



BKR Ingenieurbüro

DIE SCHNELLE AUSWERTUNG der Scandaten im Büro hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des 3D-Laserscannings

## Stunden, Tage und Wochen

Auswertungssoftware für Laserscanner: Per Knopfdruck geht es (noch) nicht

Während die Technik der 3D-Laserscanner mehr oder weniger ausgereizt zu sein scheint, hat, weil Auswertungsdauern von Stunden, Tagen oder gar Wochen nicht selten sind, die dazu passende Auswertungssoftware noch einen erheblichen Entwicklungsbedarf. Schließlich hat die schnelle Auswertung der Messpunktswolken den entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens in den Büros. Was solche Programme leisten, welche Entwicklungspotenziale und welche Trends es noch gibt, darüber berichtet der folgende Artikel.

Marian Behneck

3D-Laserscanner haben in den vergangenen Jahren das geometrische Aufmaß von Objekten revolutioniert. Geht es insbesondere um die präzise dreidimensionale Erfassung filigraner Objekte wie Industrie- oder (haus-)technische Anlagen, Stahl- oder Holzkonstruktionen, ist dieses Messverfahren unschlagbar. Im Gegensatz zu anderen Aufmaßtechniken werden nicht einzelne, markante Objektpunkte gemessen, sondern das gesamte Messobjekt rasterförmig abgetastet und dessen Form digital durch eine aus mehreren Millionen 3D-Messpunkten bestehende Punktswolke beschrieben (siehe auch DIB 9/09, Seiten 33 bis 37).

Zwar gab es hinsichtlich der Hardware-Technik (Messgenauigkeit, -geschwindigkeit,

Zuverlässigkeit etc.) seit Ende der 1990er Jahre erhebliche Fortschritte. So konnte insbesondere die Messfrequenz innerhalb der letzten zehn Jahre mehr als verzehnfacht werden [1], wodurch sowohl die Anzahl der Messpunkte als auch die Anforderungen an die Auswertung erheblich gestiegen sind.

Folge dieser erheblichen Steigerung der Messpunktdichte ist aber, dass die rechnergestützte Auswertung – trotz kontinuierlicher Verbesserung im Softwarebereich – den Wünschen der Anwender nach Schnelligkeit und Wirtschaftlichkeit hinterherhinkt.

Es dauert nur wenige Minuten bis mehrere Millionen von Messpunkten vor Ort erfasst sind, jedoch viele Stunden, Tage und Wochen, bis die Daten im Büro ausgewertet und daraus für Architekten, Ingenieure, Denkmalschützer, Stadtplaner oder Facility

Manager verwertbare 2D-Pläne, 3D-Modelle oder Visualisierungen generiert worden sind. Diverse Filtertechniken, Modellierwerkzeuge, Automatismen und die Kombination mit anderen Aufmaßverfahren versprechen Abhilfe.

### Vom Messobjekt zur Punktswolke

Bevor von einem realen Objekt ein digitales Abbild als Punktswolke, respektive als 3D-Modell auf einer PC-Festplatte abgelegt werden kann, müssen mehrere Arbeitsschritte erledigt werden. Diese beanspruchen unterschiedlich viel Zeit und lassen sich nur teilweise automatisieren. Zunächst muss der eigentliche Scanvorgang vorbereitet werden: Standpunkte müssen so gewählt werden, dass möglichst wenige Messschatten entstehen und möglichst viele Objektdetails erfasst werden. Ferner müssen zum gewünschten Ergebnis passende Scanparameter (Auflösung etc.) eingestellt werden. Im Objektraum verteilte Zielmarken oder markante, von mehreren Standpunkten erkennbare Objektpunkte, ermöglichen eine relative Orientierung der von den einzelnen Standpunkten erstellten



Faro Europe



Leica Geosystems

DIE OBJEKTERFASSUNG dauert nur wenige Minuten, jedoch viele Stunden, Tage und Wochen, bis verwertbare Visualisierungen entstehen.

TRADITIONELLE MESSMETHODEN messen nur markante Objektpunkte auf, das Laserscanning hingegen Millionen von Punkten.

Scanaufnahmen. Der eigentliche Messvorgang wird mit Hilfe einer scannerspezifischen Software gesteuert und kann – abhängig vom Scannertyp, der Messpunktdichte sowie vom Messobjekt – zwischen wenigen Sekunden und einigen Stunden dauern. Da nur das, was der Scanner erfasst hat, ausgewertet werden kann, werden die Messdaten noch vor Ort auf Korrektheit und vor allem Vollständigkeit geprüft. Danach können die einzelnen Standpunkte im Büro exakt aufeinander orientiert und in ein übergeordnetes Koordinatensystem eingebunden werden. Die Anzahl und Größe der Punktwolken macht vor oder während der Auswertung eine Datenreduzierung erforderlich. Dafür bieten Auswertungsprogramme gleich mehrere Filterverfahren an, die beispielsweise Messpunkte einer definierten Entfernung ausblenden. Zusätzlich können bestimmte Punktwolkenbereiche über manuelle Bereichsdefinitionen ein- oder ausgeblendet werden, was insbesondere die Auswertung von Details vereinfacht.

### Von der Punktwolke zum 3D-Modell

Im Gegensatz zu Flächen, werden Objektkanten und -ecken nur selten durch den Laserstrahl des Scanners getroffen. Aus den 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.

Diese 3D-Modellierung erfordert am meisten Zeit und wird entweder mit gerätespezifischer oder geräteunabhängiger Software durchgeführt. Die Dauer der Auswertung hängt auch davon ab, ob nur zweidimensionale Grundrisse, Ansichten oder Schnitte ge-

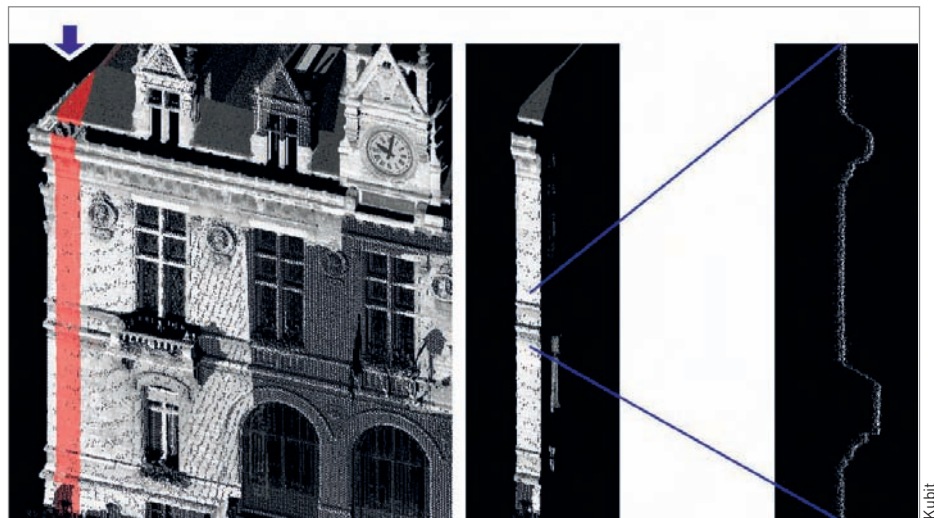
fordert sind, einfache Volumenmodelle erzeugt werden sollen oder bauteilbasierende 3D-Modelle, welche auch Topologien und Objektattribute enthalten.

Die Daten können anschließend per Standardschnittstelle (DXF, DWG, DGN, IGES, VRML etc.) an beliebige CAD- oder Visualisierungsprogramme übergeben werden. Um die überwiegend manuelle Auswertung zu beschleunigen, verfügen die Programme über verschiedene Hilfsfunktionen und Automatismen, mit denen Objektflächen, -kanten und ecken erkannt oder standardisierte Objekte wie Rohrleitungen oder Stahlprofile halbautomatisch generiert werden können: Wird beispielsweise der Verlauf eines Rohres oder Stahlprofils einfach mit einer Linie nachgezeichnet, errechnet das Programm aus der umgebenden Punktestruktur den Durchmesser beziehungsweise die Profilabmessungen. Wird in der Bauteildatenbank nach dem passenden Normbauteil und fügt dieses automatisch in das durch die Linie vorgegebene Teilstück ein. Teilweise existieren auch Werkzeuge für die halbautomatische Gene-

rierung anlagenspezifischer Objekte wie Treppen, Leitern, Kabelkanälen, Schächten sowie aller im Zusammenhang mit Rohrleitungen vorkommenden Bauteile (Bögen, Ventile, Flansche etc.).

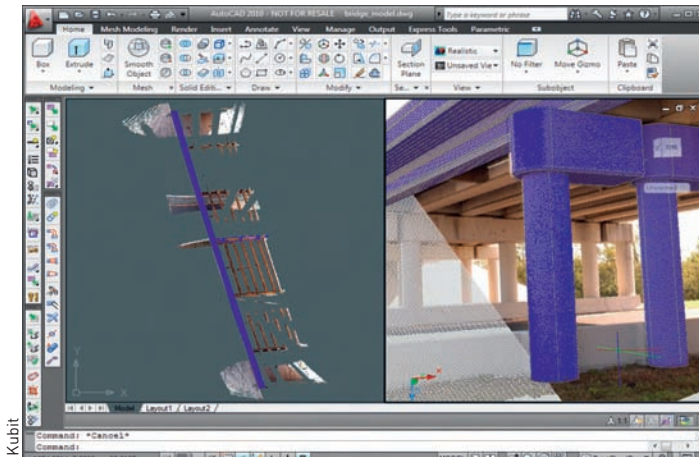
Zum Vorteil der schnellen Modellierung kommt hinzu, dass die Software „intelligente“ Objekte und Verbindungen generiert, die sich einfacher bearbeiten und umfassender auswerten lassen.

Jenseits der manuellen oder halbautomatischen Modellierung mit Hilfe von 3D-Grundkörpern arbeitet man derzeit auch an Verfahren, die eine weitgehend automatische Auswertung ermöglichen sollen. Dazu gehören Programme, die beispielsweise innerhalb eines definierten Punktwolkenbereichs selbstständig Grenzflächen erkennen und daraus Kanten- oder Freiformflächenmodelle generieren können. Probleme, die durch verschatteten Bereiche oder komplexe Verschneidungen entstehen, erfordern jedoch manuelle Eingriffe und bis zur Marktreife werden wohl noch einige Jahre vergehen. [2]

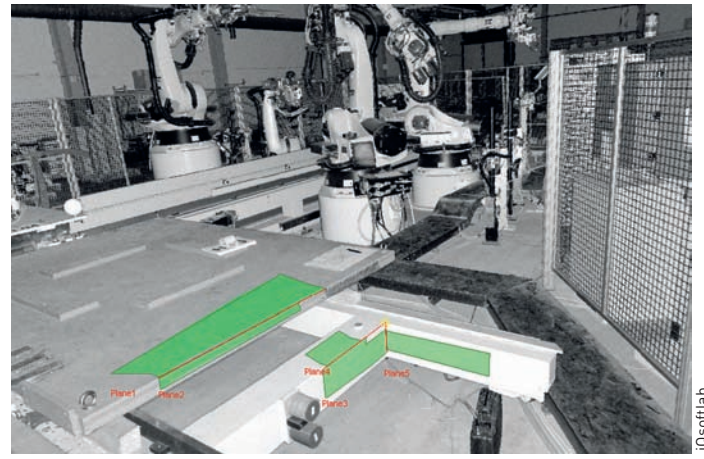


Kubit

BESTIMMTE PUNKTWOLKENBEREICHE können bei der Auswertung ein- oder ausgeblendet werden, was die Detailarbeit vereinfacht.



UM DIE MANUELLE Auswertung, respektive Modellierung zu beschleunigen, ...



... VERFÜGEN DIE PROGRAMME über diverse Automatismen, mit denen Objektflächen, -kanten und ecken erkannt werden

## Vom 3D-Modell zur Visualisierung

Je nach Aufgabe können aus den 3D-Daten sowohl für die weitere Planung erforderliche 2D-Zeichnungen (Grundrisse, Schnitte, Ansichten und Detailpläne) als auch alle möglichen Visualisierungen erzeugt werden.

Nicht immer ist es jedoch erforderlich, aus dem 3D-Modell interaktive Visualisierungen zu generieren. So genannte Viewer

(„Punktwolken-Betrachter“) bieten die Möglichkeit, einzelne Scans oder die Gesamtpunktwolke aus beliebiger Perspektive unmittelbar anzuschauen und teilweise auch Punktkoordinaten anzuzeigen oder Strecken zu messen.

Mit der Freeware *TruView* von Leica Geosystems lassen sich Punktwolken auch im Internet online anzeigen, messen und beschriften. Ein spezielles Darstellungsverfahren (*Bubble View* von Zoller+Fröhlich) er-

möglicht sogar eine fotoähnliche, interaktive Wiedergabe der Scandaten, ohne vorherigen Auswertungsaufwand.

Wer jedoch hochwertige, fotorealistische Bilder benötigt, kommt nicht um eine Scandaten-Auswertung, 3D-Modellierung und anschließende Visualisierung herum. Dazu werden die 3D-Modelle in einem gängigen Format (DXF, DWG, 3DS etc.) exportiert und in ein beliebiges Visualisierungsprogramm eingelesen, mit dem einzelne Bilder, Animationen oder interaktive Echtzeitvisualisierungen generiert werden können. Dazu wird das 3D-Modell zunächst mit einer Oberfläche (Textur) belegt. Das kann ein Foto eines bestimmten Materials oder einer kompletten Gebäudefassade sein, die auf die jeweilige Objektfläche wie eine Tapete „aufgezogen“ wird. Muss eine Vielzahl von Texturen aufgebracht werden – etwa Fassadenfotos eines ganzen Stadtquartiers – kann man auch auf automatische Texturierungsverfahren zurückgreifen, die Bildorientierungs- und Kameradaten selbstständig berücksichtigen.

Nachdem das Modell mit Texturen versehen und gegebenenfalls Materialeigenschaften definiert worden sind, wird es in eine 3D-Szene mit einem Bildhintergrund (in der Regel auch ein Foto) gestellt, die mit natürlichen oder künstlichen Lichtquellen versehen wird. Danach wird die Betrachterperspektive definiert und der Berechnungsvorgang kann gestartet werden. Je nach gewähltem Beleuchtungsmodell (Verfahren zur Simulation der Lichtquellen) wird ein mehr oder weniger fotorealistisches Bild, mit oder ohne Schlagschatten, Transparenzen oder diffussem Lichtanteil berechnet. Um eine Animation generieren zu können, muss entlang der 3D-Szene zunächst ein Kamerapfad, die Objektbrennweite der virtuellen Kamera, die Blickrichtung und Schrittweite definiert werden, für den dann eine Bildsequenz von etwa 25 Bildern pro Sekunde gerechnet wird. In

## Weitere Informationen und Quellen

Das Deutsche Ingenieurblatt unterstützt Sie bei Ihrer Online-Recherche: Eine Info- und Anbieterübersicht zum Thema Laserscanner-Auswertungssoftware finden Sie noch einmal, inklusive einer Verlinkung, unter [www.deutsches-ingenieurblatt.de](http://www.deutsches-ingenieurblatt.de) → **DIB-WebInfos**.  
Suchwort: Laserscanner-Software.



<http://video.google.de>  
[www.architektur-vermessung.de](http://www.architektur-vermessung.de)  
[www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

Suchwort: Laser Scanning  
Bauaufmaß-Portal  
Suchwort: Laserscanning

### Produkte und Anbieter \*

3D Reconstructor  
Cyclone/CloudWorks/TruView etc.  
Laser Scanner LS  
LFM Modeller/Server/NetView etc.  
LupoScan  
PointCloud  
RealWorks/3Dipos/Callidus  
RiScan Pro  
ScanManager  
ScanMaster  
SceneVision-3D

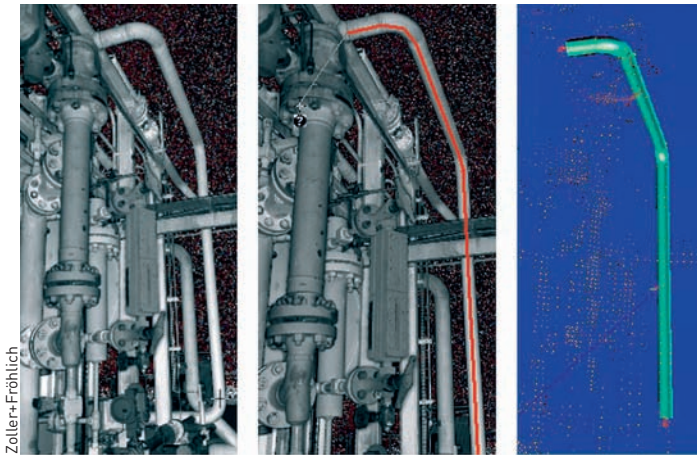
[www.geo-konzept.de](http://www.geo-konzept.de)  
[www.leica-geosystems.de](http://www.leica-geosystems.de)  
[www.faro.com](http://www.faro.com)  
[www.zf-laser.com](http://www.zf-laser.com)  
[www.lupos3d.de](http://www.lupos3d.de)  
[www.kubit.de](http://www.kubit.de)  
<http://global.trimble.com/de>  
[www.riegel.co.at](http://www.riegel.co.at)  
[www.iqsoftlab.com](http://www.iqsoftlab.com)  
[www.topcon-positioning.eu/de](http://www.topcon-positioning.eu/de)  
[www.deltasphere.com](http://www.deltasphere.com)

### Dienstleister \*

[www.arctron.de](http://www.arctron.de),  
[www.bkr-laserscanning.de](http://www.bkr-laserscanning.de),  
[www.vbmassong.de](http://www.vbmassong.de),  
[www.3d-laserscanning.com](http://www.3d-laserscanning.com),  
[www.hoefer-bechtel.de](http://www.hoefer-bechtel.de),  
[www.christofori.de](http://www.christofori.de),  
[www.inobatec.de](http://www.inobatec.de),

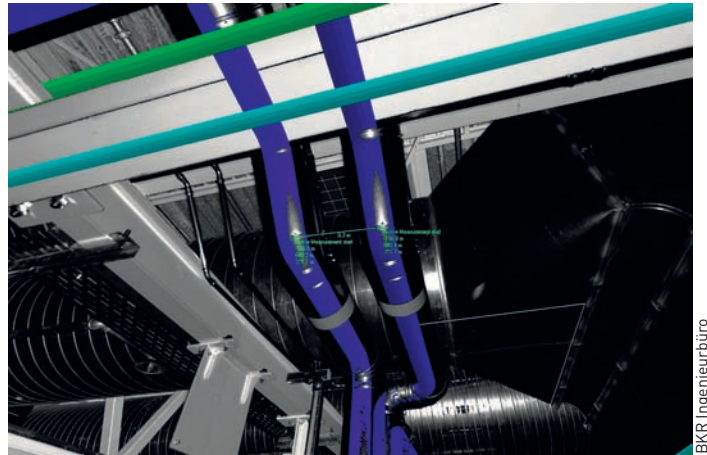
[www.netzundplan.at](http://www.netzundplan.at),  
[www.unison-engineering.de](http://www.unison-engineering.de),  
[www.riemenschneider.net](http://www.riemenschneider.net)  
(siehe auch Mitgliederlisten:  
[www.vdv-online.de](http://www.vdv-online.de) oder [www.bdvi.de](http://www.bdvi.de))

\* Auswahl, jeweils ohne Anspruch auf Vollständigkeit!



Zoller+Fröhlich

KOMPLETTE ROHRVERLÄUFE lassen sich an einem Stück modellieren, indem der Rohrverlauf mit Hilfe einer Linie verfolgt wird



BKR Ingenieurbüro

EINE FOTOÄHNLICHE DARSTELLUNG der Scandaten per „Bubble View“ erleichtert dank einer zusätzlichen Messfunktion die Auswertung.

schneller Folge abgespielt entsteht wie beim Film der Eindruck eines Bewegtbildes.

### Laserscanning trifft Fotogrammetrie

Beide Aufmaßverfahren, das Laserscanning und die Fotogrammetrie (Bildmessung, siehe auch DIB 11/07, Seiten 45 bis 49) haben vieles gemeinsam und ergänzen sich, weil die Schwächen des einen Verfahrens zu den Stärken des anderen gehören. Bei beiden Verfahren dauert die Objekterfassung vor Ort relativ kurz, die Orientierung der Fotos/Punktwolken und deren Auswertung im Büro ist hingegen vergleichsweise arbeits- und zeitaufwendig. Während das 3D-Laserscanning präzise 3D-Punktkoordinaten liefert und beispielsweise die Möglichkeit bietet, hochwertige Auswertungsergebnisse auch unabhängig vom Tageslicht zu erzielen, ermöglicht die Fotogrammetrie aufgrund der im Vergleich zur Punktwolke höheren Auflösung von Fotos eine einfachere und genauere Auswertung von Bauwerksdetails. Letzteres ist insbesondere in den Bereichen Architektur, Denkmalschutz und Archäologie von Bedeutung.

Die kombinierte Arbeitsweise ermöglicht insgesamt eine einfachere, flexiblere und zügigere 3D-Auswertung auch sehr detailreicher Objekte. Da in einem einzelnen Bild nicht immer alles sichtbar ist, sollten auch mehrere orientierte Bilder gleichzeitig auswertbar sein. Nicht alle Laserscanner liefern orientierte Bilder, daher sollte die Auswertungssoftware die Möglichkeit der Bildorientierung bieten. Dabei wird ein mit einer Digitalkamera aufgenommenes Bild mit Hilfe von Passpunkten im virtuellen 3D-Raum so positioniert, wie es zum Zeitpunkt der Aufnahme der Fall war.

### Fazit: Software, Know-how und Erfahrung sind wichtig

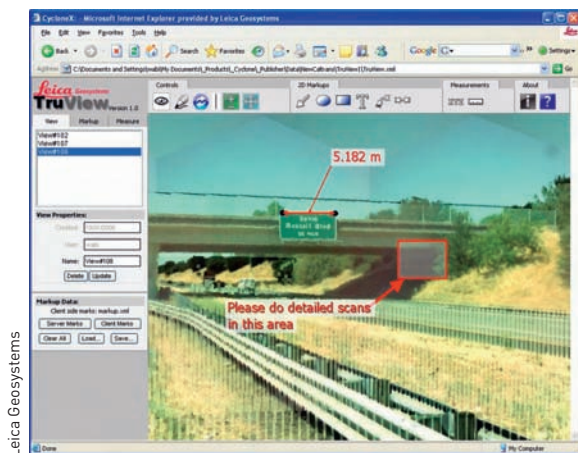
3D-Laserscanner beschleunigen die Erfassung von Objekten – allerdings wird dieser Zeitvorteil durch die aufwendige, noch immer überwiegend manuelle Orientierung und Auswertung der riesigen Datenmenge relativiert. Weit mehr als die Scanner-Hardware haben die Auswertungssoftware, das Know-how und die Erfahrung des Bearbeiters einen erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit dieses Aufmaßverfahrens. Au-

tomatisieren beschleunigen derzeit lediglich im Anlagen- oder Stahlbau die Auswertung und Modellierung.

Bei der Objektmodellierung in den Bereichen Architektur, Denkmalschutz und Archäologie spielen sie kaum eine Rolle, da die Objekte meist sehr komplex und die Anforderungen an eine detaillierte Objekterfassung hoch sind. In diesen Bereichen wird der parallele Einsatz der beiden, sich ergänzenden Aufmaßverfahren – des Laserscannings und der Fotogrammetrie – zunehmend wichtiger. Der Traum vom 3D-Modell auf Knopfdruck wird dennoch wohl stets Traum bleiben.

### Literatur:

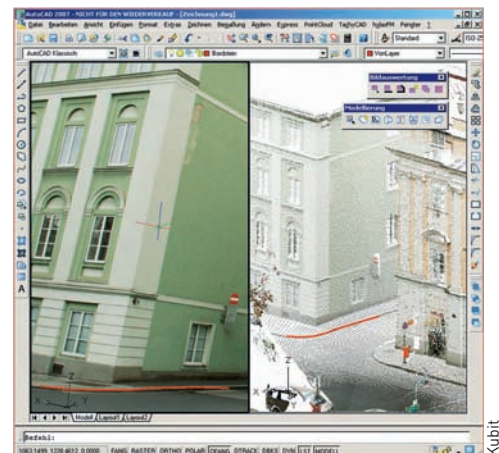
- [1] Briesche, C./Kraus, K./Pfeifer, N.: Automatische Auswertung im terrestrischen Laserscanning, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der TU Wien, 2002
- [2] Kersten, Th./Sternberg, H./Mechelke, K./Lindstaedt, M.: Datenfluss im terrestrischen Laserscanning – Von der Datenerfassung bis zur Visualisierung, HafenCity Universität Hamburg, Department Geomatik, 2008.
- [3] Prof. Dr. Luhmann, T./Müller, Ch. (Hrsg.): Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik, Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2009, Wichmann-Verlag, ISBN 978-3-87907-478-5



Leica Geosystems

MIT SPEZIELLEN PROGRAMMEN lassen sich Punktwolken auch online im Internet anzeigen, messen und beschriften.

DIE KOMBINATION mit fotogrammetrischen Verfahren ermöglicht eine einfachere und genauere Detailauswertung.



Kubit