



Neue Kalibrier- und Inbetriebnahmeverfahren für die umfelderfassende Sensorik im Automobilbereich

Integrales Plattformkonzept zur Absicherung der Funktion von Multisensorsystemen

Lennard Margies, M.Sc.

27.10.2020

Agenda

- 1** Motivation
- 2** Ansatz
- 3** Kalibriermethoden Radar
- 4** Ausblick

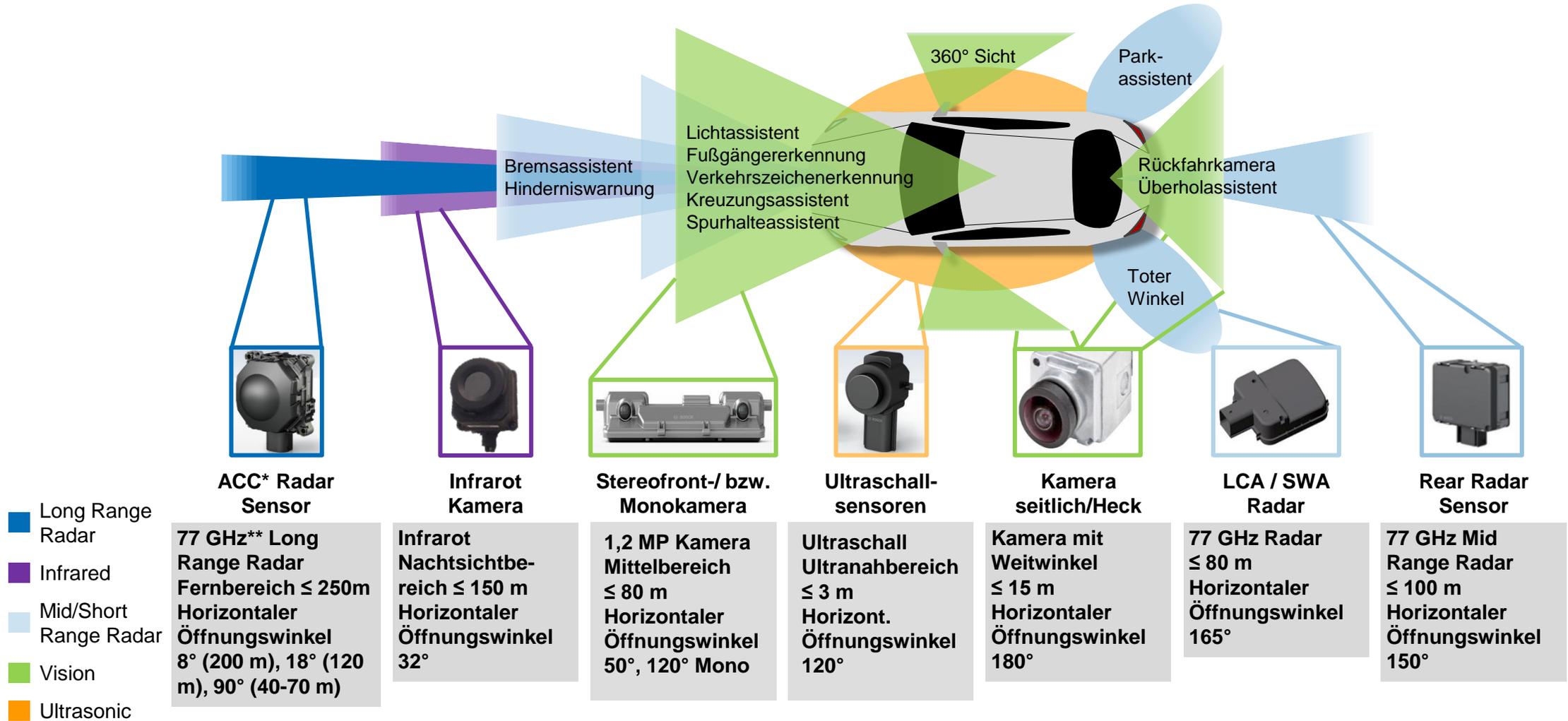


Die 5 Stufen der Automatisierung zum autonomen Fahren

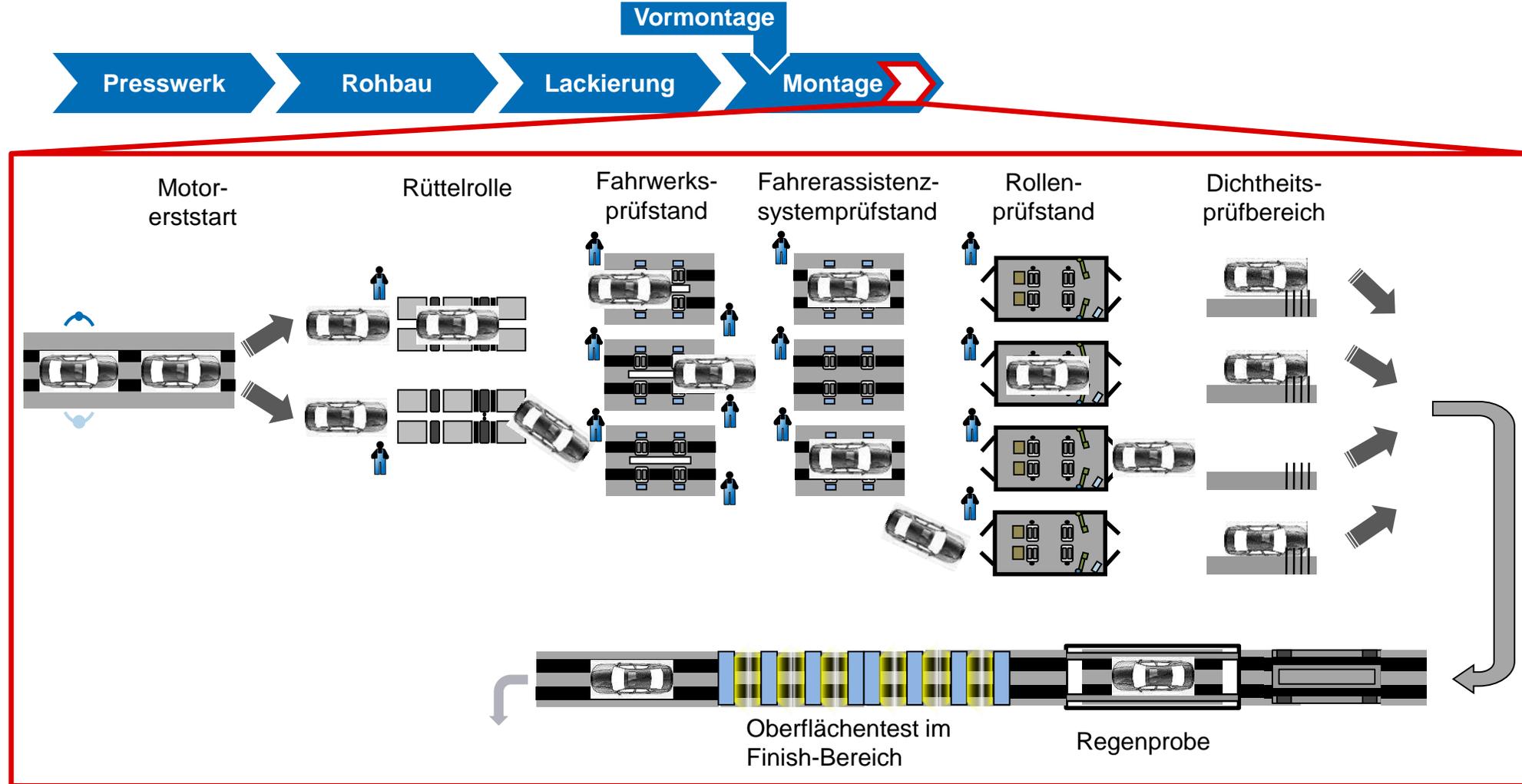


Quelle: nach mobilegeeks.de

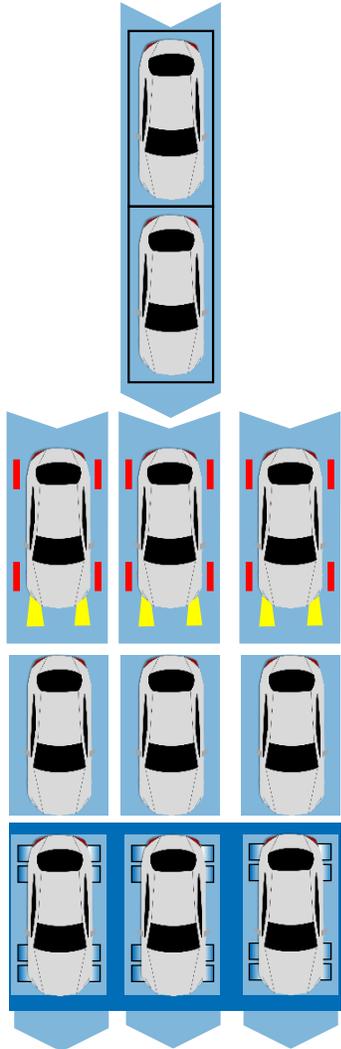
Sensoren: Intelligente Multisensorsysteme ermöglichen die Erfassung und Interpretation ihres Umfelds



Veränderung des Band Ende-Bereichs in der Fahrzeugproduktion



Herausforderungen und Optimierungspotenziale



- Sensoren zur Umfelderkennung müssen intrinsisch und extrinsisch kalibriert werden
- Extrinsische Kalibrierung ist Teil der Fahrzeuginbetriebnahme
- Durch zunehmende Anzahl an Fahrzeugsensorik Anstieg des Test- und Inbetriebnahmeumfangs im End-of-Line Bereich
- Durch Weiterentwicklungen im Bereich der Sensorik erhöhte Anforderungen an die Prüftechnik und Inbetriebnahmeprozesse
- Aktuelle Kalibrier- und Inbetriebnahmeprozesse stark Herstellerabhängig
- Aktuelle Kalibrierprozesse teilweise veraltet und „Eingefahren“
- Aktuelle Prozesse nur stationär durchführbar, Durchführung im Fließbetrieb notwendig

Agenda

1 Motivation

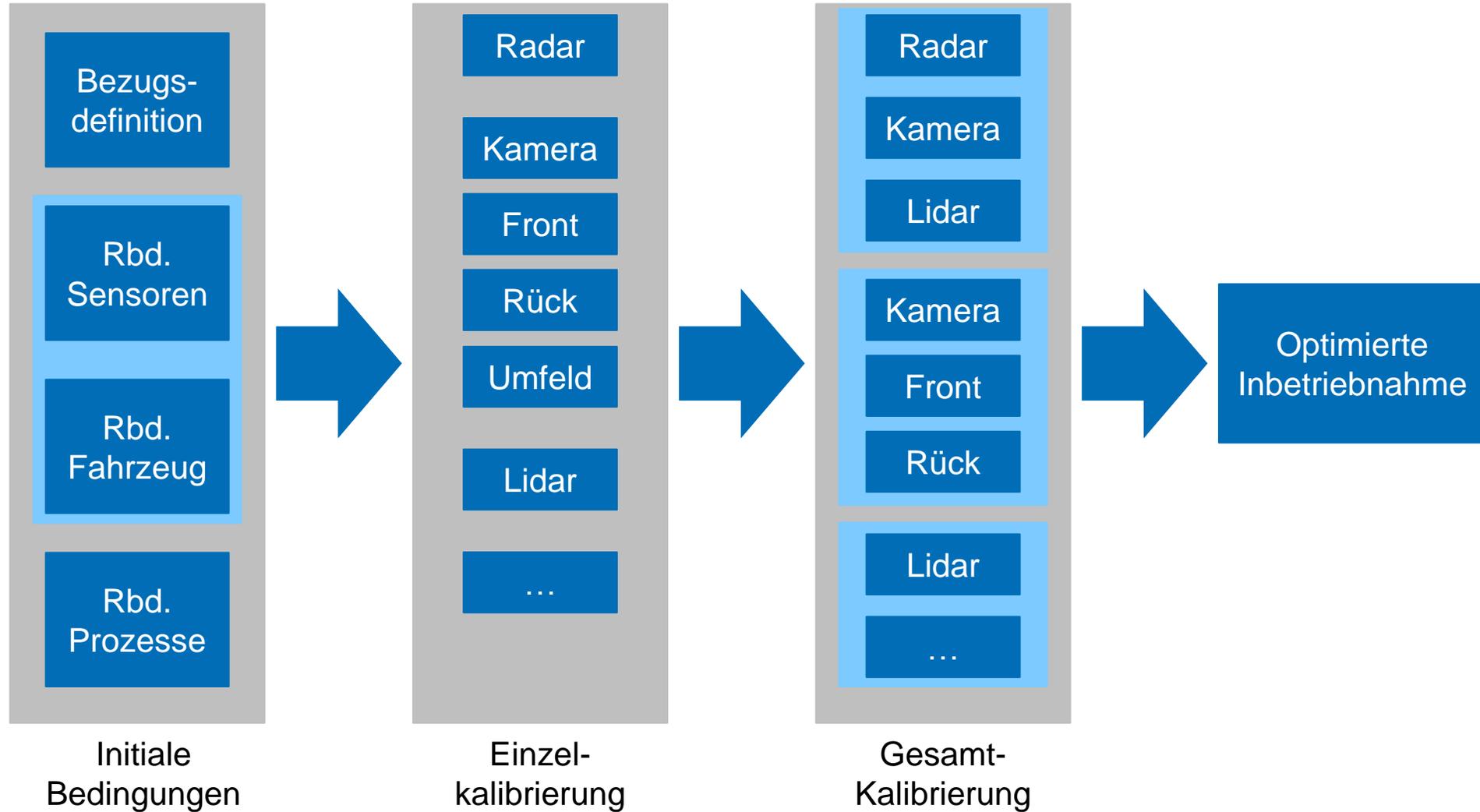
2 **Ansatz**

3 Kalibriermethoden Radar

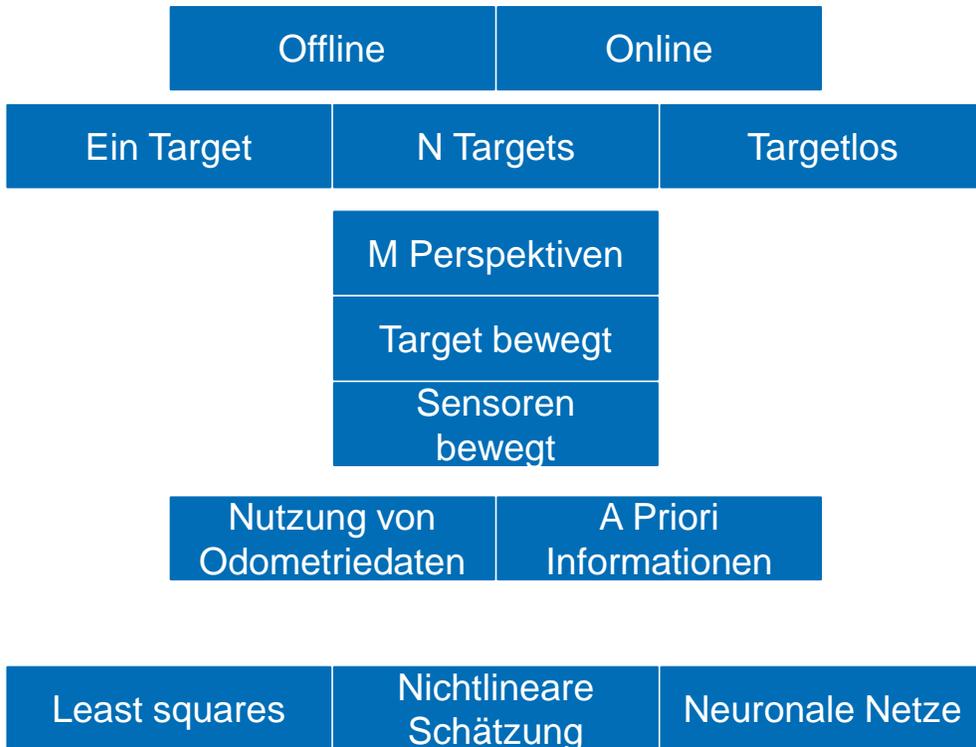
4 Ausblick



Vorgehen zur Kalibrierung automobiler Multisensorsysteme



Recherche zu extrinsischen Kalibrierverfahren



- Unterscheidung zwischen Online- und Offline-Kalibrierung
- Vorgehensweise:
 - Feature Extraktion, Feature Matching, Globale Regression
 - Parametrisierte Modellierung der Sensorbezüge im Raum, dann Ermittlung der Parameter für möglichst korrekte Transformationen
- Kalibrierung mittels eines, mehrerer oder keiner Targets möglich
 - Beziehungen zwischen den Targets können bekannt und unbekannt („self-calibration“) sein
 - Aufnahme eines oder mehrerer Targets aus unterschiedlichen Perspektiven
 - Perspektiven werden durch Bewegung der Targets erzeugt
 - Perspektiven könnten auch durch Bewegung des Sensorsystems erzeugt werden
- Kalibriergenauigkeit kann erhöht werden
 - Zwangsbedingungen
 - A Priori Informationen (Sensorvorposition, Targetposition, etc.)
 - Sensordatenfusion
 - Nutzung von Odometriedaten
 - Datenbereinigung

Agenda

1 Motivation

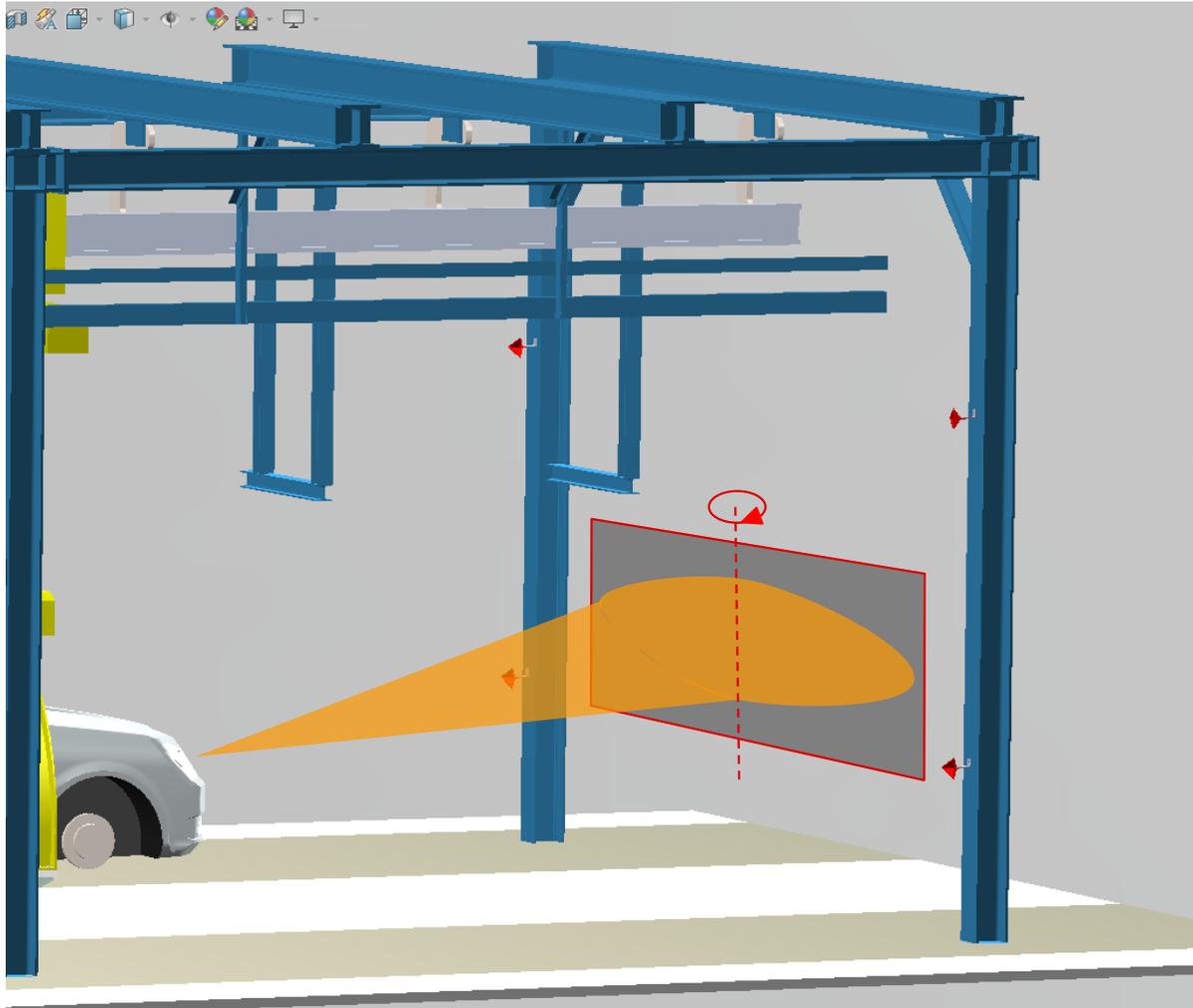
2 Ansatz

3 Kalibriermethoden Radar

4 Ausblick

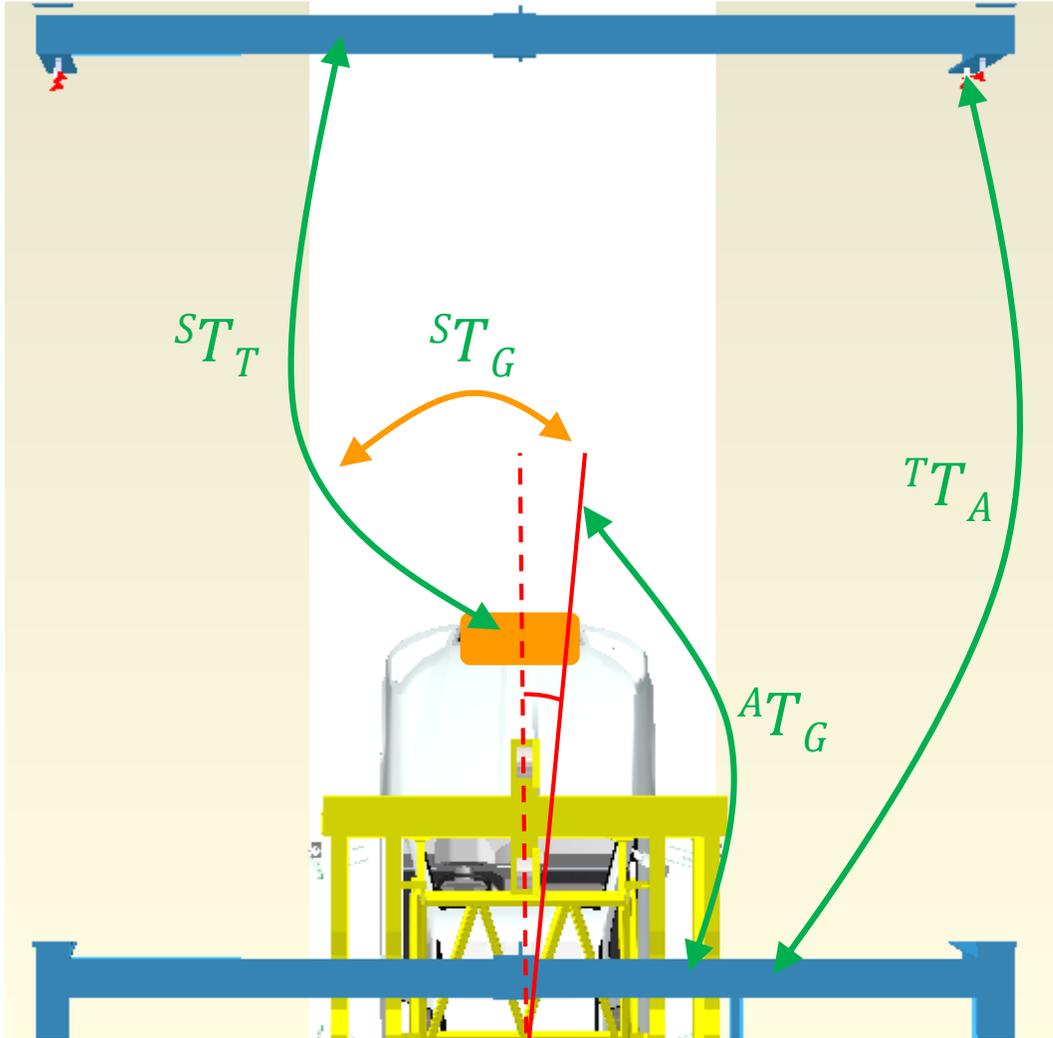


Ausgangssituation



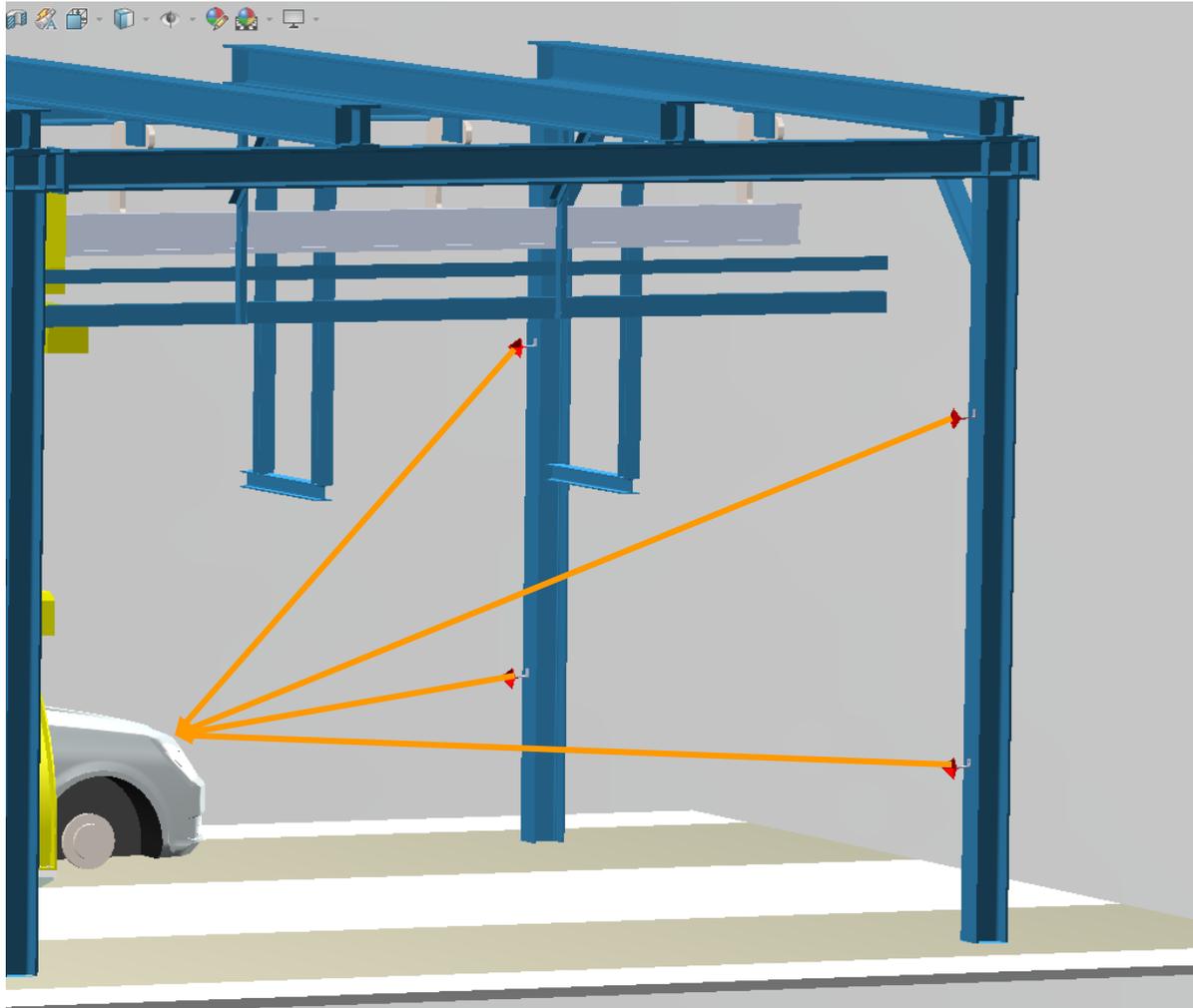
- Verfahren mit aktiver Targetplatte
- Verfahren mit Spiegelreflektor
- Verfahren mit Spiegel auf Radom
- Verfahren zur Autokalibrierung auf eine Targetplatte
- → Alle Verfahren Nutzen aktive Targets oder fest auf dem Sensor programmierte Routinen zur extrinsischen Kalibrierung
- → Einige Verfahren nutzen aufwändige Anlagentechnik mit hoch genauen Antrieben und langen Prozesszeiten

Grundlage: Transformationsbeziehungen ermitteln



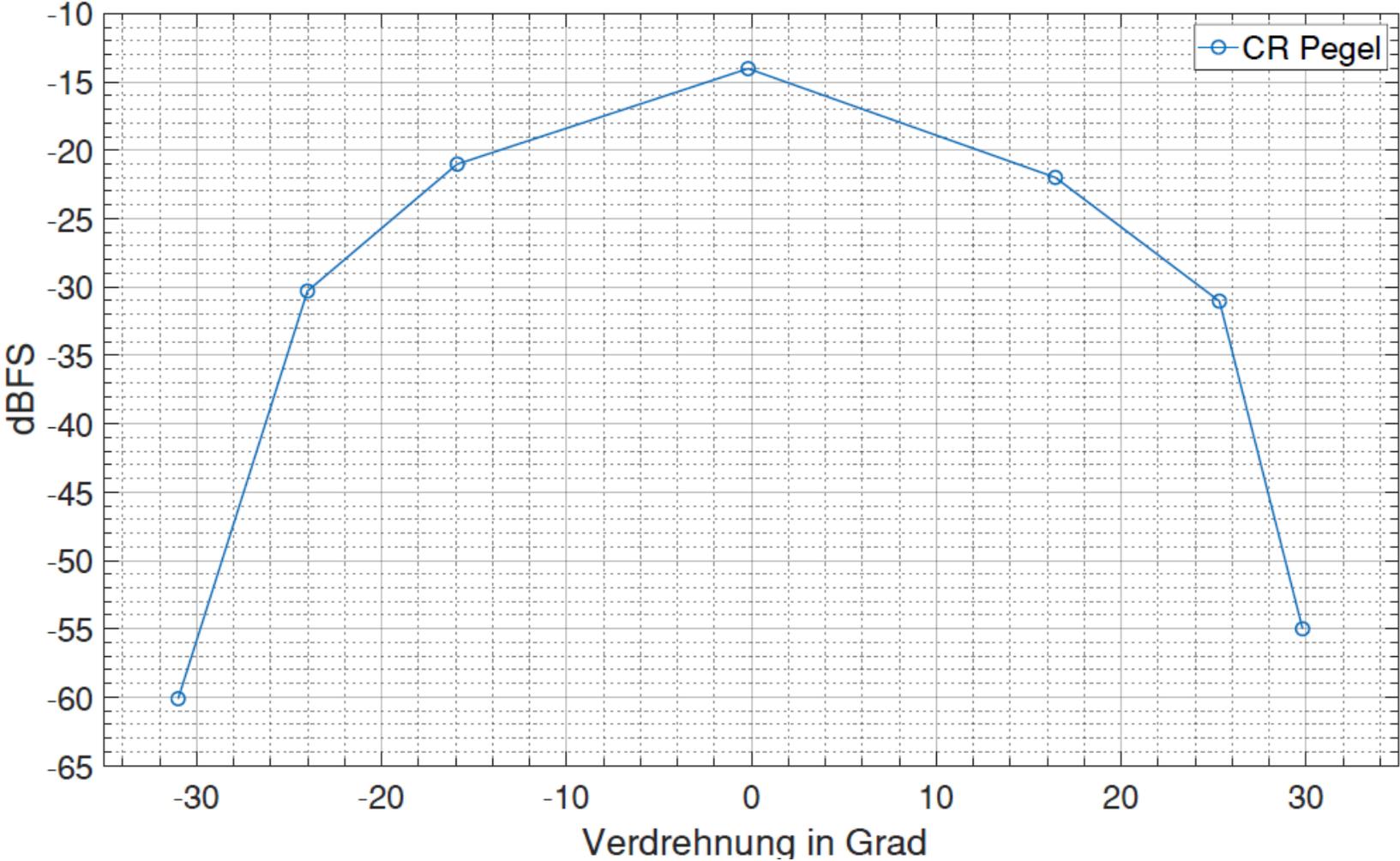
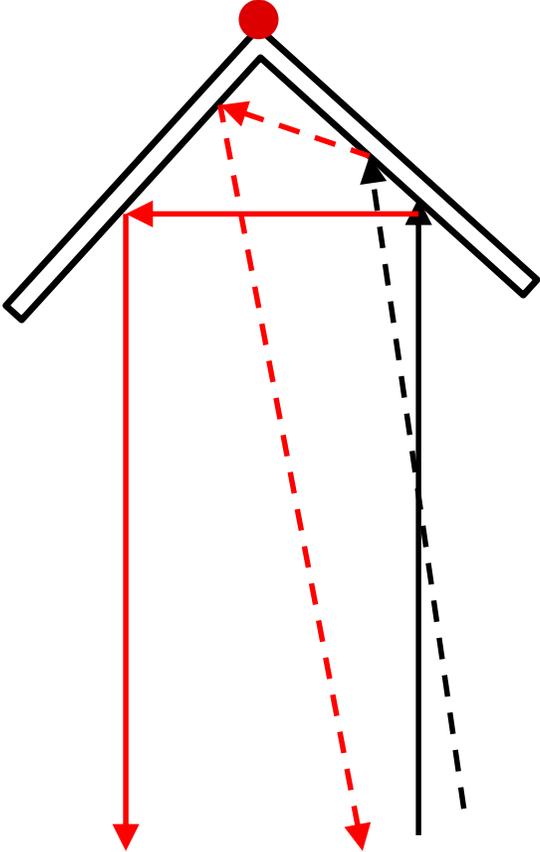
- Ermittlung der Sensorlage im Target-Bezugssystem (BZS) durch Messung mit Radar
- Ermittlung der Bezugsachse im Anlagen-BZS
- Bekanntheit der Targetposition im Anlagen-BZS durch Einmessen
- Berechnung der Transformation Sensor - Bezug

Ansatz: Kalibrierung mittels Cornerreflektoren



- Nutzung mehrerer Retroreflektoren anstelle eines Targets (Nutzung von Umgebungsstrukturen denkbar)
- Abdeckung eines größeren Teils des Erfassungsbereichs mittels mehrerer Cornerreflektoren
- Nutzung unterschiedlicher Methoden für die Ermittlung der Transformation von Sensorkoordinatensystem in Fahrzeugkoordinatensystem (extrinsische Kalibrierung), bzw. Referenz zur geometrischen Fahrachse

Rückstrahlcharakteristik Cornerreflektor



Bisher umgesetzte Schritte



- Integration eines Radarsensors in die Demonstratorumgebung
- Erstellung einer Softwareumgebung zur Durchführung von Messungen
- Ausarbeitung verschiedener Konzepte zur „targetlosen“ oder „hybriden“ Inbetriebnahme
- Messungen zu Störkonturen, Überdeckungen und nutzbaren Bereichen in der Montagelinie
- Messungen zur „Systemauflösung“
- Erste Versuche zur Kalibrierung des Radars mittels CRs

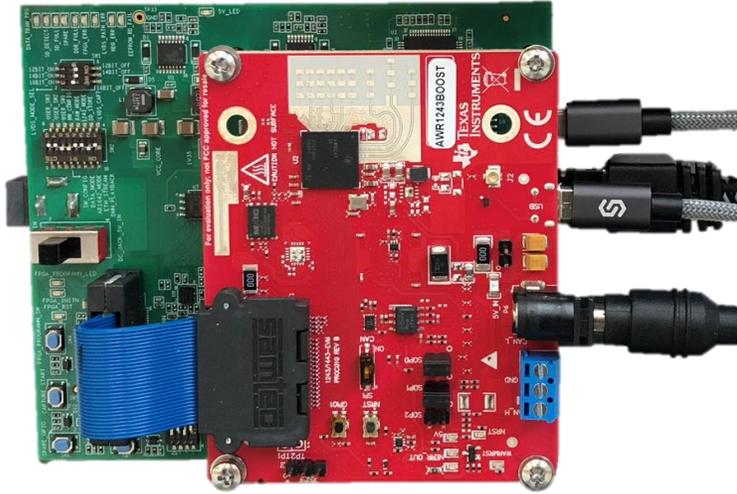
Versuchsumgebung



Versuchsumgebung

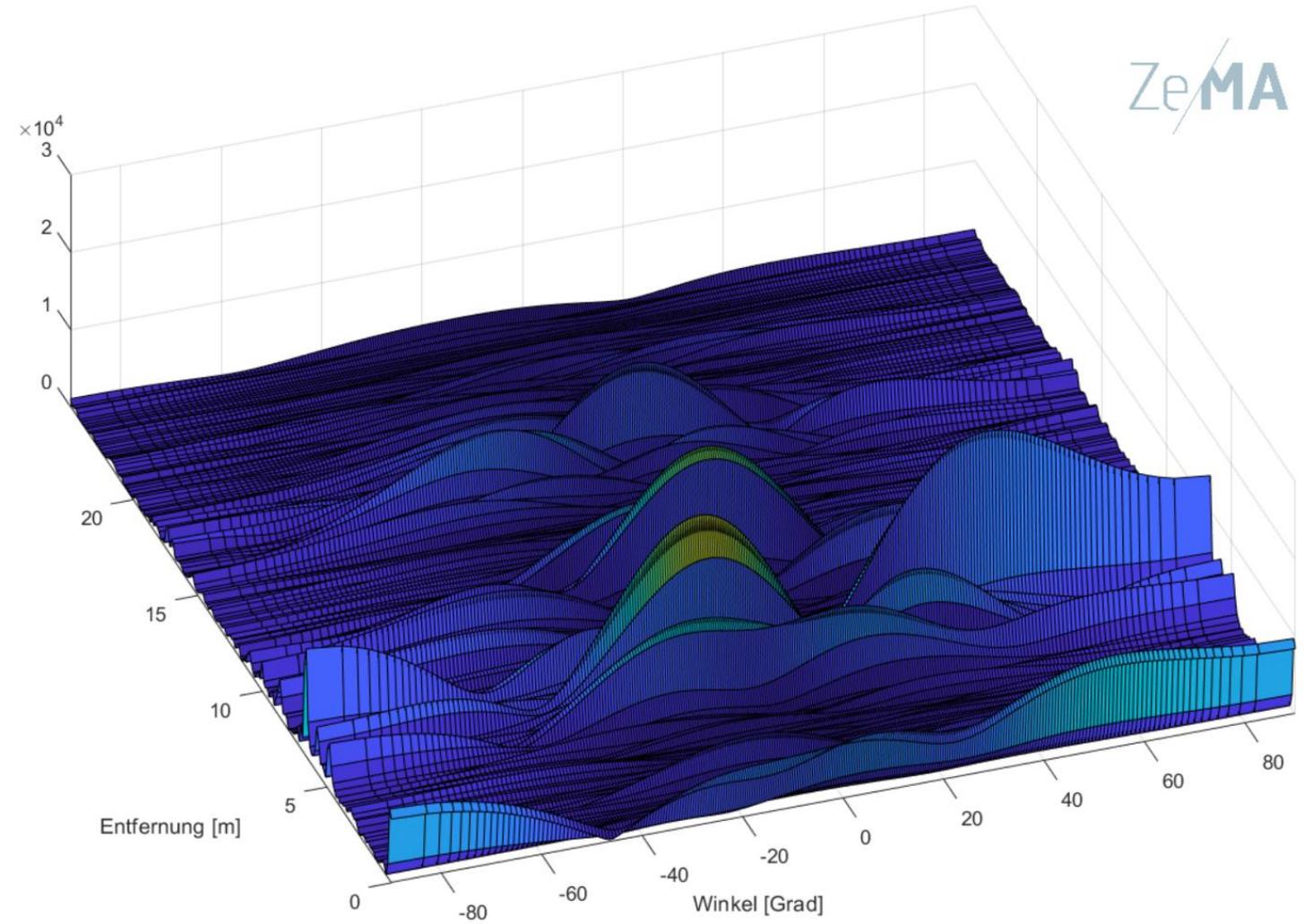
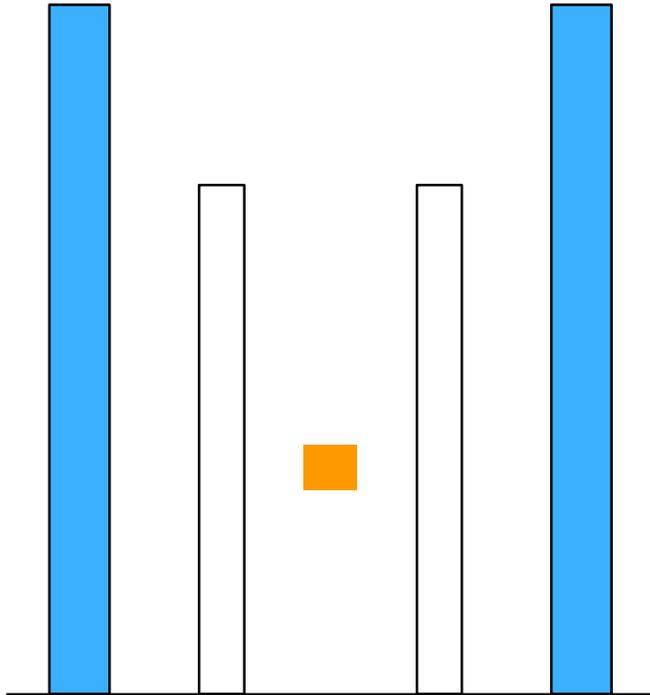


Erste Fragen

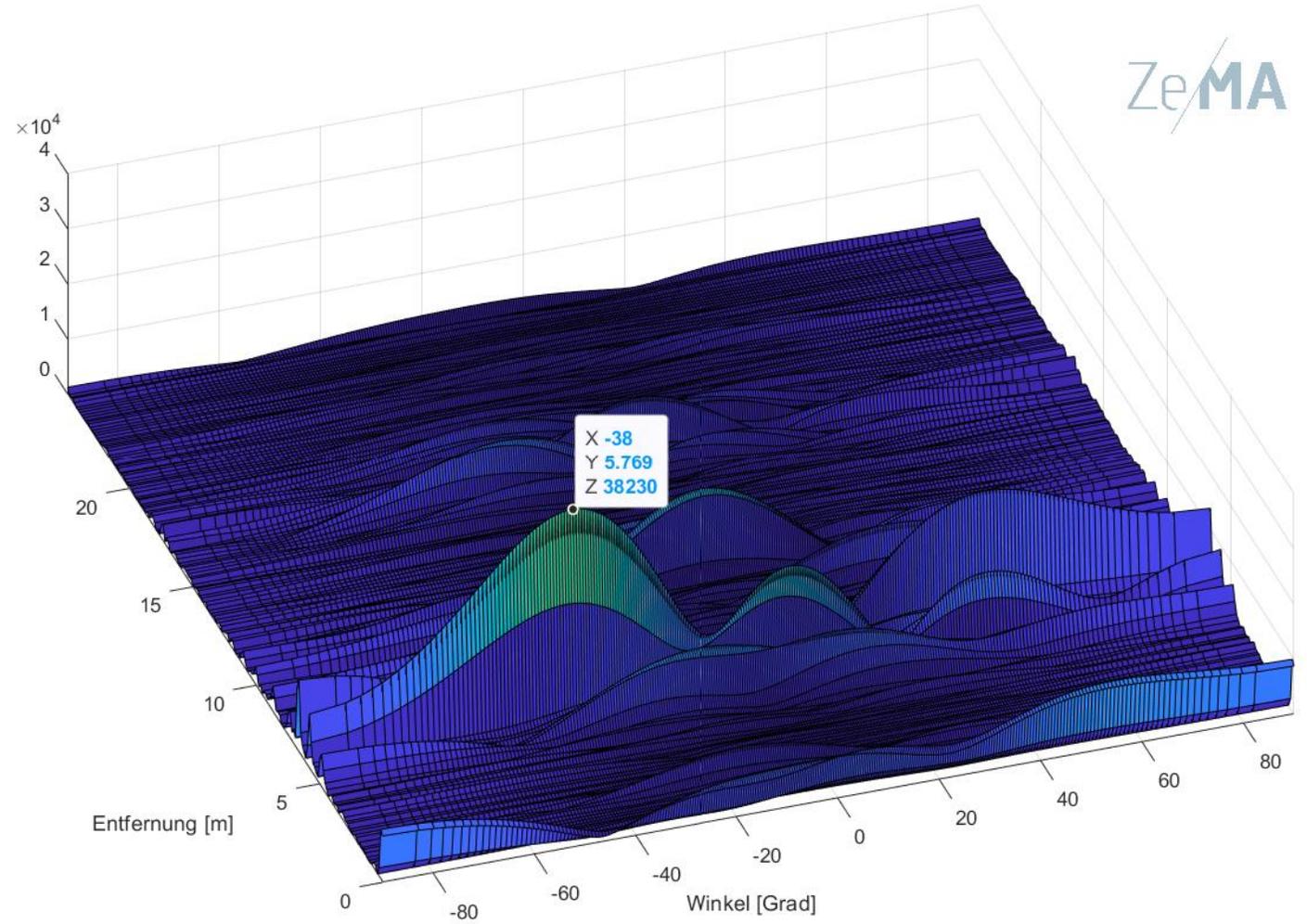
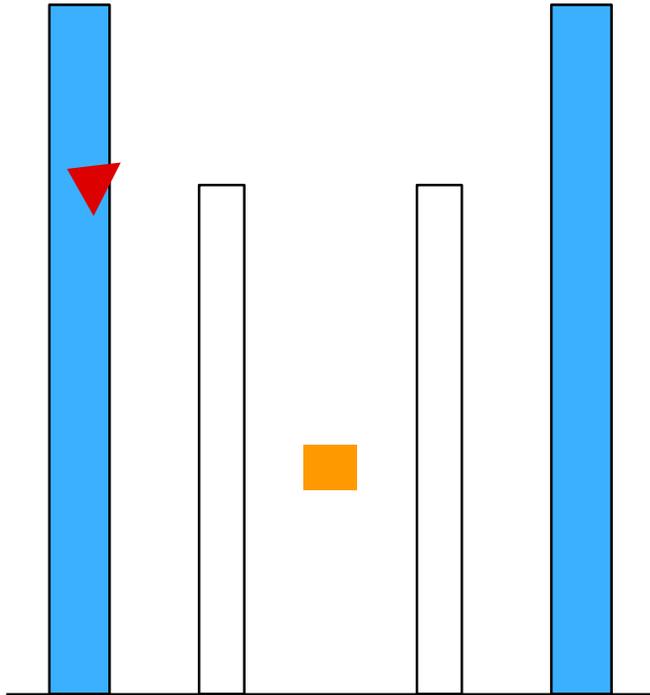


- Negative Effekte durch Störkonturen und Überdeckungen
- Erfassungsgenauigkeit des Sensors
- Erfassungsgenauigkeit des Gesamtsystems (Sensor+Software)
- Präzision der Verfahren zur Ermittlung der Transformationen

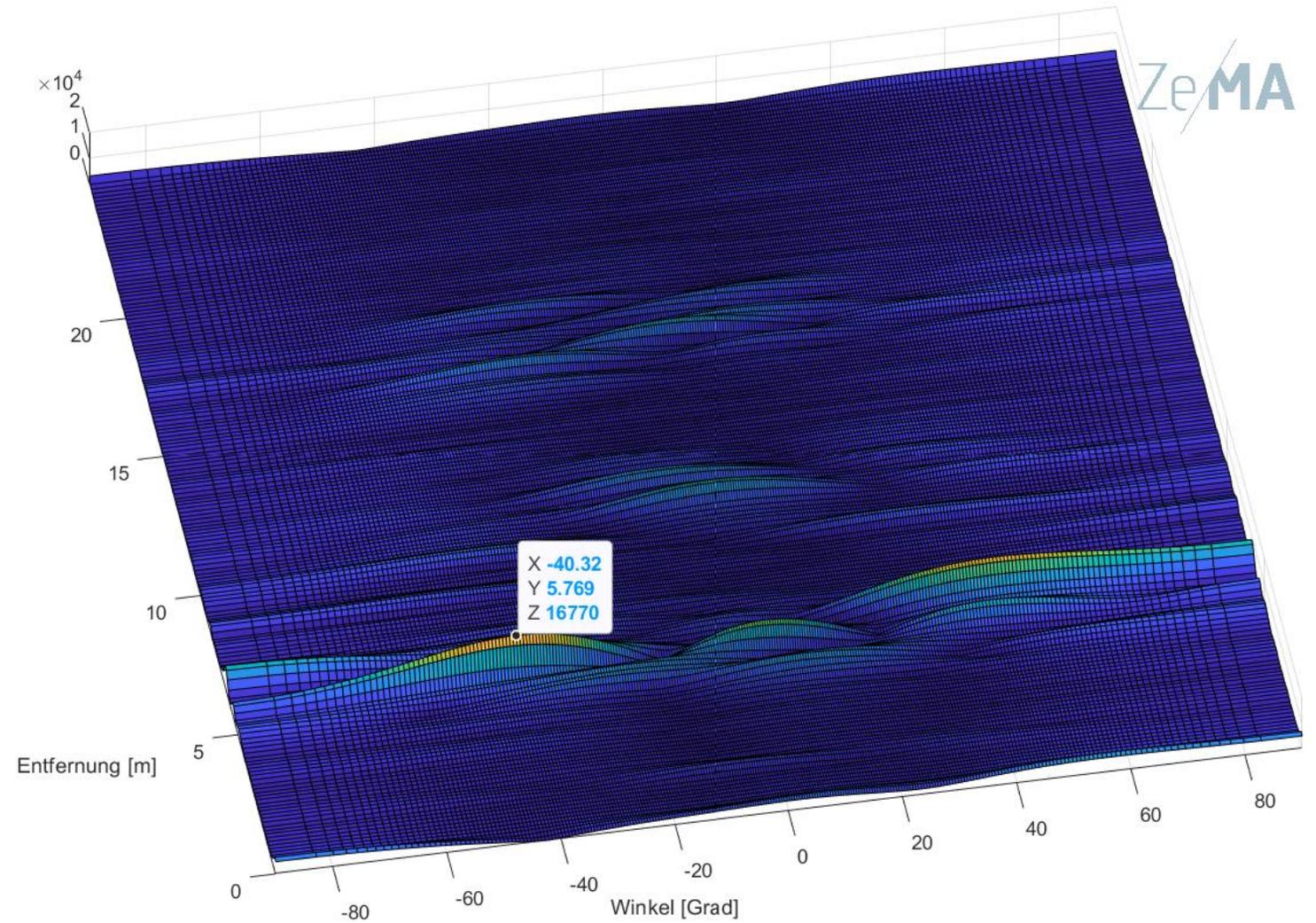
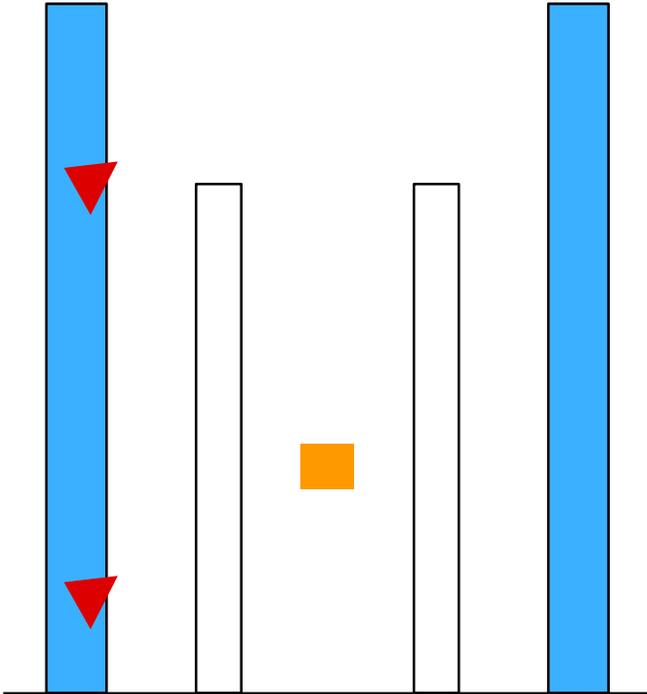
Messung ohne Targets



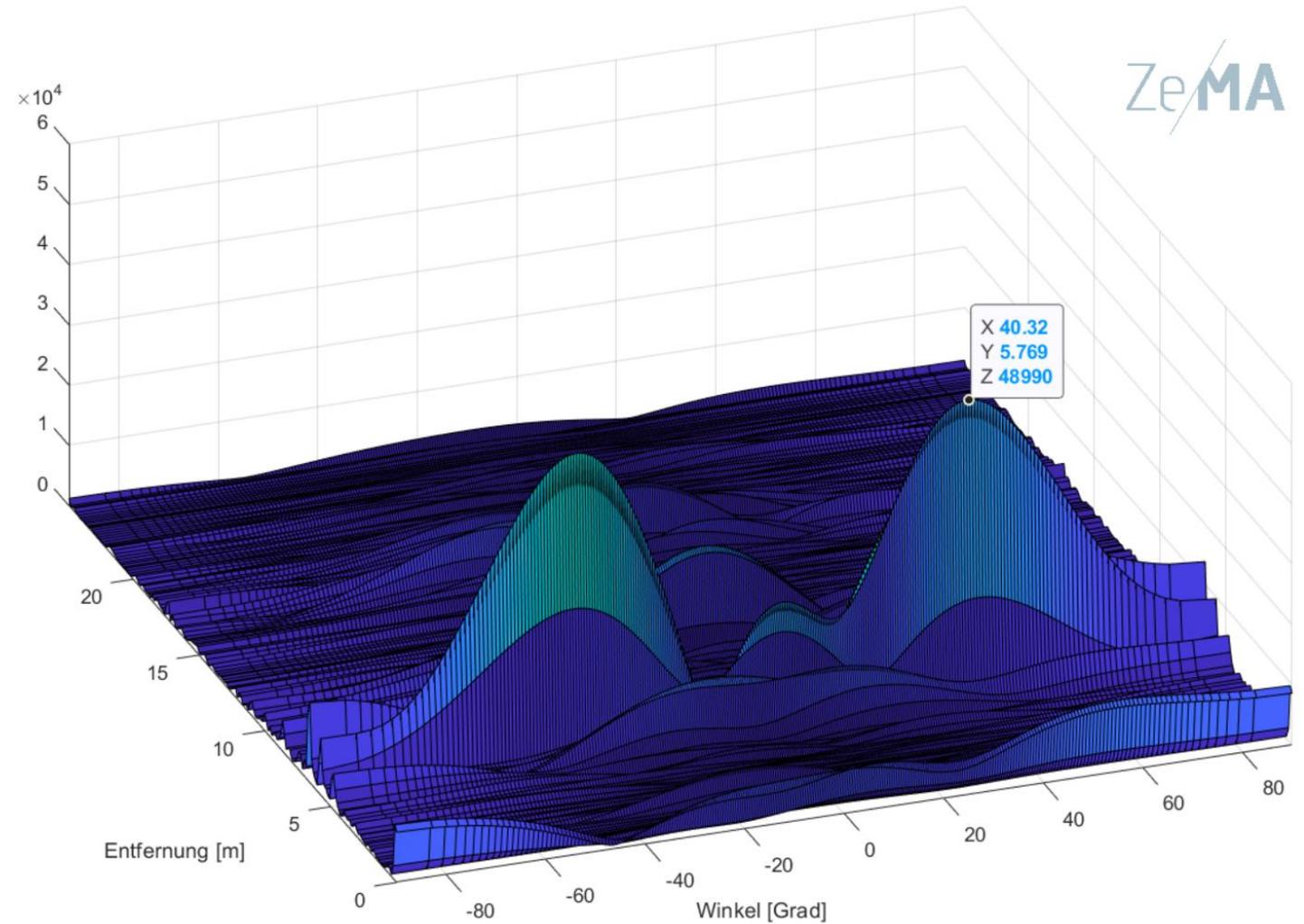
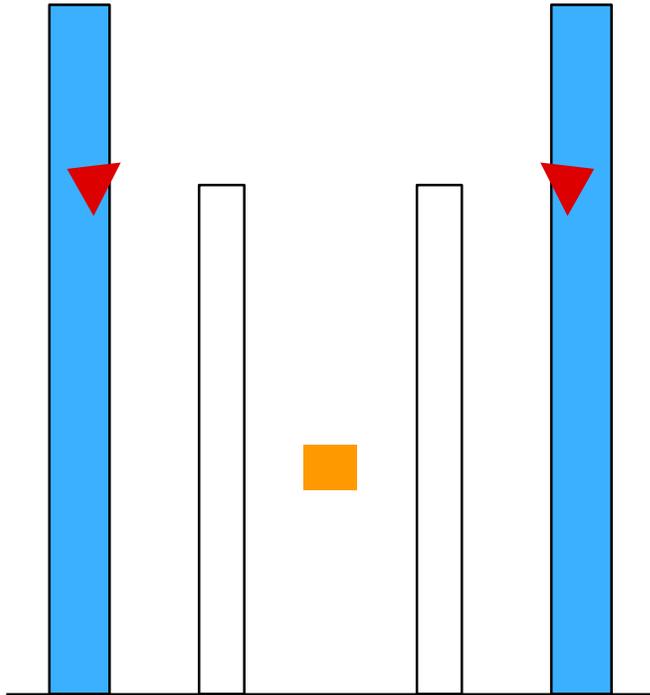
Messung 1 Target – 2,4 m



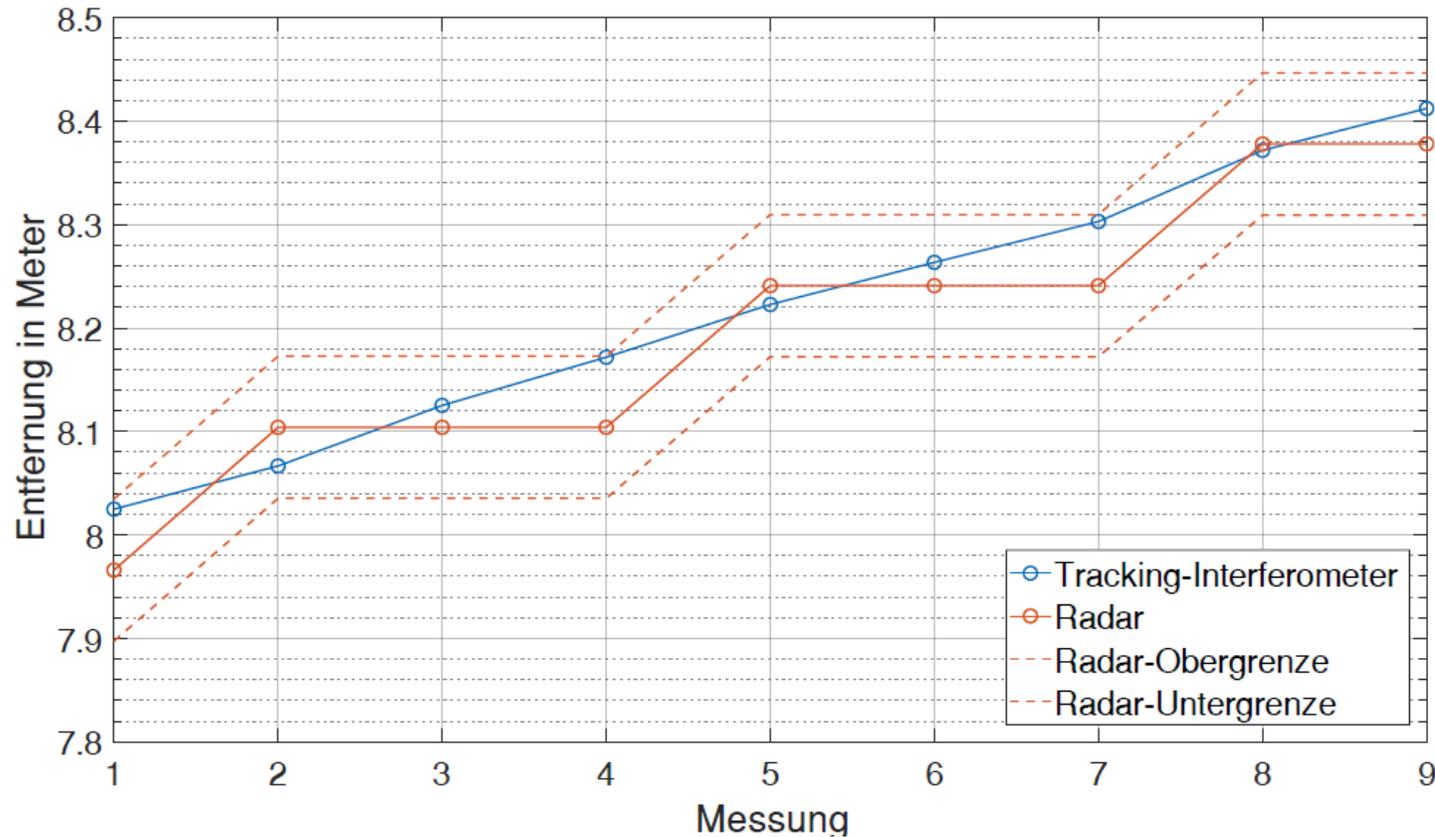
Messung 2 Targets – 2,4 m / 0,2 m



Messung 2 Targets – 2,4 m

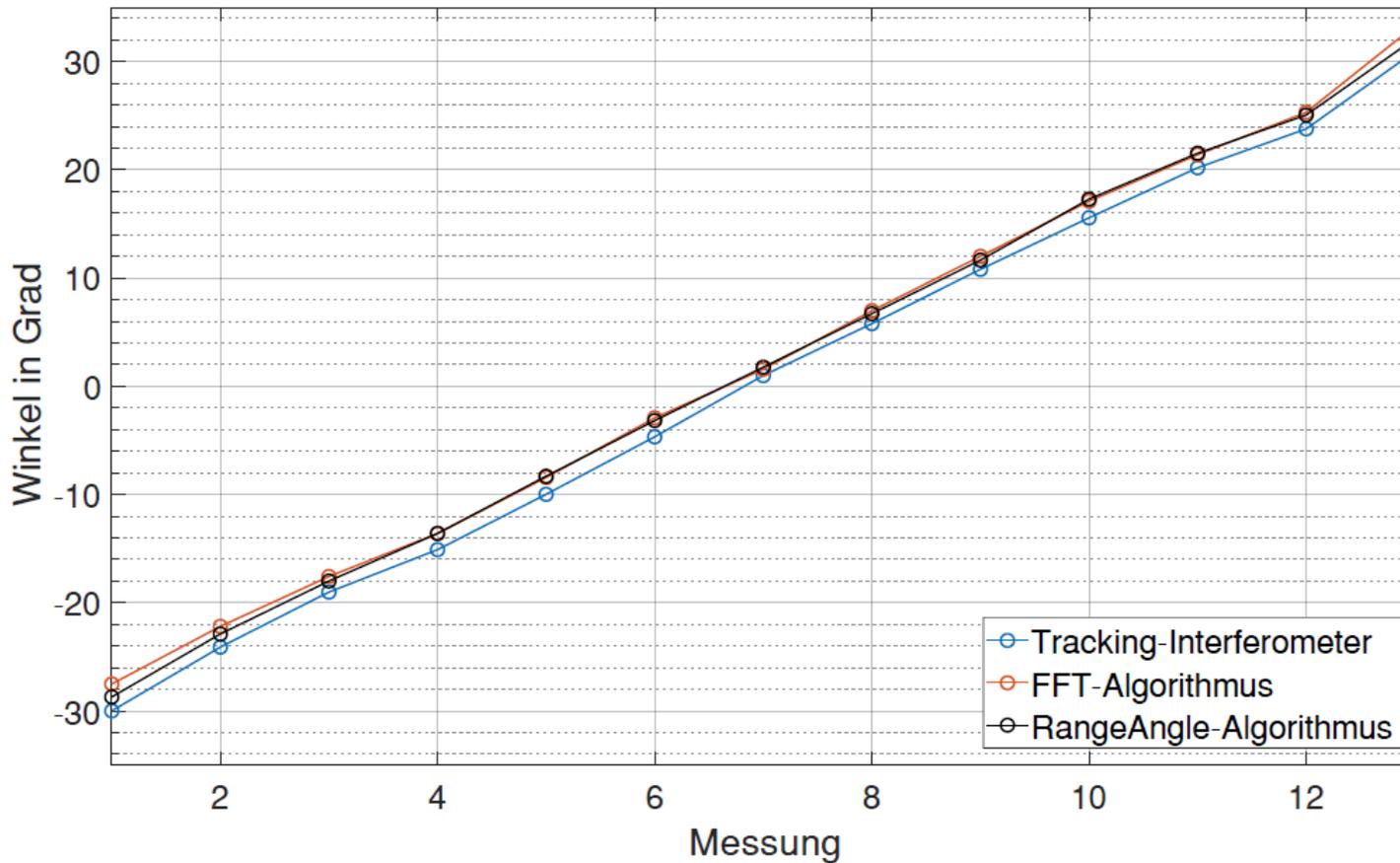


Erfassungsgenauigkeit des Sensors - Entfernung



- Änderung des Abstands zum Ziel in 0,05 m Schritten
- Maximale Abweichung: 0,0678 m
- Minimale Abweichung: 0,0373 m

Erfassungsgenauigkeit des Sensors - Winkel



- Änderung des Winkels zum Ziel im Bereich von $\pm 30^\circ$
- Maximale Abweichung: $2,592^\circ$
- Minimale Abweichung: $0,58^\circ$

Agenda

1 Motivation

2 Ansatz

3 Kalibriermethoden Radar

4 Ausblick

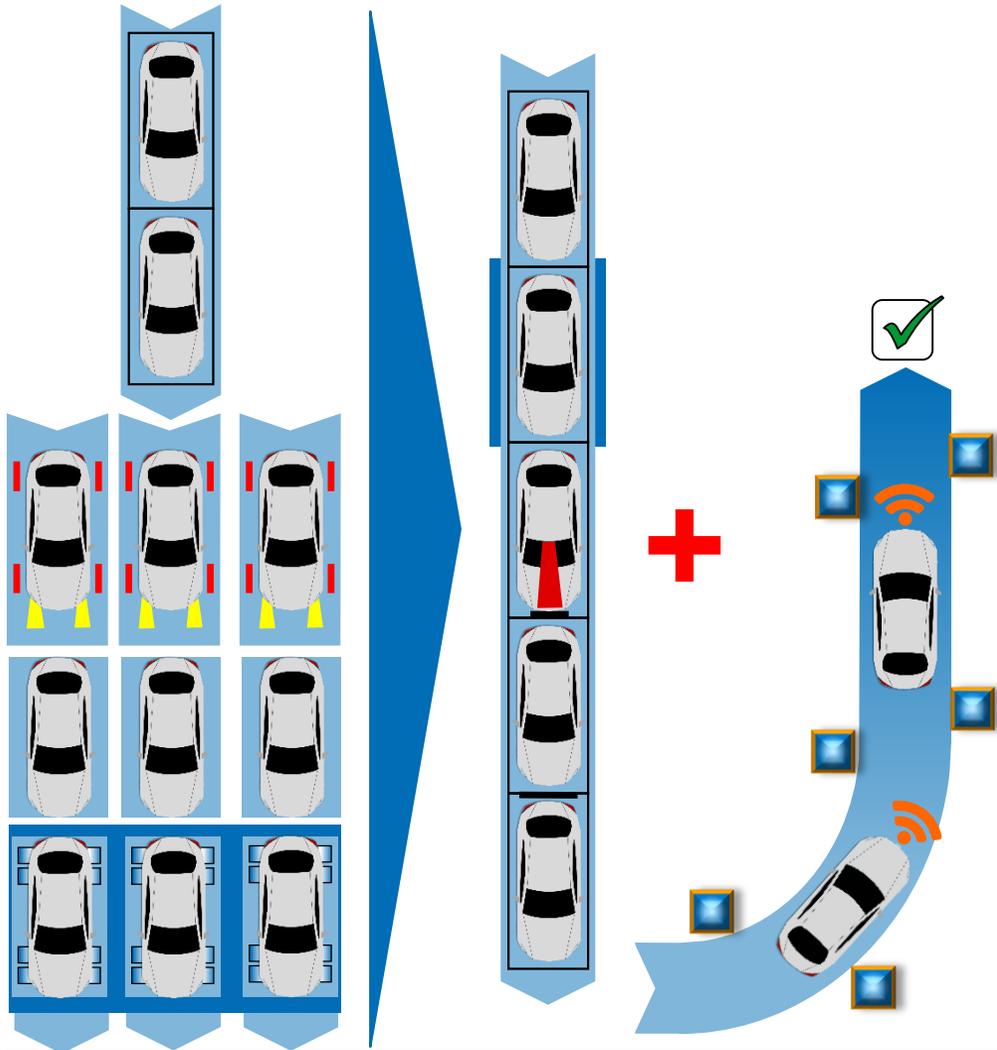


Nächste Schritte

- Ermittlung der Systemauflösung
- Umsetzung verschiedener Kalibrieralgorithmen
- Benchmark der unterschiedlichen Algorithmen
- Implementierung von Verfahren zur Steigerung der Datenqualität
- Aufrüstung des Demonstrators mit Kamera und Lidar
- Nutzung alternativer Radar-Modi: MiMo-Radar (Laufzeitdifferenzen Antennen, direktionales Empfangen, etc.)
- Ansatz zu Sensordatenfusion



Zusammenfassung und Ziel



- Der Technologiedemonstrator wurde mit Sensorik und verschiedenen Targets aufgerüstet
- Erste Versuche wurde durchgeführt
- Erstellung eines Gesamtszenarios zur Inbetriebnahme und Absicherung hochautomatisierter und autonomer Fahrzeuge (Prozessverortung, Kalibrierung, Absicherung)
- Nutzung von Verfahren wie bspw. Sensordatenfusion zur Evaluation der Sensordaten und des Zustands des Gesamtsystems
- Entwicklung adaptiver Betriebsmittel zur durchgängigen Inbetriebnahme/Absicherung