150m für natürliche Objekte mit einer Reflektivität von $\geq 10\%$
minimale Reichweite:	typischerweise 2m
Genauigkeit der Messung: ³	typischerweise +/- 2.5cm
Scandichte: ⁴	2.5cm
Geschwindigkeit:	bis zu 6000 Punkte pro Sekunde

Tab. 1: Spezifikationen 3D-Laserscanning

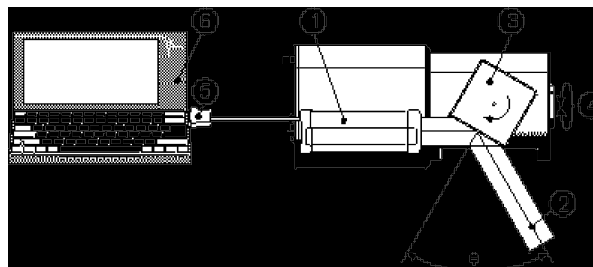


Abb. 1: Funktionsweise (schematische Darstellung)

¹ R&D Magazine 1998 "R&D 100" Award; Computer Graphics World 1998 Innovation Award; SIGGRAPH 1999 Electronic Theater Selection; Chemical Processing 1999 Vaaler Award; CADENCE 1999 AEC Showstopper Award; 3D Magazine 1999 Editors Choice Award

² Angaben bei durchschnittlichen Bedingungen. Bei vollem Sonnenlicht ist die Reichweite etwas geringer, bei bedecktem Himmel, in der Dämmerung oder Nachts etwas größer.

³ Standardabweichung, zusätzlich ein distanzabhängiger Fehler von $\square\square\tilde{\square}$ ppm; bei Bedarf Erhöhung der Genauigkeit bis in den Bereich weniger Millimeter.

⁴ Scandichte: Anzahl der Messungen pro Flächeneinheit - bei einer Scandichte von 2.5cm werden pro m² 1600 Punkte vermessen.

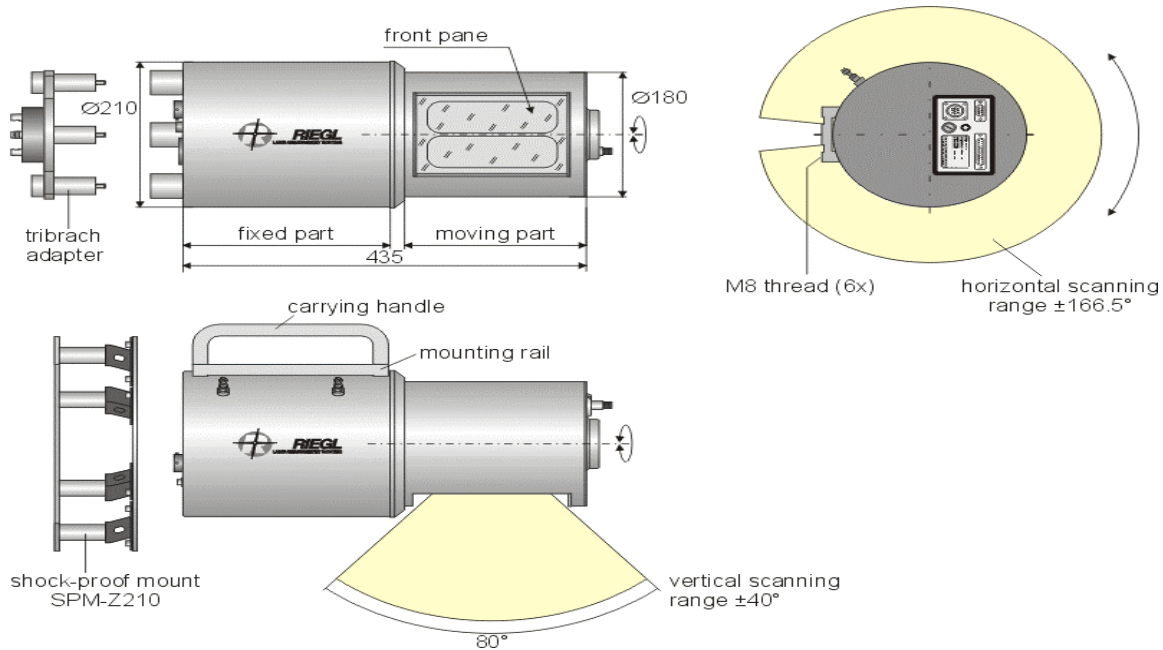


Abb. 2: Technische Zeichnung 3D-Laserscanner

Die "range finder electronic" (1) des Scanners basiert auf einem Laser-Distanzmesser, angepasst an die Erfordernisse einer äußerst rasch ablaufenden Datenakquisition (schnelle Laserimpulsrate, schnelle Impulsverarbeitung, hohe Datenverarbeitungskapazität).

Der Aufbau des dichten und gleichförmigen Netzes aus Meßpunkten erfolgt durch die rasante Ablenkung des **Laserstrahls (2)** durch ein Art Spiegel, der als **rotierendes Polygon (3)** mit reflektierender Oberfläche konzipiert ist. Dieses verspiegelte Polygon rotiert kontinuierlich mit einstellbarer Geschwindigkeit und löst dadurch den Laserstrahl in Einzelimpulse auf, die in Form eines "line scan" innerhalb eines Arbeitsbereichs von 0 bis 80° (vertikal) das Objekt zeilenweise abtastet.

Die **Rotation des Scanners um die eigene Achse (4)** fügt Zeile für Zeile des "line scan" aneinander, bis schließlich eine gesamte "Szene" ("frame scan") innerhalb eines Arbeitsbereichs von 0 bis 340° (horizontal) akquiriert ist. Die vom Sensor registrierte Information umfaßt die **DISTANZ** vom Sensor zum Objekt, die **SIGNALAMPLITUDE** sowie den **WINKEL** des Laserimpulses. Zusätzliche kann die **ECHTFARBENINFORMATION** des Objekts (entspricht einem digitalen Echtfarbenbild) für jeden einzelnen vermessenen Punkt aufgenommen werden.

Ein Datenkabel transportiert die Daten über den **LPT-Druckerausgang (5)** zur Speicherung und späteren Weiterverarbeitung auf die Festplatte eines handelsüblichen **PC's** oder **Laptops (6)**.

3 VERARBEITUNG DER 3D-SCANNERDATEN

Aus den Daten zur Oberflächengeometrie, Farbe und Textur eines vermessenen Objekts, die als extrem dichte und genau vermessene 3D-Punktewolke vorliegen, können 3-dimensionalen Modelle der vermessenen Objekte (Häuser, Steilhänge, Steinbrüche, Schottergruben, Fahrzeuge, Industrieanlagen etc.) berechnet werden.

Durch Einbeziehung der Echtfarbeninformation erfolgt eine wirklichkeitstreuere Darstellung der vermessenen Strukturen. Spezielle Softwarewerkzeuge und Bearbeitungstechniken ermöglichen eine Fülle von Auswertungen, etwa äußerst exakte Volums- und Flächenkalkulationen, 2- und 3-dimensionaler Schnitte und Profile, Isohypsen bzw. Contourlinien u.a. Die 3D-Modelle können in CAD/CAM-Modelle umgewandelt werden, eine Möglichkeit, die für Sparten im Bereich Architektur/Konstruktion/Bau von besonderer Bedeutung ist.

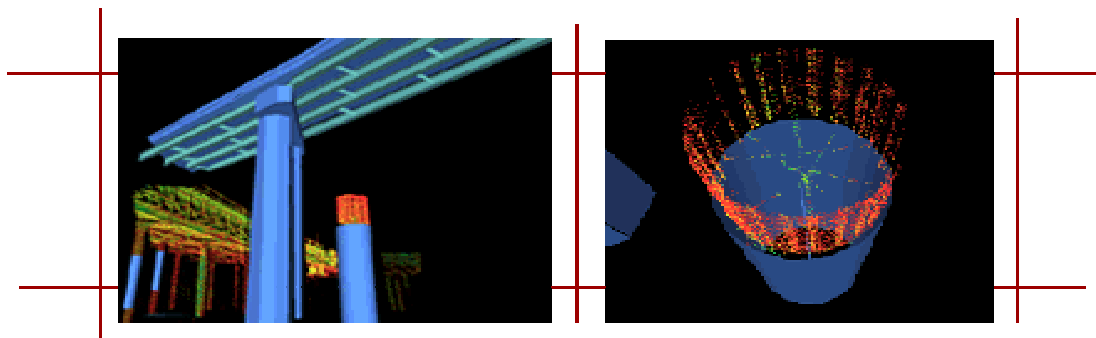


Abb. 3: D-Modell einer Brücke (linkes Bild); Detailansicht eines Brückenpfeilers (rechtes Bild) aufgebaut aus der 3D-Punktewolke

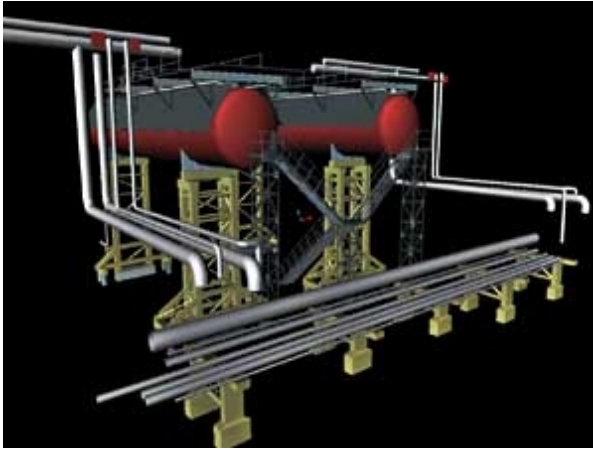


Abb. 4: CAD-Modell einer Industrieanlage

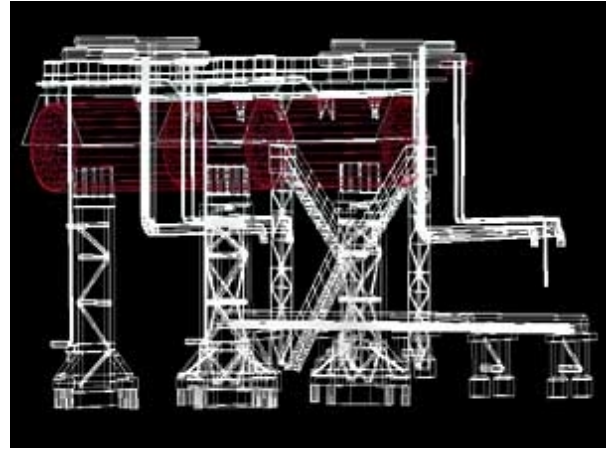


Abb. 5: CAD-Zeichnung einer Industrieanlage



Abb. 6: gerendertes 3D-Modell einer Kirche

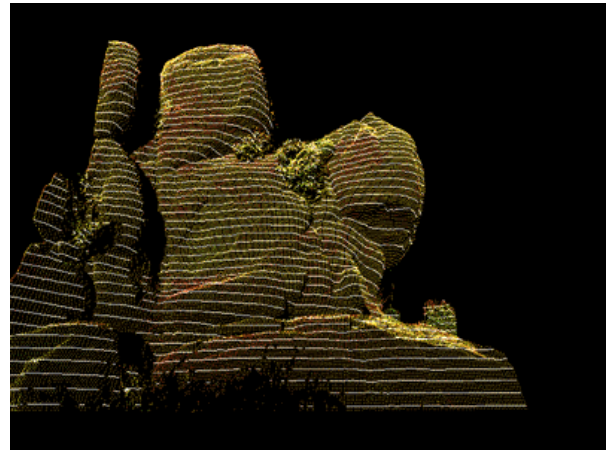


Abb. 7: 3D-Modell einer Felswand mit Isohypsen

4 VORZÜGE GEGENÜBER TRADITIONELLEN METHODEN

Die Anwendungen für 3D-Laserscanning umfassen so unterschiedliche Bereiche wie Rohstoffe und Entsorgung, Bauwesen, Architektur, Verkehr und industrielle Infrastruktur, Tourismus, Archäologie und Denkmalpflege sowie Anwendungen im Bereich des Internet. Im Vergleich zu herkömmlichen Vermessungsmethoden weist diese Technologie eine Reihe von Vorzügen auf:

- Bedeutende Zeitersparnis durch extrem hohes Arbeitstempo (Vermessung von bis zu 6000 Punkte/Sekunde bei der Vermessung und der darauf basierenden Modellbildung)
- Bedeutende Kostenersparnis aufgrund der Zeitersparnis in der Vermessungstätigkeit und der Modellbildung
- Vollständigkeit und Exaktheit der Vermessung: extrem hohe Anzahl vermessener Punkte pro Flächeneinheit; hohe Genauigkeit mit maximalen Abweichungen im Bereich von Millimeter bis Zentimeter.
- Sichere Vermessungstätigkeit auch von gefährlich instabilen oder steilen Objekten (Steilhänge, Wände etc.) durch "berührungslose" Vermessung aus größerer Distanz.
- Die Vermessungstätigkeit kann jederzeit, auch bei Nacht oder schlechter Sicht, durchgeführt werden.
- Die Vermessung kann Objekte im Freiraum, ebenso aber auch Innenräume von Gebäuden bzw. Objekten einbeziehen.
- Objekte bzw. Landschaftsausschnitte werden in allen 3 Dimensionen vermessen und dargestellt.
- Die resultierenden 3D-Modelle stellen durch Einbeziehung der Echtfarbeninformation wirklichkeitsnahe, fotorealistische 3-dimensionale Abbilder der vermessenen Objekte bzw. Landschaftsausschnitte dar.
- 3D-Laserscanner vermessen auch Objekte mit sehr komplexen detailreichen Oberflächen (z.B. Industrieanlagen).
- Rasche und äußerst exakte Bestimmung von Flächen und Volumen, Profile, Schnitte und Isohypsen.
- Umwandlung der 3D-Modelle in 3D-CAD/CAM-Modelle und 2D-CAD-Zeichnungen für die Planungspraxis.