
Präziser Soll-Ist-Abgleich von Einzelpunkten und Flächen im Feld – die neue Applikation „Flächenanalyse“ von Leica Captivate

Hannes MAAR

Leica Geosystems AG, CH - Heerbrugg · Hannes.Maar@leica-geosystems.com

Zusammenfassung

Aufnahme und Absteckung zählen seit jeher zu den Hauptaufgaben eines Vermessungsingenieurs und dienen dazu, reale Gegebenheit koordinativ zu erfassen und umgekehrt Planungs- bzw. Entwurfsdaten in der Realität zu vermarken. Ein daraus entstehende Zyklus von Daten-Akquirieren im Feld, Prozessierung im Büro und späterer Wiedereinmessung führt zu steigendem Aufwand, wenn sowohl Entwurfs- als auch Messdaten gemeinsam und möglichst zeitnah analysiert werden sollen.

Die neue Applikation „Flächenanalyse“ der Feld-Software Leica Captivate ermöglicht die Vergleiche derartiger Daten in vielfältiger Form direkt vor Ort. Differenzen zu gewünschten Soll-Flächen wie z. B. der Höhe eines zu betonierenden Bodens, zeitliche Deformationen oder Profil-Abweichungen in Bezug auf eine Tunnelachse können unmittelbar am Instrument berechnet werden, unabhängig davon ob eine Total Station oder MultiStation im Einsatz ist. Neben dem Soll-Abgleich sind auch Ist-Ist-Vergleiche verschiedener Bauphasen möglich, um beispielsweise Materialdicken im Feld zu überprüfen. Folglich werden sowohl diskrete Differenz-Werte als auch eine farbliche Visualisierung in Form eines 3-dimensionalen Gesamtbildes ausgegeben. Mit dessen Hilfe kann man auffällige Bereiche, die außerhalb der gegebenen Toleranzen liegen, unmittelbar erkennbar machen und entsprechend reagieren.

Der Einsatz der Applikation erlaubt dem Anwender größere Flexibilität und Effizienz, da sich die Datenauswertung und -interpretation nicht vollständig auf Büroarbeit beschränkt, sondern teilweise ins Feld vorgelagert werden kann und somit auch Entscheidungsfindungen vor Ort beschleunigt bzw. unmittelbar ermöglicht werden.

1 Einführung zur Flächenanalyse im Feld

1.1 Grundverständnis und erste Schritte

Die Applikation „Flächenanalyse“ läuft innerhalb der Feld-Software Leica Captivate, welche seit Sommer 2015 gemeinsam mit der neuesten Generation an Total Stationen angeboten wird. D. h. die Bedienung kann direkt am Instrument (TS16, TS60, MS60) oder aber am Feld-Controller (CS20, CS35) erfolgen. Wird ein CS20 oder CS35 verwendet, so können entsprechend Messdaten jeder mit dem Controller kompatiblen Total Station herangezogen werden.

Die Applikation basiert grundsätzlich auf einer Vergleichsanalyse zweier Datensätze:

- einer Referenzfläche
- einer Vergleichsfläche

Ergebnis dieser Flächenanalyse ist ein Soll-Ist- bzw. ein Ist-Ist-Vergleich in Form von orthogonalen Differenzen zur Referenzfläche. Einerseits sind diese Differenzen als diskrete geometrische Werte repräsentiert, andererseits ermöglicht die gleichzeitige 3D-Ansicht eine Visualisierung in Form einer vorab definierten Farbskalierung entsprechend farblich zugewiesener Wertebereiche (vgl. Abbildung 1).

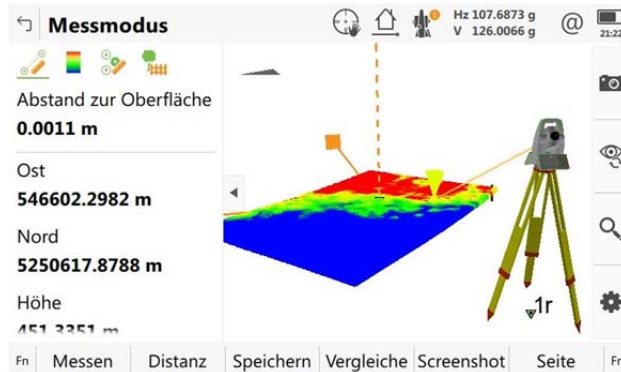


Abb. 1: Darstellung eines Soll-Ist-Vergleichs, sowohl numerisch als auch graphisch

Der erste Schritt beschreibt die Definition der Referenzfläche. Diese kann sowohl aus Einzelpunkten, Scans der MultiStation, Punktwolken weiterer Formate oder bestehenden Entwurfsdaten gebildet werden. Entsprechend sind die Möglichkeiten nach Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Definition der Referenzfläche (Fortsetzung auf nächster Seite)

Auswahlmöglichkeit	Beschreibung
Scannen einer neuen Oberfläche	Bei Verwendung einer MultiStation kann eine Referenzfläche direkt gescannt werden
Nutzung vorhandener Scans	Enthält der verwendete Job bereits Scandaten der MultiStation, können diese herangezogen werden (unabhängig ob auf MultiStation, Total Station oder Feld-Controller gearbeitet wird).
Nutzung vorhandener Punkte	Durch Selektierung mindestens dreier gespeicherter Punkte kann die Referenzfläche beliebig im Raum liegen.
Nutzung einer vordefinierten Ebene oder eines Festkörpers	Durch Selektierung von im Job gegebenen Einzelpunkten können folgende vordefinierte Flächen erzeugt werden: <ul style="list-style-type: none"> - horizontale Ebene (mittels 1 Punkt) - vertikale Ebene (mittels 2 Punkte) - beliebige Ebene (mittels 3 Punkte) - Zylinder (mittels 2 Punkte und 1 Radius) - Konus (mittels 2 Punkte und 2 Radien)

Auswahlmöglichkeit	Beschreibung
Nutzung einer Punktwolke oder .dxf-Datei	Kompatibilität mit dxf, pts und ascii Formaten ermöglicht die Verwendung von Laserscanner- bzw. CAD-Punktwolken.
Von Straßen- oder Tunnel-entwurfsdaten	Gegebene Entwurfsdaten wie Straßentrassierung oder Tunnelachsen können als Referenzflächen definiert werden.

Als nächstes folgt die Auswahl der Vergleichsdaten, wozu sowohl Einzelpunkte als auch Scans der MultiStation herangezogen werden können (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Definition der Vergleichsfläche

Auswahlmöglichkeit	Beschreibung
Neue Oberfläche scannen	Bei Verwendung einer MultiStation kann der Vergleichsbereich direkt gewählt und gescannt werden
Vorhandene(n) Scan(s) verwenden	Enthält der verwendete Job bereits Scandaten der MultiStation, können diese herangezogen werden (unabhängig ob auf MultiStation, Total Station oder Feld-Controller gearbeitet wird).
Punkte aus Job wählen	Die Differenzanalyse bezieht sich auf bereits gegebene Einzelpunkte
Neue Punkte messen	Die Differenzanalyse bezieht sich auf die folgenden Punktmessungen

Vor der Flächenanalyse kann eine Farbskala mit jeweiligen Grenzen zum Zweck der besseren 3D-Visualisierung definiert werden. Dadurch werden Abweichungen zur Referenzfläche nicht nur diskret als Werte ausgegeben, sondern auch graphisch in Form von farblichen Abstufungen abhängig vom Ausmaß der Abweichung. Die verwendeten Farbskalen können den jeweiligen Bedürfnissen angepasst, exportiert und zum späteren Gebrauch wieder importiert werden.

Eine anschließende Dreiecksvermaschung generiert aus den laut Tabelle 1 definierten diskreten Punkt-Quellen eine eigentliche Referenzfläche. Erst mit Hilfe dieser Fläche können Normalabstände zu den Ist-Daten gerechnet werden. Wird als Ist-Datensatz ebenfalls eine Punktwolke gewählt, wird auch diese entsprechend zu einer Fläche vermascht um daraus Orthogonalabstände rechnen und visualisieren zu können.

1.2 Visualisierung und Export

Die schlussendliche Visualisierung der Flächenanalyse erfolgt einerseits durch diskrete Koordinatenangaben in Form von Orthogonalabständen zur Referenzfläche, gemessenen Ist-Koordinaten und auf die Referenzfläche projizierte Koordinaten. Andererseits zeigt die 3D-Ansicht die Gegebenheiten in graphischer Form, farblich entsprechend der definierten Grenzen skaliert.

Die so gewonnenen Daten sind direkt im Feld erfasst und können daher unmittelbar interpretiert werden, um das Ausmaß und die Lage von Soll-Ist-Differenzen aufzuzeigen und wenn nötig entsprechend exakt zu markieren.

Unabhängig davon, ob als Vergleichsdaten vorhandene Scans oder Einzelpunkte gewählt wurden, besteht nach wie vor die Möglichkeit in den Messmodus zu gelangen und zusätz-

lich Einzelpunktmessungen durchzuführen und mit der gegebenen Referenzfläche zu vergleichen.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, einfache Screenshots zum Zwecke der Dokumentation und Statistikberichte mit Hilfe von vordefinierten Stylesheets zu erstellen. Diese Berichte enthalten übersichtliche Informationen zur gesamten Flächenanalyse, statische Daten wie Histogramme und zuvor erstellte Screenshots einzelner Bereiche. Zur späteren Verwendung kann die generierte Referenzfläche in Form einer dxf-Datei exportiert werden.

1.3 Unterstützte Stationierungsmethoden

Die Applikation „Flächenanalyse“ ist mit allen verfügbaren Stationierungsmethoden von Leica Captivate kompatibel und unterstützt daher auch die seit Captivate v2.00 verfügbare Stationierungsmethode „Orientierung zum Objekt“. Diese neue Methode erlaubt eine Stationierung in Umgebungen, in denen die Z-Achse nicht parallel zur Lotachse des Instruments ist. Dadurch ist es möglich, Aufmaße und Flächenanalysen eines Objekts (z. B. eines Betonblocks oder einer bewegten Plattform, vgl. Abbildung 2) zu betreiben, dessen Koordinatensystem nicht parallel zum Horizont ist.

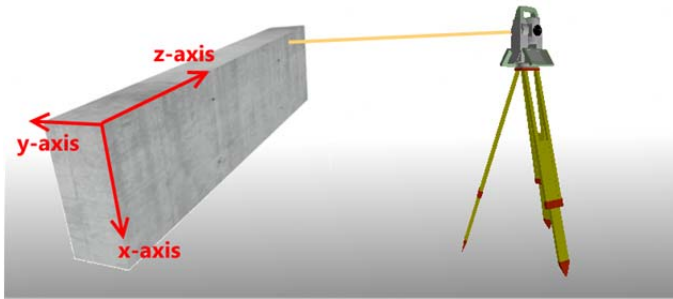


Abb. 2: Definition des gewünschten, lokalen Koordinatensystems mittels Stationierungsmethode „Orientierung zum Objekt“

2 Mögliche Anwendungsbereiche

Folgende Unterkapitel zeigen das Nutzungspotential und eine Auswahl an möglichen, praktischen Anwendungen.

2.1 Ebenenprüfung von Bodenbelägen

Um die Ebenheit eines neu betonierten Bodens direkt vor Ort zu überprüfen, kann man sich zweier Datensätze bedienen. Ein einzelner, gegebener Entwurfspunkt reicht aus, um eine horizontale Referenzfläche mit entsprechender Soll-Höhe zu definieren. Als Vergleichsfläche kann entweder ein Scan des Bodens mit Hilfe der MultiStation oder diskrete Einzelpunktmessungen dienen. Im Fall eines flächenhaften Scans indiziert die Farbkodierung ein Gesamtbild der Unterschiede zwischen Ist- und Soll-Höhe. Auffällige Bereiche können

direkt in der 3D-Ansicht gepickt, automatisch mit dem Laser Pointer anvisiert und der verantwortlichen Fachkraft mit der entsprechenden Höhendifferenz bekannt gegeben werden, um unmittelbar Ausbesserungen bzw. Markierungen vornehmen zu können (vgl. Abbildung 1).

2.2 Vertikale Ausrichtung von Wänden

Ähnlich wie in Beispiel 2.1 können auch Rückschlüsse in Bezug auf Gleichmäßigkeit und Ausrichtung von vertikalen Ebenen, wie Hausmauern oder Wänden, gezogen werden. Auch ohne die Scanning-Funktionalität der MultiStation, können Einzelpunktmessungen einer Totalstation sowohl zur Definition der Referenz- als auch der Vergleichsfläche verwendet werden. Die vertikale Referenzfläche kann durch die Auswahl zweier Entwurfspunkte definiert werden. Die Vergleichsdaten können beispielsweise aus rasterförmig gemessenen Einzelpunkten genommen werden, wie sie die Applikation „Bezugsebene & GridScan“ ausgibt. Im Fall von Einzelpunkten wird die Farbskalierung dazu verwendet den visualisierten Differenz-Vektor zur Referenzfläche entsprechend seines Betrags einzufärben.

2.3 Präziser Abgleich von Rohrleitungen oder Silos

Zylindrische Objekte, wie Rohrleitungen oder Silos, können ebenfalls analysiert werden, wie es beispielsweise bei Industrieanlagen häufig erforderlich sein kann. Die zylindrische Referenzfläche wird durch 2 koordinativ bekannte Entwurfspunkte, welche die Soll-Achse bestimmen, und einem Soll-Radius definiert. Die Festlegung der Vergleichsfläche erfolgt entweder durch Einzelpunkte oder Scans (vgl. Abbildung 3).

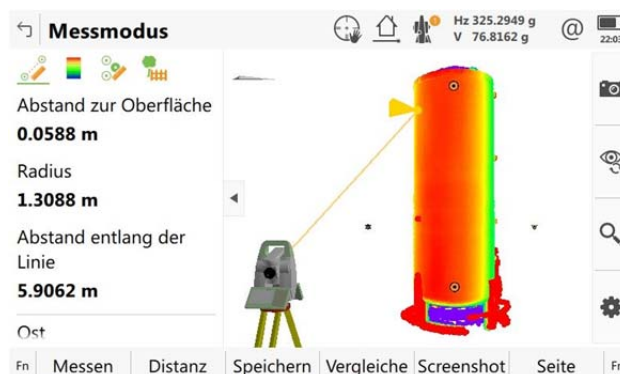


Abb. 3: Scans einer MultiStation wurden verwendet um die Ausrichtung eines Silos direkt im Feld zu bestimmen

2.4 Deformationsanalyse im Feld

Anders als in den Beispielen 2.1 – 2.3, in denen Festkörper (Ebenen bzw. Zylinder) als Referenzflächen definiert wurden, können auch Messdaten anderer zeitlicher Epochen als Referenzfläche herangezogen werden. Dadurch ist es möglich, Deformationsmessungen durchzuführen und auffällige Bereiche direkt im Feld zu detektieren. Laserscanner-Daten

ältereren Epochen können im PTS-Format in die Feld-Applikation importiert werden und als Referenzfläche dienen, und in Folge mit aktuellen Einzelpunktmessungen bzw. Scans der MultiStation verglichen werden.

2.5 Abgleich von Straßentrassierung oder Tunnelachsen

Bestehende Entwurfsdaten einer Straßentrassierung bzw. einer vorgegebenen Tunnelachse können direkt als Referenzfläche gewählt und daraus Soll-Ist-Differenzen zu real gemessenen Einzelpunkten bzw. Scans der Multistation abgeleitet und visualisiert werden (vgl. Abbildung 4). Ebenso kann ein Ist-Ist-Vergleich zwischen 2 Bauphasen erfolgen, um z. B. die Materialdicke direkt vor Ort zu überprüfen.

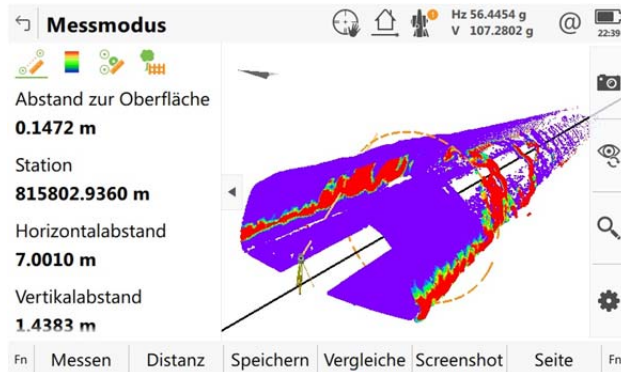


Abb. 4: Soll-Ist-Differenzen in Abhängigkeit einer vorgegebenen Tunnelachse

3 Schlussfolgerung

Die Verwendung der vorgestellten Applikation ermöglicht es dem Nutzer, Flächenanalysen unterschiedlicher Datensätze direkt am Instrument im Feld vorzunehmen. Dabei ist die Scanning-Funktionalität der MS60 zwar von großem Vorteil, da in kurzer Zeit flächenhaft Vergleichsdaten aufgenommen werden können, stellt jedoch keine zentrale Anforderung an den Gebrauch der Applikation dar. Die Anwendungsbeispiele reichen von einfachen Ebenheitsüberprüfungen bis hin zu Deformationsanalysen und Tunnelanwendungen und haben gezeigt, dass ebenso Total Stationen wie die TS16 oder TS60 zur Differenzanalyse von erhöhtem Nutzen sind. Es wurde außerdem gezeigt, dass Leica Captivate seit v2.00 die neue Stationierungsmethode „Orientierung zum Objekt“ unterstützt, wodurch es in weiterer Folge auch möglich ist, Flächenanalysen in Koordinatensystemen zu erstellen, die nicht zwingend parallel zum Horizont gegeben sein müssen. Die genannten Funktionalitäten und Anwendungen unterstützen daher den Anwender, seine täglichen Herausforderungen im Feld effizient und mittels eines intuitiven Ablaufs zu meistern.

Literatur

LEICA GEOSYSTEMS AG (2015): Leica Captivate v1.30 - Software Release Note. <https://myworld.leica-geosystems.com/irj/portal> (15.11.2016).

LEICA GEOSYSTEMS AG (2016): Leica Captivate v2.00 - Software Release Note. <https://myworld.leica-geosystems.com/irj/portal> (15.11.2016).

LEICA GEOSYSTEMS AG (2015): Leica Geosystems Blog. <http://blog.leica-geosystems.com/leica-captivate-education-series-alastair-green-explains-the-power-of-the-new-inspect-surface-app/> (15.11.2016).

LEICA GEOSYSTEMS AG (2015): Leica Geosystems YouTube Channel. <https://www.youtube.com/watch?v=IltLVfEnao0> (15.11.2016).