

Grundlagen der Vermessung

Einleitung

Vermessung ist nach der Definition des American Congress on Surveying and Mapping (ACSM) die Wissenschaft und Kunst, alle erforderlichen Messungen durchzuführen, um die relative Position von Punkten oder physischen und kulturellen Details über, auf oder unter der Erdoberfläche zu bestimmen und diese in verwertbarer Form darzustellen oder die Position von Punkten oder Details festzulegen.

Die Vermessung kommt in zahlreichen technischen Anwendungen zum Einsatz und bildet die existierende Realität mithilfe von Software oder ähnlichen Darstellungssystemen in der virtuellen Realität ab, um so Bäume, Gehsteige, Gebäude, Landschaftskonturen, Topografien, Bruchlinien, Anlagen und vieles mehr zu dokumentieren. Im Laufe der Jahre wurden verschiedenste Messverfahren zum Erfassen dieser Daten verwendet. Als schließlich immer präzisere Messungen erforderlich wurden, kam die moderne 3D-Technologie auf, die all diese Anforderungen erfüllen und eine umfassende Dokumentation liefern konnte, wie sie zuvor mit herkömmlichen Methoden nicht möglich war.

In der Vermessung eingesetzte Messverfahren

Die Landvermessung ist das zweitälteste Gewerbe der Welt. Gut ausgestattete Messinstrumente bilden die Grundvoraussetzung für die Durchführung von Landvermessungsprojekten. Schon vor Tausenden von Jahren wurden einfache Werkzeuge wie Ketten verwendet, um nach dem alljährlichen Nilhochwasser die Grenzen der Bauernhöfe neu zu bestimmen.¹ Seitdem haben die Vermesser die verschiedenen Techniken, mit denen sie die Messungen für ihre Kunden durchführen, erheblich verbessert.

Zu den grundlegenden Werkzeugen der Vermesser gehören Tachymeter oder Theodolite, die zur Messung horizontaler und vertikaler Winkel benutzt werden. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde der Noniustheodolit eingeführt, gefolgt von dem Mikrometertheodoliten und schließlich dem Digitaltheodoliten in den 1990er Jahren.

Ein typischer Mikrometertheodolit enthält ganze 20 Prismen oder Objektive in seinem System zur optischen Winkelbestimmung. Dieses Verfahren kann zwar höchst präzise sein, es birgt jedoch ein höheres Risiko von Bedienfehlern, wenn die Winkel über das Vergrößerungsobjektiv abgelesen werden.

Mit dem Aufkommen der Digitaltheodoliten wurden solche Fehler beseitigt, da nun ein modernes System zur Digitalkodierung zum Einsatz kam (Absolut- oder Inkrementalgeber), das in allen modernen elektronischen Instrumenten zur Winkelmessung enthalten ist. Die horizontalen und vertikalen Winkel werden von diesen Sensoren gemessen, und die digitalen Anzeigewerte werden auf dem Bildschirm wiedergegeben.

Eines der ältesten Verfahren, um neben Winkeln auch Distanzen zu messen, besteht in der Verwendung von Vermessungsketten. Heute ermöglicht der Einsatz modernerer und exakterer Instrumente, wie beispielsweise elektronische Distanzmessgeräte (Electronic Distance Meter, EDM), den Vermessern die Messung längerer Distanzen, indem sie das EDM auf einem Digitaltheodoliten montieren, was auch als Semi-Total-Station bezeichnet wird.

Heute gehört die elektronische Totalstation zu den meistgenutzten geodätischen Instrumenten in der konventionellen Vermessung. Sie vereint die Technologien von Digitaltheodoliten und elektronischen Distanzmessgeräten in einem Gerät und wird mithilfe eines integrierten Vermessungsprogramms gesteuert.

Die Totalstation erfasst die Koordinatendaten (X, Y, Z) zu einzelnen Punkten und identifiziert dann mithilfe von Kartiercodes alle Messpunkte. Die von der Totalstation erfassten Daten werden anschließend im Büro mithilfe von Software verarbeitet und angepasst, um so Vermessungen oder dreidimensionale Modelle von Geländeabschnitten oder Objekten zu erstellen.

Im Laufe der Jahre wurde die Technik der Totalstationen immer weiter verbessert, unter anderem durch die reflektorlose oder prismenlose Technologie, die es dem Bediener ermöglicht, vom Instrument aus Messungen durchzuführen, ohne das Objekt mit einem Reflektor oder Prisma anzusteuern. Obwohl dieses Verfahren erheblich präziser und effizienter ist als herkömmliche Totalstationen, bleibt die Erfassung von Einzelpunktmessungen aufgrund des mit der Erfassung großer Datenmengen verbundenen Zeitaufwands ein Nachteil.

Darüber hinaus wurden Verbesserungen wie das Global Positioning System (GPS) eingeführt, um zusätzliche Messdaten zu liefern. Als GPS in den 1980er Jahren erstmals eingeführt wurde, diente es zur Messung großer Distanzen zwischen zwei Punkten und somit als Mittel für eine horizontale und vertikale Steuerung. Im Zuge seiner Entwicklung hat sich GPS im Vermessungsbereich zur sogenannten Echtzeitkinematik (Real Time Kinematic) gewandelt, auch RTK GPS genannt. Um die Daten der GPS-Empfänger zu verarbeiten, müssen die Geräte heutzutage nicht mehr erst zurück ins Büro gebracht werden. Vielmehr sind die GPS-Empfänger über Funk verbunden, so dass der Benutzer in Echtzeit Objekte abbilden kann, wobei das GPS in der Distanzlatte integriert ist.

1 History of Surveying and Measurement, Internationale Vereinigung der Vermessungsingenieure, <http://www.fig.net/hsm/instruments.htm>

Zwar beschleunigen RTK-GPS-Systeme die Datenerfassung, doch besteht eine Positionsdifferenz zwischen den horizontalen und vertikalen Messungen, die bei anderen Verfahren nicht auftritt, wobei das vertikale Array der doppelten Distanz des horizontalen entspricht. Außerdem kann die horizontale Genauigkeit durch verschiedene Faktoren beeinträchtigt werden, etwa Hindernisse wie Gebäude, Bäume oder Zäune, was dazu führt, dass der Empfänger weniger Satelliten erkennt oder dass die Satellitengeometrie weniger zuverlässig ist.

Während die Totalstation für viele Vermesser das bevorzugte Instrument darstellt, haben Fortschritte in der Laserscantechnologie mittlerweile zu einem breiten Einsatz von 3D-Laserscannern als alternative Lösung geführt. Die 3D-Laserscanner arbeiten ähnlich wie reflektorlose Totalstationen, indem sie die X-, Y- und Z-Koordinaten einer kompletten Umgebung mithilfe eines einzigen Geräts erfassen und daraus eine hochauflösende Punktwolke generieren. Die 3D-Laserscanner erfassen jedoch einen vollständigen Scan des Blickfelds und benötigen keine Eingabe von Ortsdaten, da die erfassten Punkte räumlich auf das Instrument statt auf reale Koordinatenpunkte referenziert werden.² Als kontaktloses Gerät für eine direkte Sichtmessung erfasst der Laserscanner dreidimensionale Messungen mit einer Genauigkeit von bis zu 2 mm; durch Umsetzen können Vermesser mit einem Laserscanner einen bestimmten Standort oder ein Objekt komplett im Detail erfassen. Ähnlich wie bei der Totalstation werden die erfassten Daten anschließend im Büro zur Erstellung von Vermessungen oder 3D-Modellen je nach Kundenwunsch verarbeitet.

3D-Laserscans in der Vermessung

Viele Vermessungsfirmen nutzen bereits die 3D-Laserscantechnologie, um produktiver arbeiten und mehr Details liefern zu können. Außerdem erhöht sich die Sicherheit für ihre Außendienstmitarbeiter, und im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren ist weniger Zeit und Personal erforderlich.

Einer der Hauptvorteile der Nutzung von Laserscans in Vermessungsanwendungen besteht in der höheren Detaildichte, die erreicht werden kann. Verglichen mit Totalstationen und RTK-Vermessungsverfahren, bei denen alle 15 Meter bzw. bei jeder Grad- oder Richtungsänderung Messungen durchgeführt werden müssen, erlaubt der Laserscanner den Benutzern einen vollständigen Scan des Blickfelds für einen Geländeabschnitt. Dabei wird eine hochdichte Punktwolke erfasst, die aus Millionen von Punkten besteht und anschließend zur Abbildung von Geländekonturen genutzt werden kann, wobei eine äußerst exakte Darstellung der tatsächlichen Gegebenheiten entsteht.

Auch die Vermessung in gefährlichen Umgebungen stellt ein großes Problem für die Vermesser dar. Dank der nichtinvasiven Technologie der Laserscanner werden Vermessungen von Einrichtungen und Industrieanlagen nur minimal durch die Vermessungsteams beeinträchtigt. In gefährlichen Umgebungen können die Daten aus sicherer Entfernung erfasst werden, ohne umständliche Gerüstbauten oder Sicherheitsausrüstungen für Überkopfmessungen.

Ein weiterer Vorteil der Laserscans sind die Einsparungen an Zeit und Personal. Oft wird zur Datenerfassung mit herkömmlichen Verfahren ein Zwei-Personen-Team benötigt. Mit der Einführung eines 3D-Laserscanners können Unternehmen dagegen mit einem einzigen Mitarbeiter umfangreichere und detailliertere Daten erfassen, was Projektkosten sowie Außendienstzeiten reduziert. Laserscans ermöglichen zudem einen virtuellen Rundgang in der Messumgebung, so dass fehlende Messungen nachgeholt werden können, ohne tatsächlich zum Vermessungsstandort zurückkehren zu müssen.

Bei Mehrfachscans bieten Laserscanner eine Detailtiefe, wie sie mit herkömmlichen Vermessungsverfahren nicht erreicht werden kann, da diese für Bedienungsfehler und eine ungenaue Datenerfassung anfällig sind. Unter Verwendung der von einem Laserscanner erfassten 3D-Daten können Vermesser ihren Kunden detaillierte Bestandsmessungen oder 3D-Modelle komplexer Bereiche oder Umgebungen liefern, die dann in der Bau-, Architektur- und Bergbauplanung, im Industriebau sowie bei Konzeption, Einbau und Nachrüstung von Rohrleitungen und Kanälen zur Anwendung kommen.

Anwendungen für den 3D-Laserscanner

Heutzutage kommen Vermessungen in nahezu jedem Bereich unseres Alltags zum Einsatz. Vermessung dient zur Bestimmung der Grenzen öffentlicher und privater Grundstücke (Katastervermessung), zur Abbildung des Meeresgrunds (hydrographische Vermessung) sowie zur Bereitstellung technischer Daten für den Bau von Brücken, Straßen, Gebäuden und zur Grundstückerschließung. Im Folgenden sind einige Beispiele für den Einsatz von 3D-Laserscannern in der Vermessung dargestellt.

DETAILLIERTE TOPOGRAPHISCHE VERMESSUNG

Um als Ausgangsbasis für technische Entwicklung, Planung und Erschließung dienen zu können, müssen die in einer topographischen Vermessung erfassten Daten umfassend und präzise sein. Mithilfe der 3D-Laserscantechnologie können die Vermesser hochgradig detaillierte Vermessungen von Grundstücken als Grundlage für zukünftige Arbeiten erfassen.

MOBILE MAPPING

Das Erfassen geospatialer Daten von einem fahrenden Fahrzeug aus ist eine vergleichsweise neue Anwendung des 3D-Laserscannens in der Vermessung. Bei Projekten, in denen Hunderte oder gar Tausende von Straßenkilometern vermessen werden müssen, bietet Mobile Mapping eine nichtinvasive und effiziente Möglichkeit zur sicheren Erfassung von Daten von einem fahrenden Fahrzeug aus.

BESTANDSVERMESSUNG – BRÜCKEN- UND ROHRLEITUNGSANWENDUNGEN

Eine Bestandsdokumentation bei viel befahrenen Strukturen wie Brücken oder bei komplexen Rohrleitungen in einer Produktionsanlage kann schwierig zu erfassen sein, da die Nutzung der Messausrüstung auf der Straße oder in gefährlichen Umgebungen mit Sicherheitsrisiken verbunden ist. Vor Ort durchgeführte Vermessungen sind jedoch notwendig, um die Exaktheit zu überprüfen und um die richtige Position und die Integrität von im Bau befindlichen oder nachgerüsteten Strukturen sicherzustellen.

Um die Risiken für die Vermessungsteams zu reduzieren, haben viele Unternehmen die Laserscantechnologie als Alternative zu herkömmlichen Verfahren eingeführt, da sie die sichere Erfassung von Daten ermöglicht, ohne dass dafür potenziell gefährliche Umgebungen betreten werden müssen, wie zum Beispiel eine stark befahrene Kreuzung oder eine Betriebsumgebung, in der Gefahrenstoffe hergestellt werden.³

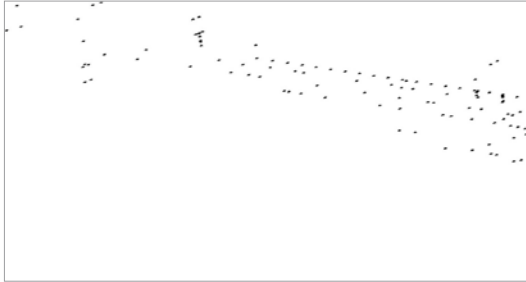


Abb. 1: Mithilfe einer Totalstation erfasste Daten

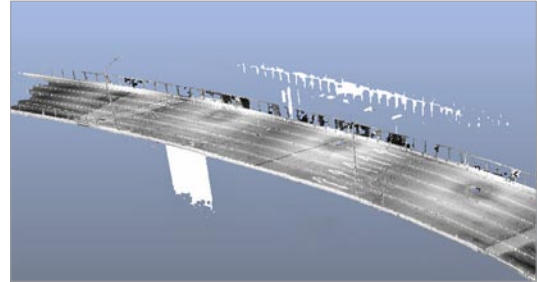


Abb. 2: Dieselbe Struktur, mithilfe eines Scanners erfasste Daten



Abb. 3: Erfassung komplexer Rohrleitungsstrukturen mit einem Laserscanner

BESTANDSVERMESSUNGEN – SCHACHTANWENDUNG

Die Auf- und Abwärtsbewegung eines Fahrstuhls hängt in hohem Maße von der Verfügbarkeit des vom Schacht umschlossenen Raums ab.

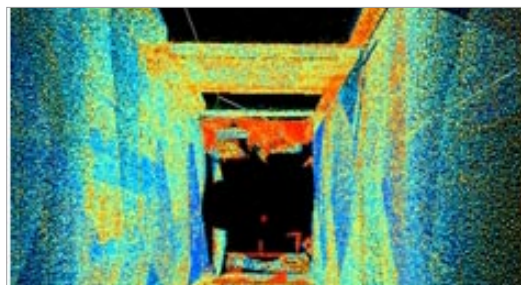


Abb. 4: Draufsicht auf den Schacht

Wenn anstelle herkömmlicher Vermessungsmethoden (z. B. Senkblei, Totalstation usw.) ein 3D-Laserscanner eingesetzt wird, können die Ingenieure schnell und exakt eine Bestandsdokumentation sowie ein umfassendes Modell der Schachtoberfläche erstellen, um das Profil auf verschiedenen Ebenen überprüfen und einen reibungslosen Einbau gewährleisten zu können.

³ Pilot Study on Improving the Efficiency of Transportation Projects Using Laser Scanning, <http://www.ncgia.ucsb.edu/ncrst/research/groundlaser/LaserScan.pdf>

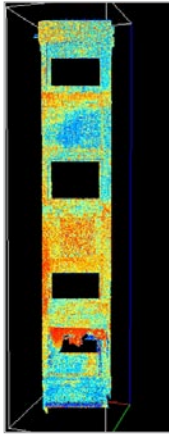


Abb. 5: Aufriss des Schachts

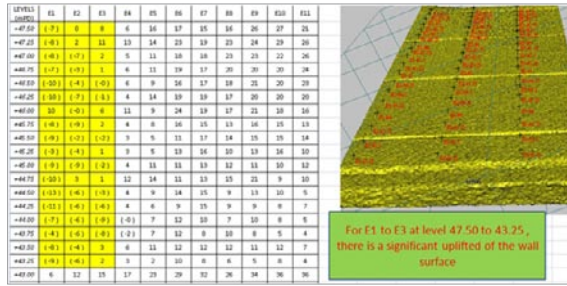


Abb. 6: Datenanalysebericht

VOLUMENAUSHUB

Vermessung spielt eine entscheidende Rolle bei Bergbau- und Bauprojekten, die einen Aushub von Materialvolumen erfordern. Mit einem 3D-Laserscanner können die Vermessungsteams einen Standort vor und nach dem Aushub scannen, um so das exakte Volumen des abgetragenen Materials zu bestimmen.



Abb. 7: Volumenberechnung mithilfe eines Laserscanners

ERSTELLEN VON TUNNELPROFILIEN

Bei Tunnelbauprojekten, in denen die Form durch verschiedene Verfahren ausgehoben werden kann, zum Beispiel durch Bohrung oder Sprengung, müssen die Vermesser eine Profilanalyse durchführen, in der das tatsächliche Tunnelprofil mit dem geplanten Profil abgeglichen wird. Mit dem 3D-Lasercan-Verfahren können die Vermessungsteams den Laserscanner verwenden, um direkt nach der Bohrung oder Sprengung und der Betonausschalung hochgradig detaillierte Punktwolken zu erfassen. Außerdem können aus der Punktwolke generierte moderne Oberflächenmodelle den Ingenieuren dabei helfen, die Bereiche mit zu viel oder zu wenig Aushub zu identifizieren, während sie zugleich den Fortschritt und die Fristenhaltung für das gesamte Tunnelprojekt prüfen können.



Abb. 8: Standortfoto



Abb. 9: Punktwolkendaten mit RGB-Werten

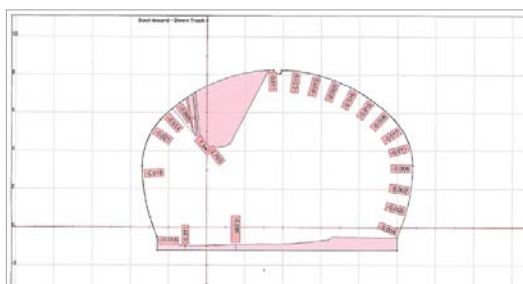


Abb. 10: Querschnittsdiagramm; tatsächlicher Tunnel ggü. Planungsprofil

Zusammenfassung

In einem typischen Vermessungsprojekt kann es Wochen dauern, bis Hunderte von Vermessungspunkten erfasst wurden, um eine möglichst umfassende Darstellung an den Kunden zu liefern. Dank der Fortschritte in der modernen 3D-Technologie können die Vermesser nun jedoch viel schneller Daten für mehr Punkte erfassen, was ihren gesamten Arbeitsprozess effizienter macht.

Als alternative Lösung zu herkömmlichen Messtechnologien bieten 3D-Laserscanner den Vermessern exaktere und zugleich zuverlässigere Messungen. Diese Lösung kommt in einer Vielzahl verschiedener Vermessungsanwendungen zum Einsatz, darunter Volumenberechnungen, Bestandsvermessungen und topographische Vermessungen, und übertrifft mit ihren hochauflösenden Daten und der schnellen Erfassung die Auflösung und Effizienz herkömmlicher Verfahren bei Weitem.

Die FARO-Lösung

FARO hat ausgehend von seiner umfassenden Kenntnis realer Vermessungsanwendungen einen revolutionären, einfach zu bedienenden Laserscanner für große Volumina entwickelt. Der FARO Focus3D ist ein schneller, kontaktloser Laserscanner, der die effizienteste Methode für die 3D-Dokumentation bietet.

Durch die kompakte Größe und das geringe Gewicht des Scanners in Kombination mit hochmodernen Sensorfunktionen, einschließlich Kompass, Höhsensor und Zweiachskompensator, stellt er eine umfassende und zuverlässige Lösung dar, die den gesamten Prozess der Datenerfassung optimiert, vom Scannen bis zur Registrierung. Mit den fotorealistischen Farbscans, die durch eine integrierte Farbkamera geliefert werden, und einem intuitiven Touchscreen-Display setzt der FARO Focus3D neue Maßstäbe bei der Effizienz innovativer 3D-Laserscanner.



Weitere Informationen über den Focus3D finden Sie auf: www.faro.com/focus

© WWW.FARO.COM



FARO Europe GmbH & CO. KG
Lingwiesenstrasse 11/2
70825 Korntal-Münchingen

+49 (7150) 9797 0
+49 (7150) 9797 44
info@faro-europe.com