

Terrestrisches Laserscanning mit Midrange-Scannern – Entwicklungstendenzen und Probleme

LIDAR with Midrange Scanners – Trends in the Development and Problems

Wolffried Wehmann

In diesem Beitrag wird der aktuelle Entwicklungsstand des terrestrischen Laserscannings (TLS) mit Midrange-Scannern, d. h. mit Scannern, die vorwiegend im Entfernungsbereich von 2 – 300 m arbeiten, betrachtet, wobei der Schwerpunkt auf den neuesten Entwicklungen aus dem Jahr 2013 liegt. Dabei steht die gerätetechnische Komponente im Blickpunkt. Es wird aufgezeigt, dass eine Reihe von Problemen bei der Hardware einer besseren Lösung bedarf. Abschließend wird das Hauptproblem diskutiert, dass die Auswertung der Scandaten nach wie vor zu lange dauert und alle Softwareprodukte zu viele manuelle Auswertearbeiten erfordern.

Schlüsselwörter: Terrestrisches Laserscanning, Midrange-Laserscanner

This paper presents current trends in the development of terrestrial laser scanners regarding midrange instruments with the focus on new scanners from 2013 and their hardware. These midrange scanners work in distances between 2 m and 300 m. The paper also illustrates some hardware problems, which have to be solved in foreseeable future. In conclusion the main problem of LIDAR is presented: The processing of the scanning data takes still too long, because all software products require a lot of manual work.

Keywords: LIDAR, midrange scanner

1 EINLEITUNG

Dieser Beitrag ist dem bisherigen Schriftleiter der avn, dem hochverehrten Kollegen Willfried Schwarz gewidmet, dem der Autor nachträglich zu seinem 65. Geburtstag sowie zu seiner Emeritierung recht herzlich gratuliert. Des Weiteren bedankt er sich bei Professor Schwarz für die langjährige gute Zusammenarbeit zwischen der Professur Geodäsie und Photogrammetrie der Bauhaus-Universität Weimar und der Fakultät Geoinformation der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden. So wurde insbesondere seit 1999 durch viele gemeinsam betreute Diplomarbeiten von HTW-Absolventen die Forschungstätigkeit beider Hochschulen auf den Gebieten von Ingenieurgeodäsie und Photogrammetrie vorangebracht. Ein Schwerpunkt dieser Forschungs-kooperation waren bereits 2001 Untersuchungen zur reflektor-

losen Streckenmessung und Tachymetrie. Da terrestrisches Laserscanning (TLS) streng genommen auch nur eine spezielle Anwendung des Verfahrens der reflektorlosen Tachymetrie ist, widmet der Autor diesen Beitrag dem Jubilar.

2 ENTWICKLUNGSTENDENZEN UND ÜBERBLICK ÜBER AKTUELLE LASERSCANNER IM MIDRANGE-BEREICH

Unter Midrange-Scannern werden im Weiteren alle Scanner verstanden, die vorrangig in einem Entfernungsbereich von 2–300 m arbeiten und damit für geodätische Aufgaben bevorzugt

eingesetzt werden können. Seit der Markteinführung der ersten terrestrischen Laserscanner im Jahre 1998 haben diese Geräte eine rasante Entwicklung genommen, die in den letzten drei Jahren kulminierte und zu einer erheblichen Steigerung der Genauigkeit, der Zuverlässigkeit und der Messgeschwindigkeiten geführt hat. Dabei scheint hinsichtlich der maximal erzielbaren Scangeschwindigkeiten mit reichlich 1 Mio. Punkte pro Sekunde eine Grenze erreicht zu sein. Gleiches gilt für die erreichbaren Punktgenauigkeiten, die im Nahbereich unter 10 m bei 1 mm, für Entfernungen von 60 m bei 2–4 mm sowie bei Entfernungen von > 150 m bei 7–10 mm liegen. Damit ist ein breites Spektrum an geodätischen und nicht geodätischen Anwendungen problemlos realisierbar.

Schwerpunkt der Entwicklungen von Midrange-Scannern waren in den vergangenen zwei Jahren bei fast allen Herstellern die großen Anstrengungen zur Erhöhung der Augensicherheit, d. h., Scanner zu produzieren, die möglichst in der Laserklasse 1 eingeordnet werden können. Das wurde möglich, indem das Wellenspektrum der eingesetzten Laser weiter in das nahe Infrarot mit Wellenlängen von 1.300–1.600 nm verschoben wurde. Des Weiteren sind die aktuellen Instrumente der Marktführer überwiegend Stand-alone-Geräte, die per Touchscreen gesteuert werden, jedoch zumeist zusätzlich über eine WLAN-Verbindung verfügen.

Hinsichtlich der Ausmaße und des Gewichts der Scanner ist der Trend zu kleineren und leichteren Geräten seit der Markteinführung des FOCUS^{3D} 120 von FARO praktisch zum Stillstand gekommen. Da eine weitere Minimierung zu Stabilitätsproblemen während des Scanvorgangs führen kann, sollten auch in Zukunft keine wesentlich kleineren und leichteren Instrumente zu erwarten sein.

Die für die Anwender positivste Entwicklungstendenz wurde ebenfalls von der Firma FARO mit dem FOCUS^{3D} 120 initiiert – die spürbare Senkung der Gerätepreise. Waren 2008 noch kaum Instrumente unter 100.000 € erhältlich, sind Ende 2013 Instrumente ab 10.000 € (ohne MwSt.) verfügbar und auch Spitzengeräte kosten aufgrund der verschärften Wettbewerbsbedingungen ca. 30.000 € weniger als ihre Vorgänger vor fünf Jahren. Damit stieg der Verkauf von terrestrischen Laserscannern weltweit in den vergangenen Jahren um ein Vielfaches, da sie für viele Ingenieurbüros erschwinglich wurden. Gleichzeitig konnte die damit effektiver gewordene Technologie TLS neue und wesentlich breitere Anwendungsfelder erschließen.

Hingegen kann die Softwareentwicklung mit der Hardwareentwicklung nach wie vor nicht Schritt halten, worauf im Folgenden eingegangen wird. Ergänzt werden sollen die Entwicklungstendenzen um eine Auswahl aktueller Scanner, die 2013 neu auf den Markt gekommen sind.



Abb. 1 | Leica ScanStation P20 /Leica 2013/



Abb. 2 | Scanner Trimble TX8 /Trimble 2013/



Abb. 3 | Scanner FOCUS^{3D} X330 /FARO 2013/



Abb. 4 | Scanner Topcon GLS-2000 /Topcon 2014/



Abb. 5 | Scanner RODEON Smartscan /Dr. Clauß/

Anfang 2013 stellte die Schweizer Firma Leica ihren neuesten Scanner, die Leica ScanStation P20 (*Abb. 1*) vor, der als erster Scanner die Streckenmessung mit der Waveform Digitizing Technologie vornimmt, einem Messverfahren, das die Vorteile des Phasenvergleichsverfahrens mit dem des Impulsmessverfahrens verknüpft. Mit diesem Instrument können bis zu 1.000.000 Punkte/s auch mit geringer Reflektivität bei einer maximalen Reichweite von 120 m gescannt werden, wobei laut Herstellerangabe 3D-Punktgenauigkeiten von 3 mm auf 50 m bzw. 6 mm auf 100 m erreicht werden können. Allerdings ist der Scanner mit 11,3 kg relativ schwer und genügt nur Laserklasse 2 /Leica 2013/.

Gleich fünf neue Laserscanner wurden auf der Intergeo 2013 im Oktober in Essen erstmals dem Publikum vorgestellt. Neben dem Scanner X300 von Stonex, über den jedoch bislang kaum Detailinformationen vorliegen, gehört dazu auch der neue Scanner TX8 von Trimble (*Abb. 2*). Dessen Hersteller gibt die Messgeschwindigkeit mit bis zu 1.000.000 Punkte/s bei einer maximalen Reichweite von 120 m im Normalmessmodus sowie von 340 m bei Scans mit erweiterter Reichweite an. Auch dieser Scanner ist mit einer Wellenlänge von 1.500 nm augensicher und wiegt 11,0 kg /Trimble 2013/.

Nachdem die Firma FARO ihren Scanner FOCUS^{3D} 120 seit 2010 in großen Stückzahlen sehr erfolgreich vertrieben hat, wurde im Oktober 2013 mit dem FOCUS^{3D} X330 (*Abb. 3*) das Nachfolgegerät erstmals vorgestellt. Hinsichtlich seiner Größe, seines Gewichts, der Messgeschwindigkeiten sowie der Streckengenauigkeit ist er identisch mit dem Vorgängerinstrument. Neu sind die größere Reichweite von bis zu 330 m auf gut reflektierende Ziele, der verwendete Laser, der mit $\lambda = 1.550$ nm jetzt ebenfalls der Laserklasse 1 entspricht, sowie das im Gerät integrierte GPS-Messsystem /FARO 2013/. Die erreichbaren Scangenaugigkeiten liegen wie beim FOCUS^{3D} 120 bei 5–8 mm als 3D-Genauigkeit bis zu 60 m Entfernung, was eigene Untersuchungen des Autors bestätigt haben.

Mit dem GLS-2000 (*Abb. 4*) von Topcon wurde ein weiterer, neu entwickelter Scanner erstmals in Deutschland präsentiert, der sich durch die Besonderheit auszeichnet, dass er über einen umschaltbaren Laser verfügt, der im Standard- und Hochgeschwindigkeitsmodus in der Laserklasse 3R arbeitet, jedoch bei Aufgaben, die wegen Publikumsverkehr eine höhere Augensicherheit verlangen, auf Laserklasse 1M (Energiesparmodus) umgeschaltet werden kann. Dieser Scanner, der mit zwei Kameras ausgerüstet ist, und dessen Streckenmessung auf dem Impulsmessverfahren beruht, hat eine maximale Reichweite von 350 m im Standardmodus bzw. 210 m im Hochgeschwindigkeits- und Energiesparmodus. Er verfügt außerdem mit einer maximalen Auflösung von 0,05 mrad, was 1 mm auf 20 m Entfernung entspricht, über eine außerordentlich hohe Auflösung /Topcon 2014/.

Als wirtschaftlichster 3D-Laserscanner, der mit einem Preis von 9.900 € (ohne MwSt.) speziell für Einsteiger in diese Technologie gedacht ist, wurde auf der gleichen Messe erstmals der RODEON Smartscan (*Abb. 5*) der sächsischen Firma Dr. Clauß Bild- u. Datentechnik vorgestellt. Er gehört gleichfalls zur Laserklasse 1, hat mit 5 kg das gleiche geringe Gewicht wie der Focus und wird vom Hersteller mit einer maximalen Reichweite von bis

zu 250 m bei Messraten von bis zu 14.400 Punkte/s angegeben /Dr. Clauß 2013/. Leider fehlen bisher verlässliche Genauigkeitsangaben.

3 PROBLEME MIT TERRESTRISCHEN LASERSCANNERN IM MIDRANGE-BEREICH

Die hohen Scangeschwindigkeiten der Midrange-Scanner, die bei bis zu reichlich einer Million Punkten pro Sekunde liegen, bedingen Punktgenauigkeiten im Zentimeterbereich. Wird eine höhere Scanqualität gewünscht, reduziert sich die Messgeschwindigkeit zwangsläufig, was nicht unterschätzt werden darf.

Die Entwicklung der letzten Jahre zu immer größeren Reichweiten von bis zu 500 m steht nicht im Einklang mit dem Auflösungsvermögen der Scanner. Deshalb können Objekte in Entfernungen über 300 m bei fast allen Geräten, die bis zu diesen Reichweiten messen, nur zu Übersichtszwecken gescannt werden. Details und erst recht Targets sind in solchen Entfernungen nicht oder nur unzureichend scannbar, da die Qualität der Punktbestimmungen auch wesentlich vom Auflösungsvermögen der Scanner bzw. exakter von der Auflösung der Ablenkeinheiten bestimmt werden. So beträgt beispielsweise beim FARO Focus X330 die maximale Auflösung 0,157 mrad, was 1,53 mm auf 10 m Entfernung entspricht. Daraus folgt, dass der Mindestpunktabstand auf einem Ziel in 330 m bei diesem Gerät 51 mm beträgt, womit Targets wegen zu geringer Punktmengen auf den Zielmarken nicht mehr detektierbar sind.

Trotz der hohen Scangeschwindigkeiten dauern Panoramascans bei gutem Auflösungsvermögen mehr als zwei Stunden und damit für eine Reihe von Anwendungen zu lange, zumal spezielle Feinscans für kleine Bereiche nur von wenigen Herstellern wie Riegl angeboten werden. Die mit den Scans produzierten Datenmengen werden somit extrem groß und erfordern schwierige und zeitaufwändige Nachbearbeitungen im Innendienst. Die Festlegung von kleinen zu scannenden Ausschnitten ist aufgrund der zur Steuerung bei den meisten Instrumenten verwendeten Touchscreens, deren Zoomfunktion im Regelfall viel zu gering ist, nicht exakt möglich. Dafür ist die Steuerung der Scanner mittels per WLAN verbundener Laptops eine gute Alternative und sollte von allen Herstellern angeboten werden.

Laserscanner sind komplizierte und komplexe Gerätesysteme mit vielen Bestandteilen, meist unbekanntem internen Korrekturwerten und umfangreicher geräteinterner Software. Es gibt leider immer noch keine vergleichbaren Herstellerinformationen zu den meisten Scannerparametern sowie zu tatsächlich erreichbaren Reichweiten und Genauigkeiten der Geräte. Die begleitenden Angaben der Gerätehersteller liefern zwar eine Menge von Details, die dem Anwender aber eher verwirren als ihm zu nutzen. Deshalb sollten sich Gerätehersteller, Hochschulen und Anwender sowie Normierungsinstitutionen umgehend verbindlich einigen über geeignete einheitliche Geräteparameter.

Auch zur Qualitätsprüfung von terrestrischen Laserscannern existieren trotz großer Anstrengungen seitens der Hochschulen, z. B. /Kern 2008/ und /Wehmann 2009/, noch immer keine verbindlichen einheitlichen Standards. Das gilt auch für einfache

Feldprüfverfahren zur Geräteselbstprüfung durch die Anwender. Hier ist lediglich in der ScanStation P20 von Leica ein Prüfverfahren in der Gerätesoftware integriert.

Die Berücksichtigung der atmosphärischen Korrektur bei der Streckenmessung fehlt bei der Mehrzahl der Scanner, die Reichweiten über 200 m ermöglichen. Das führt zu Genauigkeitsverschlechterungen von bis zu 15 mm und kann durch die Korrektur des Temperatureinflusses auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Messwellen mittels Temperaturmessung am Scanner per Sensor minimiert werden.

Die große Mehrzahl terrestrischer Midrange-Scanner wird an Firmen und Einrichtungen außerhalb der Geodäsie verkauft. Ihr Einsatz erfolgt in vielen Bereichen wie im Maschinenbau, im Bauwesen, in der Architektur, in der Kriminalistik oder in der Archäologie und damit vielfach von Nutzern, die keine oder unzureichende geodätische Kenntnisse besitzen. Deshalb sind Weiterbildungsmaßnahmen durch Geodäten für Nichtgeodäten im Bereich TLS nach wie vor sehr wichtig und sollten auch von den Fakultäten bzw. Abteilungen Geodäsie an den Hochschulen angeboten werden.

Das zentrale Problem bei TLS liegt jedoch noch immer in der Nachbearbeitung der Daten, d. h. in der Auswertung bzw. Modellierung. Dafür wird ein Vielfaches der Aufnahmezeit benötigt, weil immer noch keine zuverlässig weitgehend automatisch arbeitende Auswertesoftware verfügbar ist! Hier liegt nach Meinung des Autors der größte Nachholbedarf, um TLS in der Zukunft noch breiteren Anwendern zu öffnen. Effektiv ist heute der Einsatz von TLS vor allem im CAD-Bereich, da die Erstellung von Übersichten, Schnitten, Grundrissen sowie Web-Share-Produkten mittels Laserscanning am kostengünstigsten ist und die Datenweiterverarbeitung in CAD-Programmen nahezu uneingeschränkt funktioniert. Modellierungsanwendungen sind hingegen momentan im Regelfall meist viel zu teuer.

Ein weiteres Problem liegt in der Tatsache, dass Photogrammetrie und terrestrisches Laserscanning in zunehmendem Maße konkurrierende Technologien für gleiche Anwendungen geworden sind. Vor allem durch neue Lösungen aus dem Bereich Computer-vision liefern photogrammetrische Auswertungen von einer Vielzahl von Fotos zur Erzeugung von Gebäudemodellen im Bereich Architektur und Archäologie ebenbürtige Ergebnisse. Beide Verfahren, TLS und Photogrammetrie, erfordern jedoch für Modellierungsaufgaben sehr leistungsfähige und damit teure Rechen-technik und Auswertesoftware, um die enormen Datenmengen von bis zu mehreren Terrabyte bearbeiten zu können. Beide Verfahren, TLS wie terrestrische Photogrammetrie, verfügen über Vorzüge und können deshalb bestimmte Anwendungsfelder besser als das jeweils andere Verfahren bearbeiten.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Terrestrische Midrange-Scanner haben in den vergangenen Jahren eine gewaltige Entwicklung vollzogen und sich inzwischen viele Anwendungen erschlossen. Hinsichtlich solcher Hardwarekriterien wie Genauigkeit, Reichweite und Messgeschwindigkeit scheint 2013 ein Punkt erreicht zu sein, an dem weitere Ver-

besserungen, auch unter dem Gesichtspunkt erschwinglicher Instrumente, sich langsam einer Grenze nähern. Deshalb wird die Weiterentwicklung von TLS in den nächsten Jahren vor allem von der Verbesserung der Auswerte- und insbesondere der Modellierungssoftwareprodukte bestimmt werden, wo der größte Nachholbedarf besteht. Nur so kann sich TLS der Konkurrenz der modernen terrestrischen Photogrammetrie erwehren.

LITERATUR

Dr. Clauß Bild- und Datentechnik GmbH (2013): Webseite Rodeon Smartscan. <http://www.dr-clauss.de/de/vermessungstechnik-3/smartsan> (Zugriff: 10/2013).

FARO Technologies Inc. (2013): Webseite FARO Laser Scanner Focus^{3D} X330. <http://www.faro.com/de-de/produkte/3d-vermessung/laserscanner-faro-focus-sup-3d-sup-/> (Zugriff: 10/2013).

Kern, F. (2008): Prüfen und Kalibrieren von terrestrischen Laserscannern. In: Luhmann, T.; Müller, C. (Hrsg.): Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik. Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2008. Wichmann Verlag, Heidelberg, 306–316.

Leica Geosystems (2013): Webseite Leica ScanStation. http://www.leica-geosystems.de/de/Leica-ScanStation-P20_101869.htm (Zugriff: 10/2013).

Topcon Europe Positioning B.V. (2014): GLS-2000, Kompakter Hochgeschwindigkeitslaserscanner, Produktbroschüre, Capelle a/d IJssel, Niederlande. Trimble Deutschland GmbH (2013): Technisches Datenblatt Trimble TX 8 Laserscanner. <http://www.trimble.com/3d-laser-scanning/tx8.aspx?dtID=overview&> (Zugriff: 12/2013).

Wehmann, W.; van Zyl, C.; Schmiedel, M.; Träbert, M. (2009): Erste Untersuchungen des neuen Phasenvergleichsscanners PHOTON 120 von FARO. In: DVW (Hrsg.): Terrestrisches Laserscanning (TLS) 2009 – Yes, we Scan!. Beiträge zum 91. DVW-Seminar am 19. und 20. November 2009 in Fulda. Schriftenreihe des DVW, Band 60. Wißner-Verlag, Augsburg, 31–47.

Prof. Dr.-Ing. Wolfried Wehmann

**HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND
WIRTSCHAFT DRESDEN
FAKULTÄT GEOINFORMATION**

Friedrich-List-Platz 1 | 01069 Dresden
wehmann@htw-dresden.de

