



## Master Thesis

### Sensorkalibrierung und -fusion von verteilten Laserscannern für Objekttracking

Sensorcalibration and -fusion of distributed Laserscanner for object tracking

#### betreut von / supervised by:

Prof. Dr. Jan Modersitzki (Universität zu Lübeck)

Dr. Nils Papenberg (Fraunhofer MEVIS)

Dipl.-Ing. Volker Willhoeft (SICK AG)

#### vorgelegt von/ submitted by:

Jan Quenzel

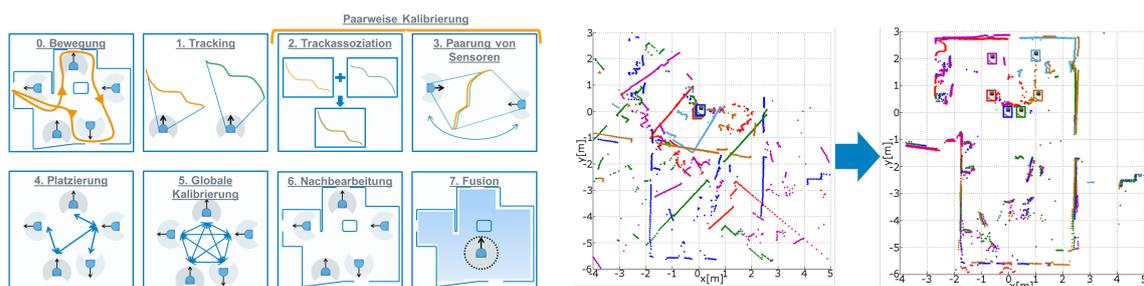
### Zusammenfassung

Im industriellen Einsatz beeinträchtigt Verdeckung durch bewegliche und statische Objekte die Reichweite von Laserscannern. Die Verwendung mehrerer Laserscanner wirkt dem entgegen und erhöht das Sichtfeld oder schafft Redundanz. Um keine zeitaufwändige manuelle Kalibrierung zu benötigen, wurde ein Verfahren zur automatisierten Kalibrierung zweier Laserscanner anhand der Bewegungen beliebiger Objekte entwickelt, welches kein Vorwissen der Scannerpositionen erfordert. Die anschließende Positionierung mehrerer Sensoren erfolgt durch ein robustes Verfahren zur Pose-Graph-Optimierung, bei dem zunächst die Rotationen unter Forderung der Transitivität im Tangentialraum mit der  $\ell_1$ -Norm relaxiert werden. Die Translationen lassen sich dann mit Standard-Least-Square berechnen. Das kalibrierte System ermöglicht eine Fusion der Messdaten. Tests in diversen Umgebungen demonstrieren die Robustheit des entwickelten Systems.

### Abstract

Dynamic and static objects reduce the effective range of laser range finders for industrial applications. The usage of multiple laser range finder can increase the field of view while providing redundancy. This requires the extrinsic calibration of all range finders, which is a time consuming process when done manually. Therefore, we developed an automatic calibration procedure for two laser range finder by tracking multiple arbitrary objects without any prior knowledge about the relative scanner positions or object shapes. The following positioning step for multiple range finder employs a robust pose graph optimization, where relative rotations are relaxed in the tangential space by the  $\ell_1$ -Norm under the transitivity constraints. Afterwards the translations are calculated via standard LeastSquares. The calibrated system allows the fusion of sensor data. Tests in diverse environments demonstrate the robustness of the developed System.

### Ergebnisse / Results



**Abbildung:** Allgemeiner Ablauf mit Vorher-Nachher-Beispiel des Kalibrierverfahrens.

**Figure:** General workflow with an example before and after the calibration process.