

## LEITFADEN LASERSCANNING IM ANLAGENBAU



VORBEREITUNG UND DURCHFÜHRUNG VON  
LASERSCANNINGPROJEKTEN FÜR DIE PLANUNG UND  
DOKUMENTATION VON INDUSTRIELLEN ANLAGEN



# INHALT

---

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>4</b>
----------	-------------------	----------

---

<b>2</b>	<b>Spezifikation von Laserscanningprojekten (Lastenheft)</b>	<b>5</b>
2.1	Projektbeschreibung	5
2.2	Beschreibung des zu scannenden Bereichs	5
2.3	Allgemeine Vorgaben	6
2.4	Vorgaben für die Durchführung des Laserscannings	7
2.5	Datenformat und Datenübergabe	8
2.6	Geheimhaltung	9

---

<b>3</b>	<b>Durchführung von Laserscanningprojekten (Pflichtenheft)</b>	<b>9</b>
3.1	Allgemeine Angaben	9
3.2	Beschreibung des Projektablaufs	10
3.3	Datenübergabe	11
3.4	Kosten	12
3.5	Hinweise	12
3.6	Optionale Dienstleistungen	13
3.6	Referenzen	13

---

<b>4</b>	<b>Glossar</b>	<b>14</b>
	Autoren und Mitwirkende	20
	Impressum	21

# 1 EINFÜHRUNG

Laserscanning hat sich im Bereich der Anlagenplanung und des Anlagenbaus in den letzten Jahren als effiziente Erfassungsmethode des Bestands etabliert und verdrängt zunehmend konventionelle Messmethoden. Aus jetziger Sicht ist zu erwarten, dass Laserscanning der zukünftige Industriestandard für die Bestandserfassung von komplexen Industrieanlagen sein wird. Die zunehmende Verbreitung dieser Technologie liegt in ihrer hohen Erfassungsgeschwindigkeit, Kostenersparnis und der hohen Datengenauigkeit begründet. Im Gegensatz zu diskreten Einzelmessungen erfolgt eine praktisch vollständige Abbildung des Planungsbereiches. Im Allgemeinen können Projekte durch Anwendung von Laserscanning schneller und mit hoher Qualität realisiert werden – was sich in einer erheblichen Kostenersparnis niederschlägt.

Aus diesen Gründen werden immer häufiger Laserscanning-Dienstleister beauftragt, Anlagen oder Anlagenteile zu scannen und somit ein digitales Abbild des Bestands mittels einer Punktwolke zu erzeugen. Die Punktwolken werden beispielsweise als Basis für eine 3D-Modellierung, Kollisionsprüfung, Reverse Engineering und Virtual Reality Anwendungen verwendet. Dazu ist es von erheblicher Bedeutung, dass zwischen dem Auftraggeber und dem Dienstleister wesentliche inhaltliche Punkte bezüglich des Laserscannings festgelegt werden. Diese inhaltlichen Punkte unterstützen sowohl die bedarfsgerechte Bestandserfassung als auch die Erwartungshaltung des Auftraggebers nach qualitativ hochwertigen Daten. Welche inhaltlichen Punkte von Bedeutung sind, wird in diesem Leitfaden aufgeführt.

Im ersten Teil dieses Leitfadens wird spezifiziert, welche Informationen ein Auftraggeber dem Laserscanning-Dienstleister in einem Lastenheft (Anfrage) übermitteln sollte, damit dieser ein fundiertes und vergleichbares Angebot erstellen kann (Kapitel 2). Im zweiten Teil werden die Anforderungen betrachtet, die an ein Pflichtenheft (Angebot) gestellt werden sollen, um die Erwartungshaltung in der Anlagenplanung und

im Anlagenbau zu erfüllen (Kapitel 3). Im letzten Abschnitt werden die verwendeten Fachbegriffe aus dem Bereich Laserscanning aufgeführt und erläutert (Kapitel 4).

Die in Kapitel 2 und 3 jeweils vorgestellten Strukturen und Inhalte können bei der Erstellung eines Lasten- bzw. Pflichtenhefts übernommen werden. Eine Abänderung entsprechend der eigenen Bedürfnisse ist jedoch sinnvoll.

Der Leitfaden wurde durch den Industriearbeitskreis »Laserscanning und Virtual Reality im Anlagenbau« erarbeitet und stellt eine Empfehlung für Laserscanning in der Anlagenplanung und im Anlagenbau dar. Dieser soll als fundierte Grundlage die Erarbeitung eines Lastenhefts (Anfrage) bzw. eines Pflichtenhefts (Angebot) erleichtern. Der Leitfaden soll nicht die Kommunikation zwischen Auftraggeber und Dienstleister mindern bzw. die beratende Tätigkeit des Dienstleisters ersetzen.

## 2 SPEZIFIKATION VON LASERSCANNINGPROJEKTEN (LASTENHEFT)

In diesem Abschnitt sind inhaltliche Anforderungen des Lastenhefts aufgeführt, die bei der Vergabe von Laserscanning-Arbeiten dem Dienstleister notwendige Informationen zur Verfügung stellen. Diese Angaben ermöglichen dem Dienstleister ein qualifiziertes und vergleichbares Angebot zu erstellen und erleichtern zudem die Kommunikation mit dem Dienstleister.

### 2.1 Projektbeschreibung

Vor der Durchführung des Laserscannings werden dem Dienstleister folgende Angaben zum Projekt gemacht:

- Angabe des Projektnamens
- kurze Beschreibung des Projektes und der geplanten Arbeiten im zu scannenden Bereich (Umbaumaßnahmen, Rückbau, Bauausführungsmaßnahmen, Vorfertigungsarbeiten etc.)
- Ansprechpartner Laserscanning, Anlage und Projektleitung sowie deren Kontaktdaten wie bspw. Telefonnummer, E-Mail und Arbeitsplatz

Diese Informationen sind beispielsweise für Vor-Ort-Begehungen, Fotoerlaubnisse, Arbeitserlaubnisscheine und Sicherheitsunterweisungen notwendig.

### 2.2 Beschreibung des zu scannenden Bereichs

An dieser Stelle wird grob umrissen, wo sich der zu scannende Bereich befindet:

- Anschrift des Unternehmens
- Werksbezeichnung
- Bezeichnung der Anlage
- Übersichtsplan mit Markierung des zu scannenden Bereichs
- geographische Beschreibung des zu scannenden Bereichs bspw. durch Koordinaten aus Google Maps (Link zu Google Maps)

### 2.2.1 Umfang der Datenerfassung

Dieser Abschnitt beschreibt, in welchen Bereichen welche Objekte mittels Laserscanning erfasst werden.

1. detaillierter Lageplan mit farbiger Markierung der zu scannenden Bereiche
  - Angabe der Anlage, Anlagenteile, Rohrbrücken inkl. Ebenen, Bühnen und Belegungsdichte
  - Layoutplan oder Aufstellungspläne der zu scannenden Bereiche
  - ggf. Luftbild mit farblich markierten Scanbereichen
  - maßstäbliche digitale Zeichnungen sofern vorhanden
2. Fotos von Scanbereichen
  - kurze Beschreibung der Fotos – Was ist zu sehen, welche Maßnahmen sind geplant und welche Anforderungen werden an die Erfassung gestellt?
  - ggf. mit unterstützenden Markierungen im Foto
  - Darstellung der Position und Richtung des Fotos im Lageplan kann hilfreich sein
3. Hinweis, ob die zuvor beschriebenen Bereiche flächendeckend oder punktuell (z.B. nur Einbindebereiche/-punkte) erfasst werden sollen
4. Angabe, welche Objekte und in welcher Detailstufe zu erfassen sind:
  - Rohrleitungen inkl. kleinster zu erfassender Nennweite (siehe auch Kapitel 2.4.2)
  - Rohrbrücken inkl. Ebenen
  - primärer und sekundärer Stahlbau
  - Nebengebäude als Kubatur oder mit Inneneinrichtung
  - Equipment (Pumpen, Behälter, Wärmetauscher, Apparate)

- Kabeltrassen
- Lüftungskanäle
- Sonderbauteile

5. Bei Rohrleitungsarbeiten mit Ziel eines hohen Vorfertigungsgrads sind Details beispielsweise zur Flanschstellung, Status der Anlagenkomponenten (Ist Anlage in Betrieb, Temperatur der Leitungen und Apparate, Umgebungstemperatur) etc. anzugeben.

### **2.2.3 Objektzugänglichkeit und besondere Merkmale des Objekts**

In diesem Abschnitt werden Angaben aufgeführt, die Auskunft über den Zugang zum zu scannenden Objekt und dessen spezieller Eigenschaften geben.

1. Begehbarkeit der Anlage und des Erfassungsbereichs
2. Angabe des Anlagentyps (besteht Schutz vor störenden Witterungseinflüssen), Freianlage oder geschlossenes Gebäude
3. allgemeine und zeitbezogene Zugänglichkeit der zu scannenden Bereiche
4. Angaben zu Sozialräumen und ggf. Arbeitsmöglichkeiten (Einhaltung der gesetzlichen Pausenzeiten; Möglichkeiten Ausrüstung aufzustellen oder z. B. Akkus aufzuladen)
5. Besonderheiten des Objekts
  - In welchen Bereichen ist mit Vibrationen zu rechnen?
  - explosionsgefährdete Atmosphäre im zu scannenden Bereich (Klassifikation der Ex-Zonen)
  - andere atmosphärische Besonderheiten (z. B. Staub, Temperatur, Luftfeuchte)
  - Kann bei laufender Anlage gescannt werden?
  - Welche Stillstandszeiten sind erforderlich?

- Ist eine bestimmte Sicherheitsausrüstung notwendig und wer stellt diese zur Verfügung?
- Welche Schulungen bzw. Sicherheitsunterweisungen sind notwendig?
- Hinweis, ob zum Zeitpunkt des Scannens Gerüste vorhanden sind oder andere Einschränkungen wie Demontage- oder Montagearbeiten durchgeführt werden
- Dürfen reflektierende Oberflächen mit Kontrastmittel besprüht werden, um ein besseres Messergebnis zu erhalten?

## **2.3 Allgemeine Vorgaben**

### **2.3.1 Mindestinhalt des Pflichtenhefts**

Der Mindestinhalt eines Pflichtenhefts ist bereits im Lastenheft vorzugeben. Dies erleichtert das Vergleichen von Angeboten und die Vergabe von Laserscanning-Dienstleistungen. Die Vorgabe folgender Punkte hat sich bewährt:

- Reflexion der Anfrage (Verständnis des Auftragnehmers)
- Aufführung und Differenzierung der erwarteten Aufwände und Kosten
- Beschreibung der Durchführung ggf. mit Unterteilung des zu erfassenden Areals in Scanbereiche inkl. Dauer der Erfassung bzw. der geschätzten Anzahl der Laserscanner-Standpunkte
- Name und Qualifikation des Scan-Personals
- Nachweis der Gerätekalibrierung
- Angaben zur Messmittelfähigkeit (Temperaturbereich, max. Luftfeuchtigkeit, Einsatzfähigkeit in explosionsgefährdeten Bereichen)
- Sicherheitsplan und Zertifizierungen bspw. nach ISO und SCC
- Durchführung der Qualitätskontrolle anhand eines beizufügenden Qualitätsplans
- Liste der zusätzlichen Laserscanning-Nebenleistungen inklusive Verpreisung (z. B. Erschwernisse, zusätzliche Datenformate und Dienstleistungen etc.)
- Aufbewahrungsfristen der Daten

### 2.3.2 Termine

Folgende Terminvereinbarungen sind zu treffen:

- Termin für die Angebotsabgabe
- Zieltermin der Beauftragung
- Messtermin inkl. Messdauer unter Berücksichtigung betrieblich bedingter Unterbrechungen (Montagearbeiten, Gerüstbauten etc.)
- Liefertermin des fertig bearbeiteten Auftrags

## 2.4 Vorgaben für die Durchführung des Laserscannings

### 2.4.1 Genauigkeitsanforderungen

Die erzielbare Genauigkeit ist von verschiedenen Parametern abhängig. Im Allgemeinen können beim Laserscanning für Anlagenplanung und -bau Genauigkeiten von  $\leq 5$  mm erzielt werden. Bei Bedarf (Sonderbauteile, Anfertigen von Passstücken etc.) können auch höhere Genauigkeiten erreicht werden. Es wird empfohlen sich vom Laserscanning-Dienstleister über die erzielbaren Genauigkeiten beraten zu lassen.

Folgende Punkte sind zu vereinbaren:

- Angabe der benötigten Genauigkeit bzw. Toleranzen durch den Auftraggeber
- Abschätzung der erzielbaren Genauigkeit durch Dienstleister
- Angabe der Registrierungsgenauigkeit

### 2.4.2 Vorarbeiten

Vor dem Scannen sind folgende Festlegungen zu treffen und dem Dienstleister mitzuteilen:

- Abisolierung der Rohrleitungen notwendig
- Demontage nicht mehr benötigter Rohrleitungen und Equipments (wenn möglich)
- Gerüste und Hebebühnen aufstellen sofern notwendig
- nicht benötigte Gerüste entfernen lassen
- Schaffung von Passpunkten bzw. Verdichten des Werknetzes

### 2.4.3 Ausführung des Laserscannings

Dem Dienstleister sind verschiedene Scanparameter vorzugeben, da diese direkten Einfluss auf die Qualität und die Genauigkeit der Gesamtpunktwolke haben.

1. Scanauflösung abhängig vom zu scannenden Bereich und der zu erfassenden Objektgröße festlegen (hinreichende Messpunktdichte am Objekt muss erreicht werden)
2. in der Regel werden 80 % aller Targets tachymetrisch vermessen
3. Besonderheiten während des Scannens je Scannerstandpunkt sind zu dokumentieren:
  - ungünstige Witterungsbedingungen (Schnee, Regen etc.)
  - Beeinflussung der Messungen durch Staub oder Abgase
  - Vibration und Erschütterungen
  - ungünstig zu scannende Oberflächen vorhanden (z. B. stark glänzende Oberfläche, Glasrohrleitungen etc.)
4. farbliche Darstellung der Punktwolke:
  - Graustufen (Intensitätswert), Standard
  - Einfärben auf Basis von Fotos (Panorama)
  - Einfärben mittels HDR-Bild (HDR-Panorama)
  - sofern Foto-Mapping nicht automatisch erfolgt, sollten mindestens fünf räumlich verteilte Passpunkte pro Scan verwendet werden, um Panorama auf Punktwolke zu mappen

**Hinweis:** Interne Kameras moderner Laserscanner liefern schon heute qualitativ hochwertige Resultate. Die höchste Qualität von Farbfotos wird durch die Verwendung einer externen Spiegelreflexkamera erreicht.

5. Angabe, ob Unterteilung der Punktwolke in Subbereiche (z. B. verschiedene Bühnenhöhen oder Bauwerke) notwendig ist

#### 2.4.4 Registrierung

Dem Dienstleister sind Angaben zum bestehenden Anlagen- bzw. Werkskoordinatensystem für den Registrierungsprozess zu übermitteln.

1. Übergabe der koordinativ bekannten Festpunkte (Messpunkte), die im Anlagen- bzw. Werkskoordinatensystem vorhanden sind
2. Übergabe der Festpunkt-Beschreibungen in digitaler Form
3. Angabe, ob dauerhafte Vermarkung von Festpunkten bspw. bei Mehrfachmessungen im selben Bereich notwendig ist:
  - Angabe der Art der Vermarkung wie bspw. Reflexfolien, Bodenpunkte und Höhenrisse
4. Festpunkt-Beschreibungen und -Übersichten inklusive Zuständigkeiten bei Unstimmigkeiten in den Daten übergeben werden.

#### Es ist folgendes zu beachten:

- In Ausnahmefällen können anstelle der Festpunkte auch Passpunkte, die sowohl im 3D-Modell als auch in der Punktwolke eindeutig identifizierbar sind, verwendet werden (sofern Festpunkte vorhanden sind, sollten diese verwendet werden).
- Eine Registrierung auf Basis von in der Regel fünf Targets pro Standpunkt wird empfohlen; eine Punktwolkenregistrierung ist nur in Ausnahmefällen erlaubt und mit dem Auftraggeber zu besprechen.
- Den Unterschied zwischen Punktwolke (As-built) und Anlagenmodell (As-designed) beachten und ggf. das Koordinatensystem der Punktwolke anpassen lassen.

#### 2.4.5 Datenbereinigung

Dem Dienstleister sind folgende Angaben zu übermitteln:

1. Angabe des Grads der automatisierten Datenbereinigung
  - Filtern von Störpunkten wie Kometenschweife, Messrauschen etc.
  - hierbei muss sichergestellt werden, dass die Punktwolke nicht verfälscht wird
2. Angabe, ob temporäre Objekte aus der Punktwolke manuell entfernt werden sollen
  - Personen, Fahrzeuge, Gerüste etc.
  - bei Gerüsten ist anzumerken, dass die Bereinigung ein sehr aufwändiger Prozess ist und diese deshalb noch vor den Scanarbeiten entfernt werden sollten
3. Angabe, ob gescannte Bereiche, die nicht im Projektumfang enthalten sind bzw. sein dürfen, (firmeneigene Nachbaranlagen und Fremdanlagen) beseitigt werden sollen

#### 2.5 Datenformat und Datenübergabe

Dem Laserscanning-Dienstleister muss mitgeteilt werden, welche Software beim Auftraggeber verwendet wird und in welcher Version diese vorliegt.

1. Angabe der Anlagenplanungssoftware inkl. der Schnittstelle, mit der die Punktwolken später verarbeitet werden
2. Angabe der Viewer zum Betrachten der Punktwolke
3. Angabe weiterer Software (Virtual Reality Software, Software für analytische Zwecke etc.)

Neben dem Datenformat sollte auch das Speichermedium angegeben werden. Auch die Struktur der Datenablage sollte aufgeführt werden. Folgende Angaben sollten an den Dienstleister übermittelt werden:

1. Angabe der zu übergebenden Daten inklusive der gewünschten Datenformate:
  - Rohdaten
  - registrierte Einzelscans
  - registrierte Punktwolke
  - registrierte Punktwolke aufbereitet für Virtual Reality
  - Einzelfotos und Panoramabilder
2. optionale Übergabe der Daten in Form des E57-Standards (ASTM)
3. Protokolle mit Nachweis zur erreichten Qualität
  - tachymetrische Vermessung der Festpunkte und Targets
  - Registrierung und Georeferenzierung
  - Angabe zum zu Grunde gelegten Koordinatensystem

4. Medium, auf dem Daten übergeben werden sollen und Spezifikation der Schnittstellen
5. Vorgabe der Ordnerstruktur auf Medium

## 6 Geheimhaltung

Durch Laserscanning werden häufig sensible Daten erfasst. Um zu verhindern, dass diese Daten nicht für andere Zwecke als den Gedachten verwendet werden, sollte noch unmittelbar vor der Versendung des Lastenhefts eine Geheimhaltungsvereinbarung durch den jeweiligen Dienstleister unterzeichnet werden.

## 3 DURCHFÜHRUNG VON LASERSCANNINGPROJEKTEN (PFLICHTENHEFT)

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Erstellung eines Pflichtenhefts innerhalb eines Angebots und ist somit primär an die Laserscanning-Dienstleister adressiert. Es werden inhaltliche Empfehlungen aufgeführt, um bei einer Laserscanning-Ausschreibung dem Auftraggeber ausreichend Informationen zur Verfügung zu stellen. Dies ermöglicht, die angebotenen Leistungen nachvollziehbar zu gestalten und ein qualifiziertes und vergleichbares Angebot als Grundlage für die Durchführung von Laserscanningprojekten zu erstellen. Das Pflichtenheft orientiert sich inhaltlich sehr stark am Lastenheft (siehe Kapitel 2). Es werden wesentliche Bestandteile des Lastenhefts in diesem Kapitel widergespiegelt.

### 3.1 Allgemeine Angaben

Sowohl die Projektbeschreibung als auch die Aufgabenstellung aus dem Lastenheft werden im Pflichtenheft aufgeführt. Im Angebotsprozess erfolgen meist weitere Abstimmungen zwischen Auftraggeber und dem Dienstleister, beispielsweise

durch eine Vorortbesichtigung des betreffenden Bereiches. Die daraus abgeleiteten Abstimmungen sind im Angebot aufzuführen. Protokolle oder Niederschriften können dem Angebot beigelegt werden.

Folgende Inhalte sollten im Pflichtenheft aufgeführt werden:

1. Reflektion der Aufgabenstellung und der Projektbeschreibung inkl. zusätzlicher Abstimmungen bspw. durch eine Vor-Ort Besprechungen, Telefonate etc.
2. Darstellung oder Beschreibung der zu scannenden Bereiche
  - geschätzte Anzahl der Scannerstandpunkte
  - ggf. mit Dimension (Breite, Länge, Höhe)
3. Angaben zur Zeit- und Terminplanung
  - Ausführungstermin (vorbereitende Arbeiten, Grundlagenvermessung und Laserscanning)

- Zeitangabe, ab wann Laserscanning nach Auftragsvergabe durchgeführt werden kann
- tägliche Messzeiten
- Termin der Datenübergabe an den Auftraggeber

#### 4. Ansprechpartner inklusive Kontaktdaten wie Telefonnummer und E-Mail

- Projektleitung
- Mess- und Auswertepersonal
- Qualifikation und Erfahrung

#### 5. Sicherheitskonzept

- Sicherheitsplan und Sicherheitsqualifikationen der Mitarbeiter
- Zertifizierungen
- Messmittelfähigkeit (Temperaturbereich, max. Luftfeuchtigkeit, Einsatzfähigkeit in explosionsgefährdeten Bereichen)
- Persönliche Schutzausrüstung

#### 6. Qualitätssicherung

- Kalibrierungsprotokolle der Instrumente
- Qualitätssicherung während der Projektdurchführung
- Zertifizierungen
- Angaben zur Archivierung der Rohdaten und Projektdateien
- Angabe der zu erwartenden Gesamtgenauigkeit der registrierten Punktwolke

#### 7. Angaben zum Datenschutz und zur Geheimhaltung

### 3.2 Beschreibung des Projektablaufs

In diesem Abschnitt wird die Vorgehensweise beim Laserscanning für den Auftraggeber nachvollziehbar dargelegt. Dabei sollte besonders auf die speziellen Projekt-Anforderungen sowie Qualitäts- und Sicherheitsstandards eingegangen werden.

#### 3.2.1 Vorbereitende Arbeiten

Bevor mit dem Laserscanning begonnen wird, sind häufig vorbereitende Maßnahmen sowohl beim Dienstleister als auch im jeweiligen Anlagenbereich durchzuführen:

1. Sicherheitsbelehrungen
2. Anmeldungen in der Messwarte und Ausstellung der notwendigen Erlaubnisscheine (Arbeitserlaubnisschein, Fotoerlaubnis etc.)
3. Prüfung, ob alle notwendigen Vorarbeiten erledigt sind
  - Rohrleitungen abisoliert
  - zu scannende Bereiche von Störobjekten freigeräumt
  - Gerüste, Hebebühnen etc. aufgebaut
  - Kalibrierung bzw. Prüfung der Instrumente

#### 3.2.2 Grundlagenvermessung

Die Grundlagenvermessung liefert die Basis für die spätere Transformation der Punktwolken in das Anlagenbezugssystem. Sie ist Basis für eine qualitativ hochwertige Registrierung. Das Vorgehen sollte im Pflichtenheft aufgeführt werden. Dieser Abschnitt kann auch mit Abschnitt 3.2.3 zusammengeführt werden.

1. Angabe des verwendeten Anlagenbezugssystems
2. Anlegen eines neuen bzw. Verdichten des vorhandenen Festpunktfeldes
  - Angabe der Art der Vermarkung wie bspw. Reflexfolien, Bodenpunkte und Höhenrisse
  - Übergabe der Festpunkt-Beschreibungen und -Übersichten
3. Nennung des verwendeten Messverfahrens (einfache Polaraufnahme oder Netzmessung)

#### 4. Angaben zum eingesetzten Messverfahren

##### 3.2.3 Laserscanning

In diesem Abschnitt wird festgelegt, wie das Laserscanning durchgeführt wird:

1. Festlegung der Scannerstandpunkte
2. Angabe der geplanten Scanauflösung
3. Angaben zu Targets
  - Anzahl und räumliche Verteilung der Targets (in der Regel vier bis fünf räumlich verteilte Targets pro Standpunkt im Anlagenbezugssystem)
  - in der Regel werden 80 % aller Targets tachymetrisch vermessen
4. Angabe, ob Fotos vom Scannerstandpunkt erzeugt werden, um Punktwolke später einzufärben
  - Verwendung einer internen oder externen Kamera
  - Vorgehensweise Foto-Mapping
  - Technologie (Fotos oder HDR-Bilder)
  - sofern Foto-Mapping nicht automatisch erfolgt, werden mindestens fünf Passpunkte je Scan verwendet, um Panoramabilder auf die Punktwolke zu mappen
5. Angabe, ob Scans von erhöhter Position notwendig sind und warum
6. Besonderheiten während des Scannens dokumentieren
  - ungünstige Witterungsbedingungen wie Schnee, Regen etc.
  - Vibration, Erschütterungen
  - Störungen, Begehbarkeiten, Probleme, Unfälle etc.
  - ungünstig zu scannende Oberflächen vorhanden (z. B. stark glänzende Oberfläche, Glasrohrleitungen etc.)
  - Betriebszustand der Leitungen und Apparate

##### 3.2.4 Registrierung

Im Allgemeinen folgt im Anschluss an das Laserscanning die Registrierung. Folgende Schritte sollten im Pflichtenheft aufgeführt werden:

- Auswertung der tachymetrischen Vermessung
- Registrierung auf Basis von Targets (siehe Abschnitt 3.2.3, Punkt 3)
- Punktwolkenregistrierung nur in Ausnahmefällen unter Absprache mit Auftraggeber und dem Hinweis, dass es aufgrund von Fehlerfortpflanzung zu deutlichen Genauigkeitsverlusten kommen kann (vor allem bei lange streckten Scangebieten)

##### 3.2.5 Datenbereinigung

Bei der Datenbereinigung werden folgende Punkte aufgeführt:

- Angabe des Grads der automatisierten Datenbereinigung unter Berücksichtigung, dass Punktwolke nicht verfälscht wird
- Angabe, ob temporäre Objekte wie bspw. Personen, Fahrzeuge und Gerüste aus der Punktwolke manuell entfernt werden
- Hinweis, dass die Bereinigung von Gerüsten sehr aufwändig ist und diese deshalb noch vor den Scanarbeiten entfernt werden sollten

##### 3.2.6 Datenaufbereitung

Bei der Datenaufbereitung folgende Punkte angeben:

- Angabe, ob Punktwolke in Subbereiche (Limit Box) unterteilt wird
- Angabe sonstiger Datenaufbereitungen wie beispielsweise Unifizierung

### 3.3 Datenübergabe

Der Bieter sollte im Angebot aufführen, welche Daten in welcher Form und Struktur an den Auftraggeber übergeben werden. Idealerweise sollten die Scandaten aufgrund ihres großen Datenvolumens auf externen Festplatten übergeben werden. In vielen Fällen werden bereits im Lastenheft Datenformate spezifiziert. Im Pflichtenheft sind die zu übergebenden Daten und Datenformate aufzuführen:

1. Dokumentation der Projektabwicklung mit Hinweisen auf besondere Vorkommnisse
2. Grundlagenvermessung
  - Übersicht des neugeschaffenen Festpunktfeldes (Übersicht)
  - Koordinatenliste der neuen Festpunkte mit Festpunkt-Beschreibung
  - Fotodokumentation der Festpunkte
  - Datenaufbereitung und Datenübergabe an ein Werk-informationssystem
3. Laserscanning
  - Übersichtsplan mit Scannerstandpunkten
  - optional registrierte Einzelscans im vereinbarten Datenformat
  - Gesamtpunktwolke im vereinbarten Datenformat
  - Viewer im vereinbarten Datenformat
4. Genauigkeitsangaben (Reports) als Nachweis der erzielten Genauigkeit
  - Festpunktfeld
  - Einmessung der Targets
  - Registrierung
  - Gesamtgenauigkeit der registrierten Punktwolke
  - Angabe in welchen Bereichen diese Genauigkeitsangaben nicht erreicht wurden

### 5. Optional

Nachweise und Protokolle zu Arbeitszeiten und sicherheitsrelevanten Vorkommnissen

### 3.4 Kosten

Die Kosten für das Laserscanning können auf verschiedene Arten angegeben werden. Es wird empfohlen, die Kosten im Pflichtenheft nach Scanbereichen aufzuführen. Hierbei sollten die Kosten für die Grundlagenvermessung, Laserscanning,

Registrierung und Datenbereinigung enthalten sein. Alternativ hierzu können die Kosten auch wie folgt aufgeführt werden:

- Projektvorbereitung
- Grundlagenvermessung
- Laserscanning
- Registrierung
- Datenbereinigung

Neben den eigentlichen Kosten für das Laserscanning sollten im Pflichtenheft auch Reisekosten, Zahlungsbedingungen und Bindefristen aufgeführt werden. Auch zusätzliche Kosten, die anfallen könnten, sollten aufgeführt werden:

- Kosten für den Einsatz von speziellem Zubehör wie Hebebühnen
- Kosten für Laserscanning-Team pro Tag (bspw. für Erweiterungen des Aufnahmebereichs über den Projektumfang hinaus)
- Kosten für Laserscanning-Team für Unterbrechungen des Arbeitsablaufs aufgrund betrieblicher Störungen
- Kosten für optionale Dienstleistungen wie bspw. Protokolle für Einbindepunkte (siehe Kapitel 3.6)

### 3.5 Hinweise

Das Pflichtenheft sollte Hinweise auf Einschränkungen beim Laserscanning aufzeigen. Besonders bei Auftraggebern, die noch keine oder sehr wenig Erfahrung in der Arbeit mit Punktwolken haben, können falsche Erwartungen und Vorstellun-

gen geweckt werden. Die Nennung dieser Einschränkungen sollte nicht allgemein erfolgen, sondern stets auf die konkrete Aufgabenstellung bezogen sein.

Auf folgende Einschränkungen ist beim Laserscanning hinzuweisen:

1. keine 100%ige Abdeckung des zu messenden Bereichs (Ziel ist zwischen 80% und 100% zu erfassen)
2. physikalisch bedingte Messfehler
  - Messrauschen
  - Kometenschweife
  - externe Einflüsse wie Vibrationen, Beleuchtungsverhältnisse bei Farbscans etc.
  - stark reflektierende Oberflächen
  - Absorption des Laserlichts durch schwarze Oberflächen
  - Problematik der Erfassung bestimmter Werkstoffe wie z. B. Glas
3. Witterungsverhältnisse wie Regen und Schnee
4. Erfassung temporärer Störpunkte wie Fahrzeuge, Personen etc.

### 3.6 Optionale Dienstleistungen

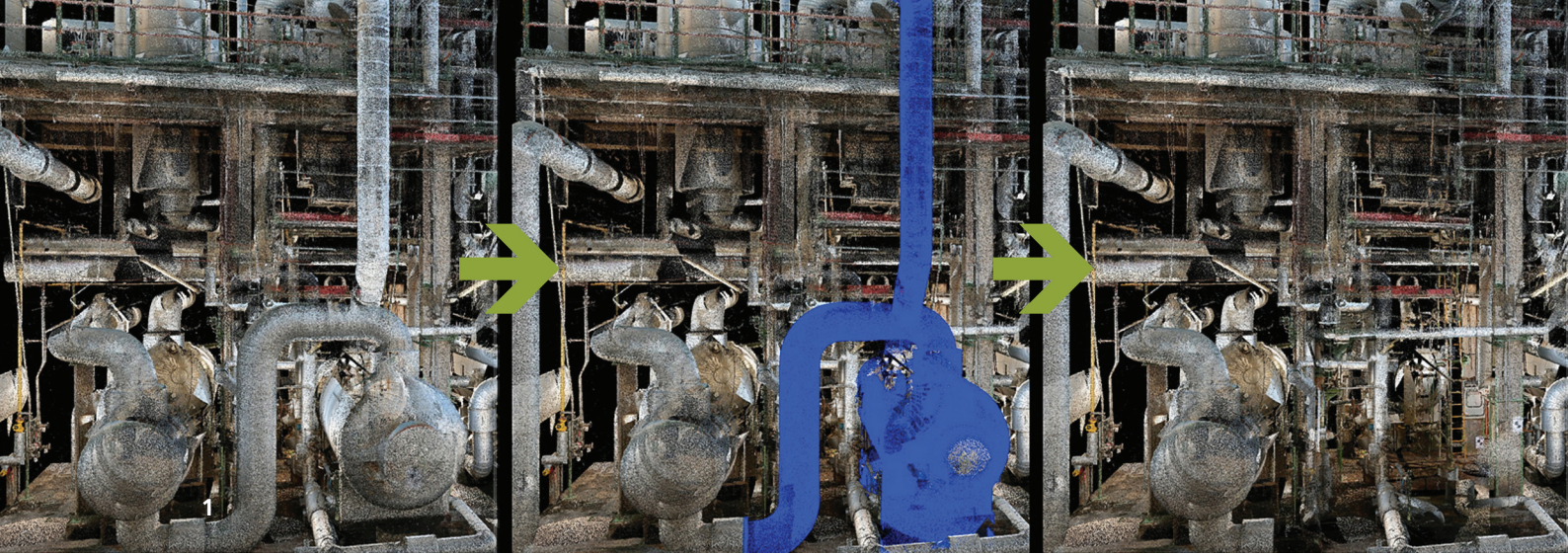
Abhängig vom Erfahrungsschatz des Auftraggebers kann es hilfreich sein, zusätzliche Dienstleistungen anzubieten. Somit kann gleichzeitig dem Auftraggeber aufgezeigt werden, in welcher Vielfalt eine Punktwolke verwendet werden kann. Die Angabe der Kosten für diese zusätzlichen Dienstleistungen wird empfohlen:

- Protokolle über Einbindepunkte
- Panorama-Ansichten der Scans (Scanpanorama-Viewer)
- Anlage oder Verdichtung des Festpunktnetzes inklusive Dokumentation von Festpunktübersichten, Festpunktbeschreibungen, Koordinatenlisten etc.

- Übersichten mit eingemessenen Objekten in den Bauten oder Anlagen
- Störkantenmodellierung
- Erstellen von As-built Isometrien

### 3.7 Referenzen

Damit sich der Auftraggeber ein Bild über den Erfahrungsschatz des Dienstleisters machen kann, können Referenzen von vergleichbaren Projekten der letzten 3 Jahre Bestandteil des Pflichtenhefts sein.



## 4 GLOSSAR

In diesem Abschnitt werden die in den Leitfaden verwendeten Fachbegriffe aus dem Bereich Laserscanning aufgeführt und erläutert.

### ASTM

ASTM International, früher unter dem Namen American Society for Testing and Materials (ASTM) bekannt, ist ein weltweit anerkannter Marktführer in der Entwicklung und Lieferung von freiwilligen internationalen Standards. Im Bereich des Laserscannings zählt hierzu der E57-Standard.

### Datenbereinigung

Ein Laserscanner erfasst nicht nur gewünschte Objekte bzw. Objektoberflächen, sondern auch Störpunkte. Störpunkte können durch temporäre Objekte (Fahrzeuge, Personen, Niederschlag, Materialien etc.), die während des Scanvorgangs mit erfasst werden und Messfehler (Kometenschweife an Kanten und Messrauschen), entstehen. Zudem werden bei der Datenerfassung verschiedene Bereiche mehrfach erfasst. Auch umliegende Bereiche und Anlagenteile von Fremdanlagen, die nicht zum eigentlichen Scanbereich zählen, werden durch einen Laserscanner erfasst (Bild 1).

Diese häufig unnötigen Daten sollten aus der Punktwolke entfernt werden. Dies spart zum einen Speicherplatz und zum anderen kann mit der Punktwolke effizienter gearbeitet werden. Beispielsweise werden Punktwolken schneller geladen und automatisierte Kollisionsprüfungen erst ermöglicht. Die Datenbereinigung umfasst Verfahren zum Entfernen und Korrigieren von fehlerhaften Daten (Punktwolken), das Ausdünnen der Punktwolke (Entfernen von Zwischenpunkten) sowie das Entfernen von Messpunkten, die sich auf als nichtrelevant eingestuften Objektoberflächen befinden.

### Datenaufbereitung

Unter Datenaufbereitung werden alle Arbeiten verstanden, die aus dem vom Laserscanner erfassten Rohdaten eine bereinigte und registrierte Punktwolke machen.

### E57-Standard

Das E57-Datenformat ist ein kompaktes, herstellerunabhängiges Format für die Speicherung von Punktwolken, Bildern und Metadaten. Das Dateiformat wird von ASTM spezifiziert und im ASTM-Standard E2807 dokumentiert.

### Festpunkte

Um die Scans in ein lokales Anlagen- bzw. Werkskoordinatensystem zu überführen, ist eine ingenieurtechnische Vermessung der zu scannenden Anlagen notwendig (tachymetrisches Aufmaß). Dazu werden Festpunkte benötigt, die aus dem übergeordneten Koordinatensystem abgeleitet und sowohl lage- als auch höhenmäßig bekannt sind (Bild 1).

Anstelle von Festpunkten können auch Passpunkte für eine Transformation verwendet werden. Hierbei handelt es sich um Punkte, die sowohl in einem 3D-Modell als auch in der Punktwolke vorhanden sind. Diese dienen auch dazu, die Gesamtpunktwolke und das 3D-Modell in Deckung zu bringen und unterstützen insgesamt die 3D-Modellerstellung aus vorhandenen Planunterlagen.

**1** *Aus Scan entferntes Equipment, welches mit erfasst wurde.*



### Foto-Mapping

Beim Foto-Mapping wird jedem Punkt der Punktwolke ein Farbwert (RGB-Wert) zugewiesen. Hierzu werden Bilder benötigt, die direkt vom Scanner-Standpunkt aus fotografiert wurden. Diese Bilder werden mittels spezieller Software zu einem Panorama zusammengefügt und auf die Punktwolke übertragen (Mapping). Das Panorama wird gewöhnlich auf Basis von herkömmlichen Bildern erstellt. Im Allgemeinen ist dies ausreichend. Sofern die Lichtverhältnisse sehr heterogen sind, kann auch mit Hochkontrastbild gearbeitet werden. Hochkontrastbilder werden auch als High Dynamic Range Bild (HDR-Bild) bezeichnet. Der Vergleich eines herkömmlichen Fotos mit einem HDR-Bild ist in Bild 3 dargestellt.

### Georeferenzierung

Unter Georeferenzierung versteht man die Transformation einer Punktwolke in ein lokales Anlagen- bzw. Werkskoordinatensystem oder ein Weltkoordinatensystem.

### HDR-Bild

Siehe Foto-Mapping.

### Kometenschweif

Ein Kometenschweif ist ein Artefakt bei der Digitalisierung eines Oberflächenmesspunktes, der durch Mehrfachreflexionen entsteht. Diese real nicht vorhandenen Punkte können nicht vollständig automatisiert im Rahmen der Datenbereinigung entfernt werden (Bild 4).

### Koordinatensystem

Hierunter ist das Koordinatensystem zu verstehen, auf das sich die registrierte Punktwolke (Gesamtpunktwolke) bezieht. Im Regelfall handelt es sich um ein lokales Bezugssystem wie

bspw. ein Anlagen- oder Werkskoordinatensystem oder auch ein Weltkoordinatensystem (globales Bezugssystem).

### Laserscanning

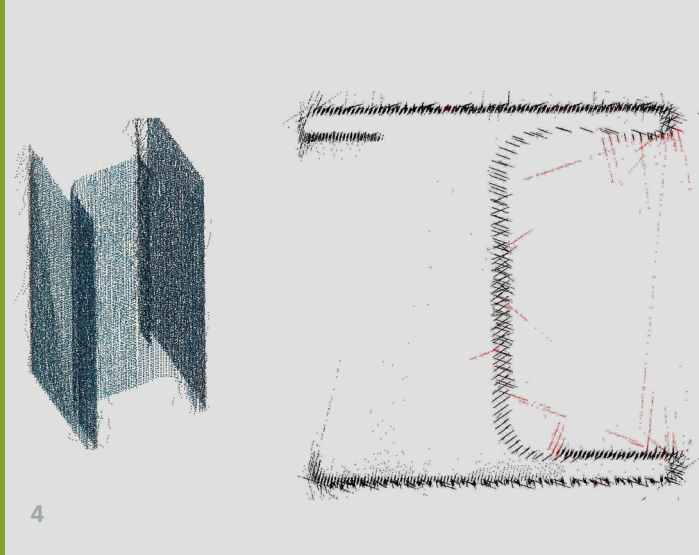
Laserscanning ist ein Messverfahren bei dem berührungslos Objektflächen mit Hilfe eines Laserscanners erfasst werden. Innerhalb weniger Minuten werden Millionen von Punkten automatisch gemessen und so ganze Objekte präzise und detailliert erfasst. Bei diesem Messverfahren werden Laserscanner eingesetzt, die die Oberflächen und Objekte mit einem Laser abtasten. Die Daten, die ein Laserscanner erzeugt, werden als Punktwolken bezeichnet. Die Punktwolken der einzelnen Scannerstandpunkte werden über entsprechende Berechnungsprogramme zu einer Gesamtpunktwolke verknüpft. Entsprechend dem Anwendungsspektrum existieren verschiedene Laserscanner. In den Bereichen Anlagenplanung und -bau werden bevorzugt 360°-Rundum-Laserscanner, die nach dem Phasenvergleichsverfahren und/oder Pulslaufzeitverfahren arbeiten, eingesetzt.

Laserscanning zählt zu den optischen Messverfahren. Ein Laserscanner kann somit nur Punkte erfassen, die vom Scannerstandpunkt sichtbar sind. Aus diesem Grund wird vermutlich jede registrierte Punktwolke auch Bereiche aufweisen, in denen keine Daten vorhanden sind. Diese Bereiche werden als Abschattungen bezeichnet.

**2** Festpunkt.

Foto: Robert Wetzold, pixelio.de

**3** Vergleich herkömmliches Bild (links) mit HDR-Bild (rechts).



### **Laserscanning-Dienstleister**

Der Laserscanning-Dienstleister ist das Unternehmen, der das Laserscanning durchführt. Er ist zuständig für die Datenerfassung, Datenbereinigung, Registrierung und ggf. für die Modellierung oder für die Bearbeitung von analytischen Aufgaben. Zudem ist der Laserscanning-Dienstleister für die Zusammenstellung und die Übergabe der Ergebnisse zuständig. Er ist auch für die Qualität und die Vollständigkeit der Laserscanning-Ergebnisse im Rahmen der beauftragten Leistung verantwortlich.

Da die Erzeugung und Verarbeitung von Laserscandaten auf prinzipiellen Grundlagen der Geodäsie basiert, muss der Laserscanning-Dienstleister vermessungstechnisches Wissen mitbringen.

### **Messmittelfähigkeit**

Die Messmittelfähigkeit drückt die Eignung eines Messmittels aus, ob es zur Messung eines Objektes eingesetzt werden darf oder nicht. Alle Fehlereinflüsse bei der Bestimmung eines Messwertes werden als Messunsicherheit bezeichnet. Damit ein Messmittel als messmittelfähig bezeichnet werden kann, darf die Gesamtmessunsicherheit 10% der gemessenen Form- oder Maßtoleranz nicht überschreiten.

### **Panoramabilder**

Unter einem Panoramabild, das auch als Rundumsicht bezeichnet wird, versteht man einen 360° Blick aus der Perspektive des Laserscanners. Panoramabilder können sowohl in Echtfarben als auch in Graustufen erzeugt werden. Graustufenbilder werden aus den Rohdaten des Laserscanners abgeleitet. Echtfarbenbilder werden entweder direkt während des Laserscannings mit einer internen oder externen Kamera erzeugt oder im Anschluss an das Scannen mit einer separaten Installation und einer Spiegelreflexkamera. Die Qualität der

Panoramabilder ist mit Spiegelreflexkameras sehr hochwertig (Bild 5).

### **Passpunkte**

Siehe Festpunkte.

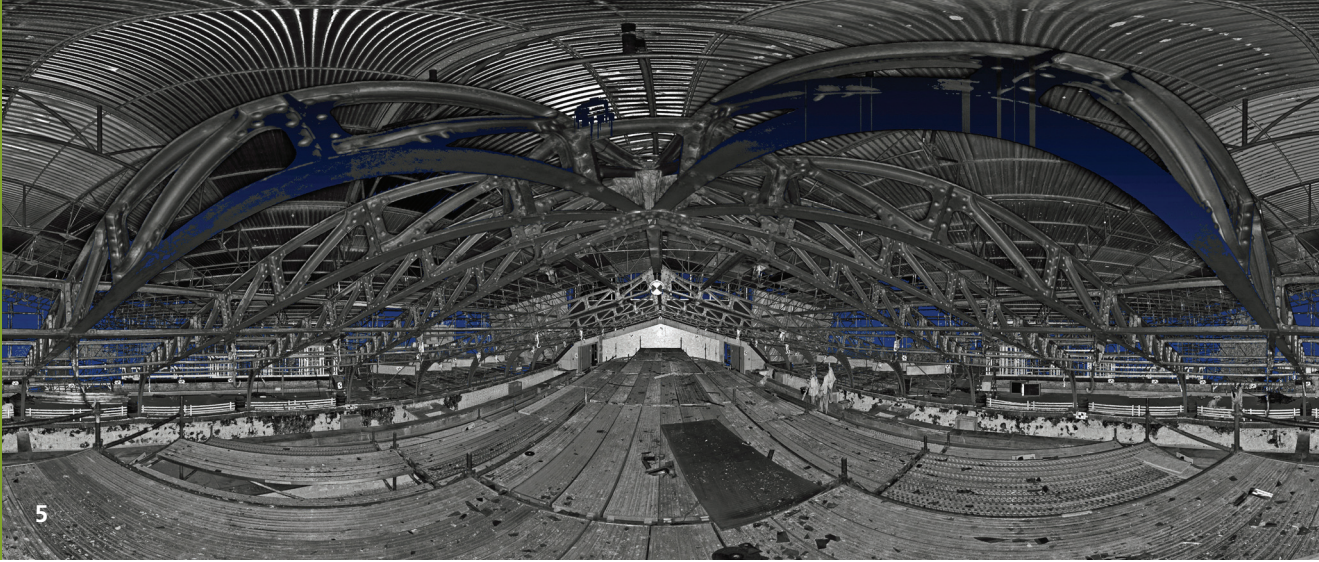
### **Phasenvergleichsverfahren**

Das Phasenvergleichsverfahren verwendet als Maßstab die Wellenlänge einer elektromagnetischen Welle. Das Verfahren beruht darauf, dass jedem Schwingungszustand einer harmonischen Welle ein eindeutiger Phasenwinkel zugeordnet werden kann. Um die Strecke zwischen Laserscanner und Objekt zu bestimmen, werden kontinuierliche harmonische Wellen unter einem bestimmten Phasenwinkel ausgesandt und am Objekt reflektiert. Der Empfänger nimmt dann die reflektierte Welle unter einem differierenden Phasenwinkel auf, der von der zurückgelegten Entfernung zum Objekt und der Laufgeschwindigkeit abhängig ist. In einem Phasenmesser wird die Phasendifferenz zwischen ausgesandter und reflektierter Welle gemessen. Phasenvergleichsscanner zeichnen sich durch extrem kurze Messzeiten aus.

### **Pulslaufzeitverfahren**

Laserscanner, welche die Distanz nach dem Pulslaufzeitverfahren messen, bestehen im Wesentlichen aus einem Sender, Empfänger und einem Laufzeitmesser. Vom Sender des Gerätes wird ein extrem kurzer Lichtimpuls mit bekannter Laufgeschwindigkeit ausgesandt, am Ende der Strecke reflektiert und vom Empfänger aufgenommen. Durch Messung der Laufzeit des Impulses lässt sich die im Hin- und Rückweg, also doppelt durchlaufende Strecke ermitteln. Pulslaufzeitsscanner zeichnen sich durch ihre hohe Reichweite aus.

**4** *Kometenschweif an einem Doppel T-Träger.*



## Punktwolken

Die von einem Standpunkt des Laserscanners erfassten Punkte werden im Allgemeinen als Punktwolke, Scan, Einzelscan oder 3D-Punktwolke bezeichnet. Aber auch die Resultate der Registrierung und Datenbereinigung werden als Punktwolke bzw. Gesamtpunktwolke bezeichnet. Eine Punktwolke spiegelt den As-built Zustand einer Anlage wider und kann somit in einigen Bereichen von einem bestehenden Anlagenmodell (As-designed) abweichen.

## Punktwolkenregistrierung

Siehe Registrierung.

## Registrierte Punktwolke

Hierunter versteht man eine Punktwolke, die aus mehreren Scans besteht und in ein einheitliches und übergeordnetes Koordinatensystem transformiert wurde. Sie wird auch als Gesamtpunktwolke bezeichnet. Es kann sich hierbei um ein Weltkoordinatensystem (global) oder ein Werkskoordinatensystem (lokal) handeln.

## Registrierung

Um ein Objekt vollständig zu erfassen, wird in der Regel von mehreren Standpunkten aus gescannt. Somit entstehen mehrere Punktwolken (Einzelscans), die in standpunktbezogenen Koordinatensystemen vorliegen. Die einzelnen Punktwolken werden zu einer großen Gesamtpunktwolke in einem einheitlichen Koordinatensystem zusammengeführt. Dieser Schritt wird als Registrierung bezeichnet. Man unterscheidet hier die Möglichkeiten der Punktwolkenregistrierung und der Registrierung mithilfe von genau definierten Punkten (Targets). Durch die Registrierung ist die Punktwolke mit bereits bestehenden 2D-Plänen oder einem 3D-Modell deckungsgleich. Hierbei ist jedoch der Unterschied zwischen Planungsdaten (As-designed) und Bestandsdaten (As-built) zu beachten.

Bei der Punktwolkenregistrierung werden ähnliche Muster (Oberflächenstrukturen, Objekte) in den verschiedenen Punktwolken gesucht und die Scans darüber zusammengeführt. Dabei kann es auch zu größeren Toleranzen kommen. Bei der Registrierung mithilfe von Targets werden die einzelnen Punktwolken über Targets zu einer Gesamtpunktwolke registriert. Die Genauigkeit ist hier sehr gut definierbar, nachweisbar und durch ein unabhängiges Messverfahren (Tachymetrie) zudem kontrollierbar.

## Rohdaten

Rohdaten sind hier digitalisierte Messdaten (Punktwolke), die Ergebnis einer Laserscanning-Aufnahme sind. Diese Rohdaten sind nicht registriert und wurden keiner Datenbereinigung unterzogen. Des Weiteren werden auch die Tachymetermessergebnisse und die einzelnen Digitalbilder einer externen Kamera als Rohdaten bezeichnet.

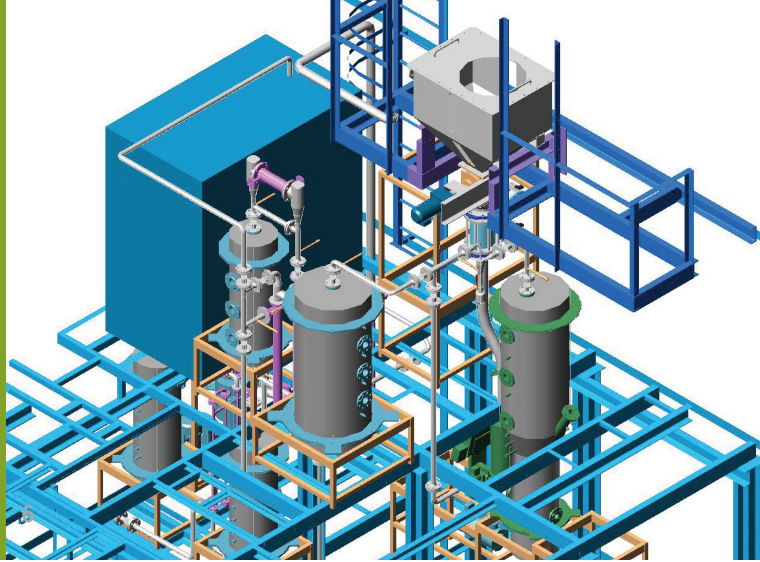
## Scan

Siehe Punktwolke.

## Scanauflösung

Mit der Scanauflösung wird die Anzahl der Messpunkte pro Flächeneinheit angegeben. Häufig wird die Scanauflösung durch die Anzahl der Messpunkte im Sichtfeld des Laserscanners oder durch den Messpunkt Abstand bei einer bestimmten Entfernung vom Laserscanner angegeben. Es ist darauf zu achten, dass beim Laserscanning eine hinreichende Messpunktdichte am Objekt erreicht wird. Wird beispielsweise der Punkt Abstand sehr groß gewählt (niedrige Scanauflösung),

5 *Panoramabild in Graustufen.*

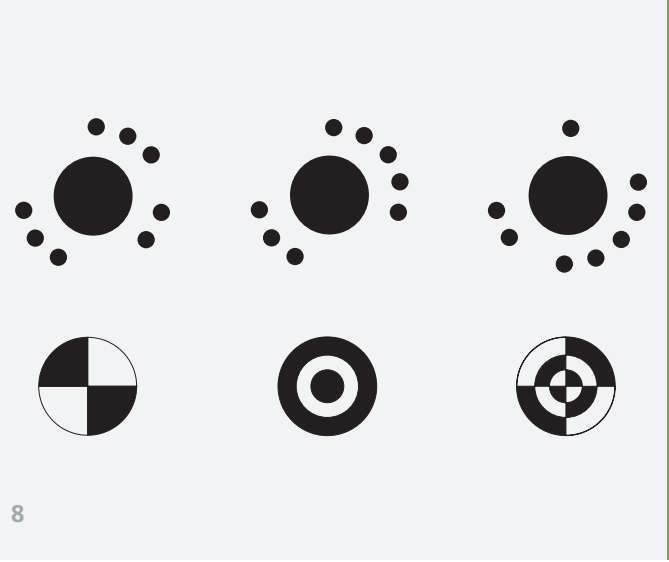


werden kleine Objekte nicht oder nur unzureichend erfasst. Ist der Punktabstand hingegen sehr gering (hohe Scanauflösung), wird für das Scannen sehr viel Zeit beansprucht und große Datenmengen produziert, die u. U. bei der späteren Weiterverarbeitung zu Problemen führen können. Am Beispiel von Rohrleitungen wird das Thema Scanauflösung erläutert. In der nachstehenden Tabelle sind Rohrleitungen und die empfohlene Scanauflösung für die gängigsten Laser-

scanner im Anlagenbau von Leica, Z+F und FARO aufgeführt. Beispiel: Bei Verwendung eines Laserscanners von Leica oder Z+F in der Auflösungseinstellung »High« darf der Laserscanner maximal 8 m von einer DN 100 Rohrleitung (4") entfernt stehen. Somit ist gewährleistet, dass die Rohrleitung durch eine ausreichende Anzahl an Punkten (23 je Zeile) erfasst und somit als solche erkannt wird.

Nennweite (DN)	Rohrgewinde (Zoll)	Außendurchmesser (mm)	Soll-Punktabstand (mm)	max. Abstand vom Objekt (m)	Ist-Punktabstand am Objekt (mm)	Anzahl der Punkte am Objekt (1 Zeile)	max. Abstand vom Objekt (m)	Ist-Punktabstand am Objekt (mm)	Anzahl der Punkte am Objekt (1 Zeile)
Gewinderohr EN 10255 (mittelschwer, Stahl)				Leica HDS 6000-7000 Z+F Imager 5003-5010 Auflösung High-100% import			FARO FOCUS 3D Auflösung 1/4-100% import		
8	1/4"	13,5	2	2	1,3	11	2	1,2	11
10	3/8"	17,2	2	2	1,3	14	2	1,2	14
15	1/2"	21,3	2	2	1,3	17	2	1,2	17
20	3/4"	26,9	3	2	1,3	21	2	1,2	22
25	1"	33,7	3	3	1,9	18	3	1,8	18
32	1 1/4"	42,4	3	4	2,5	17	4	2,5	17
40	1 1/2"	48,3	3	4	2,5	19	4	2,5	20
50	2"	60,3	3	5	3,2	19	5	3,1	20
65	2 1/2"	76,1	4	6	3,8	20	6	3,7	21
80	3"	88,9	5	7	4,4	20	7	4,3	21
100	4"	114,3	5	8	5,0	23	8	4,9	23
125	5"	139,7	6	9	5,7	25	9	5,5	25
150	6"	165,1	7	11	6,9	24	11	6,8	24
200		219,1	8	12	7,6	29	12	7,4	30
250		273	10	15	9,5	29	15	9,2	30
300		323,9	10	17	10,7	30	17	10,5	31
350		355,6	12	18	11,3	31	18	11,1	32
400		406,4	12	20	12,6	32	20	12,3	33
450		457	14	22	13,9	33	22	13,6	34
500		508	16	25	15,8	32	25	15,4	33
600		610	18	30	18,9	32	30	18,5	33

6 Störkantenmodell.



### Störkantenmodell

Als Störkantenmodell wird ein 3D-Modell bezeichnet, das auf Basis der Punktwolke, also im As-built Zustand modelliert wurde. Es beinhaltet keine intelligenten Sachdaten wie beispielsweise Temperatur- und Druckangaben sowie Zugehörigkeit zur Rohrleitung. Ein Störkantenmodell kann in verschiedenen Detaillierungsgraden ausgearbeitet werden. Dies beginnt mit der bloßen Darstellung von Bereichen in Form einer Hülle (Klötzchen) und kann bis zur vollständigen Ausmodellierung führen. Kombinationen der verschiedenen Detaillierungsgrade sind durchaus üblich. Ein Störkantenmodell kann beispielsweise für eine automatisierte Kollisionsprüfung und für Präsentationszwecke verwendet werden (Bild 6).

### Tachymetrisches Aufmaß

Die Tachymetrie ist ein geodätisches Verfahren zur schnellen Punkterfassung. Hiermit werden beispielsweise Festpunkte oder Targets mit sehr hoher Genauigkeit vermessen. Die hierfür verwendeten Vermessungsinstrumente werden als Tachymeter bzw. Totalstationen bezeichnet. Mithilfe der Tachymetrie werden beispielsweise hochgenaue Baulagenetze bestimmt, die wiederum die Basis für die Registrierung bilden (Bild 7).

### Targets

Targets sind genau definierte Punkte, die für die Registrierung benötigt werden. Mithilfe von Targets werden die einzelnen Scans miteinander verknüpft und in ein übergeordnetes Koordinatensystem überführt. Die Form und das Aussehen der Targets sind unterschiedlich. So existieren bspw. Schwarz-Weiß-Targets, und Kugeln. Targets werden während des Laserscannings in dem zu erfassenden Bereich montiert und anschließend durch ein tachymetrisches Aufmaß erfasst. Bei Kugeln ist darauf zu achten, dass sie in der Punktwolke Störobjekte darstellen. Dies kann vor allem bei automatischen Kollisionsprüfungen zu Problemen führen (Bild 8).

### Vermarkung

Unter Vermarkung wird das dauerhafte Anbringen einer Messmarke für einen Festpunkt oder sonstigen Vermessungspunkt wie beispielsweise ein Target verstanden.

### Virtual Reality

Als virtuelle Realität oder Virtual Reality wird die Darstellung und gleichzeitige Wahrnehmung der Wirklichkeit und ihrer physikalischen Eigenschaften in einer in Echtzeit computer-generierten, interaktiven virtuellen Umgebung bezeichnet.

7 Tachymeter.

Foto: Rainer Sturm, pixelio.de

8 Schwarz-Weiß-Targets.

## Wir bedanken uns

Für die zielführende Mitwirkung bei der Erarbeitung des Leitfadens »Laserscanning im Anlagenbau«. Dass dieser Leitfaden so erfolgreich erarbeitet werden konnte, ist insbesondere der hohen Sachkompetenz und dem Engagement der nachfolgend aufgelisteten IAK-Mitglieder zu verdanken. Einen maßgeblichen Anteil an der Erstellung des Leitfadens haben:

Schedler, Mario  
DOW Olefinverbund GmbH

Werner, Volker  
BKR Ingenieurbüro GmbH

Zeppos, Leandros G.  
Unison Laser Scanning

Berndt, Dirk, Dr.  
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und  
-automatisierung IFF

Aber auch die nachfolgend aufgelisteten IAK-Mitglieder haben dazu beigetragen, dass aus den vorliegenden Erfahrungen die Inhalte für ein Lastenheft und ein Pflichtenheft sowie Handlungsanweisungen entstehen konnten. Auch ihnen gilt unser besonderer Dank.

Bach, Klaus  
Tebodin Peters Engineering GmbH

Bodeit, Bernd  
Tebodin Peters Engineering GmbH

Eiermann, Günter  
Weber Engineering GmbH & Co. KG

Jedamski, Harald  
ÖbVI Petersen GmbH

Mitzschke, Steffen  
AADIPLAN GmbH

Morovic, Pascal  
Tebodin Peters Engineering GmbH

Münch, Rene  
Wacker Chemie AG,

Och, Stephan  
TPI Vermessungsgesellschaft mbH

Rutz, Michael  
BASF SE

Schäfers, Ulrich  
3D LASER SYSTEME GMBH

Weber, Tobias  
scantec3D GmbH

Axel, Franke  
BASF SE

Joachim Borgwart  
BASF SE

Petra Urso  
BASF SE

Für die fachlichen Anregungen und Hinweise möchten wir uns bei Herrn Prof. Dr. Heinz Runne, Hochschule Anhalt, Institut für Geoinformation und Vermessung, bedanken.

## Impressum

Leitfaden Laserscanning im Anlagenbau  
Vorbereitung und Durchführung von Laserscanningprojekten für  
die Planung und Dokumentation von industriellen Anlagen

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E. h. Michael Schenk

Sandtorstraße 22 | 39106 Magdeburg

Telefon +49 391 4090-0 | Telefax +49 391 4090-596

ideen@iff.fraunhofer.de

www.iff.fraunhofer.de

Umschlaggestaltung: Bettina Rohrschneider

Redaktion: Dipl.-Phys. Sabine Szyler, Dipl.-Ing. Andrea Urbansky,

Virtuell Interaktives Training, Fraunhofer IFF

Titelbild: Punktwolke überlagert mit einem 3D-Modell aus der

Anlagenplanung, Dow Benelux B.V. (Marc de Bruyne)

Fotos, Bilder, Grafiken: Soweit nicht anders angegeben,  
alle Nutzungsrechte beim Fraunhofer IFF.

Link zum Datensatz in der Datenbank Fraunhofer-Publica:

<http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-292883.html>

urn:nbn:de:0011-n-2928838

Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften. Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernommen werden.

Alle Rechte vorbehalten

Für den Inhalt der Vorträge zeichnen die Autoren verantwortlich.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im

© 12/2014 Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung



## LASERSCANNING UND VIRTUAL REALITY IM ANLAGENBAU



Ziel des Industriearbeitskreises »Laserscanning und Virtual Reality im Anlagenbau« ist der wirtschaftliche Einsatz moderner 3D-basierter Techniken wie Virtual – und Augmented Reality über den gesamten Lebenszyklus von industriellen Anlagen. Im IAK arbeiten Anlagenplanungsunternehmen, Anlagenbetreiber, Entwickler und Hersteller von Hardware- und Softwaresystemen, Anbieter von AR-, VR-Lösungen, Anbieter für 3D Laserscanning und as-built 3D Dokumentation eng zusammen.