

(Quelle: Holst et al., 2015)

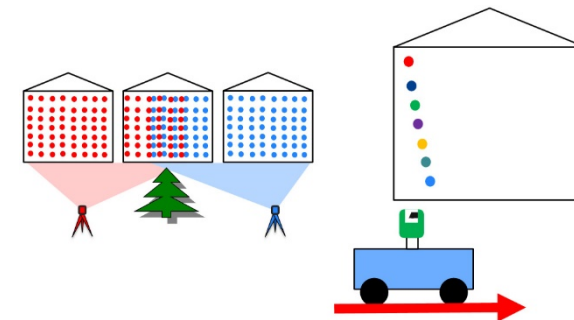


Abb. 2: Unsicherheit aus der Registrierung.

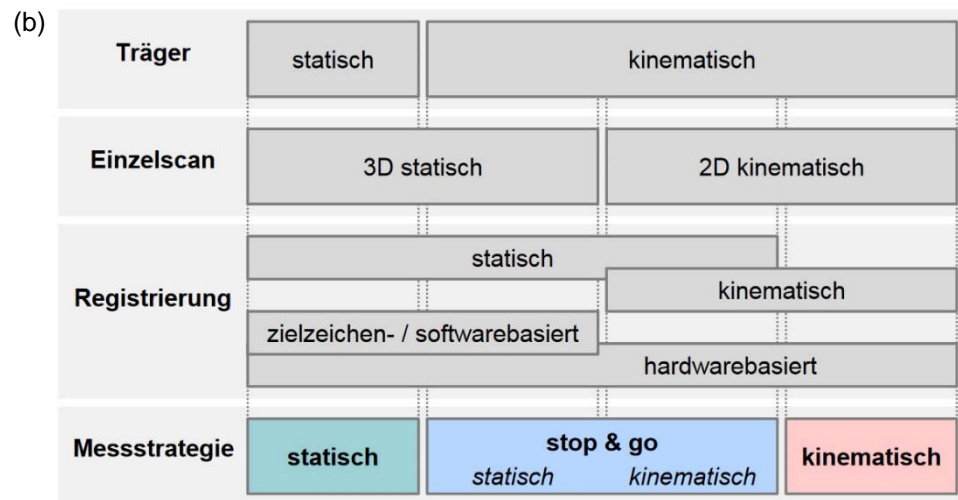


Abb. 2: Messstrategien beim Laserscanning.



### **Workflow für (statisches) TLS-basiertes Monitoring** (Quelle: Wieser & Wunderlich, 2017)

- Planung & Vorbereitung
- Messung
- Vorverarbeitung
- Analyse



# Projektdurchführung Planung & Vorbereitung (1/3)



- Ziel TLS-basierter Überwachungsmessung ist, Veränderungen der Oberfläche durch Vergleich von Punktwolken richtig zu quantifizieren.
- Realisierung muss sicherstellen, dass Unterschiede in den Punktwolken aus Veränderungen an den überwachten Objekten/Oberflächen stammen und nicht aus zufälligen oder systematischen anderen Einflüssen.
- Ausgangssituation: Zweck und Rahmenbedingungen der Überwachung
  - Art der Struktur, Szene bzw. Objekte
  - räumliche und zeitliche Ausdehnung
  - nachzuweisende Veränderungen
  - Sensitivität und tolerierbare Zeit bis zur Detektion

(Quelle: Wieser & Wunderlich, 2017)

### Standpunktwahl

(Quelle: Wieser & Wunderlich, 2017)

- Wenn grundsätzlich mit TLS machbar, kommt der Standpunktwahl zentrale Bedeutung zu:

- stabile und sichere Aufstellung
- möglichst geringe Entfernung
- möglichst vollständige oder große Überdeckung (möglichst kein Bedarf an intra-epochaler Registrierung)
- günstige Auftreffwinkel ( $< 60^\circ$ )
- geringe Unsicherheiten durch Refraktion
- keine Beeinträchtigung durch zeitvariable Verdeckungen (Vegetation, Verkehrsmittel)

- Möglichst **identische Scanner-Standpunkte** in allen Epochen:

- gleiche lokale Punktdichten in allen Epochen
- gleiche Auftreffwinkel, Entfernungen, ...  $\Rightarrow$  weitgehend gleiche Datenqualität
- gleiche Datenlücken

- Artefakte können in der Datenanalyse aufgrund unterschiedlicher Standpunktwahl entstehen: Vergleiche dazu Holst & Kuhlmann (2014) bzw. Wujanz et al. (2016).

- wegen unterschiedlicher Punktdichten
- wegen unbekannter Oberflächenform und Anpassung vereinfachter Repräsentationen (z.B. Ebene)
- zusätzlich wegen weiterer systematischer Abweichungen (Auftreffwinkel, Signalstärke, Oberflächenrauigkeit, ...)

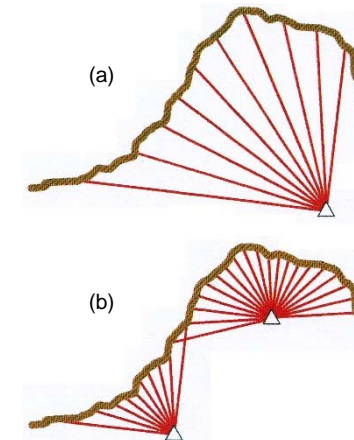


Abb. 1: Auswirkung der Standpunktauswahl auf die Punktdichte.

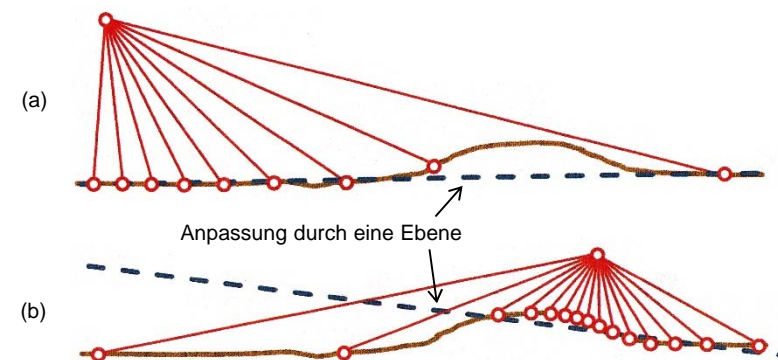


Abb. 2: Auswirkung der Standpunktauswahl auf die Punktverteilung.

### Weitere Parameter

(Quelle: Wieser & Wunderlich, 2017)

- Im Wechselspiel mit Standpunktwahl und Anforderungen an die Überwachung werden außerdem festgelegt:
  - Scanner (Type, Wellenlänge, Reichweite, ...)
  - Registrierungsmethode (intra-epochal und über die Epochen hinweg, evtl. inkl. Georeferenzierung)

künstliche Targets: i.d.R. ca. 50-100 Punkte am Target für ausreichend genaue Einrechnung  
 ⇒ nicht bei >> 100m Entfernung

Registrierung über Features in der Punktwolke (evtl. mit Unterstützung durch direkte Georeferenzierung)

  - zeitlicher Ablauf (permanente Messung, epochenweise)
  - Stabilisierung
  - Scannereinstellungen
  - Datenaufbereitungs- und Analysemethode
- Der Scanner muss für TLS stabil stehen, aber nicht unbedingt horizontalisiert sein.
  - Bezug SKS – übergeordnetes KS während der Messung fix und für jeden Scan durch 6 Parameter beschrieben
  - Horizontierung kann dennoch nützlich sein.
    - erhöht Stabilität (v.a. ohne Spezialhalterung für Neigung)
    - liefert Zusatzinformation für spätere Registrierung (z.B. 4 statt 6 Parameter)
    - Teilweise auch: Neigungsmessung und automatische Korrektur der Polarkoordinaten, sodass  $\varphi_i$  und  $\theta_i$  tatsächlich Vertikal- und Horizontalwinkel sind (→ „Kompensator“)

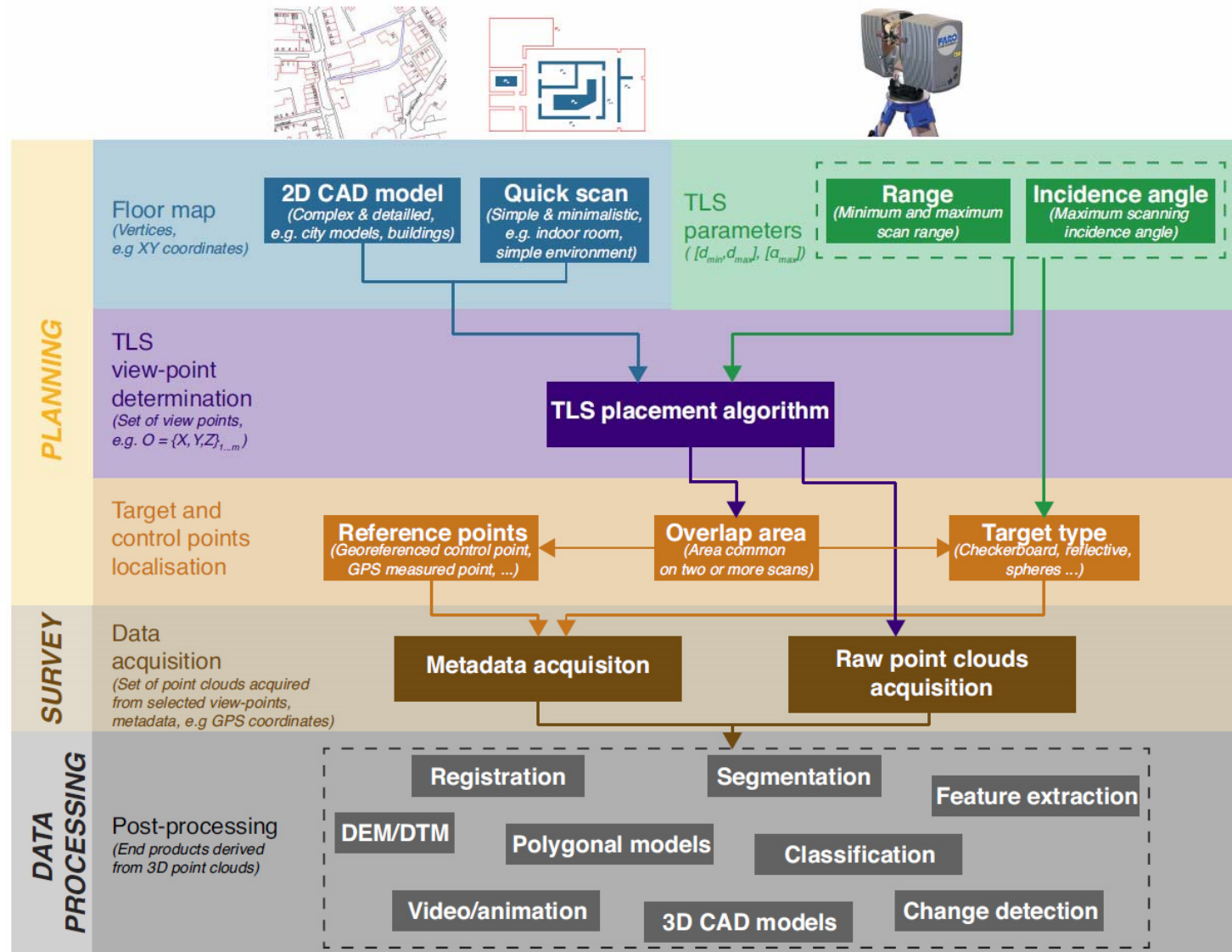
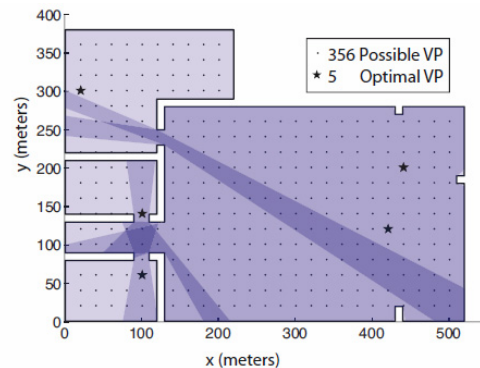
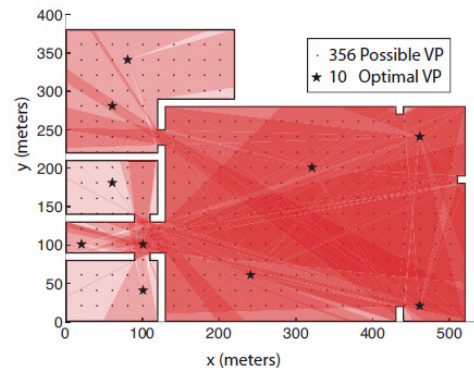


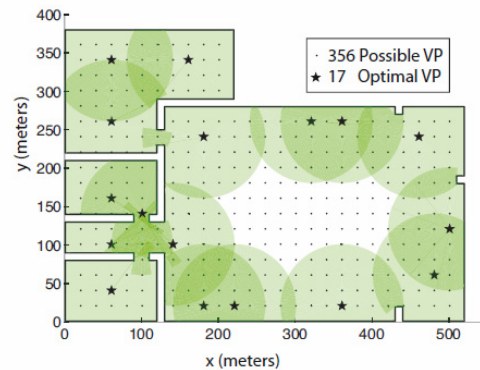
Fig. 1: TLS good practice of survey planning. (Source: Soudarissane, 2016)



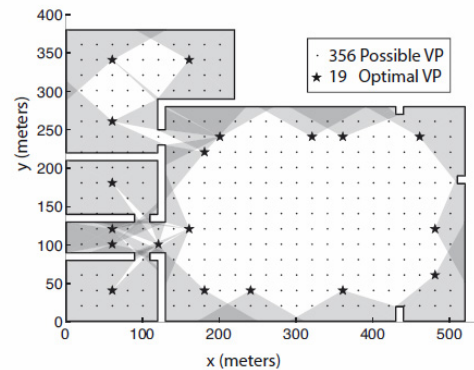
(a) At least five view-points are required to cover all the edges. The visibility polygons are represented as the blue areas.



(b) At least ten view-points are required to cover all the edges under incidence angles constraints. The visibility polygons are represented as the red areas.



(c) At least seventeen view-points are required to cover all the edges under range constraints. The visibility polygons are represented as the green areas.



(d) At least nineteen view-points are required to cover all the edges under range and incidence angles constraints. The visibility polygons are represented as the gray areas.

Fig. 2: Visibility coverage of a complex room. (Source: Soudarissane, 2016)  
356 view-points are used in the scene, depicted as black dots. Possible locations of the scanner that fulfil the visibility constraints are depicted as stars, with their visibility coverage area. The darker the visibility area, the more view-points coverage.





Auswahl:

- Holst, C., Kuhlmann, H., 2014: Impact of spatial point distributions at laser scanning on the approximation of deformed surfaces. Ingenieurvermessung 2014 – Beiträge zum 17. Internationalen Ingenieurvermessungskurs Zürich, Wichmann Verlag, 269-281.
- Holst, C., Kuhlmann, H., Paffenholz, J.-A., Neumann, I., 2015: TLS im statischen, stop & go sowie kinematischen Einsatz. Terrestrisches Laserscanning 2015 (TLS 2015), DVW-Schriftenreihe, Band 81, Wißner Verlag, 9-26.
- Soudarissanane, S.S., Lindenbergh, R., Menenti, M., Teunissen, P., 2011: Scanning geometry: Influencing factor on the quality of terrestrial laser scanning points. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 66, 389-399.
- Soudarissanane, S.S., 2016: The geometry of terrestrial laser scanning – Identification of errors, modeling and mitigation of scanning geometry. PhD thesis, TU Delft, 131 p.
- Wieser, A., Wunderlich, T., 2017: Tutorial „Monitoring mit Terrestrischem Laserscanning (TLS)“, Ingenieurvermessungskurs '17, 25.4.2017, TU Graz, schriftliche Unterlagen.
- Wujanz, D., Holst, C., Kuhlmann, H., Neitzel, F., 2016: Standpunktplanung beim terrestrischen Laserscanning. Terrestrisches Laserscanning 2016 (TLS 2016), Schriftenreihe des DVW, Band 85, Wißner-Verlag, 9-21.