



3D-Laserscanner sind dank ihrer Schnelligkeit, Präzision und vielfältigen Einsetzbarkeit konkurrenzlos.
(Leica Geosystems AG)

3D-Laserscanning: Bauwerke präzise und rationell erfassen

Text: Marian Behaneck

Das konventionelle Aufmaß von Räumen, Gebäuden, Ingenieurbauwerken oder haustechnischen Anlagen ist zeitaufwändig und teuer. Rationeller ist das 3D-Laserscanning.

Neben konventionellen Aufmaßverfahren kommt bei der Bestandserfassung, Dokumentation oder Gebäudeüberwachung immer häufiger auch das 3D-Laserscanning zum Einsatz. Bei dieser Mitte der 90er Jahre entwickelten Technologie tastet ein Laserscanner automatisch die Oberfläche eines Messobjektes ab. Als Ergebnis erhält man für jeden erfassten Objektpunkt räumliche Koordinatenwerte. Im Gegensatz zu anderen Messverfahren, wie dem Handaufmaß oder dem tachymetrischen Aufmaß, werden nicht einzelne markante Objektpunkte gemessen, sondern das gesamte Messobjekt rasterförmig abgetastet und dreidimensional erfasst. Das Ganze läuft so schnell ab, dass auch komplexe und filigrane Objekte wie Holz- oder Stahlbaustrukturen, historische Fassaden, haustechnische Anlagen etc. in wenigen Minuten dreidimensional erfasst werden können.

Beliebige Objekte erfassen und auswerten

Das Prinzip ist einfach: Ein meist an mehreren Punkten auf einem Dreibeinstativ aufgestellter, vertikal in einem Winkel von bis zu etwa 320 Grad messender Laserscanner rotiert horizontal um die eigene Achse und speichert während einer 360-Grad-Umdrehung alle geometrischen Umgebungsdaten, die entsprechend zuvor festgelegter Winkelschritte erfasst werden. Mit einer Umdrehung wird eine räumliche ‚Punktwolke‘ generiert, die – je nach gewählter Auflösungsstufe – mehrere Millionen 3D-Messpunkte umfassen kann. Eine integrierte, kalibrierte Digitalkamera liefert zusätzlich Farb- und Texturinformationen. Da der Scanner nicht durch massive Bauteile hindurch messen kann, machen durch Objektvorsprünge oder -einschnitte entstehende tote Winkel sowie komplexe Objektgeometrien eine mehrfache Aufstellung an unterschiedlichen Standpunkten erforderlich. Die dabei entstehenden einzelnen Punktwolken lassen sich später über mehrere Referenzpunkte passgenau übereinander legen. Die Messdaten werden anschließend im Büro mit Hilfe

einer speziellen Software ausgewertet und die Ergebnisse per Schnittstelle an ein CAD-Programm übergeben. Während beispielsweise beim tachymetrischen Aufmaß das Messpersonal bestimmt, welche Objektpunkte aufgemessen werden, wird beim Laserscanning eine Vielzahl von Punkten ‚maschinell‘ erfasst. Das beschleunigt zwar die Datenerfassung vor Ort, steigert jedoch den Umfang der später auszuwertenden Daten. Ähnlich wie bei fotogrammetrischen Systemen, wird die arbeitsintensive Auswertung deshalb ins Büro verlagert. Die Qualität und Schnelligkeit der Auswertung wird zwar auch von der Software, in erster Linie aber von der Erfahrung des Anwenders bestimmt. Er muss aus Millionen von Messpunkten die relevanten Teilbereiche selektieren, so dass hinterher für Architekten verwertbare 3D-Modelle, Grundrisse, Schnitte und Ansichten entstehen. Im Vergleich zu anderen Messverfahren, wie etwa der Tachymetrie, lassen sich insgesamt etwa ein Drittel der Aufmaßkosten einsparen.

Einsatzbereiche und Vorteile

Aufgrund ihrer Wirtschaftlichkeit, Schnelligkeit und Präzision sind 3D-Laserscanner vielfältig einsetzbar. Von der Dokumentation, Bestandssicherung und Überwachung von Bauobjekten, über die ‚As-Built-Dokumentation‘ realisierter Bauwerke – bis hin zur Bauschadenanalyse oder 3D-Visualisierung reicht die Palette der Einsatzmöglichkeiten. Wurden 3D-Laserscanner in den Anfangsjahren vor allem im Facility Management für die Dokumentation des Baubestands oder in der Denkmalpflege zur Bestandssicherung bauhistorisch wertvoller Objekte genutzt, so werden sie zunehmend auch planungsbegleitend eingesetzt. Der Präzision des Scanners entgeht nicht das kleinste Detail, der kleinste Bau- oder Montagefehler. Aktuelle Modelle erfassen ein 360 x ca. 320 Grad-Panorama mit einer Auflösung von bis zu einer Million Messpunkten pro Sekunde – und das bis auf wenige Millimeter genau. Da die Datenerfassung relativ schnell erfolgt und das berührungslose Messen über weite Distanzen möglich ist, lässt sich die Verweildauer vor Ort minimieren, was Vorteile im Hinblick auf die Wetterexposition, Kontamination oder Unfallgefahr (Straßenverkehr, laufender (Bau-)Betrieb etc.) hat. Zudem ist keine Ausleuchtung erforderlich, was Aufmaße tageszeit- und lichtunabhängig macht. Installations-Zwischengeschosse, Tunnels oder lichtempfindliche Objekte etc. stellen somit kein Problem dar. Die gewonnenen geometrischen, Farb- und Texturinformationen lassen sich vielfältig nutzen. Entsprechend der jeweiligen Aufgabenstellung können aus den



Neben den technischen Daten ist auch eine intuitive Bedienung per großformatigem Touchscreen-Display ... (FARO Europe)



... oder alternativ per Note-/Netbook oder Tablet wichtig (Leica Geosystems AG)

3D-Daten beliebige 2D-Pläne für die Bauplanung oder Visualisierungen und Videoanimationen mit beliebigen Kamerapfaden für die Präsentation generiert werden.

Unterscheidungsmerkmale

Der Markt offeriert inzwischen eine Vielzahl von Laserscanner-Systemen. Allerdings sind nicht alle Modelle für die Erfassung von Innenräumen oder Bauwerken geeignet. Die Vielfalt der Systeme und die Tatsache, dass aufgrund unterschiedlicher technischer Herstellerangaben ein direkter Vergleich kaum möglich ist, erschweren die Auswahl. Wichtige Auswahlkriterien für 3D-Laserscanner sind eine Reihe von Merkmalen. Zu den wichtigsten Parametern zählen die minimale/

maximale Messentfernung in Metern, der Messbereich und die Genauigkeit: Der erste Wert gibt an, von welcher minimalen bis zu welcher maximalen Distanz in Metern das Gerät messen kann (zwischen 50 Zentimetern und mehreren hundert Metern). Der zweite Wert gibt den horizontalen und vertikalen Bereich in Grad an, innerhalb dessen der Scanner Objektpunkte erfassen kann. Dieser liegt horizontal stets bei 360 und vertikal aufgrund des unter dem Scanner befindlichen Stativs bei etwa 300 Grad. Die Messgenauigkeit gibt an, wie präzise ein Objektpunkt in der Position bzw. in der Distanz in Millimetern auf 30 bis 40 Meter gemessen werden kann. Die Messgeschwindigkeit gibt Auskunft darüber, wie viele Messpunkte in einer bestimmten

Zeit maximal gemessen werden können. Diese so genannte ‚Scanrate‘ liegt zwischen einigen Tausend und rund 1 Mio. Pixeln pro Sekunde. Die mittlere Scandauer in Minuten erlaubt Rückschlüsse auf die Schnelligkeit des Systems. Zu den Zusatzfunktionen zählen die Möglichkeit, digitale Fotos/Videos anzufertigen oder beispielsweise per GPS den jeweiligen Mess-Standort geografisch zu verorten. Gehäusedaten wie Maße, Gewicht und Gehäuseschutzklasse sagen etwas über die Mobilität und Außeneinsatz-Fähigkeit des Gerätes aus. Kompakte Abmessungen und ein geringes Gewicht lernt man schnell schätzen, wenn das Gerät häufig umgesetzt werden muss. Die Schutzklasse sagt etwas darüber aus, wie gut das Gerät gegen Staub



Als Ergebnis erhält man so genannte Punktwolken, die für die CAD-Planung oder Visualisierung genutzt werden können (Laser Scanning Architecture)

oder Nässe geschützt ist. Gängige Schnittstellen sind ein Ethernet- und USB-Anschluss, eine Bluetooth- oder WLAN-Schnittstelle zum Notebook sowie eine SD-Kartenslot. Entscheidend ist auch eine möglichst intuitive Bedienung: Sie sollte menügeführt sein und direkt über ein Touch-Display am Scanner erfolgen. Als Stromversorgung dienen wahlweise hochwertige Lithium-Ionen-Akkus (Betriebsdauer: 3 bis 6 Stunden) oder ein Netzkabel. Zum Standard-Lieferumfang sollten ein Transportbehälter, ein Stativ, ein Ladegerät, eine Erfassungssoftware, eine Laserschutzbrille, Referenzpunktmarken sowie weiteres Zubehör gehören.

Vor Ort erfassen, im Büro auswerten

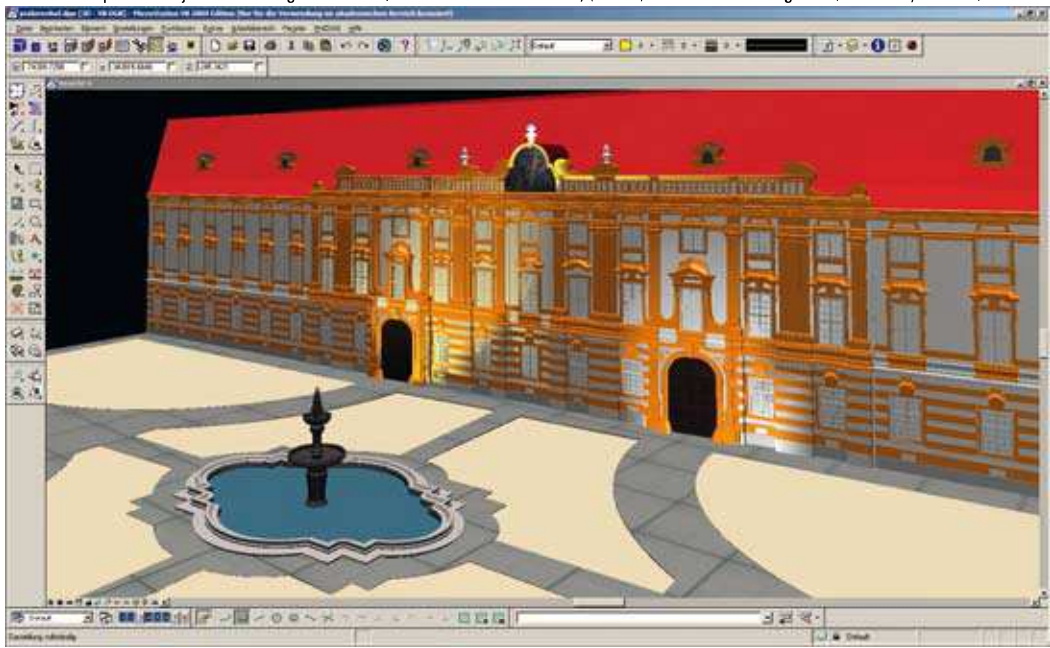
Zu den für die Auswertung wichtigen Informationen zählen Objektkanten und -ecken, die aber beim Messvorgang im Gegensatz zu Flächen nur selten durch den Laserstrahl getroffen werden. Aus den teilweise extrem großen Dateien mit bis zu 10 Millionen Punktwerten und mehr müssen deshalb wesentliche von unwesentlichen oder überzähligen Informationen getrennt und in eine für CAD- und Visualisierungs-Programme verwertbare, aus Linien, Flächen, Quadern, Zylindern und anderen Grundkörpern bestehende Vektrografik überführt werden. Dabei kann man sich inzwischen einer Vielzahl Laserscannerhersteller-spezifischer oder -unabhängiger Software bedienen. Der Aufwand und die Dauer der Auswertung hängt davon ab, ob lediglich zweidimensionale Grundrisse, Ansichten oder Schnitte gefordert sind, einfache CAD-Volumenmodelle erzeugt werden sollen oder bauteilbasierende BIM-Datenmodelle, welche auch Objektattribute und Topologien enthalten. Damit der Geschwindigkeitsvorteil der automatischen Messung nicht durch eine mühsame, da überwiegend manuelle Auswertung der Punktwolken verloren geht, verfügen die Programme über Filtertechniken, Modellierwerkzeuge und teilweise sogar Automatismen, mit denen Objektflächen, -kanten oder -ecken erkannt werden. So können etwa standardisierte Objekte wie Rohrleitungen oder Stahlprofile halbautomatisch generiert werden: Wird beispielsweise der Verlauf eines Rohres oder Stahlprofils einfach mit einer Linie nachgezeichnet, errechnet das Programm aus der umgebenden Punktestruktur den Durchmesser bzw. die Profilabmessungen, sucht in der Bauteildatenbank nach dem passenden Normbauteil und fügt dieses, in das durch die Linie vorgegebene Teilstück, ein. Auch Werkzeuge und Automatismen zur automatischen Generierung gebäudespezifischer Objekte wie Wände, Stützen, Decken



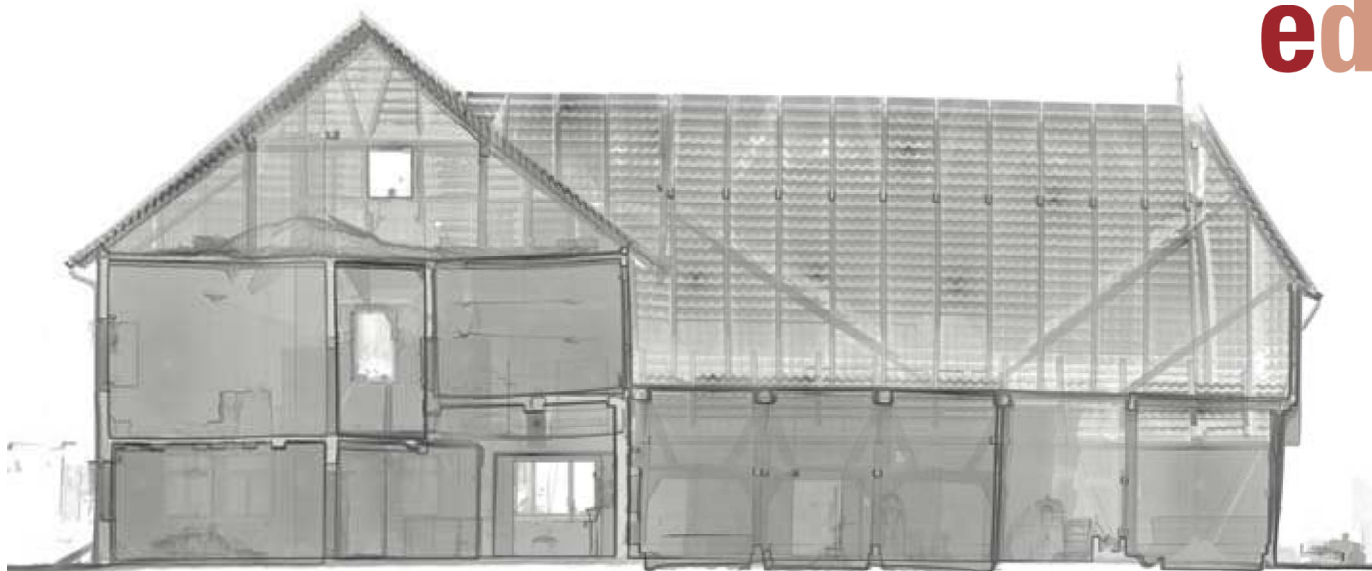
Insbesondere bei großen (FARO Europe)



... oder komplexen Objekten wie filigranen Holz-/Stahlbaukonstruktionen, (haus-)technischen Anlagen ... (Leica Geosystems AG)



... oder historischen Fassaden ist das Laserscanning unschlagbar (Riegl Laser Measurement Systems)

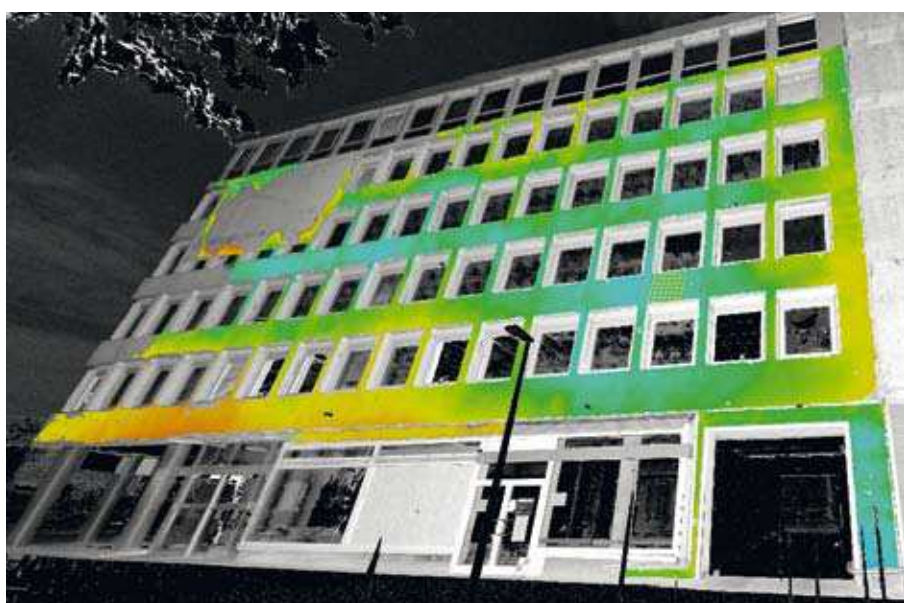


Aus den 3D-Messkoordinaten lassen sich beliebige verformungsgetreue Grundrisse, Schnitte oder Ansichten generieren (Laser Scanning Architecture)

oder Treppen existieren bereits, sind aber noch nicht praxistauglich. Die beim Auswertungsvorgang erarbeiteten Vektordaten können anschließend per DXF-, DWG- oder IFC-Schnittstelle an beliebige CAD-Programme übergeben werden. Neben der Qualität der Software spielt bei der Auswertung auch die Anwendererfahrung eine große Rolle, denn im Wesentlichen ist es der Anwender, der aus Millionen von Punkten brauchbare Planungsdaten generiert.

Laserscanning für Architekten

Bisher ist das 3D-Laserscanning in Architekturbüros kaum verbreitet, was mehrere Gründe hat: Während rechnergestützte Handaufmaßsysteme „nur“ etwa 1.000 Euro, tachymetrische Systeme etwa das Zehnfache kosten, lagen die Preise für 3D-Laserscanner bisher bei 70.000 bis 150.000 Euro. Hinzu kam eine Know-how voraussetzende Bedienung und Auswertung. Deshalb wurde dieses Messverfahren eher als externe Dienstleistung von Ingenieur- und Vermessungsbüros abgerufen, die sich darauf spezialisiert haben. Die Kosten für eine Dienstleistung richten sich nach der Größe und Komplexität des Objektes, nach einer eventuell notwendigen Kombination verschiedener Aufmaßverfahren und nach dem gewünschten Ergebnis (2D-Pläne, BIM-Modell, Visualisierung etc.). Inzwischen sind die Hardwarepreise etwa um die Hälfte gefallen, die Bedienung ist mittlerweile so intuitiv und die Auswertung so komfortabel geworden, dass sich das 3D-Laserscanning zunehmend auch in den Architekturbüros etabliert (siehe auch: www.laser-scanning-architecture.com). Zahlreiche CAD-Programme bieten inzwischen auch den direkten Import und die Bearbeitung und Auswertung von Punktwolken an, ohne die Punktwolkendaten umständlich extern bearbeiten und auswerten, anschließend importieren zu müssen.



Im Rahmen einer „As-Built-Dokumentation“ lassen sich Abweichungen überprüfen und die Ausführungsqualität kontrollieren (Laser Scanning Architecture)

Von 3D-Scans profitieren übrigens nicht nur Büros, die konsequent dreidimensional oder BIM-orientiert arbeiten, sondern auch Büros mit einer reinen 2D-Arbeitsweise, da verformungsgetreue 2D-Grundrisse oder Schnitte an beliebigen Stellen des räumlichen Gebäudemodells generiert werden können. Angesichts

der Tatsache, dass der Anteil des Planens und Bauens im Bestand zunimmt, werden präzise und umfassende Aufmaßdaten eine immer wichtigere Rolle spielen. Das 3D-Laserscanning hilft, diesem Anspruch gerecht zu werden und Bauvorhaben rationell und wirtschaftlich zu planen und zu realisieren.

Weitere Infos

<http://video.google.de/>
www.architekturvermessung.de
www.wikipedia.de

Suchwort Laserscanning etc.
 Bauaufmaß-Portal
 Suchwort Laserscanning etc.

Donath, D.: Bauaufnahme und Planung im Bestand: Grundlagen, Verfahren, Darstellung, Beispiele, Vieweg&Teubner/Wiesbaden, 2008
 DVW e.V. (Hrsg.): Terrestrisches Laserscanning: Beiträge zu den DVW-Seminaren, Wißner-Verlag/Augsburg, 2012 und vorherige
 Luhmann, T./Müller, Ch. (Hrsg.): Photogrammetrie - Laserscanning - Optische 3D-Messtechnik, Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2012, Wichmann-Verlag/Berlin, 2012

Laserscanner-Anbieter

www.faro.com, www.leica-geosystems.de, www.maptek.com, www.geo-konzept.de, www.riegl.co.at,
www.surphaser.com, www.topcon-positioning.eu, www.trimble.com, www.zf-laser.com

* Auswahl, ohne Anspruch auf Vollständigkeit!