

3D-Laserscanner: Messobjekte rationell erfassen

Aufmaß aus Punktwolken

Das verformungsgetreue Aufmaß von altem Gebäudebestand, von „krummer und schiefer“ Raumgeometrie oder haustechnischen Anlagen ist zeitaufwendig und mühsam. Rationeller und schneller ist das 3D-Laserscanning. Das Verfahren ist vielfältig einsetzbar, allerdings ist dabei einiges zu beachten.

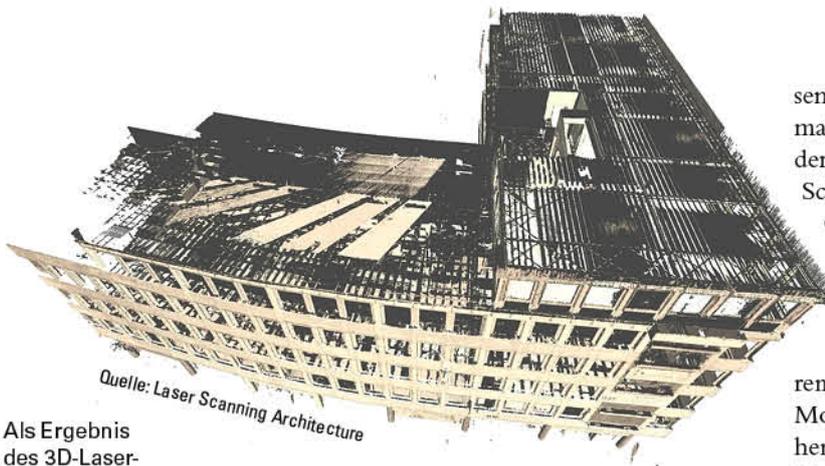
Sind keine Bestandspläne vorhanden, genügt für die Berechnung der Gebäudeenergiebilanz ein vereinfachtes Aufmaß der Räume und Hüllflächen. Dafür eignen sich einfache 2D-Erfassungssysteme oder Fotoaufmaß-Programme (siehe auch GEB 05/2012: „Digitales Aufmaß – Das passende System finden“). Werden Sanierungs- oder gar Umbaumaßnahmen erforderlich oder handelt es sich um ältere, historische Bausubstanz, kommt man um ein präzises, verformungsgetreues Aufmaß nicht herum.

Aufgrund fallender Preise und einer immer besseren Auswertungstechnik wird das 3D-Laserscanning immer interessanter. Ein Laserscanner tastet automatisch die Oberfläche des Messobjektes ab. Als Ergebnis erhält man für jeden erfassten Objektpunkt räumliche Koordinatenwerte. Im Gegensatz zu anderen Messverfahren werden nicht einzelne, markante Objektpunkte gemessen, sondern das gesamte Messobjekt rasterförmig abgetastet und dreidimensional in Form einer mehrere Millionen Messpunkte umfassenden „Punktwolke“ erfasst. Das Ganze läuft so schnell ab, dass auch schwierige Messaufgaben, etwa komplexe und filigrane Objekte wie Holz- oder Stahlbaustruk-

turen, historische Fassaden oder (haus-)technische Anlagen in wenigen Minuten aufgemessen werden. Doch die „Datensammelwut“ des Laserscanners hat auch eine Kehrseite: Das manuelle Auswerten der Punktwolken ist zeitaufwendig, sodass der Einspareffekt beim Messen verpufft. Nimmt man das Laserscanning als Dienstleistung in Anspruch, ist es daher wichtig, vorher zu vereinbaren, welche Daten man erhält.



Der auf einem Stativ montierte Scankopf tastet mithilfe einer Spiegeloptik und eines Laserstrahls Objekte zeilenweise ab.



Als Ergebnis des 3D-Laserscannings erhält man sogenannte Punktwolken, die für die CAD-Planung oder Visualisierung genutzt werden können.

Millionen von Messpunkten erfassen

Das Prinzip ist ganz einfach: Ein Laserscanner auf einem Dreibeinstativ wird nacheinander an mehreren strategisch günstigen Punkten aufgestellt. Er rotiert horizontal um die eigene Achse und speichert während einer 360-Grad-Umdrehung alle geometrischen Umgebungsdaten, die entsprechend zuvor festgelegter Winkelschritte erfasst werden. Vertikal kann in einem Winkel von bis zu etwa 320° gemessen werden. Mit einer Umdrehung werden – je nach gewählter Auflösungsstufe – mehrere Millionen 3D-Messpunkte generiert. Eine integrierte, kalibrierte Digitalkamera liefert zusätzlich Farb- und Texturinformationen. Da der Scanner nicht durch massive Bauteile hindurch messen kann, machen tote Winkel, die durch Objektvorsprünge oder -einschnitte entstehen und komplexe Objektgeometrien das Aufstellen an unterschiedlichen Standpunkten erforderlich. Die dabei entstehenden einzelnen Punktwolken lassen sich später mithilfe mehrerer Referenzpunkte passgenau übereinander legen – so weit, so einfach.

Komplizierter wird es, wenn es an die Punktwolken-Auswertung geht. Dabei werden die Messdaten im Büro mithilfe einer speziellen Software eingele-

sen, gefiltert, die Messpunkte manuell oder halbautomatisch in CAD-Elemente (Linien, Bögen, Quader, Zylinder etc.) überführt und die Ergebnisse per Schnittstelle an ein CAD-Programm übergeben. Die Qualität und Schnelligkeit der Auswertung wird zwar auch vom Funktionsumfang der Software, in erster Linie aber von der Erfahrung des Bearbeiters bestimmt. Er muss aus Millionen von Messpunkten die relevanten Teilbereiche selektieren, sodass hinterher für Bauplaner verwertbare 3D-Modelle, Grundrisse, Schnitte und Ansichten entstehen. Trotz der aufwendigen Auswertung lassen sich im Vergleich zu anderen Messverfahren insgesamt etwa ein Drittel der Aufmaßkosten einsparen.

Einsatzbereiche und Vorteile

Aufgrund seiner Wirtschaftlichkeit, Schnelligkeit und Präzision ist das 3D-Laserscanning-Verfahren vielfältig einsetzbar. Von der Dokumentation, Bestandsicherung 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 3D-Scanner 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. Weil die Datenerfassung relativ schnell erfolgt und das berührungslose Messen über weite Distanzen möglich ist, lässt sich die Verweildauer vor Ort minimieren. Daraus ergeben sich Vorteile im Hinblick auf die Wetterexposition, gegebenenfalls die Schadstoffexposition oder Unfallgefahr, z.B. im Straßenverkehr oder im laufenden (Bau-)Betrieb. Zudem ist keine Ausleuchtung erforderlich, was Aufmaße tageszeit- und lichtunabhängig macht. Auch dunkle Installations-Zwischengeschosse, Tunnel oder lichtempfindliche Objekte stellen kein Problem dar. Die

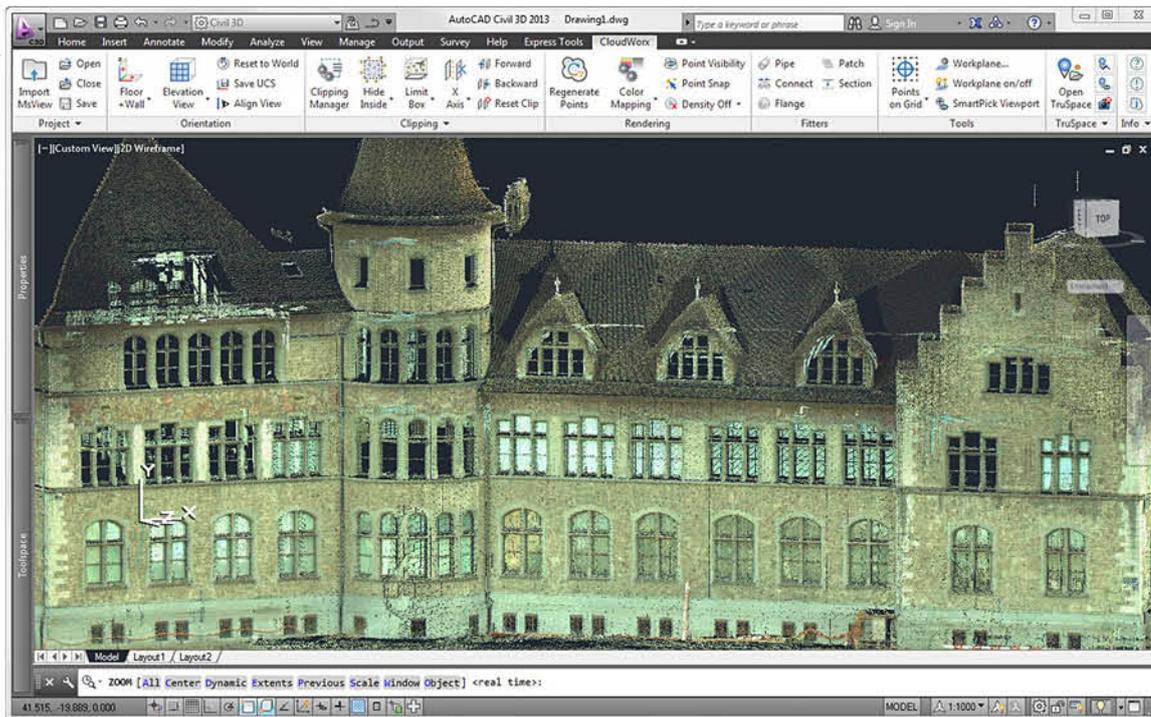
i
Alternativen zum Laserscanning

In vielen Bereichen ist das Laserscanning konkurrenzlos. Je nach Art des Messobjekts und des gewünschten Ergebnisses gibt es aber Alternativen. Häufig kommen bei einem Projekt auch mehrere Aufmaßverfahren zum Einsatz.

- Das rechnergestützte 2D-Aufmaß mit einem Laser-Distanzmesser eignet sich dann besser, wenn nur Grundrisspläne benötigt werden (beispielsweise www.graebert-isurvey.com, www.maxmess.de)
- Benötigt man 3D-Grundrisse/Schnitte eines Massivbaus und sind BIM-Daten gewünscht, ist eine gute Alternative z. B. www.bim-measurement.com
- Für 2D-Fassadenpläne eignet sich die Bildverzerrung (z. B. www.hottgenroth.de, www.kubit.de, www.monimage.com)
- Für 3D-Aufmaße der Fassade/Gebäudehülle für Schadenskartierungen etc. kann auch die Stereo-Fotogrammetrie eingesetzt werden (z. B. www.fokus-gmbh-leipzig.de, www.kubit.de, www.phidias.de)



Insbesondere bei großen Objekten, komplexen Konstruktionen, (haus-)technischen Anlagen ...



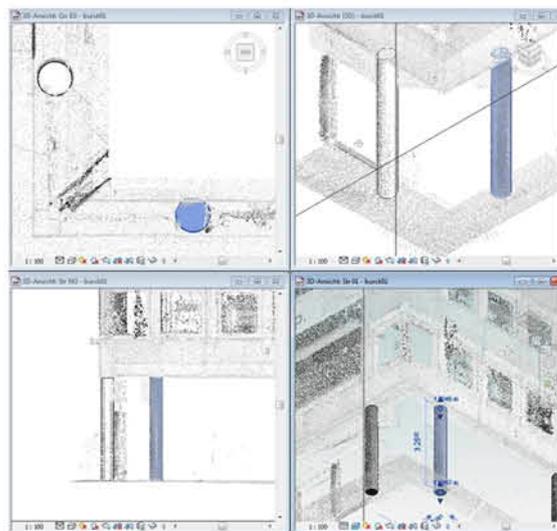
... oder historischen Fassaden ist das Laser-scanning unschlagbar.

geometrischen, Farb- und Texturinformationen lassen sich vielfältig nutzen. Entsprechend der jeweiligen Aufgabenstellung können aus den 3D-Daten beliebige 2D-Pläne für die Bauplanung oder Visualisierungen und Videoanimationen für die Präsentation generiert werden.

Laserscanner ist nicht gleich Laserscanner

Der Markt bietet inzwischen zahlreiche Laserscanner-Systeme. Allerdings sind nicht alle Modelle für das sogenannte terrestrische 3D-Laserscanning, genauer 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.

Zu den wichtigsten Auswahlkriterien für 3D-Laserscanner 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 cm und mehreren Hundert Metern). Der zweite Wert gibt den horizontalen und vertikalen Bereich in Grad an, in dem der Scanner Objektpunkte erfassen kann. Der Messbereich liegt horizontal stets bei 360° und vertikal aufgrund des unter dem Scanner befindlichen Stativs bei etwa 300°. Die Messgenauigkeit sagt aus, wie präzise ein Objektpunkt in der Position bzw. in der Distanz in Millimetern auf eine typische Messentfernung von 30 bis 40 m gemessen werden kann. Die Messgeschwindigkeit gibt Auskunft darüber, wie viele Messpunkte in einer bestimmten Zeit maximal gemessen werden können. Diese so genannte „Scan-



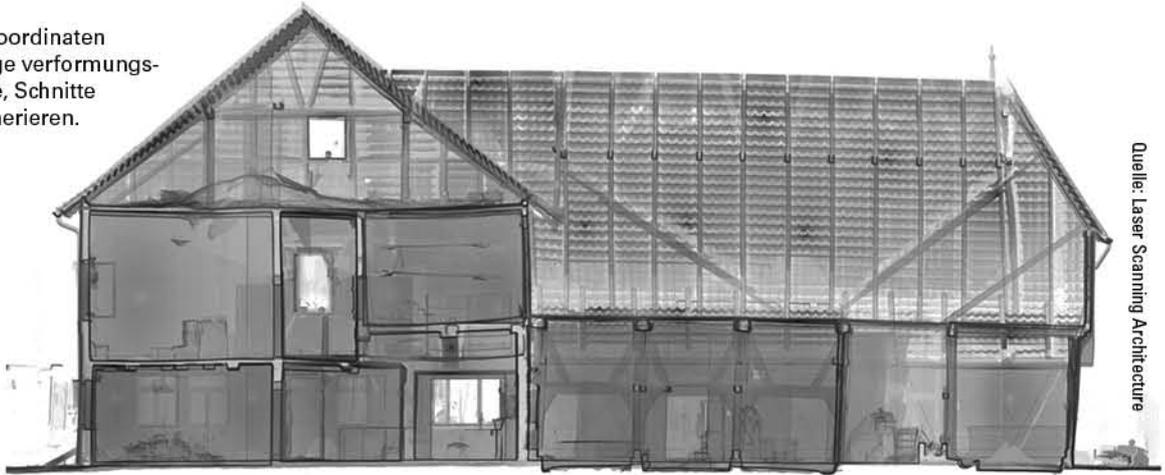
Wie schnell und rationell Punktwolken eingelese, gefiltert und ausgewertet werden können, darüber entscheidet neben der Auswertungssoftware auch die Erfahrung des Anwenders.



Infos im Web und Literatur

- www.architekturvermessung.de: Bauaufmaß-Portal
- www.laserscanning-europe.com: Infos, Service, Produkte
- www.wikipedia.de: Suchwort Laserscanning
- www.youtube.de: Suchwort Laserscanning
- Donath, D.: Bauaufnahme und Planung im Bestand: Grundlagen, Verfahren, Darstellung, Beispiele, Vieweg & Teubner/Wiesbaden, 2008
- Luhmann, T./ Müller, Ch. (Hrsg.): Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik, Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2013, Wichmann-Verlag/Berlin, 2013
- Wiedemann, A.: Handbuch Bauwerksvermessung. Geodäsie, Photogrammetrie, Laserscanning, Birkhäuser-Verlag/Basel, 2004

Aus den 3D-Messkoordinaten lassen sich beliebige verformungsgetreue Grundrisse, Schnitte oder Ansichten generieren.



Quelle: Laser Scanning Architecture

rate“ liegt zwischen einigen Tausend und rund einer Million Pixeln pro Sekunde. Die mittlere Scandauer in Minuten erlaubt Rückschlüsse auf die Schnelligkeit des Systems. Als Zusatzfunktionen werden digitale Fotos und Videos angeboten sowie deren digitale Verortung per GPS.

Gehäusedaten wie Maße, Gewicht und Gehäuseschutzklasse sagen etwas über die Mobilität und Außeneinsatz-Fähigkeit des Gerätes aus. Kompakte Abmessungen und ein geringes Gewicht lernt der Anwender schnell schätzen, wenn das Gerät häufig umgesetzt werden muss. Die Schutzklasse gibt an, wie gut es gegen Staub oder Nässe geschützt ist. Gängige Schnittstellen sind ein Ethernet- und USB-Anschluss, eine Bluetooth- oder WLAN-Schnittstelle zum Notebook sowie ein SD-Kartenslot. Entscheidend ist auch eine möglichst intuitive Bedienung: sie sollte menügeführt sein und beispielsweise über ein Touch-Display erfolgen. Als Stromversorgung dienen wahlweise hochwertige Lithium-Ionen-Akkus mit einer Betriebsdauer von drei bis sechs Stunden oder ein Netzkabel. Zum Standard-Lieferumfang gehören unter anderem ein Transportbehälter, das Stativ, ein Ladegerät, Erfassungssoftware, Laserschutzbrille und Referenzpunktmarken.

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 vom Laserstrahl getroffen werden. Aus den teilweise extrem großen Dateien mit bis zu zehn 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 Vektorgrafik überführt werden. Dabei kann man sich inzwischen mehrerer Programme bedienen. Es gibt sowohl Laserscanner-herstellerspezifische als auch herstellerunabhängige Programme.

Der Aufwand und die Dauer der Auswertung hängen davon ab, ob zweidimensionale Grundrisse, An-

sichten und Schnitte genügen, einfache CAD-Volumenmodelle gefordert sind oder bauteilbasierende BIM-Datenmodelle erzeugt werden sollen, die zusätzlich Objektattribute und Topologien enthalten. Damit der Geschwindigkeitsvorteil der automatischen Messung nicht durch eine mühsame, 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



Anbieter und Dienstleister

Anbieter *

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

Dienstleister*:

www.arctron.de
www.bkr-laserscanning.de
www.vbmassong.de
www.3d-laserscanning.com
www.christofori.de
www.ing-wenck.de
www.inobatec.de
www.laserscanning3d.de
www.laser-scanning-architecture.com
www.netzundplan.at
www.noormann-wachs.de
www.riemenschneider.net
www.survey-service.de
www.unison-engineering.de
 siehe auch Mitgliederlisten:
www.vdv-online.de
www.bdvi.de

* Auswahl, ohne Anspruch auf Vollständigkeit

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 es in das durch die Linie vorgegebene Teilstück ein. Auch an Automatismen zum Generieren gebäudespezifischer Objekte wie Wände, Stützen, Decken oder Treppen wird derzeit experimentiert.

Die beim Auswerten 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 Erfahrung des Anwenders eine große Rolle, denn im Wesentlichen ist es der Anwender, der aus Millionen von Punkten brauchbare Planungsdaten generiert.

Laserscanning als Dienstleistung

In Form von Laser-Distanzmessern, Nivelliergeräten oder Tachymetern hat die Lasertechnik am Bau längst Einzug gehalten. Das 3D-Laserscanning ist hingegen bisher kaum verbreitet. Dafür gibt es einen einfachen Grund: Während rechnergestützte 2D-Aufmaßsysteme „nur“ etwa 1000 Euro und tachymetrische Systeme etwa das Zehnfache kosten, liegen die Preise für 3D-Laserscanner bei 30 000 bis 70 000 Euro und darüber. Deshalb wird dieses Messverfahren bisher eher als Dienstleistung von Ingenieur- und Vermessungsbüros angefordert.

Die Kosten für ein Laserscanning-Aufmaß 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.). Der Umfang der Einzelleistungen ist projektabhängig, weshalb die Kosten nur auf konkrete Anfrage über ein Honorarangebot quanti-



Im Rahmen von „As-Built-Dokumentationen“ lassen sich Abweichungen gegenüber der CAD-Planung überprüfen.

fizierbar sind. Die Kosten sind jedoch überschaubar, sodass bereits bei kleineren Projekten eine Laserscanning-Dienstleistung häufig wirtschaftlicher ist als jedes andere Aufmaßverfahren. Zahlreiche Ingenieur- und Vermessungsbüros haben sich inzwischen auf das Aufmaß mit Laserscannern spezialisiert und bieten entsprechende Dienstleistungen an (siehe Infokasten „Anbieter und Dienstleister“).

Einige CAD-Programme ermöglichen inzwischen einen direkten Import und die Bearbeitung und Auswertung von Punktwolken, ohne dass die Punktwolken extern bearbeitet, ausgewertet, und anschließend importiert werden müssen. 3D-Scandaten lassen sich direkt oder über Zusatzprogramme in AutoCAD Architecture, Revit Architecture, Allplan, ArchiCAD und weitere CAD-Programme importieren. Dort kann der Nutzer sie bearbeiten, auswerten und in ein BIM-Modell überführen. Da verformungsgetreue 2D-Grundrisse, Schnitte oder Ansichten an beliebigen Stellen des räumlichen Gebäudemodells generiert werden können, profitieren nicht nur dreidimensional, sondern auch zeichnungsorientiert arbeitende Büros.

Marian Behaneck