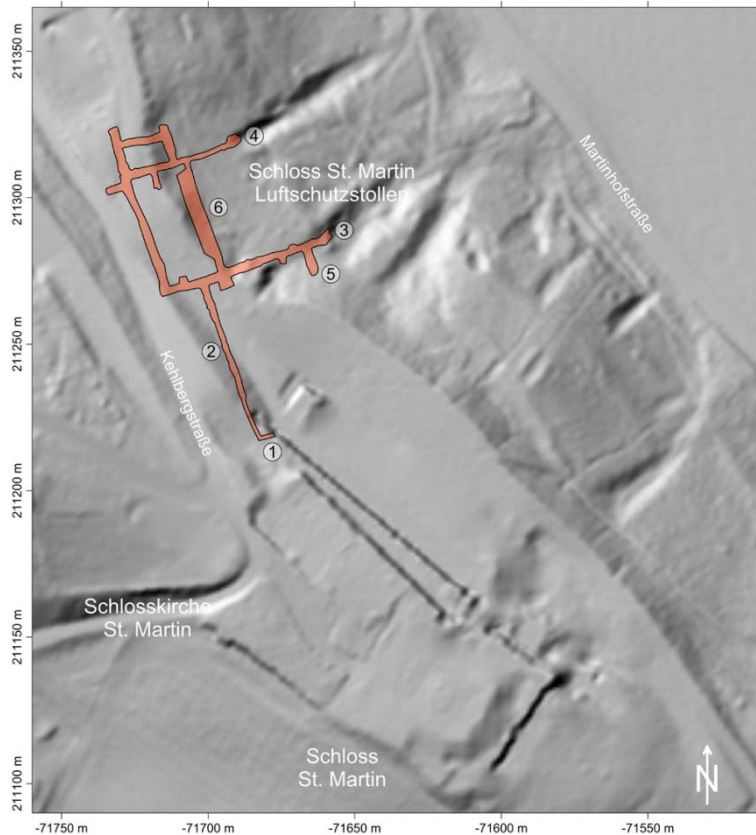


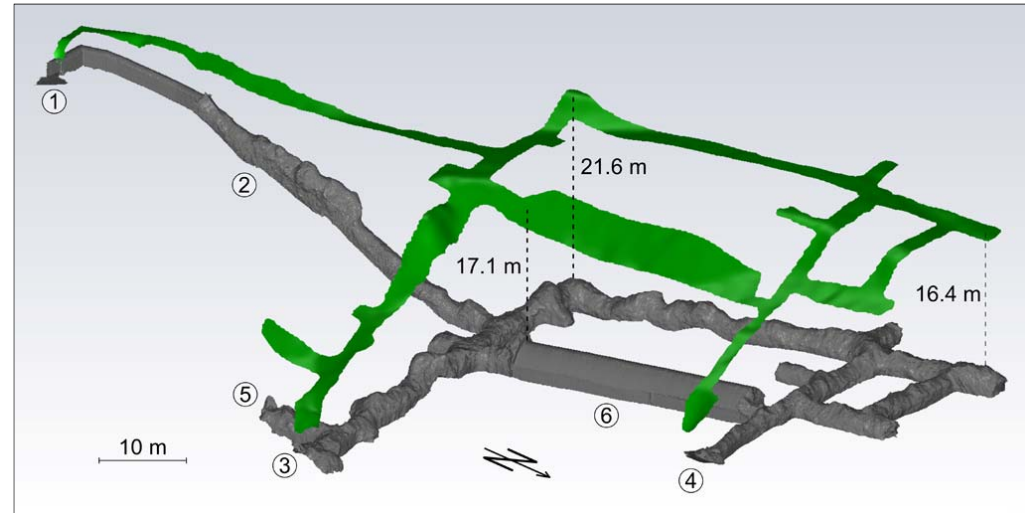
### Schloss St. Martin Luftschutzstollen (erbaut 1944)



Lage des Schloss St. Martin Luftschutzstollens

True Orthophoto, 2015: Magistrat Graz, Stadtvermessungsamt  
DGM/ DOM (ALS-Daten, 1m-Raster): GIS-Steiermark, Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Quelle: Masterarbeit Bostjan Strmsek, TU Graz, 2019



Mobile Vermessung mit dem GeoSLAM ZEB-REVO (24.10.2017)



Mobile Vermessung mit dem GeoSLAM ZEB-REVO (24.10.2017)

<https://geoslam.com/zeb-revo/>



3D-Laserscanner FARO Focus



3D-Zielzeichen: Styroporkugel

Optische Sensorsysteme für 3D-Messverfahren bestehen in der Regel aus einer Lichtquelle (Sender), die das Objekt mit einem Lichtsignal beaufschlagt und einer das Lichtsignal aufzeichnenden Empfangseinheit (Empfänger).

Durch das Objekt wird hierbei die Amplitude, Phase, Polarisierung oder Richtung des optischen Signals (Strahlung) geändert und als Messgröße genutzt.

Durch die Auswertung dieser Änderung kann dann je nach Messprinzip auf die 3D-Information bzw. Oberflächenstruktur des Objekts rückgeschlossen werden. Hieraus kann eine Vielzahl unterschiedlicher Sensorgrundprinzipien abgeleitet werden. Eine Systematik der 3D-Messverfahren kann der Abbildung 2 entnommen werden.

Ein auch für die praktischen Anwendungen wesentliches Einteilungsmerkmal ist neben der Informationsänderung der Strahlung auch die Einteilung von optischen 3D-Messverfahren nach dem Sensorprinzip inhärenten Winkel  $\gamma$  zwischen der Sendeeinheit und Empfangseinheit (siehe Abb. 1).

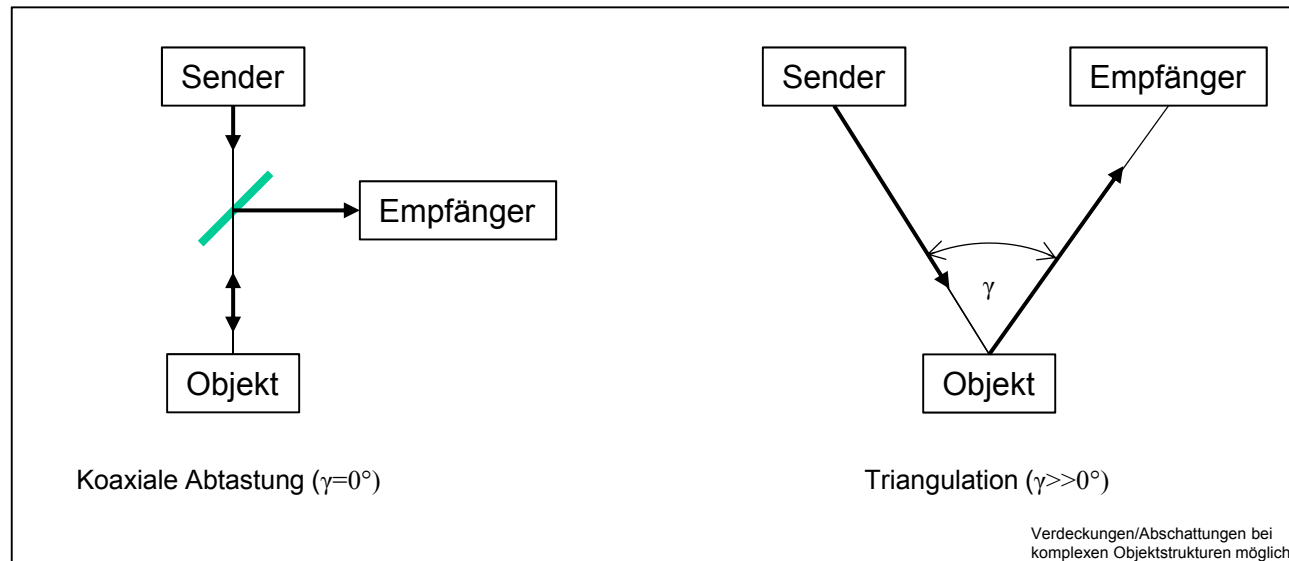


Abb. 1: Grundanordnung der optischen Antastung  
Quelle: Sackewitz (2017)

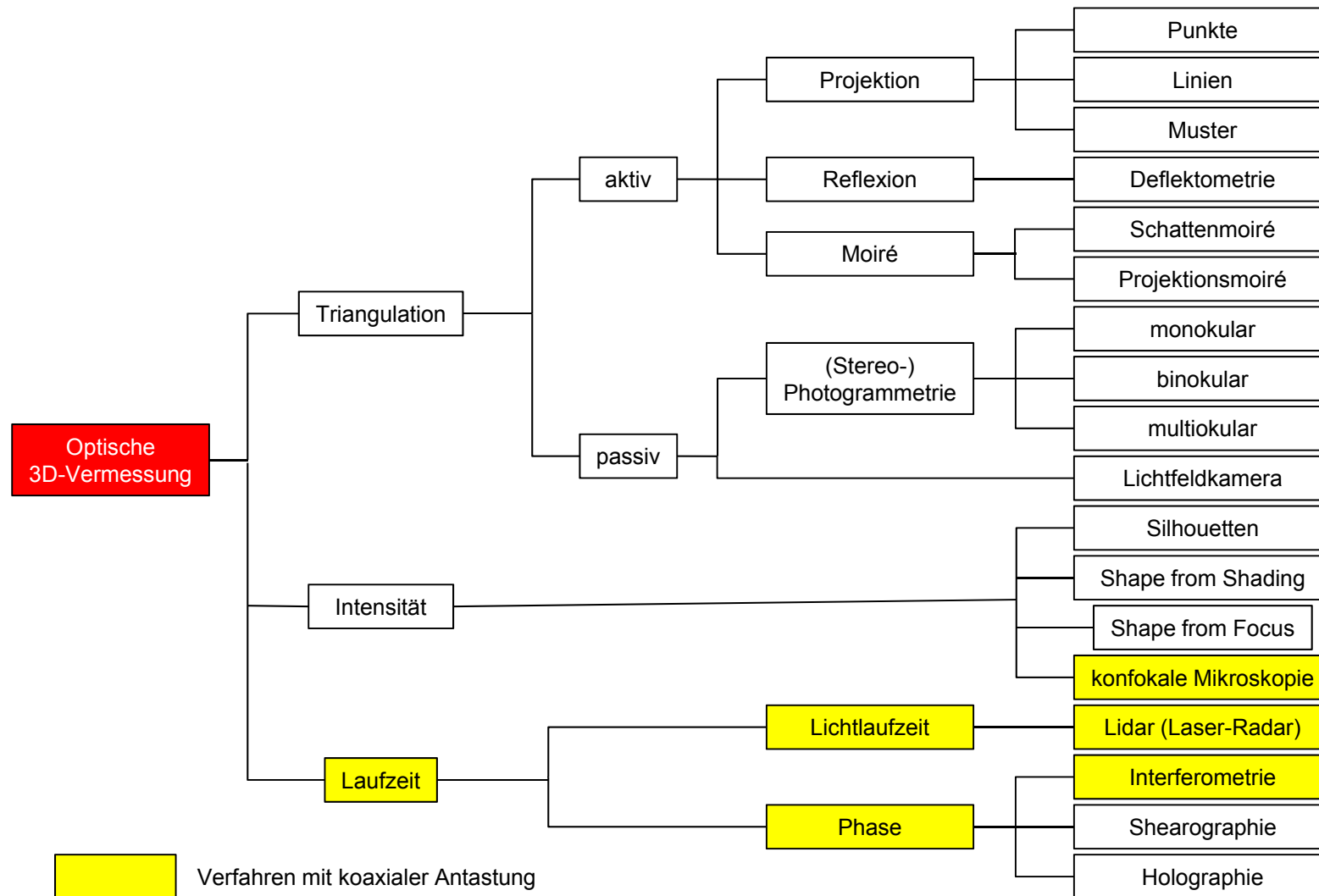
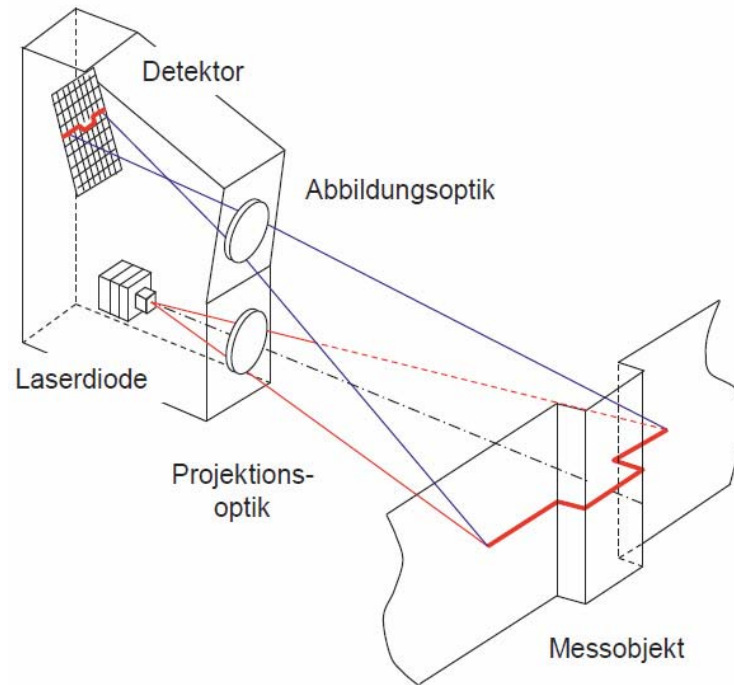
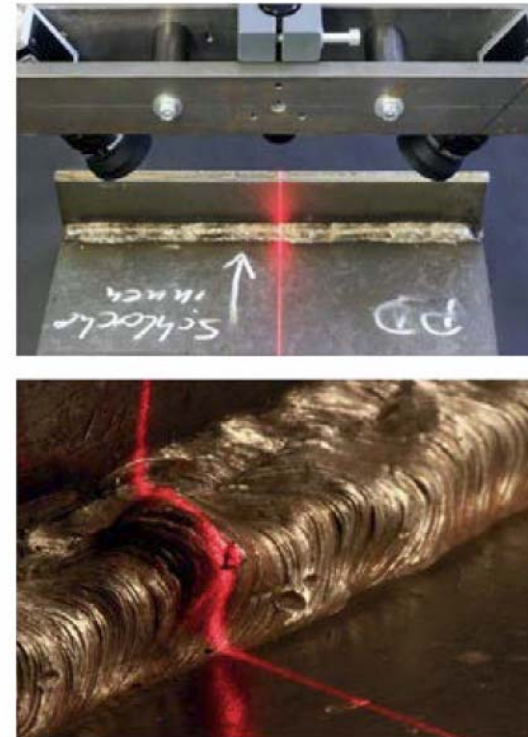


Abb. 2: Einordnung optischer 3D-Messverfahren  
Quelle: Sackewitz, 2017



a) Prinzip des Lichtschnittverfahrens



b) Lichtschnittsensor und Beispiel einer Schweißnahtmessung

Quelle: Luhmann, 2017

Ein Laserstrahl wird durch eine zylindrische Linse auf eine Laserlichtebene aufgeweitet. Ein Bildsensor ist seitlich von der Laserdiode angebracht und bildet mit ihr ein Dreieck, dessen geometrische Parameter bekannt oder kalibriert sind. Die Form der reflektierten und vom Bildsensor aufgenommenen Laserlinie ist abhängig von der Distanz zum Objekt.

Eine vollständige 3D-Vermessung einer Objektoberfläche kann nur durch eine scannende Prozedur erfolgen, z.B. indem der Triangulationssensor auf einer Koordinatenmessmaschine oder einem Messarm angebracht ist.

Lasertriangulationssensoren haben eine typische Messgenauigkeit der Entfernung von ca. 0.1 mm in einem Abstand von bis zu 500 mm. Die Messfrequenz beträgt bis zu 1000 Hz.

(Quelle: Luhmann, 2018)

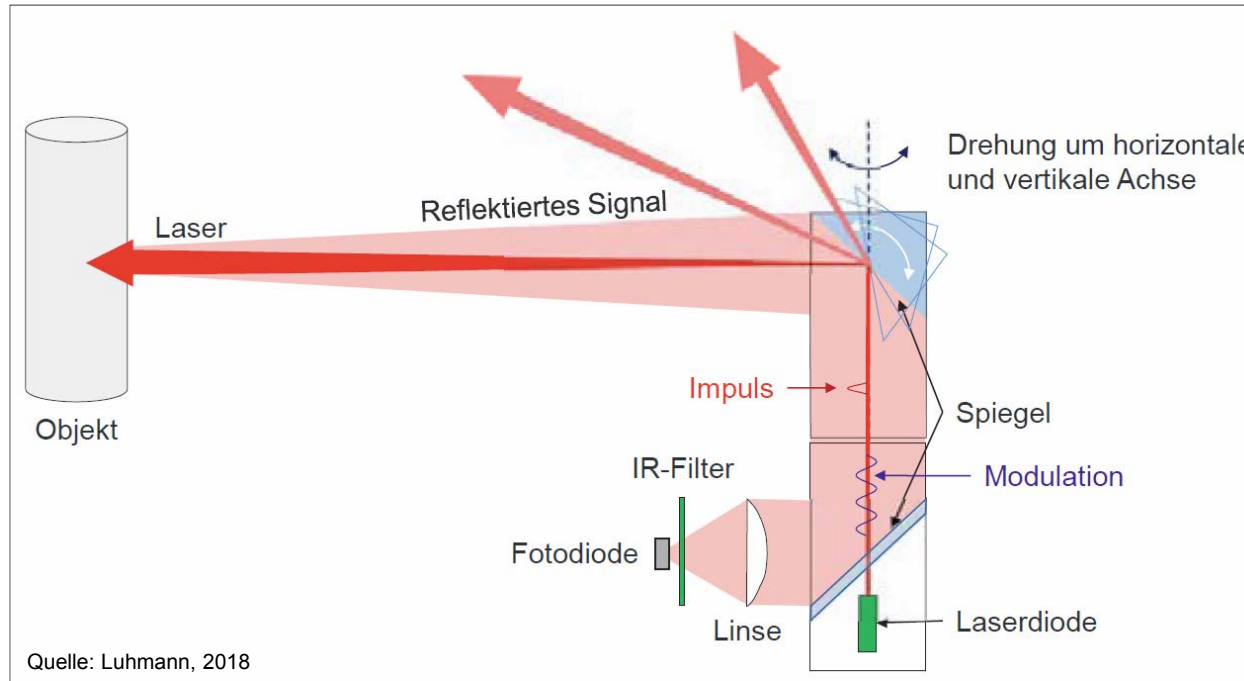


Abb.1: Prinzip eines Laserscanners

Unter **3D-Laserscanning** wird die dreidimensionale reflektorlose Erfassung einer Objektoberfläche durch zeitlich und örtlich versetzte Abtastung mit einem Laserstrahl verstanden. Dabei werden über Winkel- und Distanzmessungen räumliche Polarkoordinaten gewonnen. Das Ergebnis ist eine **3D-Punktwolke**. Durch Aufzeichnung der reflektierten Strahlungsintensität kann zusätzlich eine bildhafte Objekterfassung erfolgen, dabei wird jedem 3D-Messpunkt gleichzeitig ein Intensitätswert zugeordnet (Abb. 1).

Die auf dem Markt verfügbaren 3D-Laserscanner unterscheiden sich hinsichtlich Gerätetyp, Messverfahren, Winkelgenauigkeit und Kosten. Durch das Messverfahren zur Distanzbestimmung werden Eigenschaften festgelegt, wie z.B. die Messfrequenz, Distanzgenauigkeit, Entfernungsbereich und Strahldurchmesser. Die obige Abbildung zeigt einen **Panorama-View-Scanner**, mit dem man eine vollständige Rundum-Erfassung von einem Standpunkt aus durchführen kann. (Quelle: Luhmann, 2018)



	Zoller + Fröhlich IMAGER 5016	Leica BLK 360	Riegl VZ-400i
Gerätetyp	Panorama View	Panorama View	Panorama View
Distanzmessung	Phasendifferenz	Wave Form Digitizer	Impulslaufzeit
Laser			
Wellenlänge	1500 nm	830 nm	nahes Infrarot
Laserklasse	1	1	1
Leistung	0.3 mrad	keine Angabe	keine Angabe
Strahldurchmesser	6.2 mm (bei 10 m)	keine Angabe	35 mm (bei 100 m)
Auflösung			
Strecke	0.1 mm	keine Angabe	keine Angabe
min. Winkelschritt	0.004°	keine Angabe	0.0007°
Messbereich			
Entfernung	0.4 bis 360 m	0.6 bis 60 m	1.5 bis 800 m
horizontal	360°	360°	360°
vertikal	320°	300°	100°
Messpunkte pro Sek.	< 1016727	< 360000	< 42000 <sup>b</sup>
Genauigkeit			
Distanz	≤ 1 mm + 10 ppm/m	±7 mm (bis 20 m) <sup>a</sup>	±5 mm (bis 100 m) <sup>a</sup>
Winkel	±0.004°	keine Angabe	keine Angabe
Koordinaten	ca. 2 mm bei 10 m	±6 mm (bei 10 m) <sup>a</sup>	keine Angabe
Kamera	RGB mit HDR	RGB + Thermal	Extern, RGB
Gewicht	7 kg	1 kg	9.7 kg

<sup>a</sup> 1σ Rauschen; <sup>b</sup> bei 800 m

Technische Daten beispielhafter Laserscanner (Herstellerangaben)  
Quelle: Luhmann, 2018



Zoller + Fröhlich (Z+F) IMAGER 5016  
<https://www.youtube.com/watch?v=EYO-dnj65Y4>



Leica BLK360  
<https://www.youtube.com/watch?v=siG2H7rEiSI>



Riegl VZ-400i  
<https://www.youtube.com/watch?v=aXDioiarNpk>

Werden die gemessenen Daten  $(X,Y,Z)$  rasterförmig abgespeichert, entsteht sowohl ein sogenanntes Abstandsbild (Abb. 2 a, b) als auch ein Intensitätsbild (Abb. 2c), das einem panchromatischen photographischen Bild ähnelt, jedoch nur Reflexionswerte im Wellenlängenbereich des verwendeten Lasers liefert.



2a) Abstandsbild



2b) Abstandsbild (farbcodiert)



2c) Intensitätsbild



2d) Überlagerung mit RGB-Bild

Das wesentliche Merkmal des Laserscannings ist die schnelle dreidimensionale Erfassung einer (großen) Objektoberfläche mit hoher Punktdichte. (Quelle: Luhmann, 2018)

Terrestrische Laserscanner können durch eine **zusätzliche Kamera** erweitert werden:

- Eine Digitalkamera befindet sich im Strahlengang des Scanners und erfasst das Bild über das Spiegelsystem, entweder parallel zum Scannen oder in einem nachgeschalteten Vorgang. Der Vorteil liegt in der weitgehend parallaxfreien Abbildung, nachteilig ist jedoch die verminderte Bildqualität durch die für den Laser ausgelegte Optik.
- Die Digitalkamera wird versetzt von der Scanachse in das Gerät oder auf den Scanner gebaut. Für höchste Bildqualität kann eine DSLR-Kamera aufgesteckt werden. Geometrische Einschränkungen ergeben sich durch das Offset zwischen Scannerachse und Kamera, sodass ggf. nicht jeder gescannte Punkt auch von der Kamera gesehen wird.
- Eine externe Kamera wird unabhängig vom Scanner verwendet. In diesem Fall können beliebige hoch aufgelöste Bilder erzeugt werden, z.B. bei Verdeckungen oder wenn orthogonale Aufnahmerichtungen für Fassadenbilder erforderlich sind. Weiterhin lassen sich HDR-Bilder, Multispektral- oder Thermalbilder erzeugen und der gescannten Punktwolke überlagern.

Ist die Kamera im Koordinatensystem des Laserscanners kalibriert und orientiert, lassen sich Punktwolke und aufgenommenes Bild wie folgt kombinieren:

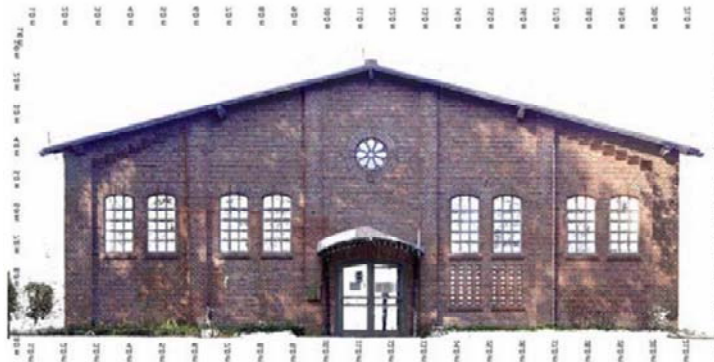
- **Einfärben von Punktwolken:** Da für jeden gescannten Punkt 3D-Koordinaten vorliegen, lassen sich diese über die Kollinearitätsgleichungen zurück ins Bild rechnen und dort ein Farbwert abgreifen, der dem 3D-Punkt zugewiesen wird (Beispiel in Abb. 2d).
- **Registrierung:** Die 3D-Transformation einzelner Punktwolken in ein übergeordnetes Koordinatensystem (Registrierung) kann mithilfe von Bildinformationen unterstützt werden, z.B. bei der Erkennung von Zielmarken oder identischer Objektmerkmale.
- **Monoplotting:** Im Bild wird ein gewünschtes Merkmal gemessen, dessen 3D-Koordinaten durch Schnitt des Bildstrahls mit dem aus der Punktwolke abgeleiteten Oberflächenmodell (Dreiecksvermaschung) bestimmt werden.
- **Orthophotos:** Aus dem orientierten Bild kann direkt ein echtes Orthophoto (True Orthophoto) gewonnen werden, in dem das Oberflächenmodell orthogonal auf eine Referenzebene projiziert und mit Farbwerten gefüllt wird.
- **Zentralprojektion:** Aus dem Originalbildern kann auch ein Gesamtbild erzeugt werden, das zentralprojektive Eigenschaften hat.
- **Panoramabild:** Aus mehreren, sich überlappenden Bildern kann direkt ein verzerrungsfreies Panoramabild berechnet werden, wenn Projektionszentrum und Drehzentrum übereinstimmen. (Quelle: Luhmann, 2018)

Resümee: 3D-Laserscanner erfassen große Punktmengen ohne umfangreiche Signalisierungsarbeiten. Komplexere Objekte müssen von mehreren Standpunkten aus erfasst werden, deren einzelne Punktwolken über identische Punkte oder Matchingverfahren (z.B. ICP) in ein gemeinsames Koordinatensystem transformiert werden müssen. Nachteilig ist die unstrukturierte Datenerfassung, wie sie auch bei anderen flächenhaft abtastenden Verfahren vorliegt. In der Regel müssen die gemessenen Punktwolken manuell oder rechnerisch ausgedünnt und strukturiert werden, um die Daten für weitere Bearbeitungen aufzubereiten. (Quelle: Luhmann, 2018)





a) Aus mehreren Einzelscans registrierte Gesamtpunktwolke eines Laserscanners



b) Orthophoto generiert aus 3D-Punktwolke und zusätzlichen RGB-Bildern



c) Panoramabild erzeugt aus HDR-Bildern der integrierten Kamera

Abb. 3: Verarbeitung von Punktwolken mit digitalen Bilddaten  
(Quelle: Luhmann, 2018)

Tachymetrie / Manual Total Station	Terrestrisches Laserscanning
■ wenige Punkte werden präzise beobachtet	■ sehr viele Punkte werden mit mäßiger Genauigkeit beobachtet
■ Aufwand pro Punkt ist hoch	■ Aufwand pro Punkt ist minimal
■ Messungen sind reproduzierbar und überbestimmt	■ Messungen sind nicht reproduzierbar und nicht überbestimmt
■ Punkte sind repräsentativ, z.B. Hausecken	■ zufällige Punkte, regelmäßiges Raster
■ Punkte sind dauerhaft vermark	■ Punkte existieren nicht dauerhaft
■ Punktauswahl »vor Ort«	■ Punktauswahl bei der Auswertung
■ punktbezogene Qualitätsmaße	■ elementbezogene Qualitätsmaße

Tabelle: Systemische Unterschiede zwischen Tachymetrie und Laserscanning  
(Quelle: Gottwald et al., 2009)



Tachymetermessung: Punktauswahl



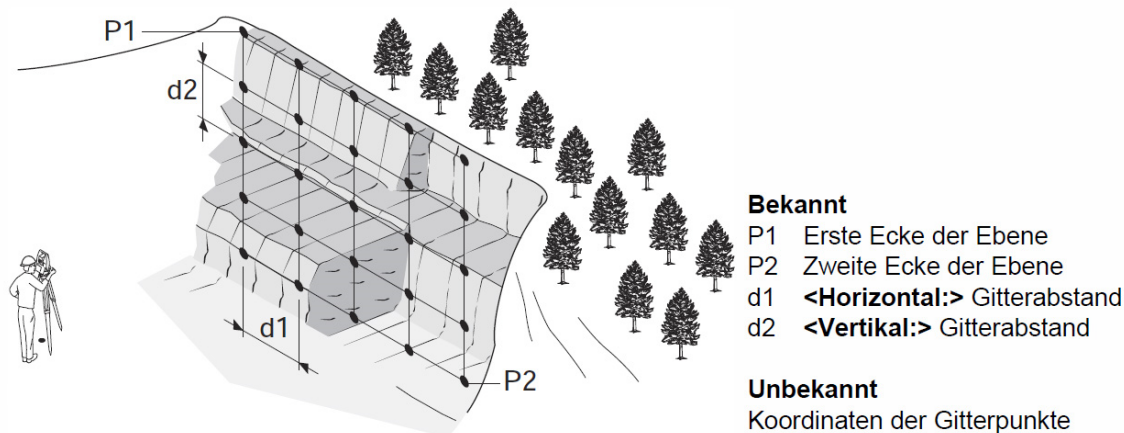
Ehem. Schloss Zmöll, Trofaiach  
(Photos: V. Kaufmann, 2014)



Laserscanning: Automatisierte Punktaufnahme  
im regelmäßigen Raster

Leica TPS TCRA 1201 R300

- Genauigkeit Hz, V 1" (0.3 mgon)
- reflektorlose Distanzmessung
  - Reichweite PinPoint R300 500 m / 300 m (Kodak Gray Card: 90% reflektierend / 18% reflektierend)
  - Genauigkeit / Messzeit reflektorlos < 500 m 3 mm + 2 ppm / typ. 3-6 s, max. 12 s
- Laserpunkt / Größe
  - bei 20 m: ca. 7 mm x 14 mm
  - bei 100 m: ca. 12 mm x 40 mm
- Messmethode PinPoint R300 System Analyzer (koaxialer, sichtbarer roter Laser)
- Motorisierung Drehgeschwindigkeit 45° / s



Leica TPS1200

Quelle: Leica TPS1200+/TS30/TM30 Technisches Referenzhandbuch

Scannen einer Ebene: Das Applikationsprogramm Scannen einer Oberfläche automatisiert das Verfahren zum Messen einer Reihe von Punkten entlang einer definierten vertikalen, geneigten oder horizontalen Oberfläche: Die Begrenzung des zu scannenden Bereichs (linke untere, rechte obere Ecke) und der vertikale und horizontale Gitterabstand werden vom Benutzer definiert.

**Multistationen** erweitern die Eigenschaften des Videotachymeters (= motorisierte Totalstation mit integrierter Farbkamera) mit einer Laserscaneinheit und einem optionalen GNSS/GPS-Empfänger. Aufgaben der Passpunktmessung und des Laserscannings lassen sich vor Ort kombinieren, mit der GNSS-Messung auch sofort in einem übergeordneten Koordinatensystem. Als Beispiel zeigt die Abb. 1 die Multistation Leica MS60, die über eine Weitwinkel- und eine Koaxialkamera mit 5 MPixel verfügt, deren innere und äußere Orientierungen kalibriert sind und für photogrammetrische Aufgaben genutzt werden können. Das über die Kamera erfasste Bild kann für eine automatische Zielpunkteinstellung, -verfolgung und -messung verwendet werden. Die Kombination von Winkelmessung und Kamera hat Ähnlichkeit mit dem Prinzip des Phototheodoliten (vgl. LV Photogrammetrie).  
(Quelle: Luhmann, 2018)



Abb. 1: MultiStation Leica Nova MS60

**Distanzmessung:** Messpunktgröße (ohne Prisma) bei 50 m: 8 mm x 20 mm  
Messverfahren: Wave Form Digitising (WFD)

#### Scanning:

max. Reichweite / Messrauschen:	1000 Hz Modus	bis zu 300 m / 1.0 mm bei 50 m
	250 Hz Modus	bis zu 400 m / 0.8 mm bei 50 m
	62 Hz Modus	bis zu 500 m / 0.6 mm bei 50 m
	1 Hz Modus	bis zu 1000 m / 0.6 mm bei 50 m
	bei Kodak-Grau Karte (90% reflektierend)	

Onboard 3D Punktwolken Ansicht, inklusive Echtfarben, Intensität und Signal/Rausch Information

- winkelbasiertes Gitter
- Gitter auf Ebene

#### Motorisierung:

Direktantrieb basierend auf Piezo-Technologie, Rotationsgeschwindigkeit max. 200 gon/s

#### Bildverarbeitung:

Weitwinkel- und Koaxial-Kamera: je 5 Megapixel-CMOS  
Gesichtsfeld: 19.4° bzw. 1.5° diagonal  
Bildfrequenz: bis zu 20Hz

Quelle: Leica Nova MS60 Datenblatt

Robotic Total Stations: Trimble S7 (<https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-s7>)  
Trimble SX10 (3D-Scanning-Fähigkeit mit bis zu 26.600 Punkten pro Sekunde)  
Topcon IS-3 Serie (max. 20 Hz Scanrate)

15 Hz Scanrate



Trimble S7



Trimble SX10



In Spezialfällen kann ein 3D-Laserscanner auch so betrieben werden, dass nur eine vertikale Strahlablenkung um die Stehachse erfolgt. In diesem sog. **2D-Modus** werden nur Profilschans erfasst. Für diesen Zweck existieren auch spezielle Profilschanner, die i.d.R. auf fahrenden Plattformen eingesetzt werden, um durch die Vorwärtsbewegung wieder zu einer gesamten 3D-Punktwolke zu kommen. (Quelle: Luhmann, 2018)

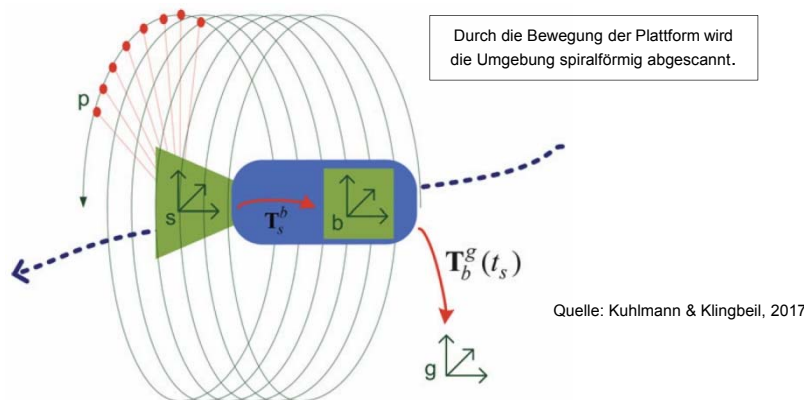


Abb. 1: Idealisiertes mobiles Multisensorsystem bestehend aus einem 2D-/Profillaserscanner und einem Sensor zur Trajektorienbestimmung

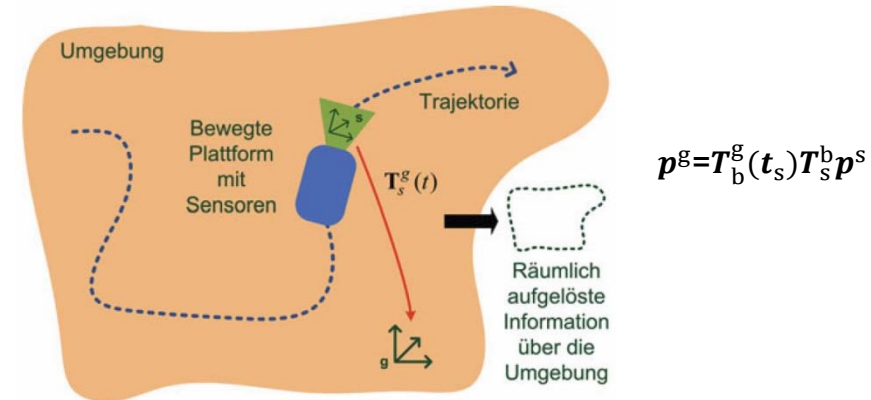


Abb. 2: Mobile Mapping System

Es sind Profilschanner sowohl für komplette 360°-Scans (Panorama View) als auch für ein eingeschränktes vertikales Blickfeld (Camera View) erhältlich. Profilschanner existieren vor allem für mittlere Genauigkeitsanforderungen (typisch: 5-20 mm Distanzmessgenauigkeit bis ca. 100 m), z.B. zur Steuerung autonomer Fahrzeuge, für Sicherheitssysteme oder für Körperscanner. (Quelle: Luhmann, 2018)

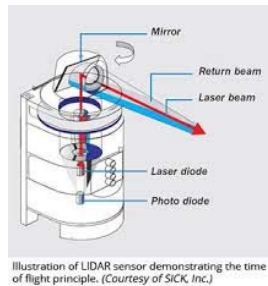


Abb. 3: 2D-LiDAR-Sensor NAV2xx von SICK

Im **1D-Modus** eines Laserscanners findet keine horizontale oder vertikale Strahlablenkung statt, sondern der Laserstrahl ist permanent auf einen Objektpunkt ausgerichtet, d.h. es wird nur die Distanzmesseinheit verwendet. (Quelle: Luhmann, 2018)



### Velodyne LiDAR (<https://velodynelidar.com/>)



Velodyne Ultra Puck

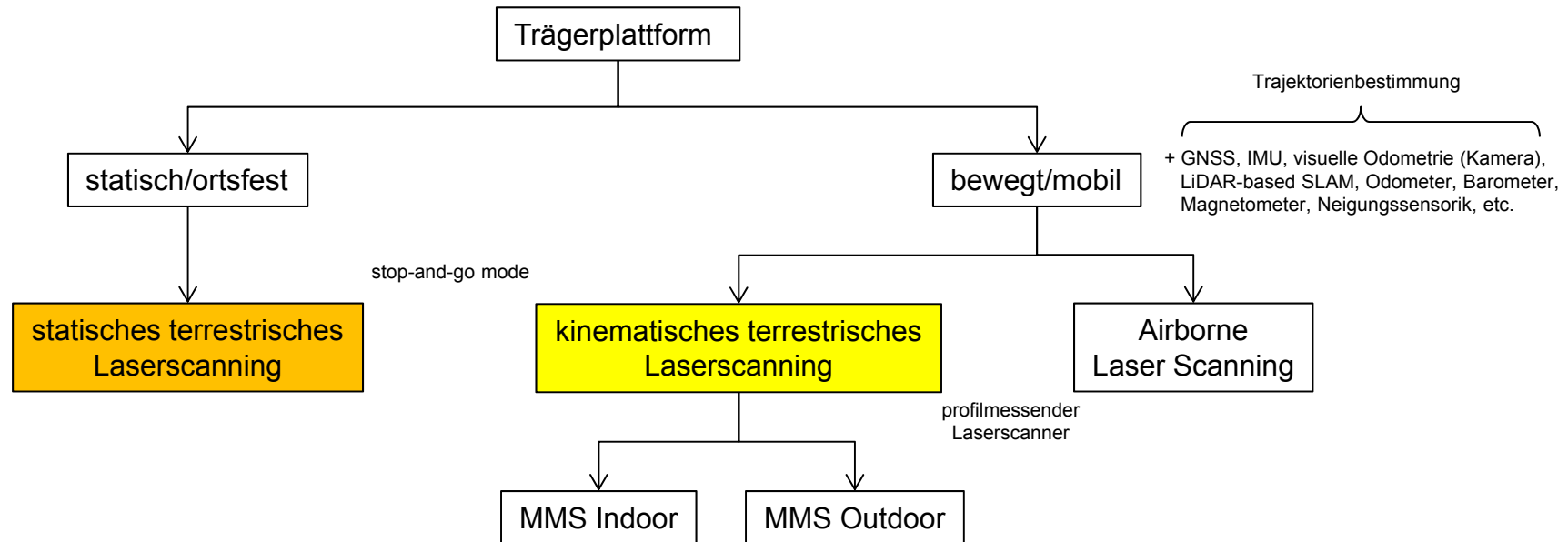
- 360-degree horizontal field-of-view (FoV) sensor
- 200 m range with compact form factor ( $\varnothing$  100 mm, height 86.9 mm)
- 905 nm, class 1 eye-safe technology
- 32 channels
- Best horizontal (360°) and vertical (40°) FoV
- Vertical resolution (0.33°)
- <https://www.youtube.com/watch?v=Tw0EGdPVf8M>
- Applications: Automotive (<https://www.youtube.com/watch?v=hTGNCvTkaGI>), Robotics, Mapping, UAV ([https://www.youtube.com/watch?v=z7q\\_savR61c](https://www.youtube.com/watch?v=z7q_savR61c)), Security, Industrial
- Weight: 925 g
- Range accuracy up to  $\pm 3$  cm
- 3D LiDAR data points generated:
  - 600,000 points per second (single return mode)
  - 1,200,000 points per second (dual return mode)

### Riegl Laser Measurement Systems (<http://www.riegl.com/>)



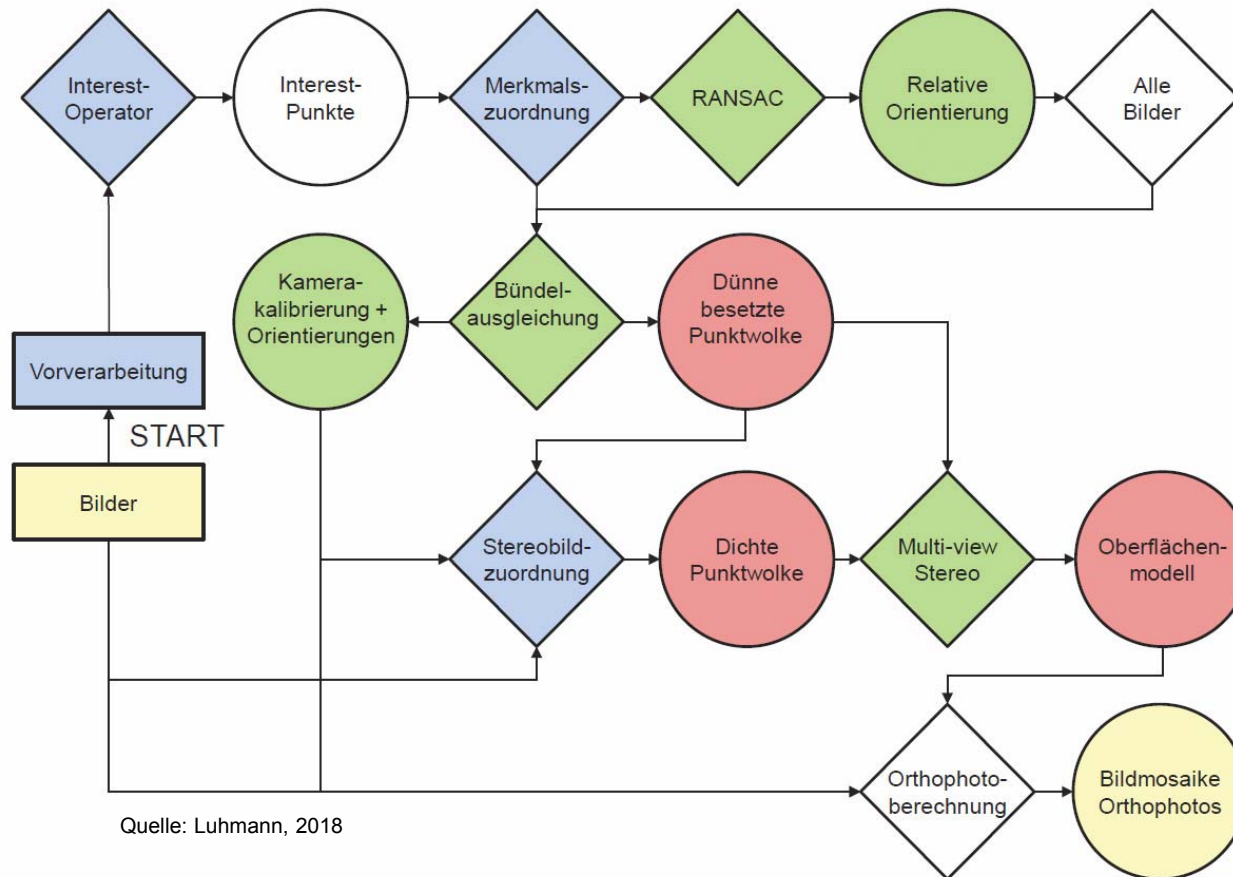
Riegl VUX-1HA

- Measuring principle: time of flight measurement, echo signal digitization, online waveform processing
- Laser pulse repetition rate (PRR): 300 kHz (420 m), 1000 Hz (235 m) at  $p \geq 80\%$   
300 kHz (150 m), 1000 Hz (85 m) at  $p \geq 10\%$
- Wavelength: NIR, class 1 eye-safe technology
- Laser beam divergence: 0.5 mrad
- Laser beam footprint: 4.5 mm @ exit, 6.6 mm @ 10 m, 13 mm @ 25 m, 25 mm @ 50 m, 50 mm @ 100 m
- Accuracy:  $\pm 5$  mm, precision:  $\pm 3$  mm
- Scanning mechanism: rotating mirror
- Field of view: 360° "full circle"
- 10 – 250 scans/sec
- Real-time synchronized time stamping of scan data
- Angular step width:  $0.0036^\circ \leq \Delta\theta \leq 0.3^\circ$
- Main dimensions: 227 x 180 x 125 mm (without cooling fan)
- Weight: approx. 3.5 kg (without cooling fan)
- Internal memory: 240 GByte SSD
- Applications: Indoor and Outdoor Laser Mobile Mapping, Tunnel Profile Mapping, Railway Applications like Clearance Analysis, UAV (<https://www.youtube.com/watch?v=yqbQTp1b7oA>)



MMS ... Mobile Mapping System

Darstellung modifiziert nach Staiger & Wunderlich, 2007.



Quelle: Luhmann, 2018

Abb. 1: Structure-from-Motion

Auf Basis des in Abb. 1 erläuterten Ansatzes des Structure-from-Motion existieren verschiedene Programmsysteme am Markt, die über einen ähnlichen Funktionsumfang verfügen:

- Auswertung beliebiger Bildverbände, die mit einer oder mehreren (nicht kalibrierten) Kameras aufgenommen worden sind;
- Simultankalibrierung der beteiligten Kameras;
- Bildverknüpfung durch Interest-Operatoren und Merkmalsdeskriptoren, häufig mit dem SIFT-Operator;
- Automatische Messung und Zuordnung von Bildmerkmalen (Verknüpfungspunkten) zur Erstellung einer dünnen Punktwolke;
- Berücksichtigung von Passpunkt- und Maßstabsinformationen durch manuelle oder halbautomatische Bildpunktmessungen;
- Robuste Vororientierung und anschließende Bündelblockausgleichung;
- Weiterverarbeitung zu dichten Punktwolken, z.B. mit semi-globalem Matching;
- Filterung und Segmentierung der Punkte;
- Dreiecksvermaschung der Punktwolke zu einem Oberflächenmodell;
- Texture Mapping des Oberflächenmodells;
- Berechnung von Orthophotos und Bildmosaiken.

Structure-from-Motion	Terrestrisches Laserscanning
■ Berechnung der Punktwolke i.A. im Postprocessing	■ Punktwolke in Echtzeit
■ gute Oberflächentextur notwendig	■ unabhängig von der Oberflächentextur
■ registrierte RGB-Werte	■ RGB-Werte durch zusätzliche Kamera
■ sehr hohe Punktdichte möglich (Für jedes Pixel kann ein Tiefenwert berechnet werden.)	■ hohe Punktdichte
■ Maßstabsbestimmung benötigt Zusatzinformation	■ maßstabsgetreues Modell
■ keine Durchdringung von Vegetation möglich	■ Durchdringung von Vegetation möglich (Mehrfachechos, full-waveform analysis)
■ ...	■ ....

### Auswahl:

- Garcia, J.L., Van Genechten, B., Heine, E., Quintero, M.S., 2008: Theory and practice on terrestrial laser scanning. Training material based on practical applications. Universidad Politécnica de Valencia, Editorial UPV, Ref. 2008.2201, 261 p.
- Gottwald, R., Heister, H., Staiger, R., 2009: Zur Prüfung und Kalibrierung von terrestrischen Laserscannern – eine Standortbestimmung. Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (zfv), 2, 88-96.
- Kuhlmann, H., Holst, C., 2017: Flächenhafte Abtastung mit Laserscanning. Messtechnik, flächenhafte Modellierung und aktuelle Entwicklungen im Bereich des terrestrischen Laserscannings. In: Schwarz, W. (Hrsg.), Ingenieurgeodäsie, Springer Spektrum, 167-212.
- Kuhlmann, H., Klingbeil, L., 2017: Mobile Multisensorsysteme. In: Schwarz, W. (Hrsg.), Ingenieurgeodäsie, Springer Spektrum, 93-129.
- Lienhart, W., 2018: Schriftliche Unterlagen zur LV Geodätische Sensorik, 47 S.
- Luhmann, T., 2018: Nahbereichsphotogrammetrie, Grundlagen – Methoden – Beispiele. 4. Auflage, Wichmann Verlag, 783 S.
- Sackewitz, M. (Hrsg.), 2017: Handbuch zur industriellen Bildverarbeitung, Qualitätssicherung in der Praxis. 3. Auflage, Fraunhofer Verlag, 447 S.
- Shan, J., Toth, C.K. (Eds.), 2018: Topographic Laser Ranging and Scanning. Principles and Processing. Second Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, 637 p.
- Staiger, R., Wunderlich, T., 2007: Terrestrisches Laserscanning 2006 – Technische Möglichkeiten und Anwendungen (zfv), 2, 81-86.
- Stylianidis, E., Remondino, F., 2016: 3D Recording, Documentation and Management of Cultural Heritage. Whittles Publishing, 388 p.
- Vosselman, G., Maas, H.-G. (Eds.), 2010: Airborne and Terrestrial Laser Scanning. CRC Press, Taylor & Francis Group, 318 p.
- Wieser, A., Wunderlich, T., 2017: Tutorial „Monitoring mit Terrestrischem Laserscanning (TLS)“, Ingenieurvermessungskurs '17, 25.4.2017, TU Graz, schriftliche Unterlagen.