

www.faro.com

FARO
LASER SCANNER LS

Aufbruch in neue Dimensionen: Der FARO Laser Scanner LS



Das Maß des Erfolgs

Inhalt

Foto: Digitalisieren von historischen Flugzeugen
in Duxford, Air Museum, England.



Alles dreht sich: Das Arbeitsprinzip.....	3
Die Phase machts: Messbar besser.....	4
Die Darstellung: Darf es eine Dimension mehr sein?.....	5
Punktewolken bekennen Farbe: Aus Grau wird bunt.....	6
Anwendungsbeispiele: Gerichts- und Unfalluntersuchung.....	7
Laser Scanner LS: Ein Überblick.....	8
Laser Scanner LS: Spezifikationen.....	9
Einsatz in der Industrie.....	10
Konstruktion & Architektur.....	11
Automobilindustrie & Robotik.....	13
Alles Gute für den Kunden: Kundenservice	15
FARO: Die Produktfamilie.....	16

Alles dreht sich: Das Arbeitsprinzip



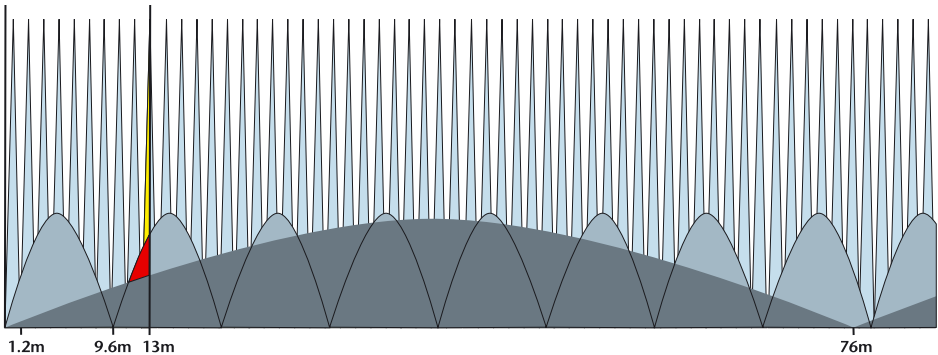
Man kann dem FARO Laser Scanner LS bequem bei der Arbeit zusehen: Ein Laserstrahl trifft auf einen rotierenden Spiegel und wird von dort aus in den Raum reflektiert; der Laser Scanner selbst rotiert ebenfalls um die eigene Achse. Auf diese Weise überstreicht der infrarote Lichtstrahl die Umgebung des Scanners, und aus der Phasenverschiebung des reflektierten Signals wird die Entfernung zum reflektierenden Objekt errechnet. Zusammen mit der Stellung des Laserkopfes ergibt sich für jeden reflektierten Punkt eine XYZ-Koordinate im Raum. Nach Beendigung der „Aufnahme“, die im Fachjargon Scan genannt wird, liegt eine 3D-Abbildung vor, durch welche man sich auf dem Bildschirm frei bewegen kann (im Gegensatz zu einem

Zoom in ein 2D-Bild). Ein in den Scanner eingebauter PC stellt den autonomen Betrieb (ohne externen PC) während eines Scans sicher.

Beim FARO Scanner wird die Phasenverschiebung der reflektierten Lichtwelle zur Ermittlung der Entfernung herangezogen (im Gegensatz zur Laufzeitmessung eines Einzelpulses).

Der FARO Laser Scanner LS splittet den Laserstrahl in drei Teilstrahlen auf, die wiederum unterschiedlich mit 1,2m, 9,6m bzw. 76m Wellenlänge moduliert werden (siehe Diagramm). Um eindeutig die Entfernung des reflektierten Strahls festlegen zu können, werden die Phasenverschiebungen in den einzelnen Teilstrahlen herangezogen; die maximale Modulationswellen-

Die Phase macht: *Messbar besser*



länge bestimmt die größte Entfernung (76m beim FARO Scanner), die eindeutig gemessen werden kann. Das Diagramm zeigt, wie sich eine gemessene Entfernung von 13m darstellt.

Der Hauptvorteil der phasenabhängigen Entfernungsmessung des FARO Laser Scanners LS liegt in der Tatsache, dass mit einer sehr hohen Rate von 120.000 Punkten je Sekunde gemessen werden kann im Vergleich zu den ca. 4000 Punkten einer Phasenlaufzeitmessung. Die drei unterschiedlichen Teilstrahlen führen zu einer weiteren Erhöhung der Genauigkeit, resultierend mit einer Auflösung von 17 Bit bzw. 0,058 mm.

Der Scanner selbst besteht aus vier Modulen: Lasereinheit, Spiegel, PC- und Basis-Modul. Diese Module lassen sich tauschen bzw. upgraden; die Modulbauweise bietet dem Kunden ein Maximum an Flexibilität hinsichtlich Nachrüstbarkeit und späteren Erweiterungen. So kann ein „Long-Range“-



Modul nachgerüstet werden, indem nur die Lasereinheit getauscht wird.

Der FARO Laser Scanner LS registriert die Grauwerte der reflektierenden Objekt-oberflächen und ist so in der Lage, eine Punktwolke zu erzeugen, die ihrerseits wiederum als dreidimensionales Bild (vergleichbar mit einem 3D-Schwarz-Weiss-Photo) dargestellt werden kann.

Die Darstellung: *Darf es eine Dimension mehr sein?*

Die FARO Scout-Software erlaubt die Einstellung unterschiedlicher Scan-Parameter, wie Auflösung, Geschwindigkeit oder den Speicherort der Ergebnisse. Hier kann auch der Scanbereich auf einen Teil des maximal möglichen 360x320 Grad Aufnahmebereichs begrenzt werden - so lässt sich Zeit sparen, wenn nur ein Ausschnitt der Umgebung aufgenommen werden soll.

Direkt nach Beginn des Scans werden die Ergebnisse parallel auf dem Bildschirm angezeigt und fortgeschrieben, während der Scan weiterläuft. Nach Beendigung der Aufnahme kann man sich wahlweise in der 2D- oder 3D-Anzeige bewegen und sozusagen auch durch die Punktwolke hindurch „fliegen“.



Auch ist eine 3D-Darstellung aus der Sicht des Scanners möglich (der Betrachter befindet sich dazu in der Scannerposition); hier lassen sich Entfernungen zu beliebigen Objekten im Raum direkt in der Darstellung anzeigen.

Um auch Objekte darstellen zu können, die sich nicht in direkter Sichtlinie zum Scanner befanden (während eines Scans also durch andere verdeckt wurden), scannt man dieselbe Umgebung einfach ein weiteres Mal von einer anderen Position. Unter Bezugnahme von zuvor im Raum verteilten Referenzkugeln kann die Software dann automatisch Einzelscans zu einer Gesamtaufnahme zusammensetzen, in der alle Sichteinschränkungen eliminiert werden.



Punktwolken bekennen Farbe: *Aus Grau wird bunt*



Eine Digitalkamera ermöglicht farbige Scans



Eine nachrüstbare Farboption erlaubt eine wesentlich realistischere Darstellung und hat damit viele Vorteile: So lassen sich beispielsweise Rohrleitungsverläufe in einer Raffinerie sehr viel differenzierter darstellen, oder die Darstellung unterschiedlicher Gesteinsarten in einer Mine farblich viel besser differenzieren.

FARO Scene ist eine Erweiterung der FARO Scout Software, welche neben der weiteren Datenaufbereitung (insbesondere Filterung) tomografische Funktionalitäten sowie die Datenausgabe in diversen CAD-Formaten erlaubt. Sie unterstützt die Erkennung von Rohren oder Flächen sowie die Darstellung multipler Ansichten durch Zusammenfassung von Scans.

Anwendungsbeispiele: Gerichts- & Unfalluntersuchung

Das Digitalisieren von komplexen Verbrechen- und Unfallszenen ist eine Anwendung, in denen sich Laser Scanner sehr bewährt haben.

Mit dem FARO Laser Scanner LS kann eine Szene in Minuten digitalisiert werden, und das bei hoher Qualität der 3D-Daten, die dann von Experten über längere Zeiträume überprüft werden können. Sobald eine Szene für ein Scanningteam zugänglich gemacht wurde, kann der gesamte Bereich als Punktwolke aufgenommen werden. Die Positionierung von Gegenständen und Oberflächen innerhalb der Scans wird in einem 3D-Umfeld dargestellt, wodurch dem Benutzer eine Perspektive gezeigt wird, die durch herkömmliche Aufnahmemethoden wie digitale Fotografie nicht erzielt werden kann. Von dieser dreidimensionalen Sichtweise aus können auch Schussbahnen errechnet und Sichtlinien demonstriert werden. Das bedeutet, dass sobald die direkten Sichtfelder von jedem einzelnen Beteiligten ausgewertet werden können, ein genauer Einblick in die Ereignisreihenfolge gegeben werden kann. Da die Technik des Laserscannens berührungslos ist, kann die Szene mit minimalem Eingriff in kürzester Zeit festgehalten werden. Dadurch beeinflusst das Scannen der Umgebung nicht den Gegenstand, der gescannt wird.

Um ein realistisches Bild herzustellen, können Farboptionen hinzugefügt werden. Dadurch wird eine Färbung der Punktwolkendaten ermöglicht, wodurch Blutmuster und Details des Ereignisses



einfacher erkannt werden können.

Der HE40 Laser Scanner ist für Einsätze in Innenräumen vorgesehen, während das Modell HE80 mit seinem leistungsfähigeren Laser auch im Freien benutzt werden kann. Wenn ein Laser mit geringerer Leistung für eine Anwendung erforderlich ist, erlaubt die Modularität des Scanners, das entsprechende Modul einfach und schnell auszutauschen. Der Scanner lässt sich flexibel in vielfachen Umgebungen und unter verschiedenen Bedingungen einsetzen.

Laser Scanner LS -

Ein Überblick

Lasermodule: Austauschbare Lasermodule mit 22mW oder 10.5mW Ausgangsleistung.

Spiegelmodul: Ein rotierender Spiegel sorgt für die Strahlumlenkung

Einfache Bedienung: Einstellung der Parameter und Scan auf Knopfdruck

PC-Modul: Scans können direkt auf der eingebauten Festplatte gespeichert werden (autarker Betrieb)

Kontrollleuchten: Auf einen Blick wird der Status des Scanners erkannt

Konnektivität: Ein einziges Kabel für Stromversorgung und Datenaustausch

Rotationsachse und Sichtfeld
360 Grad horizontal,
320 Grad vertikal

Aufstellung:
Adapter für
Drehbeinstativ

Laser Scanner LS - Spezifikationen

Reichweiten und Genauigkeit

Reichweite:	35m ¹⁾ (HE40), 70m ¹⁾ (HE80)
Auflösung:	17 Bit Range / 9 Bit Intensity
Aufnahmefrequenz:	120 kHz
Linearitätsfehler:	3 mm ¹⁾

Lasereinheit

Ausgangsleistung (Dauer):	HE40 10.5 mW, HE80 22 mW
Wellenlänge:	785 nm
Strahlaufweitung:	0.25 mrad (0.014°)
Strahldurchmesser (Austritt):	3 mm, zirkulär

Strahlführung

Vertikales Sichtfeld:	320°
Horizontales Sichtfeld:	360°Vertical
Auflösung:	0.009° (40.000 3D-Pixel / 360°)
Vertikale Auflösung:	0.00076° (470.000 3D-Pixel / 360°)
Max. Spiegelrotations- geschwindigkeit:	3000 Umdrehungen /Minute
Scanzeit für 4450x2500	
Messpunkte:	ca. 104 sec.

Scandatenverarbeitung

Interner PC:	Pentium III 700 MHz, 256 MB RAM 40GB Festplatte; Windows 2000, Windows XP
Speicherung	lokal: auf interner Festplatte remote: über Ethernet auf externen PC/Laptop
Datenübertragung:	während des Scanvorgangs über Fast-Ethernet

1) gemessen mit fixiertem orthogonalem Kodak-Referenzpapier (84% Reflektivität) in 1 cm-Schritten.

Anwendungsbeispiele:

Fabrikplanung



In Produktionsumgebungen mit komplexen Rohrleitungsverläufen lassen sich vorgesehene Änderungen sehr effizient in einer 3D-Planung prüfen und umsetzen. Rohre können zur leichteren Identifizierung innerhalb der Scandaten eingefärbt werden, beispielsweise um sie entsprechend ihrem Leitungsgut oder dessen Temperatur zu kennzeichnen.

Häufig wird bei der Einführung eines neuen Produkts das komplette Rohrleitungssystem ausgewechselt. Wenn bei Neuplanungen dieser Art zuvor die vorhandene Strukturen in einer Punktwolke erfasst und mittels Reverse Engineering ins CAD rücküberführt werden, bleibt man vor denjenigen Überraschungen gefeit, die sich immer dann ergeben, wenn die tatsächliche Verläufe von denen des Zeich-

nungsstandes abweichen – was nicht selten der Fall ist. Kollisionen in der Rohrführung lassen sich erfahrungsgemäß dann nicht mehr vermeiden.

In Gefahrenbereichen, in denen ein spezielles Sicherheitstraining als Aufenthaltsvoraussetzung vorgeschrieben ist, sollten durch derartige Untersuchungen möglichst keine Unterbrechungen oder Störungen der dort stattfindenden Arbeiten ausgehen.

Der FARO Laser Scanner LS mit seiner auf Messung der Phasenverschiebung basierenden Technologie ist bis zu 100 mal schneller als Scanner, die die Laufzeit des Signals auswerten. Der Trainingsaufwand für die Bedienung des Scanners ist minimal, es können die eigenen Mitarbeiter für die Arbeit mit dem FARO Scanner LS eingesetzt werden.

Punktwolke



CAD-Darstellung



Anwendungsbeispiele: *Konstruktion & Architektur*

Auf dem Gebiet der Architektur und der Konstruktion hat der Laser Scanner HE80 den Vorteil, mit 28 Millionen Punkten pro Scan und 120.000 Punkten pro Sekunde große Punktwolkendaten für die Darstellung ganzer Gebäude in kurzer Zeit bereitstellen zu können.

Im Lauf der Jahre erfahren Gebäude bedeutende Umbauten, und in vielen Fällen werden diese Änderungen nicht in den ursprünglichen Konstruktionsplänen aufgezeichnet. Zum Beispiel ändern sich Türpositionen oder Fenster.

Wenn zukünftig geplant wird, etwas an ein Gebäude anzubauen oder etwas zu verändern, kann mit dem 3D Laser Scanner eine Ausgangssituation dokumentiert werden.



Der FARO Laser Scanner LS im Einsatz in Trevi, Umbrien/Italien.



Dadurch ist gewährleistet, dass alle zukünftigen Pläne auf dem genauen gegenwärtigen Status des Gebäudes basieren, und nicht auf vorhergehenden Plänen, die möglicherweise nicht genau sind. Dies hat natürlich den Vorteil, dass die Pläne während des Umbaus nicht überarbeitet werden müssen, was Zeit und Geld spart.

Die FARO Scene Software ermöglicht einfache Messungen innerhalb der Scandaten. Das bedeutet, dass im Anschluss an einen Scan Abstände zwischen Wänden und Objekten oder Längen von Rohren sofort abgelesen werden können.

Die Software hat darüber hinaus eine automatische Wiedererkennungsfunktion

Anwendungsbeispiele: *Simulation & Inspektion*

für Eigenschaften wie Rohre und Ebenen. Oberflächen wie Fußböden und Wände sind messbar, so dass Basis-3D-Modelle konstruiert werden können. Mit einer Software wie Microstation oder Autocad lässt sich ein komplettes CAD-Modell der Struktur erzeugen und „as built“ 3D oder 2D-Pläne des Gebäudes produzieren. Folglich werden jegliche Abweichungen von den ursprünglichen Konstruktionsplänen in der 3D-Dokumentation erfasst.

Mit 3D Plänen können Heizungs-, Ventilations- und Luftschächte in das Gebäude eingeplant und Kollisionsrisiken identifiziert werden. Wenn ein Gebäude für einen anderen Gebrauch umgestaltet

werden soll, zum Beispiel der Sitzplan eines neuen Restaurants, kann ein 3D-Bild benutzt werden, um die Raumaufteilung zu optimieren. Das bedeutet, dass Faktoren wie die Deckenhöhe und andere architektonische Eigenschaften in das Design eingeplant werden und der Raum virtuell erzeugt wird, bevor Änderungen vorgenommen werden.

In einem Fußballstadion in Spanien wurde der Laser Scanner benutzt, um für das Management eine Katastrophensituation wie z. B. ein Feuer zu visualisieren. 3D-Ansichten der Notausgänge wurden erzeugt; auf dieser Basis entstanden dann die optimalen Evakuierungspläne.



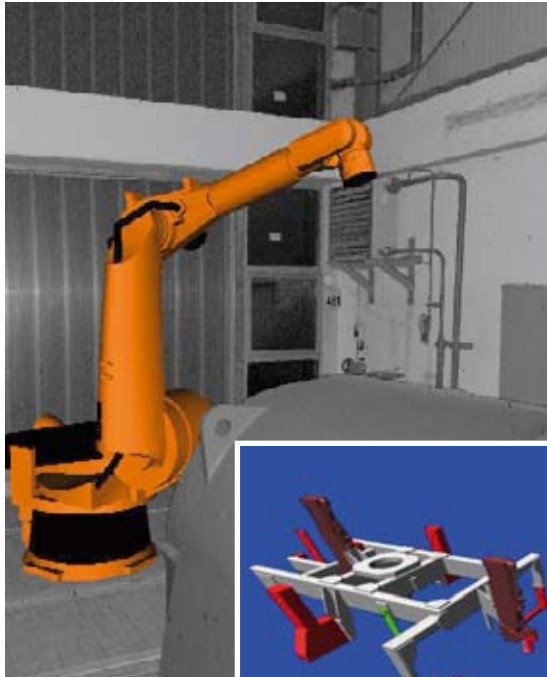
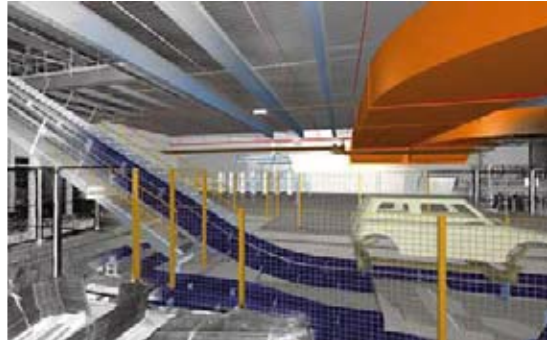
Beim Vermessen einer Kaverne

Anwendungsbeispiele: *Automobilindustrie & Robotik*

Der FARO Laser Scanner LS wird häufig in der Automobilindustrie für das Digitalisieren der Produktionsumgebung und zur Überprüfung spezieller Maschinen und Spannvorrichtungen eingesetzt. Anwendungen innerhalb der Automobilindustrie fallen unter zwei Kategorien, Level 1 und Level 2.

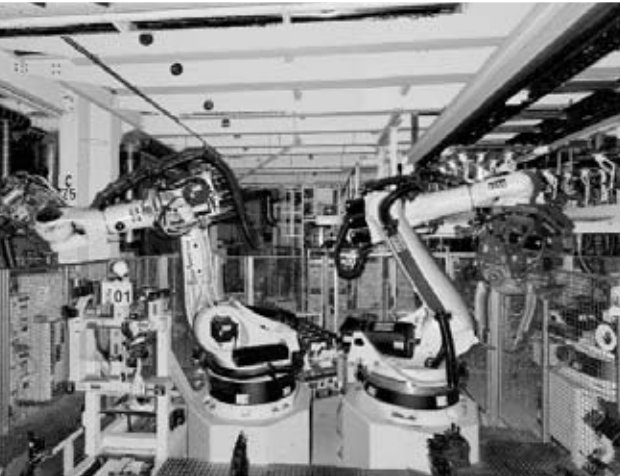
Level 1 bezieht sich auf Anwendungen größeren Ausmaßes, bei denen Genauigkeitsanforderungen insgesamt niedriger sind, wie die digitale Wiedergabe einer Fertigungsstraße oder Gebäuden, Bau Stahlwerken, Rohrleitungen, Fördermitteleystemen etc. Zuerst wird eine Übersicht der Bezugspunkte erzeugt, indem man beispielsweise vier Bolzen in sichtbarer Position rings um das zu scannende Umfeld aufstellt. Dann werden den Bolzen Referenzbereiche zugeordnet, die bei jedem Scan sichtbar sind. Der Scanner wird für jeden Scan neu positioniert, wodurch die Objekte von verschiedenen Seiten gescannt werden können.

Innerhalb der FARO-Scene Software können VRML-Daten importiert werden, um Kollisionsrisiken abzuschätzen, wenn neues Equipment installiert oder die Produktionsfläche modifiziert wird.



VRML-Datenimport in Punktwolke

Anwendungsbeispiele: *Automobilindustrie & Robotik*



Punktwolke

Wenn zum Beispiel ein Roboterarm installiert werden soll, können alle möglichen Hindernisse innerhalb des Bewegungsbereichs des Armes durch schnelle Layoutänderungen für eine optimale Positionierung des Roboterarmes gekennzeichnet werden. Die Geschwindigkeit der Scans ermöglicht die Aufnahme von 28 Millionen Punkten in weniger als fünf Minuten.

Automobilanwendungen des Level 2 beziehen sich auf Anwendungen mit höheren Genauigkeitsanforderungen auf kleineren Produktionsflächen.

Durch die kompakte und leichte Bauweise des FARO Laser Scanner LS können Scans von verhältnismäßig begrenzten Bereichen aufgenommen werden. Ein typisches Beispiel ist die Überprüfung der Ausrichtung von Spannvorrichtungen und Werkzeugen, indem man die Zeichnung mit dem Bau vergleicht. Diese Analyse zeigt dem Benutzer deutlich, wo sich die „reale“ Spannvorrichtung von der Zeichnung unterscheidet, und ermöglicht so eine entsprechende Korrektur oder Kompensation.



CAD-Daten

Alles Gute für den Kunden: *Kundenservice*

Die FARO-Europazentrale in Stuttgart



*Kiki Telliadou vom
Faro-Kundenservice*

Nach dem Erwerb Ihres Farosystems lassen wir Sie nicht allein. Unser Customer Service betreut Sie, wenn es darum geht, Ihr System zu rezertifizieren, zu warten oder neu zu kalibrieren. **Ob Hardware- oder Software-Fragen**, kompetente Mitarbeiter unseres Kundenservicecenters stehen Ihnen zur Verfügung und mit Rat und Tat zur Seite.

Alle Farosysteme werden ausschliesslich von FARO rezertifiziert, gewartet und repariert. Für Kunden mit einem Premium-Wartungsvertrag wird für die Zeit der Wartung des Systems ein Ersatzgerät zur Verfügung gestellt.

Und selbstverständlich ist unser Kundenservice auch ISO 9000 & ISO 17025 zertifiziert. Diese Zertifizierung und unsere qualifizierten Mitarbeiter stellen sicher, dass Ihr Farosystem optimal betreut wird.

Spezielle Wartungsverträge sorgen für eine reibungslose Abwicklung im Falle eines Falles. Sie decken Kosten für Ersatzteile und Arbeitslohn. Bei Premiumwartungsverträgen kümmern sich unsere Customerservice-Spezialisten sogar um die Logistik, d.h. wir organisieren den Transport und Sie erhalten ein Leihgerät für die Servicedauer, damit Sie ohne Verzug weiterarbeiten können.

Vom kleinsten bis zum größten Messvolumen

Mit Messgeräten für die Fertigungs- messtechnik bietet FARO ein opti- miertes Produktspektrum für einen Mess- bereich weit über 100 m.

Spezialisiert auf kleine Messvolumina ist die FARO Gage. Mit Ihrer anwender- freundlichen Bedienoberfläche und Ge- nauigkeiten von bis zu $\pm 0,005$ mm kann sie z. B. im Werkstattbereich traditionelle Messmittel ersetzen.

Die beiden Messarmreihen Titanium und Platinum vervollständigen den Mess-

bereich bei einem Arbeitsvolumen bis zu 3,7 m.

Der FARO Laser Tracker vergrößert die Messvolumina der FARO-Produktfamilie erheblich. Mit einem Arbeitsvolumen von bis zu 70 m misst der Laser Tracker große Bauteile hochgenau und ohne Kompro- misse in Bezug auf die Portabilität. Der FARO Laser Scanner LS scannt ganze Fa- brikhallen, Bauwerke, Grossskulpturen und vieles mehr.



FARO Produkte

FARO Europe GmbH & Co. KG

Tel. (+49) 711 222 24 - 0

Fax. (+49) 711 222 24 - 44

Email: info@faro-europe.com

www.faro.com

FARO