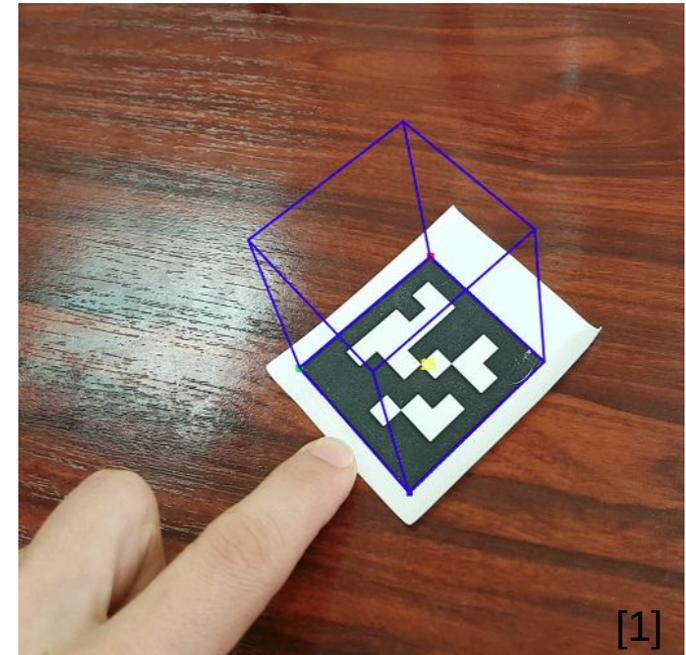


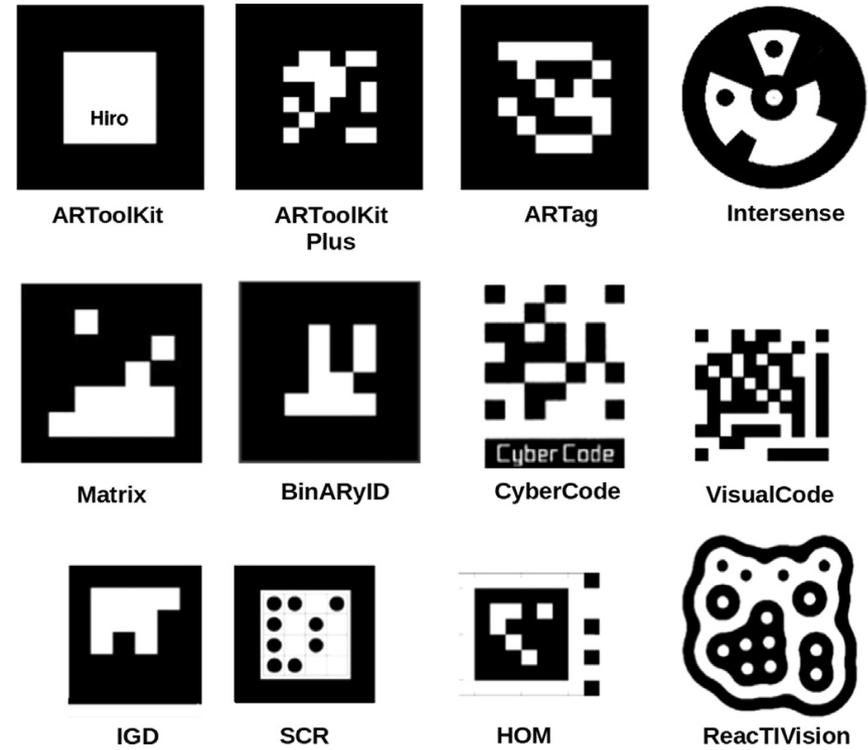
# Einsatz von Aruco-Markern zur Positionsbestimmung

- Was sind ArUco Marker
- Markererkennung
- Einsatzgebiete
- Einsatz in der Fahrzeugprüfung
- Probleme

- Entwickelt von der Fachgruppe "Applications of Artificial Vision" (A.V.A) der University of Cordoba
- Open Source C++ Bibliothek zur Erkennung von Markern und Berechnung der Posen
- Setzt auf OpenCV auf, plattformunabhängig
- Portierungen für Python, ROS, JavaScript usw. verfügbar

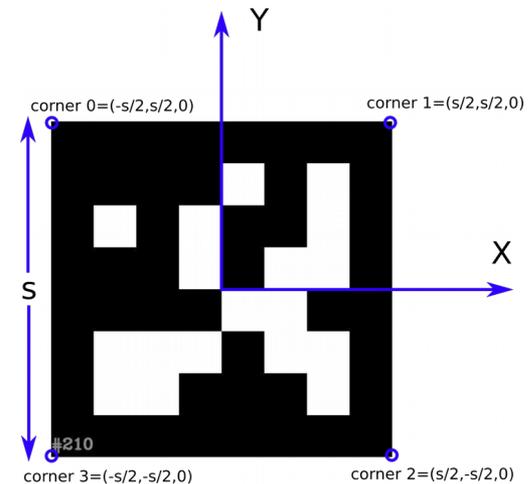
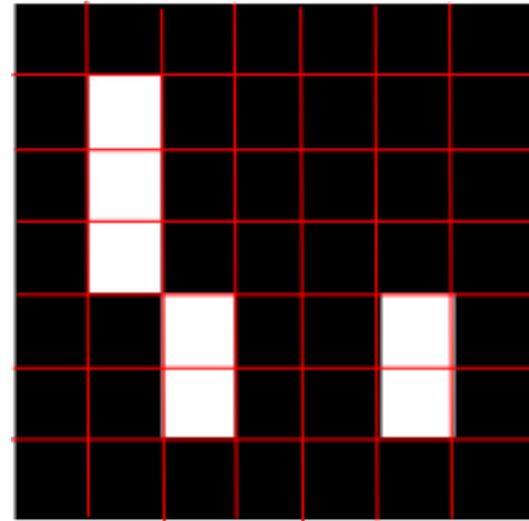


- Ähnliche Markerbibliotheken wie z.B. ArToolKit+, Chilitags, AprilTags
- ArUco kann eigene dictionaries generieren
- Maximale Inter-Marker-Distanz
- Pose kann berechnet werden



[1]

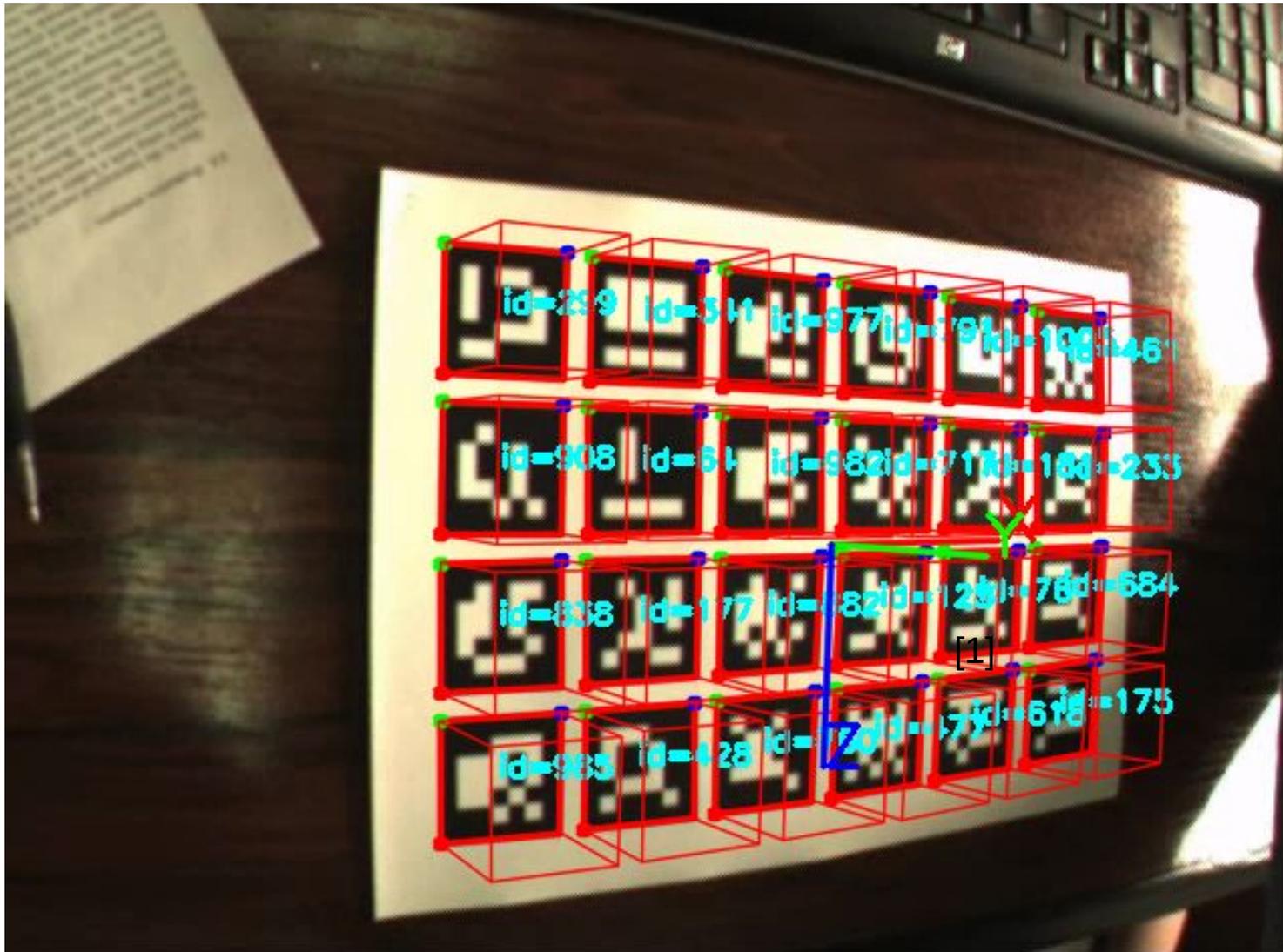
- Marker wird durch vier Punkte und ID repräsentiert
- Äußerer Rand schwarz zur Erkennung
- Innen Bitmuster mit codierter ID
- Pose wird aus den vier Eckpunkten, Kameramatrix und bekannter Markergröße berechnet



s = marker size

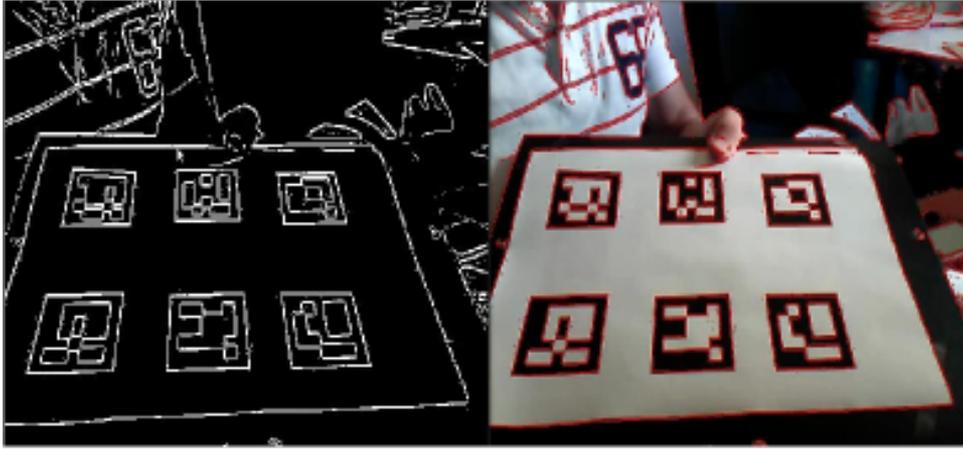
[1]

# Markermaps

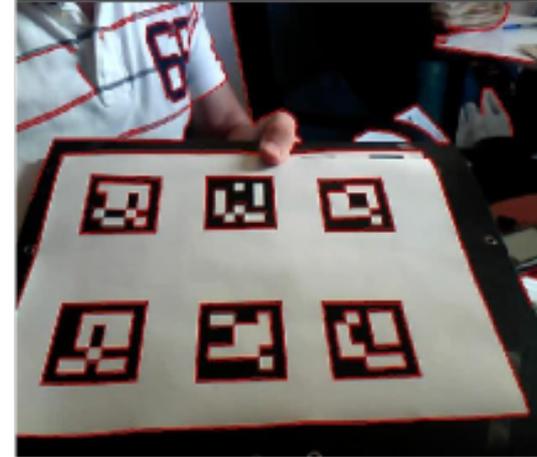


[1]

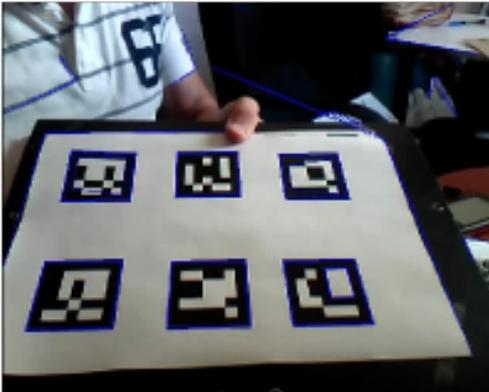
# Markererkennung



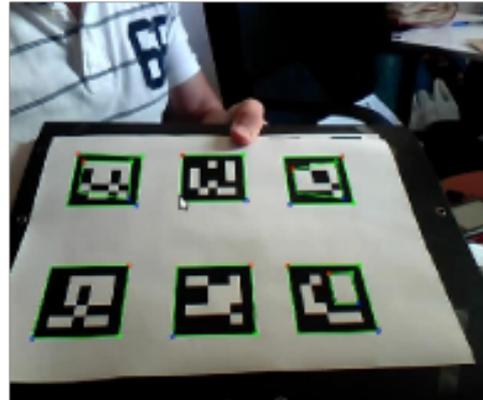
(1)



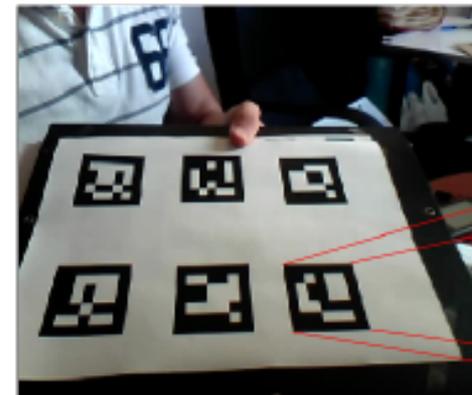
(2)



(3)

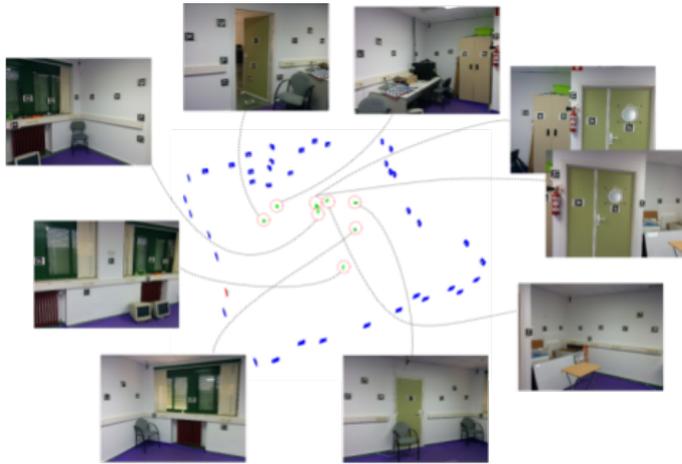


(4)



(5)

[1]



The central image shows in blue the 3D markers placed in the environment. Their location has been automatically extracted from the images show.

[1]



3D Calibration object created as a marker map.

[1]



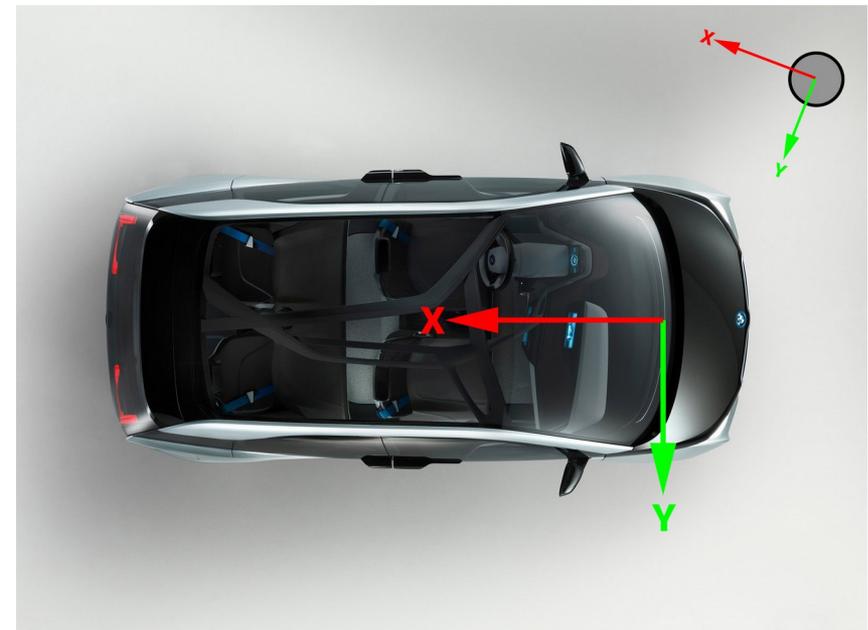
[2]

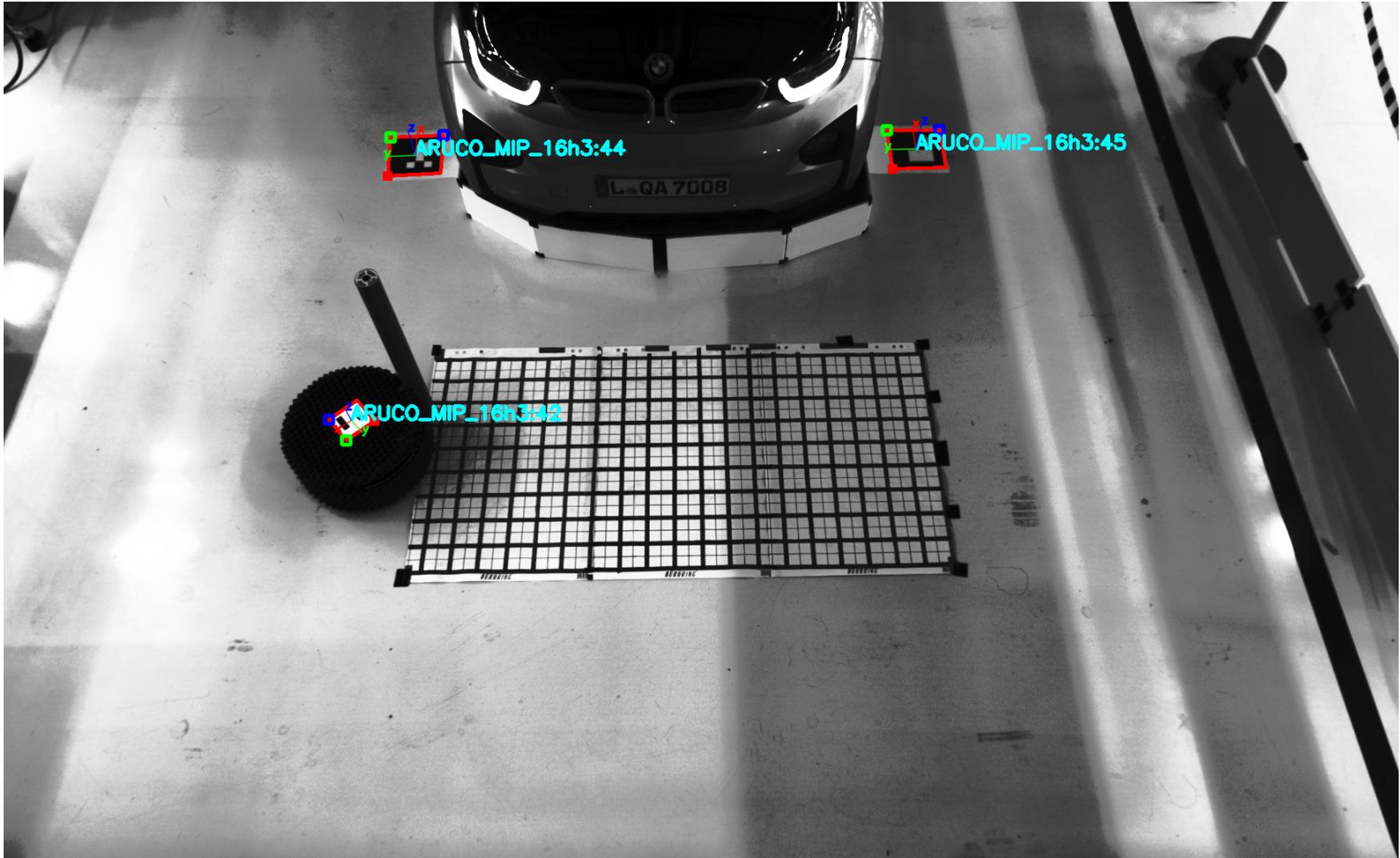


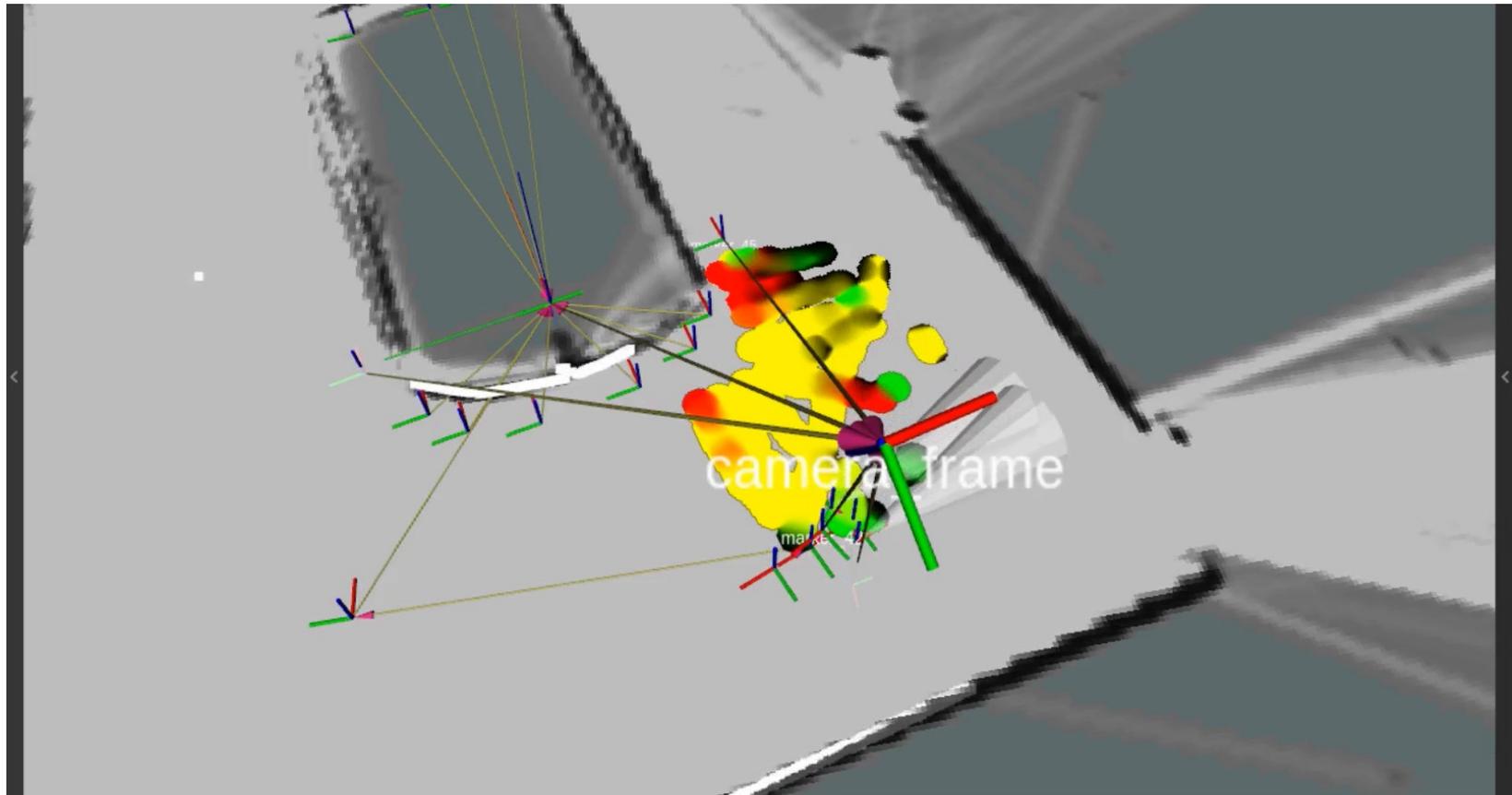
[3]

## Roboter gestützte Prüfung der Nahbereichssensorik

- Fahrzeug und Roboter besitzen verschiedene Koordinatensysteme
- Auswertung (Sensorwert bei Position X,Y) soll im Fahrzeugkoordinatensystem vorliegen
- Einfacher Aufbau, flexibel einsetzbar
- Genauigkeit von 2,5cm



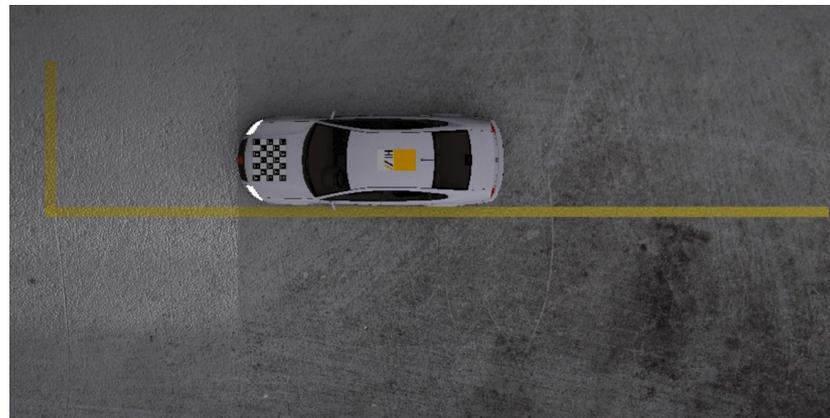
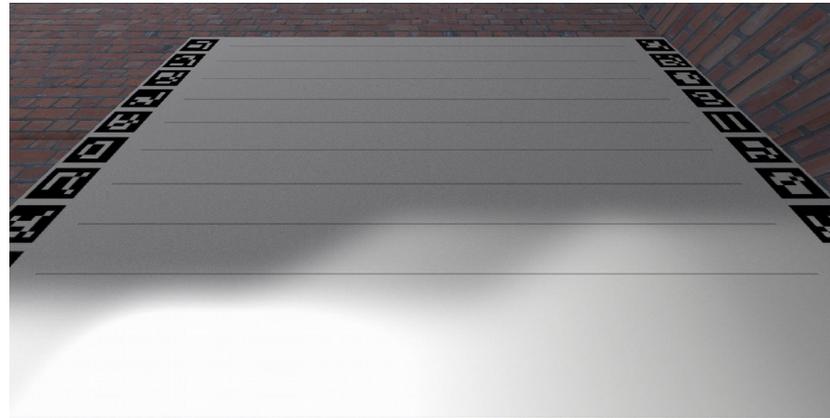




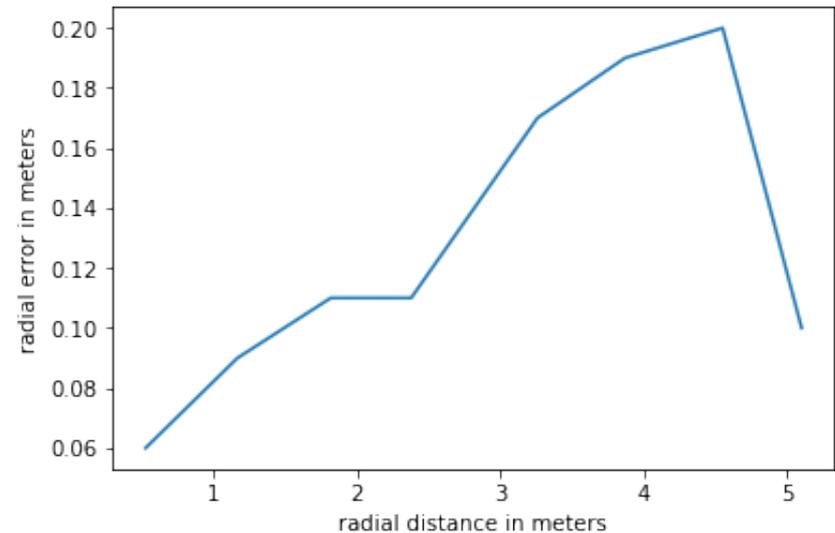
## Kamerabasierte Scheinwerferprüfung

- Scheinwerfereinstellung wird während der Einfahrt auf den Prüfstand gemessen
- Anfahrtslinie, Marker, Leinwand und zwei Kameras benötigt
- Fahrzeug fährt entlang der Linie auf Leinwand zu
- Scheinwerferbild wird analysiert

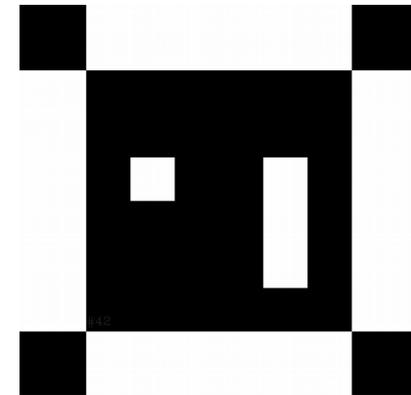
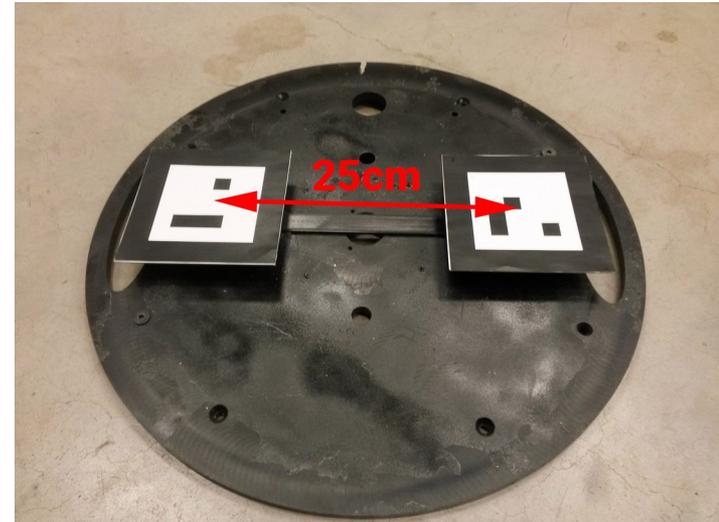




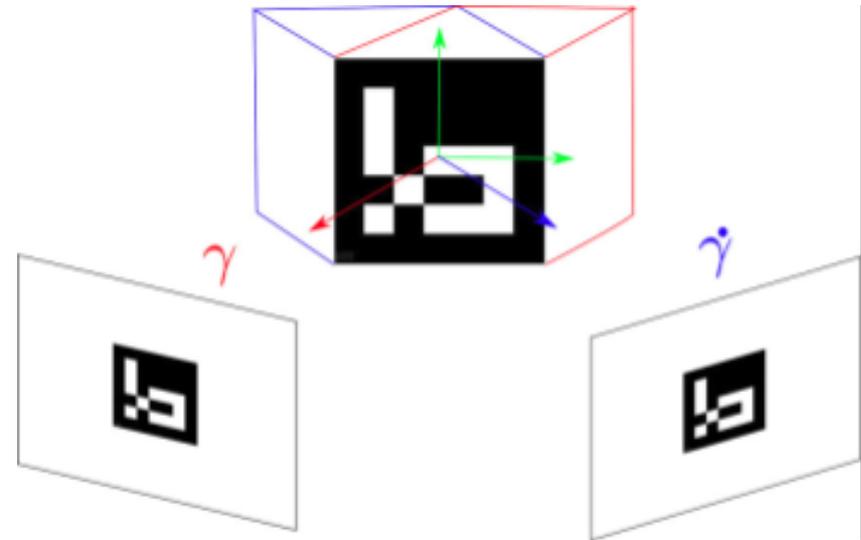
- ARUCO\_MIP\_16h3  
(4x4 Marker dictionary)
- 13cm Kantenlänge
- Industriekamera
  - 1/1.2" Sensor
  - 1920x1200px
  - 8mm Objektiv
- Referenzmessung per Laser



- Mehrere Marker in definiertem Abstand → mit detektierten Abstand vergleichen und Position korrigieren
- Markerboards
- Größere Marker
- „enclosed markers“
- Höhere Kameraauflösung



- MarkerTracker bei bewegten Kameras
- Größere Marker bzw. Markerboards oder höhere Auflösung bei statischen Kameras
- Zusatzinformationen: Marker darf nicht oberhalb der Kamera sein



The ambiguity problem. The same marker projection could come from two poses, the two cubes shown in red and blue. [1]

## Pro

- Günstig in der Anschaffung (Kamera, Marker)
- Einfach zu implementieren
- Flexibel einsetzbar
- Robust
- Gute Performance

## Kontra

- Teilweise ungenaue Distanz
- Achsen können u.U. flippen

Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit!

## Bildquellen

[1] ArUco Dokumentation: ArUco: An efficient library for detection of planar markers and camera pose estimation,  
<https://docs.google.com/document/d/1QU9KoBtjSM2kF6ITojQ76xqL7H0TEtXriJX5kwi9Kgc/edit?usp=sharing>

[2] Setting up ArUco Library on your PC,  
<http://www.imakshay.com/markdown/?id=posts/Setting%20up%20ArUco%20on%20your%20PC.md>

[3] The Next Digit: Alphabet Inc. Wants to Sell Boston Dynamics,  
<https://thenextdigit.com/28691/alphabet-sell-boston-dynamics/>

## Paper

Alberto López-Cerón, Accuracy analysis of marker-based 3D visual localization

R. Muñoz-Salinas, F. Madrid-Cuevas, R. Medina-Carnicer, Generation of fiducial marker dictionaries using Mixed Integer Linear Programming

S. Garrido-Jurado n , R. Muñoz-Salinas, F.J. Madrid-Cuevas, M.J. Marín-Jiménez, Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion

F. Romero-Ramirez, R. Muñoz-Salinas, R. Medina-Carnicer, Speeded up detection of squared fiducial markers