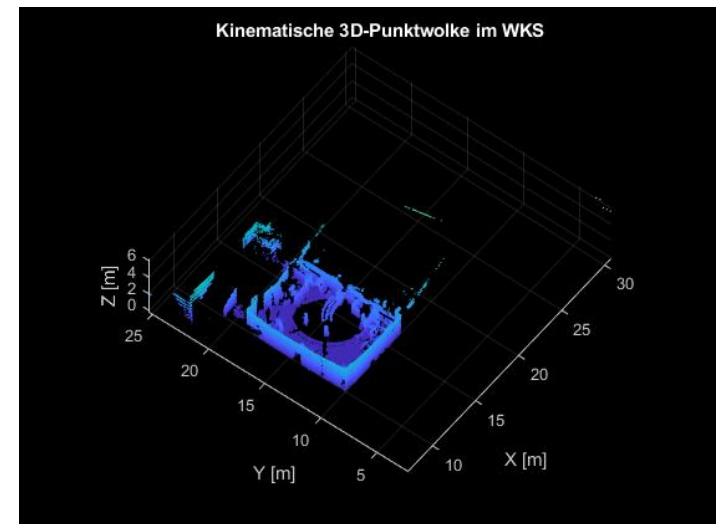
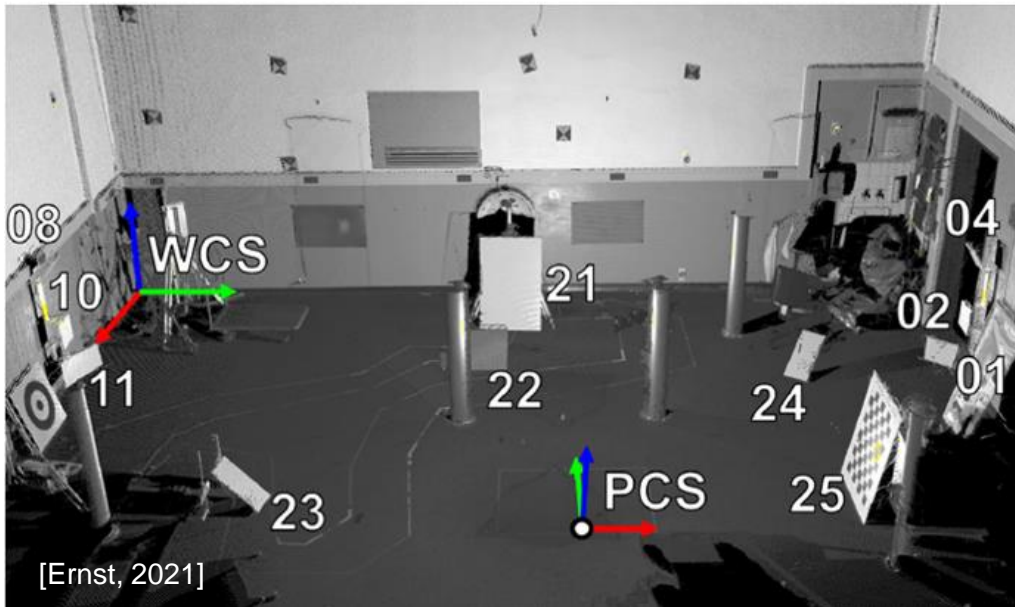
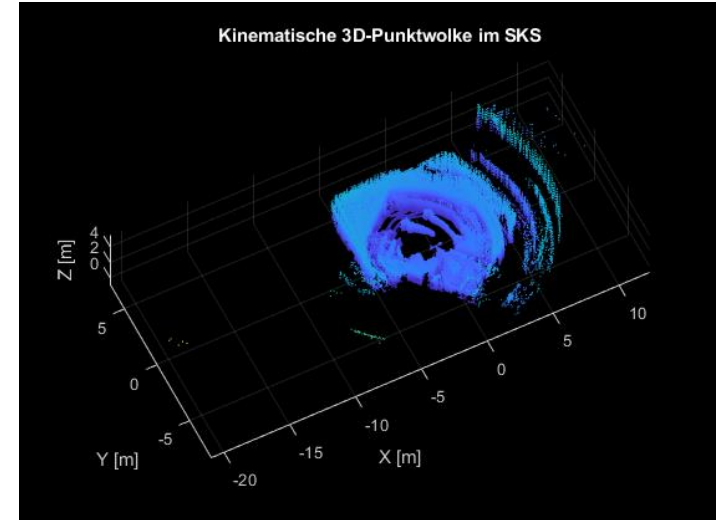
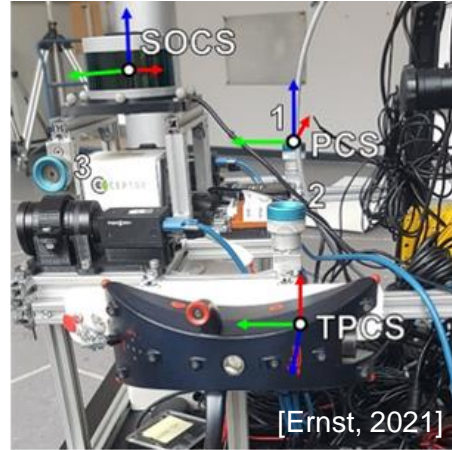
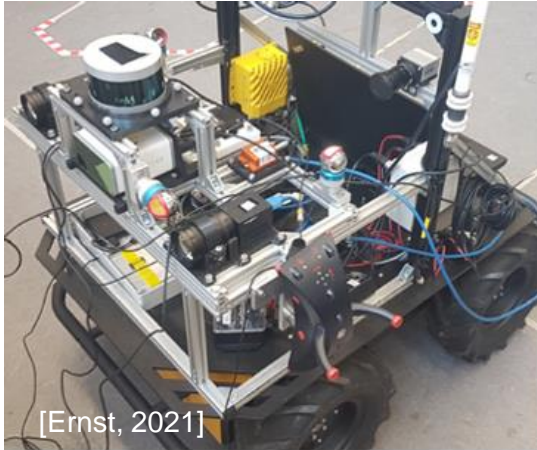


Multi-Sensor-Systeme

3. Übung: (Geo-)Referenzierung und Validierung eines k-TLS basierten MSS

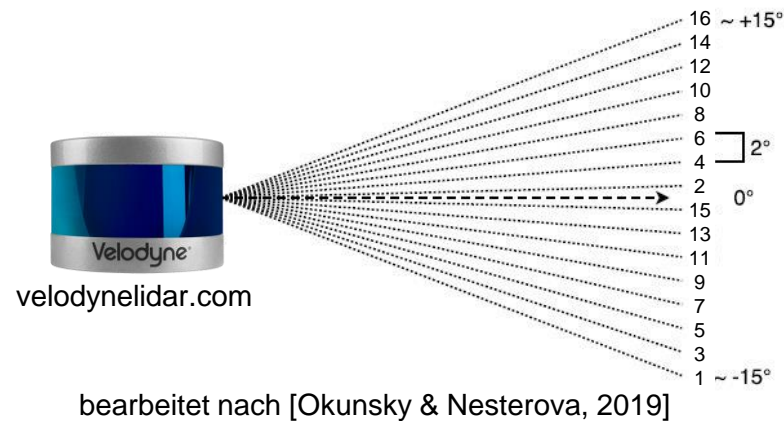
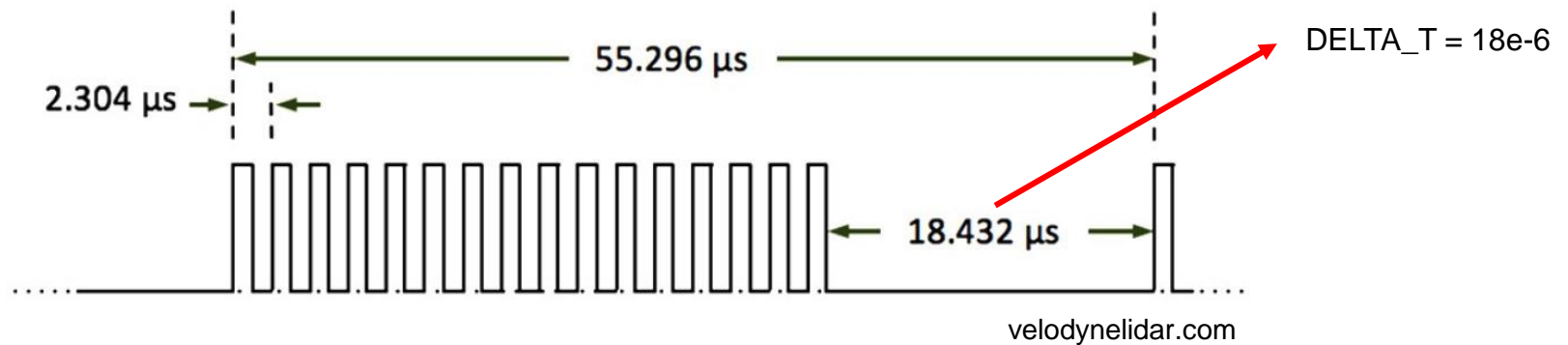
Wintersemester 2022/2023

Dr.-Ing. Sören Vogel



- Einzelne Scan-Blöcke identifizieren
- 3D-Rotationsmatrizen definieren
- Notwendige 3D-Transformationsmatrizen aufstellen und berechnen
- Individuelle Georeferenzierung jeden Scan-Blocks
- Validierung der kinematisch erfassten Punktwolke

- Einzelne Scan-Blöcke identifizieren



- 3D-Rotationsmatrizen definieren

$$\mathbf{R}_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix}, \mathbf{R}_y = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix} \text{ or } \mathbf{R}_z = \begin{bmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[Ernst, 2021]

```
function R = rotmat(axis, angle)
```

```
%INPUT
```

```
%Die Variable --> axis <-- beinhaltet einen Char mit der Angabe der Achse. Also: 'x', 'y' oder 'z'
```

```
%Die Variable --> angle <-- beinhaltet den Rotationswinkel in der Einheit Radian
```

```
%OUTPUT
```

```
%Die Variable --> R <-- beinhaltet die 3x3 Rotationsmatrix
```

```
end
```

- Notwendige 3D-Transformationsmatrizen aufstellen und berechnen (unter Anwendung der geschriebenen rotmat-Funktion)

$$R^{(y,z,x)} = R_x \cdot R_z \cdot R_y$$

% Transformation vom SKS -> PKS

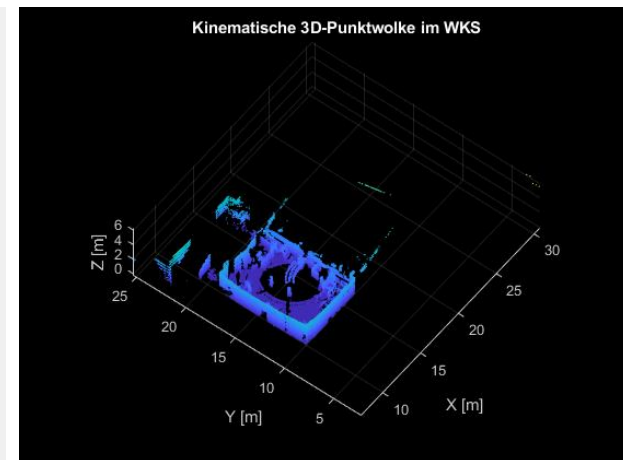
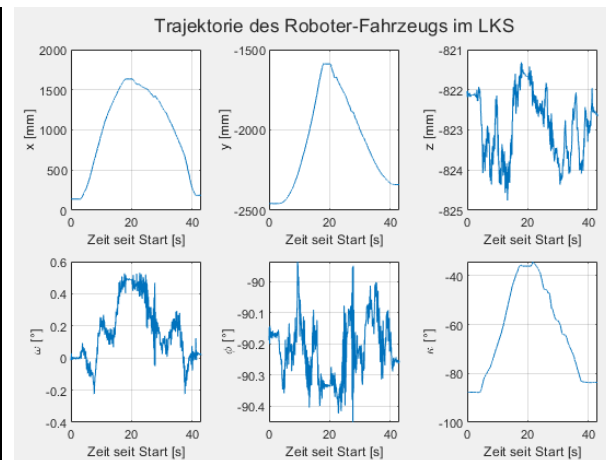
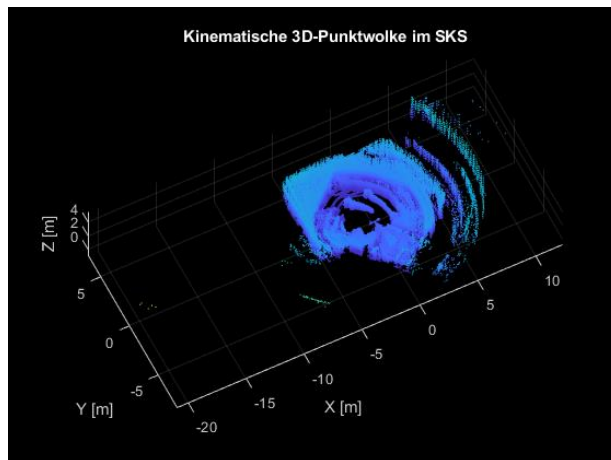
pose_PKS=[-0.2211;0.1887;0.0892;-0.025673;0.00022204;-0.00012859]; % [X[m], Y[m], Z[m], omega[rad], phi[rad], kappa[rad]]

% Transformation vom PKS -> TKS

pose_TP=[93.2665;22.9625;-468.9089;-0.0036666;1.5736;-0.023157]; % [X[mm], Y[mm], Z[mm], omega[rad], phi[rad], kappa[rad]]

■ Individuelle Georeferenzierung jeden Scan-Blocks

- Schleife über alle Scan-Blöcke aufstellen
 - Mittleren Zeitpunkt eines Scan-Blocks bestimmen
 - Identifikation des nächst kleineren und nächst größeren Zeitpunkt der verfügbaren Posen-Informationen des Lasertrackers
 - Lineare Interpolation der LT-Pose für den mittleren Zeitpunkt des Scan-Blocks
 - Aufstellen der homogenen Transformationsmatrix auf Basis der interpolierten Pose (unter Beachtung der unten angegebenen Reihenfolge der Rotationen)
 - Transformation der 3D-Koordinaten des Scan-Blocks vom T-Probe-Koordinatensystem (TKS) ins Lasertracker-Koordinatensystem (LKS) (unter Beachtung der unten angegebenen Reihenfolge der Rotationen)
 - Transformation ins Welt/Raum-Koordinatensystem aufstellen und durchführen (unter Beachtung der unten angegebenen Reihenfolge der Rotationen)

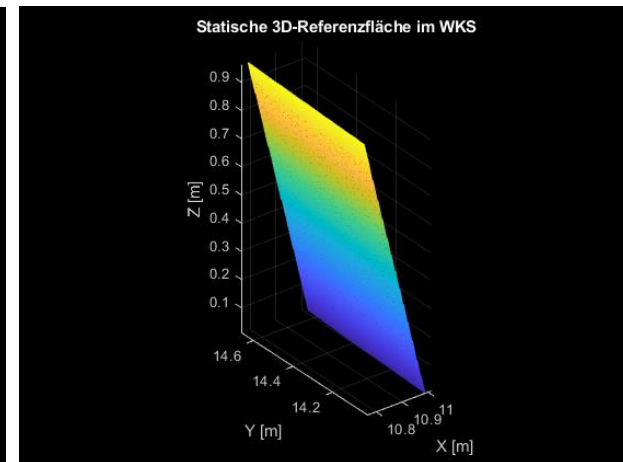
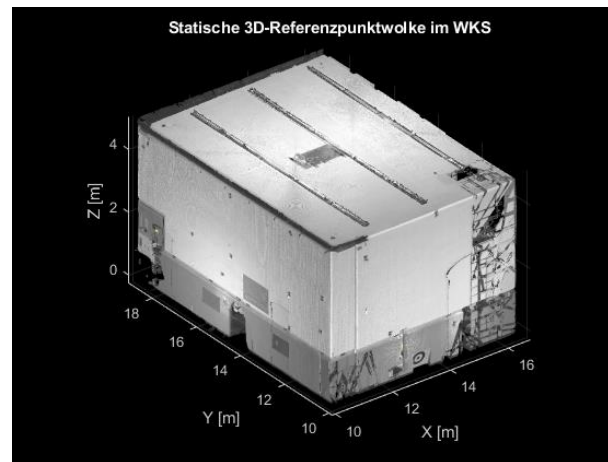
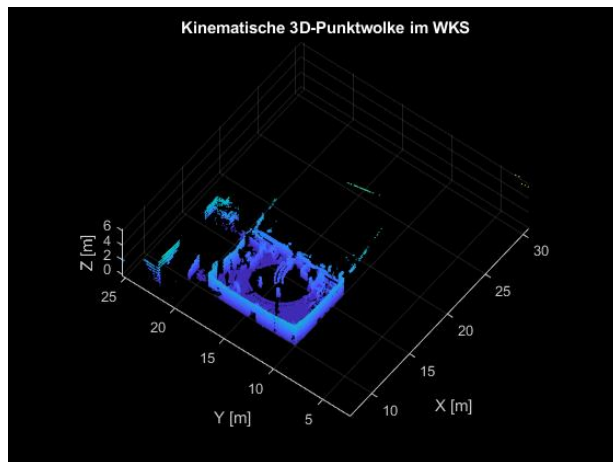


$$R^{(x,y,z)} = R_z \cdot R_y \cdot R_x$$

■ Validierung der kinematisch erfassten Punktwolke

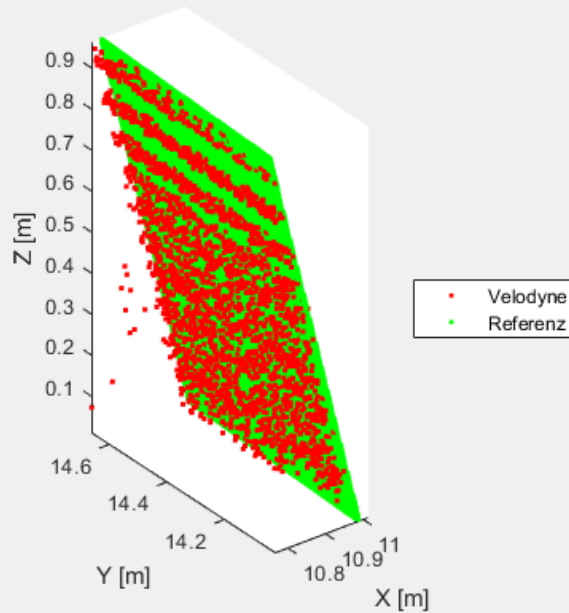
Nachfolgend gilt es folgende Teile zu bearbeiten:

- Punkte in der kinematischen Velodyne Punktwolke finden, welche innerhalb eines vorgegebenen Bereichs (interest_region) liegen
- Schätzen einer ausgleichenden Ebene durch die Referenzpunktwolke und Bestimmung des normierten Normalenvektors $n = [n_x, n_y, n_z]$
- Bestimmung der kürzesten Abstände jeden Punktes der kinematischen Punktwolke zur geschätzten Ebene der Referenzfläche
- Plotten aller berechneten Abstände in einem Histogramm
- Plotten der kinematischen Punktwolke und der statischen Referenzpunktwolke für den Bereich der Referenzfläche (interest_region)

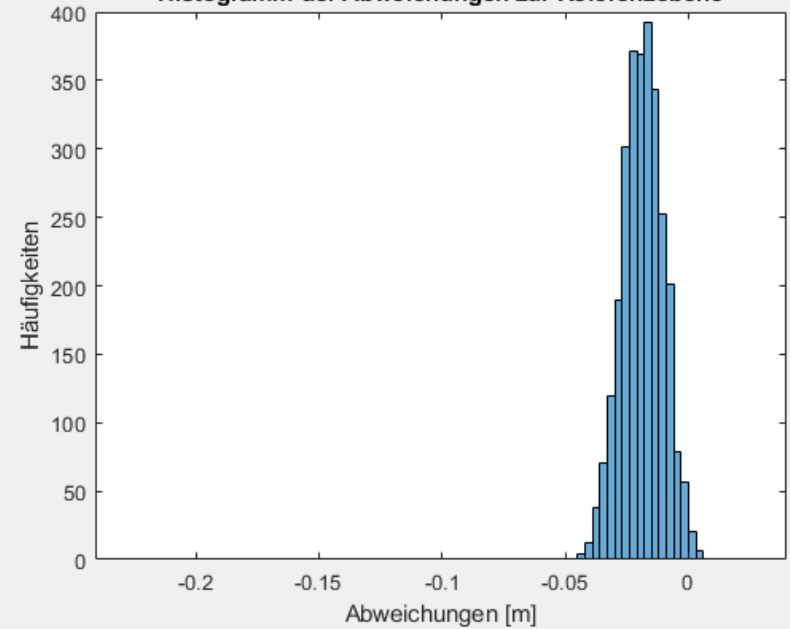


- Validierung der kinematisch erfassten Punktwolke

Kinematische und statische 3D-Punktwolke der Referenzfläche

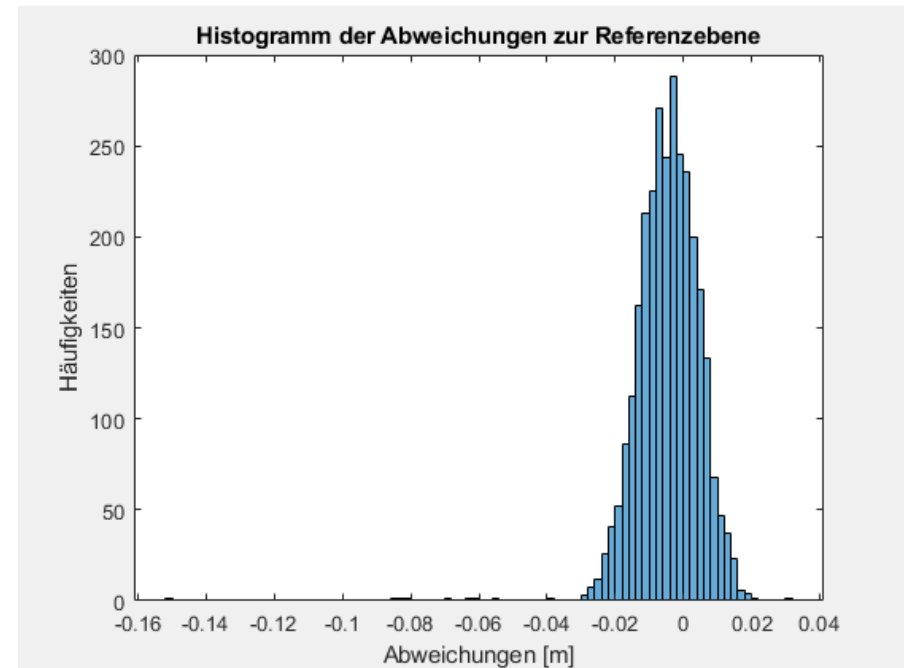
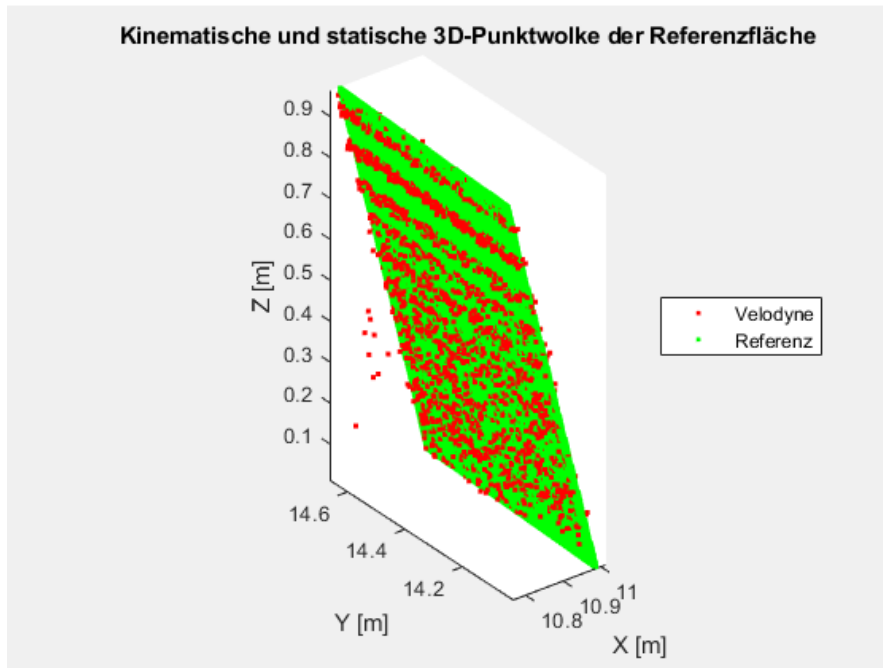


Histogramm der Abweichungen zur Referenzebene



- Validierung der kinematisch erfassten Punktwolke

Unter Berücksichtigung eines Distanzoffsets für die Streckenmessungen des Velodyne VLP16



- Auf angegebene Dimensionen der Daten und Variablen achten
- Die Teilaufgaben (inkl. Inputdaten) sind ebenfalls in StudIP zum unabhängigen Bearbeiten/Testen hinterlegt
- Bei Fragen oder etwaigen technischen Problemen an den Hiwi oder vogel@gih.uni-hannover.de wenden

Literatur

- Ernst, D. (2021): Development of a quality model for the uncertainty judgement of a kinematic TLS-based multi-sensor system. Master Thesis (unpublished). Leibniz Universität Hannover. Geodätisches Institut.
- Okunsky, M. V., and N. V. Nesterova. "Velodyne LIDAR method for sensor data decoding." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 516. No. 1. IOP Publishing, 2019.
- Drixler, E. (1993): Analyse der Form und Lage von Objekten im Raum. Dissertation. München. DGK, Reihe C, 409.