

Feldprüfverfahren für terrestrische Laserscanner

Prof. Dr.-Ing. Wolfried Wehmann

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH),
Fakultät Geoinformation

- 1. Zielstellung für Feldverfahren zur Prüfung terrestrischer Laserscanner**
- 2. Untersuchungen zur Prüfung terrestrischer Laserscanner mit einfachen Feldverfahren**
 - 2.1 Das Zweidistanzverfahren CDP nach Gottwald und Tüxsen**
 - 2.2 Das Dreiecksverfahren TP nach Gottwald und Tüxsen**
 - 2.3 Das T-Verfahren von Wehmann**
- 3. Zusammenfassung und offene Probleme**

1. Zielstellung für Feldverfahren zur Prüfungen terrestrischer Laserscanner

Definition Prüfen gemäß DIN 1319 – Grundlagen der Messtechnik, Teil 1: Grundbegriffe (von 1995)

- **Prüfen** heißt festzustellen, inwieweit das Prüfobjekt (in diesem Fall der Laserscanner) eine Forderung erfüllt.
- Die Prüfung von Laserscannern per Feldverfahren dient lediglich dem Entscheidungszweck, ob das untersuchte Gerät für weitere Messaufgaben einsetzbar ist oder nicht.
- Es werden bei dieser Prüfung somit quantitative Prüfergebnisse in ein qualitatives Prüfergebnis umgewandelt.
- Das Ergebnis der Feldprüfung lautet deshalb:
Alles im grünen Bereich oder im roten Bereich

Prüfergebnis:



- Der geprüfte Scanner erfüllt die vorgegebenen Spezifikationen des Herstellers und garantiert eine korrekte Arbeitsweise
- Wesentliche Prüfgröße ist dabei die **Scange-
nauigkeit**, die die Genauigkeitsparameter des Herstellers einhält.
- Eventuell ist auch die Reichweite des Scanners unter typischen Verhältnissen noch zusätzlich zu prüfen

Schlussfolgerung:

- **Der Nutzer erhält die Gewissheit, dass er mit seinem Instrument weiter arbeiten kann**

oder



- Das Prüfergebnis **erfüllt nicht** die Genauigkeitsparameter des Herstellers, so dass die korrekte Arbeitsweise des Scanners nicht mehr garantiert werden kann.

Schlussfolgerung:

**Der Scanner muss umgehend zur Justierung bzw. Reparatur an den Hersteller bzw. an eine Service-
werkstatt des Herstellers
eingeschickt werden.**

2. Untersuchungen zur Prüfung terrestrischer Laserscanner mit einfachen Feldverfahren

Bedingung:

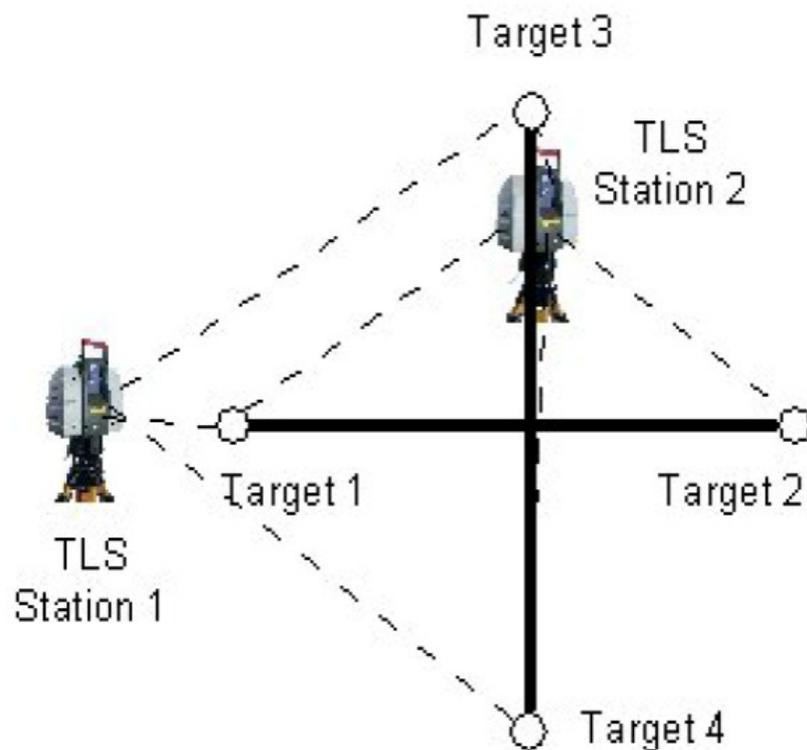
- **Die Prüfung ist so einfach, dass sie vom Anwender selbst auszuführen ist und innerhalb von 2 bis 3 Stunden ein eindeutiges Prüfergebnis erbringt.**
- Zurzeit gibt es für terrestrische Laserscanner noch keine standardisierten Prüfverfahren als sogenannte „Simplified test procedures gemäß ISO“.
- Zur Genauigkeitsprüfung existieren im deutschsprachigen Raum mehrere Verfahren, von denen drei mit unterschiedlichen Scannern an der HTW Dresden untersucht wurden.

2. Untersuchungen zur TLS-Prüfung mit einfachen Feldverfahren

- Zwei Verfahren basieren auf einem Vorschlag von **Gottwald** (FH Nordwestschweiz) und **Tüxsen** (Leica) und wurden 2007 in Muttenz in einer Diplomarbeit erfolgreich getestet.
- Ein drittes Verfahren wurde vom **Autor Wehmann** selbst entwickelt.
- Alle Verfahren erfordern keine bekannten Sollstrecken oder Festpunkte.
- Sind die verwendeten Prüfstrecken jedoch mit hoher Genauigkeit bekannt oder werden zwangszentrisch mit einem Tachymeter im Prüfprozess mitbestimmt, vereinfacht sich der Messungsumfang und gestattet noch objektivere Aussagen.
- Die Prüfverfahren vermitteln bei negativem Ergebnis nur in begrenztem Rahmen Informationen über die vermutlichen Fehlereinflüsse.
- Erkannt werden können nur entfernungsunabhängige Strecken-, horizontale Richtungs- sowie Zenitwinkelungenauigkeiten, während entfernungsabhängige Streckenfehler nicht aufdeckbar sind.

2. Untersuchungen zur TLS-Prüfung mit einfachen Feldverfahren

2.1 Das Zweidistanzverfahren CDP nach Gottwald und Tüxsen (Crossed Double Distance Procedure)

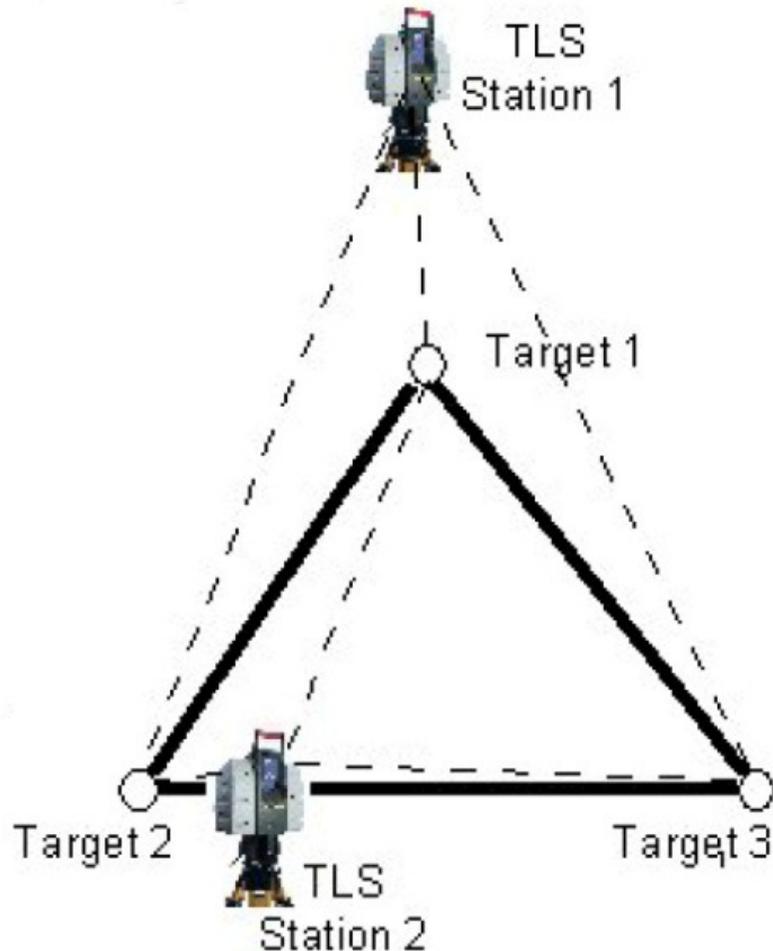


- Zwei annähernd rechtwinklig zueinander liegende Prüfstrecken, wobei sich Zielmarke 2 oder 4 signifikant in einer anderen Höhe als die drei anderen Targets befinden sollte
- Scannen aller 4 Targets einmal von Station 1 und einmal von Station 2
- Berechnung der Strecken 1 – 2 und 3 – 4 aus den Bestimmungen von Standpunkt 1 und 2
- Vergleich der Streckenergebnisse von beiden Standpunkten mit der zulässigen Differenz (aus Herstellerangaben)
- **-> Gerät einsetzbar oder nicht**

Ergebnisse von Erprobungen des CDP-Verfahrens an der HTWD

- Untersuchungen mit einem HDS 6000 von *Leica* bewiesen die Korrektheit des Prüfverfahrens, wobei als Targets die vom Hersteller empfohlenen Zielmarken verwendet wurden. Dabei wurden mehrfach nahezu identische maximale Abweichungen der bestimmten Längen der beiden Prüfstrecken von 5 bis 6 mm aus den Messungen von beiden Stationen erhalten. Aus den Herstellerangaben sind erreichbare Streckengenauigkeiten von ca. 6 mm ableitbar.
- Untersuchungen mit einem Photon 120 von *FARO* vor 14 Tagen erbrachten bei 36 m Streckenlänge Abweichungen der Strecke 1 von ≤ 2 mm und bei Strecke 2 von 5 bzw. 7 mm. Die Abweichungen der Streckenlängen zu den bekannten Sollstrecken betrugen 3 bis 11 mm (die erreichbare Streckengenauigkeit laut Hersteller beträgt etwa 5 mm).
- Bei Prüfungen eines LMS-Z420i von *Riegl* traten Abweichungen in den beiden Prüfstreckenlängen von bis 12 mm auf, die $> 2\sigma_s$ laut Herstellerangaben sind. Das stand im Widerspruch zu allen übrigen Untersuchungsergebnissen in den Prüffeldern der HTW Dresden. Als Ursache wurde eine Überlagerung mit Neigungsfehlern der Scannerachse gefunden, da keine exakte Horizontierung des Scanners durch die Diplomanden erfolgte.

2.2 Das Dreiecksverfahren TP nach Gottwald und Tüxsen (Triangle Procedure)



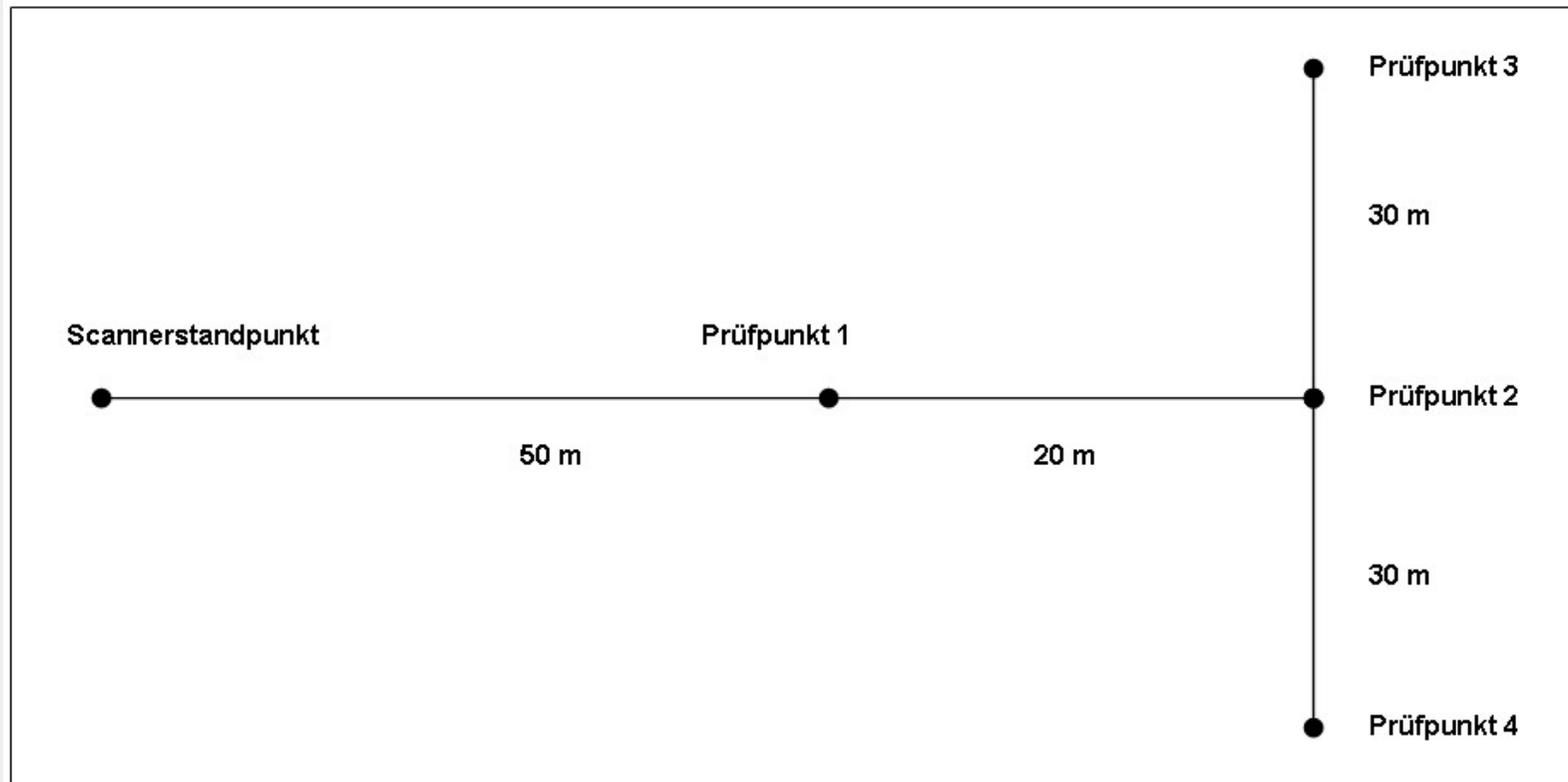
- 3 Targets bilden ein etwa gleichseitiges Dreieck, wobei sich ein Eckpunkt in einer signifikant anderen Höhe als die übrigen beiden befinden sollte
- Scannen aller 3 Targets einmal von Station 1 (senkrecht zu Strecke 2-3 in Verlängerung von 1) und einmal von Station 2 (genähert in Linie 2-3)
- Berechnung der Strecken 1-2, 1-3 und 2-3 aus beiden Bestimmungen von 1 und 2
- Vergleich der Streckenergebnisse von beiden Standpunkten mit der zulässigen Differenz (aus Herstellerangaben)
- -> Gerät einsetzbar oder nicht

Erprobungsergebnisse des Dreiecksverfahren TP an der HTWD



- Erprobung mehrmals, mit einem LMS-Z420i von *Riegl* zu den Zielmarken “Riegl Flat“ bei Streckenlängen von 20 – 26 m
- Es ergaben sich maximale Streckenabweichungen in den Prüfstrecken 1-2 und 1-3 von 8 mm aus den Messungen von beiden Instrumentenstandpunkten, während bei Strecke 2-3 alle Abweichungen < 5 mm waren
- Dabei konnte keine Überprüfung auf den Einfluss von Vertikalwinkel Fehlern erfolgen, da die Höhenunterschiede zwischen den drei Targets < 25 cm waren.

2.3 Das T-Verfahren nach Wehmann



- **Bestimmung der 4 Prüfpunkte vom Scannerstandpunkt und daraus Ableitung der Strecken S-1, 1-2, 2-3 und 3-4, wobei sich Target 3 oder 4 in einer signifikant anderen Höhe befindet**
- **Ideal, wenn Sollstrecken vorliegen bzw. diese tachymetrisch bestimmt werden**
- **Sonst zusätzlich Bestimmung der Prüfpunkte 2 bis 4 und von Standpunkt 1 von Prüfpunkt 1 aus; Berechnung der Strecken S-1,1-2, S-2 sowie 2-3 und 2-4 aus beiden Bestimmungen von 1 und 2**

Erprobungsergebnisse des T-Verfahren an der HTWD



- Vergleich der Streckenergebnisse von beiden Standpunkten sowie von S-2 mit (S-1 + 1-2) und Prüfung der zulässigen Differenzen (aus Herstellerangaben)
- -> Gerät einsetzbar oder nicht
- Erprobung mit ScanStation2 im Freien zu HDS-Zielmarken - es traten maximale Abweichungen von 2 mm zu den bekannten Sollstrecken auf
- Erprobung mit LMS-Z420i in LGS-Halle zu Zielmarken „Riegl Flat“ - es traten maximale Abweichungen zu den bekannten Sollstrecken von 5 mm auf

3. Zusammenfassung und offene Probleme

- **Alle drei in Abschnitt 2 untersuchten Feldverfahren zur einfachen Überprüfung der korrekten Arbeitsweise terrestrischer Laserscanner sind geeignet und können bei einem Arbeitsaufwand von zwei bis drei Stunden nachweisen, ob die Genauigkeitsparameter des Herstellers eingehalten werden.**
- **Für die Feldprüfungen sollten Streckenlängen gewählt werden, die denen der nachfolgenden Aufgaben entsprechen.**
- **Es sollten die vom Hersteller bevorzugten Targets verwendet werden.**
- **Die zulässigen Streckendifferenzen sollten kleiner der doppelten zu erwartenden Streckenmessgenauigkeit laut Herstellerangaben sein.**
- **Das setzt voraus, dass alle Hersteller die dafür geeigneten Genauigkeitsangaben für ihre Scanner veröffentlichen**
- **Für Scanner, die keine genaue Horizontiermöglichkeiten besitzen, sind diese Verfahren nur bedingt anwendbar.**