

Spezifikation der Eingangsdaten für den VC Panorama Konverter

Diese Spezifikation beschreibt die Anforderungen an die Eingangsdaten für ein Mobile-Mapping-System. Ziel ist es, die Daten so bereitzustellen, dass sie vom Konverter vollständig, konsistent und fehlerfrei verarbeitet werden können, einschließlich der Nutzung für Visualisierung, Messungen und weitere Analysen.

Panoramabilder

Panoramabilder liefern eine 360°-Rundumsicht der Umgebung und können gleichzeitig mit Punktwolken aufgenommen werden. Sie dienen sowohl der Visualisierung als auch optional der Analyse.

Aufnahmeformat und -modus

- Dateiformat: **JPG/JPEG** oder **PNG**
- Für jedes Panorama ist ein einzelnes Bild bereitzustellen. Cubemaps oder Einzelbilder von Würfelseiten sind nicht zulässig.
- Horizontaler Blickwinkel: **360°**
- Vertikaler Blickwinkel: **180°**
- Das Pixelverhältnis von Breite zu Höhe muss exakt 2:1 betragen.
- Der Konverter benötigt **äquirektanguläre** Bilder („Plattkarten“).

Aufnahmestandorte und Metadaten

- Die Standorte der Panoramabilder müssen in einer **CSV-Datei** dokumentiert werden.
- Die erste Zeile der CSV-Datei muss einen **Header** mit eindeutigen, nachvollziehbaren Spaltennamen enthalten.
- Die Koordinaten der Panoramabilder müssen im gleichen CRS angegeben werden wie die Punktwolke.
- Jede Zeile der CSV-Datei muss folgende Informationen enthalten:
 - **Dateiname** des Panoramabildes (eindeutige Zuordnung)
 - **Zeitstempel** (Aufnahmezeitpunkt in GPS-Sekunden)
 - **X-, Y-, Z-Koordinaten** des Aufnahmepunktes (Bildmitte)
 - **Rollwinkel** in Grad (Roll)
 - **Nickwinkel** in Grad (Pitch)

- **Gierwinkel** in Grad (Heading/Yaw)
- Winkel, die bereits im Bild korrigiert wurden, sind mit 0 anzugeben.
- Alle Koordinatenangaben müssen die Einheiten des verwendeten CRS übernehmen. Die Höhe über dem Referenzellipsoid ist stets in Metern anzugeben (siehe Höhenreferenzssystem).

Modellorientierung und Euler-Winkel der Panoramabilder

Für die Position und Orientierung der Panoramabilder sowie die korrekte Projektion der Punktwolken in die Panoramabilder gelten die folgenden verbindlichen Vorgaben:

Bezugssysteme

- **Kamerakoordinatensystem (P)**
- Y-Achse zeigt in **Fahrtrichtung nach vorne**
- Die Achsen bilden ein rechtshändiges Koordinatensystem
- **Globales UTM-System (E)**
- X-Achse zeigt nach **Osten**
- Y-Achse zeigt nach **Norden**
- Z-Achse zeigt nach **oben**
- Die Transformation beschreibt die exakte Lage und Orientierung der Panoramakamera im globalen ENU-System.

Position und Orientierung

Jede Panoramakamera wird durch die **drei Koordinaten im ENU-System** und drei Euler-Winkel beschrieben:

- **Translation:** $t_E = (Easting, Northing, Height)$
- **Rotation:** $(Roll, Pitch, Heading)$

Euler-Winkel-Konvention

- Die Rotationsmatrix von Panorama-Koordinaten in Weltkoordinaten wird in der Reihenfolge **X -> Y -> Z** gebildet:
 $R_{P \rightarrow E} = R_x(\text{Pitch}) * R_y(\text{Roll}) * R_z(-\text{Heading})$
- Vorzeichen der Winkel:
 - **Pitch (X-Achse)**: positiv
 - **Roll (Y-Achse)**: positiv
 - **Heading / Yaw (Z-Achse)**: negativ
- Winkelangaben erfolgen in **Grad**
- Diese Konvention definiert die **extrinsische Rotation** der Panoramakamera vom lokalen Kamerakoordinatensystem ins globale ENU-System.

Höhenreferenzsystem und Kamerahöhe über Grund

- Alle Höhenangaben der Punktwolken und Panoramabilder müssen im **gleichen Höhenreferenzsystem** unter Angabe des entsprechenden EPSG-Codes vorliegen. Eine automatische Transformation zwischen unterschiedlichen Höhenreferenzsystemen wird während der Berechnung nicht durchgeführt. Die Höhenangaben dienen der korrekten Lage und der präzisen Darstellung der Panoramabilder.
- Amtliche Geodaten in Deutschland werden in der Regel in **Normalhöhen (NHN) gemäß DHHN2016** ausgegeben. Um eine konsistente Nutzung und korrekte räumliche Referenzierung zu gewährleisten, sollen Punktwolken und Panoramabilder unter Verwendung einer Geoid-Transformation vor der Verarbeitung bzw. Berechnung im Konverter in dieses Höhenreferenzsystem transformiert werden. Nur so stimmen die Höhenangaben der erfassten Daten mit den Höhen der amtlichen Geodaten überein, wenn sie in einer Kartenanwendung zusammengeführt werden.
- Die **Kamera-Höhe über Grund** ist zwingend anzugeben und wird **global für den gesamten Datensatz** festgelegt. Sie dient dazu, die Aufnahmestandorte im Panoramabild korrekt zu rendern. Ein Wert von – 2.4 gibt an das die Kamera 2,4 Meter über dem Gelände auf dem Mapping-Fahrzeug angebracht wurde.
- Die Einheit der Höhenangaben ist **Meter**.

Punktwolken

Die Verarbeitung von Panoramabildern ist grundsätzlich auch ohne Punktwolke möglich. In diesem Fall beschränkt sich die Nutzung jedoch auf die reine Betrachtung der Panoramabilder. Messungen oder geometrische Analysen sind nicht möglich. Ist eine Punktwolke vorhanden, müssen die folgenden Anforderungen erfüllt werden.

Aufnahme

- Punktwolken können gleichzeitig mit Panoramabildern aufgenommen werden.
- Die Aufzeichnung muss vollständig georeferenziert erfolgen.

Dateiformat

- Akzeptierte Formate: **LAS** oder **LAZ**.

Georeferenzierung

- Das Koordinatenreferenzsystem (CRS) muss einen offiziellen EPSG-Code besitzen.
- Der EPSG-Code ist zwingend mitzuliefern.
- Das CRS der Punktwolke muss mit dem CRS der Panoramabilder übereinstimmen.
- Siehe Anmerkungen zum Höhenreferenzsystem.

Punktattribute

Jeder Punkt der Punktwolke muss mindestens folgende Attribute enthalten:

- **Koordinate:** Entsprechend dem angegebenen CRS.
- **Intensität:** Ganzzahl zwischen 0 und 65.535.
- **Zeitstempel:** Zeitpunkt der Aufnahme in GPS-Sekunden.