

# Laserscanning in der Vermessung: Vorteile, Nachteile und Perspektiven

*Erfahren Sie mehr über sinnvolle Anwendungsbereiche des terrestrischen Laserscannings, über den aktuellen Stand der Technik und technologische Trends.*



Links: Ausgedünnte, triangulierte Punktwolke (Ausschnitt) aus TLS-Daten des "Weißgoldzimmers", Schloss Schönbrunn. Rechts: 3D-Modell mit Textur

Laserscanning aus der Luft (*airborne, ALS*) und vom Boden (*terrestrisch, TLS*) ist eine Standardmethode, zumindest im Lehrstoff der Geodäsie- und Geoinformatik-Studien. Darüber hinaus, in Vorlesungen der Architektur über Bauaufnahme oder an verschiedenen Instituten wie Ur- und Frühgeschichte, Geographie, Geometrie und Computergrafik, ist LS eine Routinemethode. Die Neuheit hat dabei sicher eine Rolle gespielt, ebenso die Einfachheit, Messungen mittels TLS zu gewinnen. Außerdem ist das Messen stärker automatisiert, was den Nachbardisziplinen entgegenkommt, und das primäre Ergebnis Punktwolke ist sehr schnell interpretierbar. Auch hier zeigt sich, dass sich TLS gut zwischen Totalstation und Messkamera einordnen lässt. Ebenso hat sich das ALS zur Erfassung der Geländehöhe bei Behörden durchgesetzt.

In Österreich und Deutschland sind einige Bundesländer komplett befliegen worden und beauftragen gezielte Aktualisierungen, z.B. nach großen Überschwemmungen. Die Schweiz ist in fünf Jahren befliegen worden, und die Niederlande führen ein „Update“ für die gesamte Fläche mit einer Dichte von 10 Punkten/m<sup>2</sup> durch. Ausschlaggebend sind die Qualität und die Automatisierung,

speziell die Höhenmessgenauigkeit, auch in bewaldeten Gebieten. In skandinavischen Ländern mit homogener Waldstruktur ist das ALS auch eine kommerziell genutzte Methode großer Forstbetriebe zur Bewuchshöhen-Erfassung. Aus dieser Sicht ist LS zweifelsohne ein Erfolg. Auch photogrammetrische Büros bieten die Dienstleistung ALS an.

## Trends

Ist das TLS aus „Vermessersicht“ ebenso ein Erfolg? Am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der TU Wien und im Christian-Doppler-Labor „Räumliche Daten aus Laserscanning und Fernerkundung“ wird dem Kontakt zur Praxis hoher Stellenwert eingeräumt, jedoch mit dem Schwerpunkt luftgestützter Erfassung. Ich wage zu behaupten, dass obige Frage auch deshalb nicht beantwortet werden muss, weil die Unterschiede zwischen den Messgeräten schwinden. Laserscanner werden mit Kameras kombiniert und haben, ähnlich Totalstationen, oft eine Standardmöglichkeit zum GPS-Aufsatz. Totalstationen mit eingebauten Kameras werden angeboten, und ebenso „lernen“ Totalstationen das Scannen. Nicht zuletzt gibt es Laserscanner, mit denen einzelne Punkte angezielt werden können.

Eine neue Entwicklung sind die Entfernungs-(video)kameras, die ein Grauwertbild aufnehmen und simultan dazu in jedem Pixel der Bildebene die Entfernung vom Sensor zum Objekt messen. Genauigkeit und Reichweite erlauben kaum eine Anwendung im geodätischen Umfeld, aber die Auflösung von 100 x 200 Pixel, die Reichweite von 10 m und die Genauigkeit im cm-Bereich werden überwunden werden. Mit einem zukünftigen, mehrkanaligen Laserscanning durch Einsatz verschiedener Wellenlängen lassen sich simul-

tan geometrische und radiometrische Informationen gewinnen, was neue Anwendungen ermöglichen wird, z.B. auf Basis der Absorptionslinien des Wassers bei ~1,5 µm.

## Stand der Technik

Auch jetzt sind die realen Fortschritte seitens der Hardware und Algorithmen beeindruckend. Entfernungen können beim TLS neben dem Pulslaufzeit- auch mit dem Phasenvergleichsverfahren gewonnen werden. Die Leistungsfähigkeit liegt derzeit bei 500.000 Entfernungsmessungen pro Sekunde bei einer Genauigkeit von wenigen Millimeter in einem Einsatzbereich bis 100 m. Dieses „single target“-Verfahren hat den Nachteil, dass die Entfernungen aller Objekte, die innerhalb des Strahldurchmessers liegen, gemittelt werden. Aufgrund der Beugung des Lichts kann der Strahl nicht beliebig dünn gemacht werden. Kanten weisen daher in sehr dichten Punktwolken eine Abrundung auf. Auch zwischen Vordergrund und Hintergrund wird durch die dazwischen liegenden „Phantom-Punkte“ eine Wand gezogen.

Mit dem Pulslaufzeitverfahren sind, wie die *Intergeo* in Bremen gezeigt hat, auch Puls-wiederholraten von 300 kHz möglich. Zudem erlaubt dieses Verfahren zu einem ausgesendeten Puls mehrere Echos zeitlich getrennt, und somit in der Entfernung gestaffelt, zu empfangen. Damit treten Phantom-Punkte nur noch bei geringen Abständen, abhängig von der Pulslänge im Nano-Sekunden-Bereich (1 ns entspricht 15 cm), auf. In Azimut- und Zenitrichtung sind die Punkte unterschiedlicher Echos am selben Ort.

Eine weitere Entwicklung stellt die Aufzeichnung der Form des rückgestreuten Signals dar. Harte Oberflächen normal auf den Laserstrahl werfen den Puls ohne Deformation zurück. Räumlich, in Entfernungsrichtung strukturierte Objekte mit Hinblick auf den Strahldurchmesser von wenigen Millimetern bis Zentimetern, beispielsweise Vegetation, weiten das Echo auf. Das ermöglicht

eine Klassifikation der gemessenen Punkte bzw. kann auch als Qualitätsmaß für die Entfernungsmessung dienen. Im ALS ist das bereits erfolgreich eingesetzt worden, um Reflexionen auf der niedrigen Vegetation in Waldbereichen von tatsächlichen Bodenechos zu trennen, um zuverlässiger mit höherer Automation Geländemodelle zu erhalten. In Zusammenarbeit mit der *Universität Wien* konnten dadurch prähistorische Hügelgräber, die sich nur um wenige Dezimeter vom Boden abheben, bei einer Ausdehnung von über 10 m, entdeckt werden. Die ALS-Pulswiederholraten liegen bei 200 kHz.

### **Automation**

Beim TLS können Millionen von Punkten innerhalb kürzester Zeit aufgenommen werden. Wesentlich sind oft nur wenige Punkte.

Die Stärken des LS liegen 1.) in der Erfassung von unregelmäßigen Objekten und 2.) in der vollautomatischen Erfassung vieler Objekte. Für einen effizienten Einsatz sind daher die gegenseitige Orientierung von TLS-Standpunkten und die Modellerstellung zu automatisieren. Erste Methoden zur groben vollautomatischen Orientierung sind

publiziert worden. Am Weg in die Praxis werden diese vielleicht von kleinen Geräten zur Beobachtung der äußeren Orientierung auf Basis von MEMS (*Micro-Electro-Mechanical System*, hier miniaturisierte „Kreisel“) überholt. Eine exakte Orientierung lässt sich bei bekannten Näherungswerten schon jetzt in vielen Fällen ohne spezielle Zielpunkte, also künstlich angebrachte oder markante Punkte, erreichen. Dabei werden die Punkt-zu-Punkt-Abstände zwischen den Punktwolken selbst minimiert. Auch wenn kein Punkt mehrfach beobachtet wird, sondern von jedem Standpunkt aus neue Punkte aufgenommen werden, erlaubt das dichte Abtasten diesen Ansatz. Für sehr unregelmäßige Flächen arbeiten diese Verfahren in Standard-Software jedoch nicht zufriedenstellend. Die große Datenmenge ist weiters hilfreich für automatische, projektbegleitende Kalibrierung, die vorerst im akademischen Umfeld untersucht wird.

Der schwierigste Schritt in der Automatisierung ist die Modellbildung, die auch den größten manuellen Aufwand darstellt. Die Anwendung tritt in den Vordergrund und eine Vielfalt von gewünschten Resultaten besteht. Soll nur ein Modell erstellt werden, das

die Geometrie wiedergibt, ist eine Triangulierung ausreichend. Sollen Objekte identifiziert werden, stellt sich die Frage nach Generalisierung, bspw. Weglassen von Details, und das erfordert Wissen über die Anwendung selbst. Dieses ist nur schwierig in formale (programmierbare) Regelwerke zu transformieren. Für spezielle Anwendungen, z.B. die Untersuchung flächenhafter Deformationen, ist die volle Automatisierung bereits realisierbar.

ALS und TLS werden in vielen Bereichen erfolgreich eingesetzt, nicht nur, aber oft von Vermessern. Unter Bezugnahme auf die angesprochene Konvergenz der Messgeräte, deren Umsetzung noch auf sich warten lassen wird, aber auch auf die angesprochenen Vorteile des Verfahrens, hoffe ich, alle Leser für diese Technologie interessiert zu haben. ■

### **Dr. Norbert Pfeifer**

*Christian Doppler Labor "Räumliche Daten aus Laserscanning und Fernerkundung", Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung*  
<http://www.ipf.tuwien.ac.at>  
*Technische Universität Wien*  
 email: [np@ipf.tuwien.ac.at](mailto:np@ipf.tuwien.ac.at)