CARISSMA
Automotive Safety Research

Testen von Umfeldsensoren für automatisiertes Fahren

Fabio Reway 04.09.2018

Technische Hochschule Ingolstadt

Agenda

DLR Symposium (04.09.2018, 15:25~15:45)

CARISSMA

- 15:25 – 15:30 **Einleitung / Motivation**
  - Vorstellung
  - Umfälle
  - Virtuelles Testen
  - Sensor Setup
- 15:30 – 15:40 **Testmethoden**
  - Open-loop
  - Closed-loop
  - Umfeldsimulation
  - Kamera-stimulation
  - Radar-stimulation

  Was kommt als nächstes?
  - Multisensor Testen
  - Benchmarking
- 15:40 – 15:45 **Diskussion / Fragen**

- **Einleitung / Motivation**

Fabio Reway

+49 841 9348-6462

Fabio.Reway@carissma.eu

Programmieren

C/C++ | MATLAB | Python | Objective-C | Java

Sprachen

Portugiesisch | Englisch | Deutsch | Koreanisch

Ausbildung

Mär.2009

Elektro- und Telekommunikationstechnik
Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Curitiba

Mär.2012

Elektro- und Informationstechnik
Leibniz Universität Hannover
Hannover

Apr.2015

Abschlussarbeit (Dipl.-Ing / UFPR)
Airbus & Technische Hochschule Ingolstadt
Ingolstadt

Erfahrungen

Mär.2009

Forschungsgruppe

Aug.2013

Android/iOS Softwareentwickler (Praktikant)
Travelog Pte Ltd.
Seoul

Jan.2014

Rechnernetz Softwareentwickler (Praktikant)
DATACOM
Curitiba

Okt.2015

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
CARISSMA / Technische Hochschule Ingolstadt
Ingolstadt

Motivation

Gesichertes hochautomatisiertes Fahren

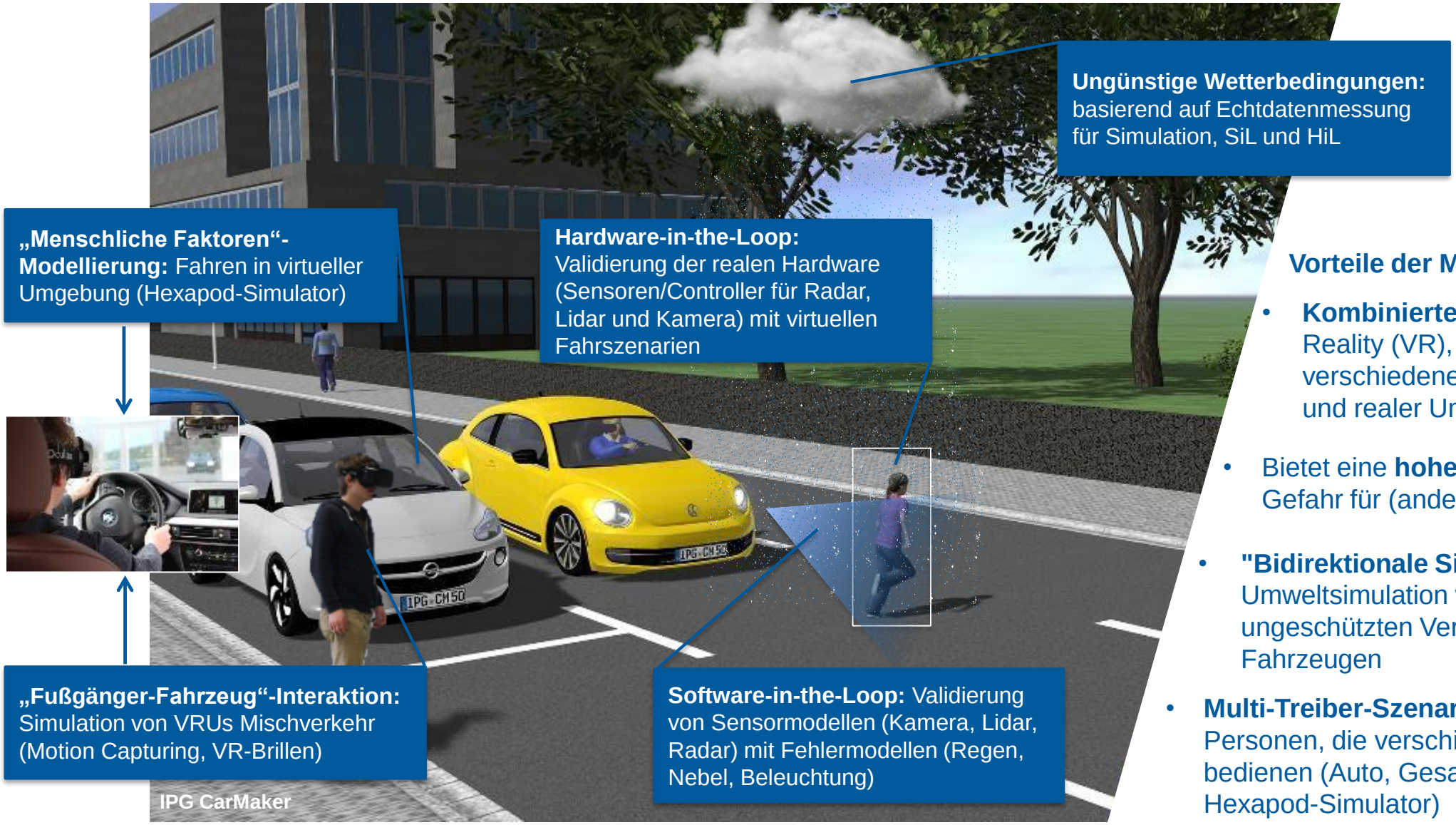
Quelle: National Transportation Safety Board, “Collision Between a Car Operating With Automated Vehicle Control Systems and a Tractor-Semitrailer Truck Near Williston, Florida”, May 2016.

Quelle: Tempe Police [Online]. Available: https://twitter.com/tempepolice/status/976585098542833666 [Accessed:09-Apr-2018].

- Die **Komplexität der Fahrszenarien** stellt eine große Herausforderung für HAF-Systeme dar [1]
- Die Validierung von HAF erfordert **Milliarden von Testfahrten**, um die Sicherheit zu gewährleisten [2]
- Optimal: **Absicherung von HAF im Labor** unter kontrollier- und reproduzierbaren Umstände (HIL)

Unsere Vision

Mixed Reality Testumgebung



Ungünstige Wetterbedingungen: basierend auf Echtdatenmessung für Simulation, SiL und HiL

„Menschliche Faktoren“-Modellierung: Fahren in virtueller Umgebung (Hexapod-Simulator)

Hardware-in-the-Loop: Validierung der realen Hardware (Sensoren/Controller für Radar, Lidar und Kamera) mit virtuellen Fahrszenarien

„Fußgänger-Fahrzeug“-Interaktion: Simulation von VRUs Mischverkehr (Motion Capturing, VR-Brillen)

Software-in-the-Loop: Validierung von Sensormodellen (Kamera, Lidar, Radar) mit Fehlermodellen (Regen, Nebel, Beleuchtung)

Vorteile der Mixed-Reality-Umgebung:

- **Kombinierter Einsatz** von Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), verschiedenen Simulationsmethoden und realer Umgebung
- Bietet eine **hohe Realitätsrate** ohne reale Gefahr für (andere) Verkehrsteilnehmer
- **"Bidirektionale Simulation"** durch Umweltsimulation von z.B. Fahrern, ungeschützten Verkehrsteilnehmern und Fahrzeugen
- **Multi-Treiber-Szenarien:** Mehrere reale Personen, die verschiedene Simulatoren bedienen (Auto, Gesamtfahrzeugprüfstand, Hexapod-Simulator)

Umfeldsensoren für hochautomatisiertes Fahren

Klassisches Setup

CARISSMA

Kamera

- Objektklassifizierung
- Fahrspurerkennung
- Verkehrszeichenerkennung
- Hohe BB erforderlich
- Relativ teuer

Radar

- Objektklassifizierung
- Wetter robust
- Geschwindigkeitsmessung
- Kostengünstig

LIDAR

- Objektklassifizierung
- High Dynamic Range
- Teuer

- **Testmethoden**

Testmethoden

Open-loop – Reale Fahrversuche

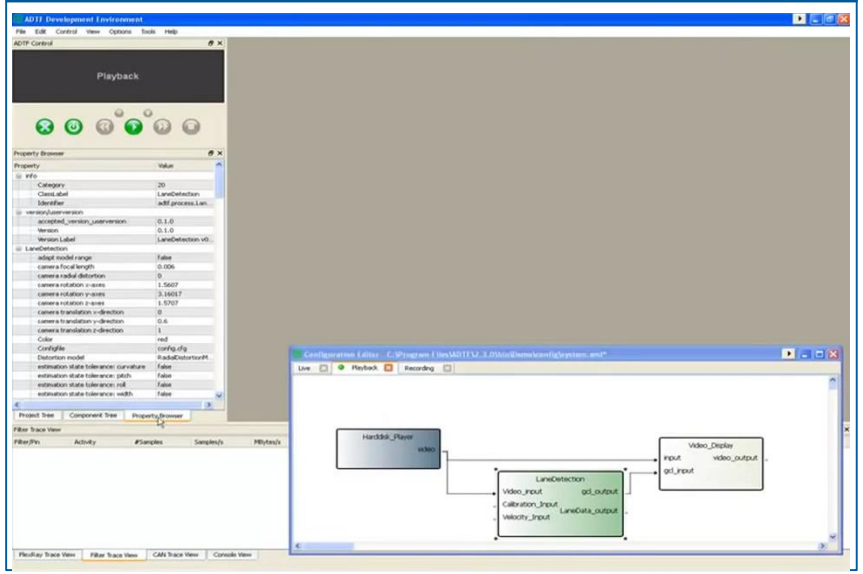
- **Hoher** Zeit- und Kostenaufwand;
- **Komplexes** Setup;
- **Unvollständige** Testabdeckung**.**

Testmethoden

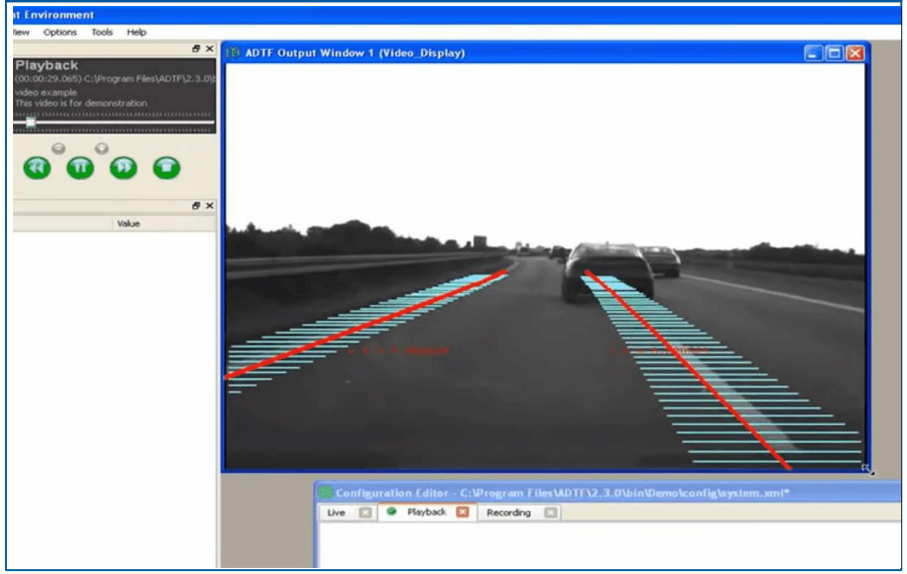
Closed-loop – Data Playback

CARISSMA

Initial Configuration



Video Playback



- Bereits etabliert, aber **unflexibel**;
- **Aufgezeichnete Ereignisse** → eingeschränkte Prüfung der Feedback-Systemen;
- Anderer Ansatz? Testhalle bzw. **Simulationsbasierte Fahrverusche**

Wetternachbildung

In der CARISSMA-Halle

echte Wetterbedingungen

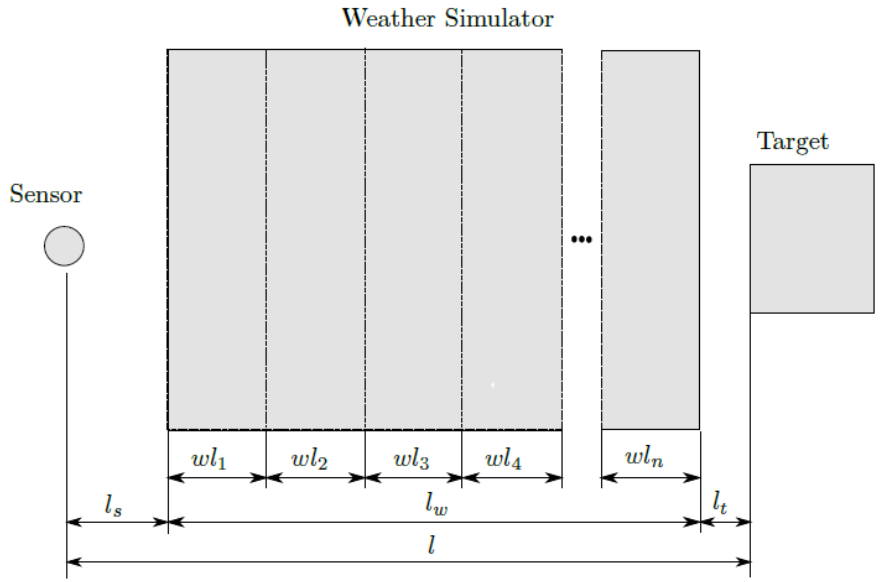
[3]

Realen Messungen als Referenz

Regensimulator

Nebelsimulator

[4]



[5]

- Simulation von **reproduzierbaren ungünstigen Wetterbedingungen** in CARISSMA;
- Messungen mit realen Sensoren (**Lidar, Radar, Kamera**) unter dem Einfluss von Regen und Nebel.

Einfluss von Regen und Nebel auf den Kamerasensor

Kamerabilder mit steigender Anzahl aktivierter Nebelschichten

Regensimulator

[4]

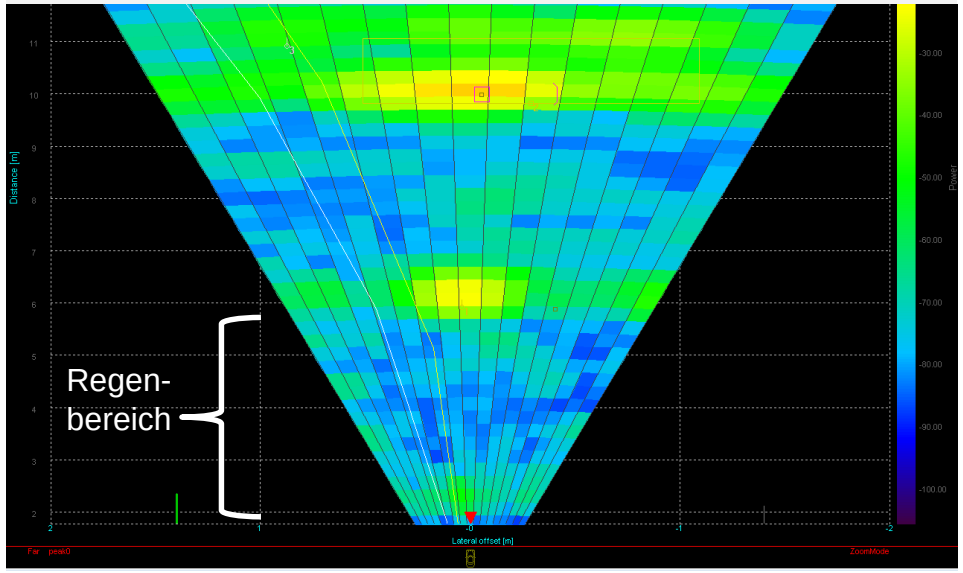
Nebelsimulator

[5]

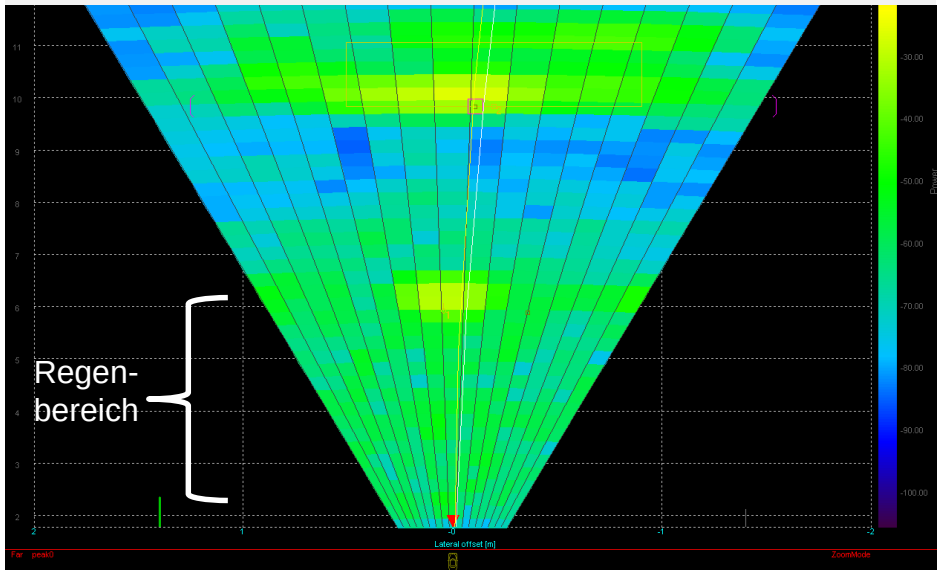
Einfluss von Regen auf den Radarsensor

Visualisierung des Regeneinflusses

Ohne Regen



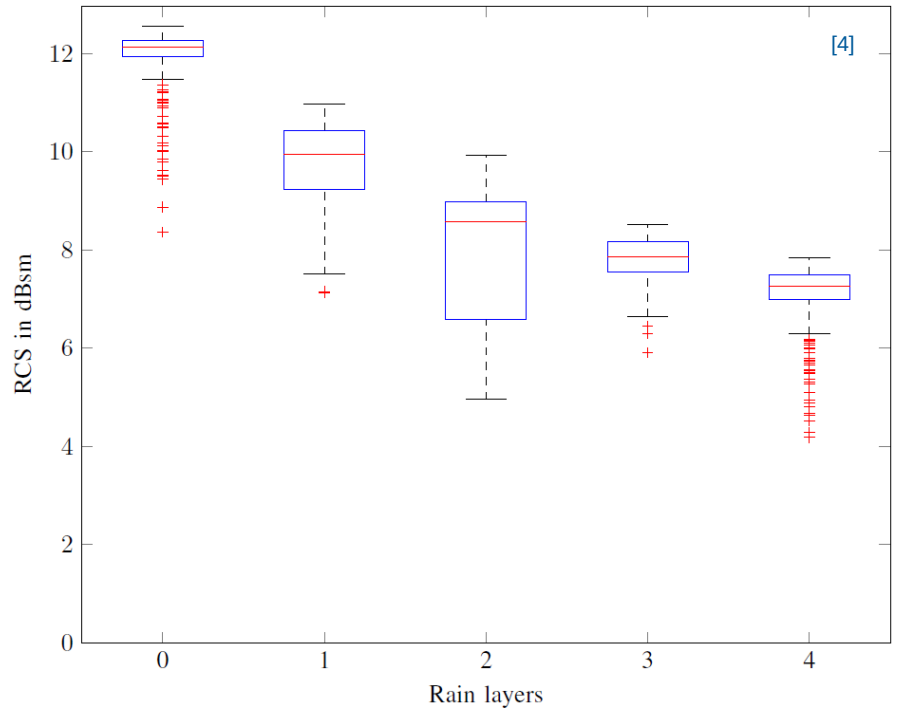
Mit Regen

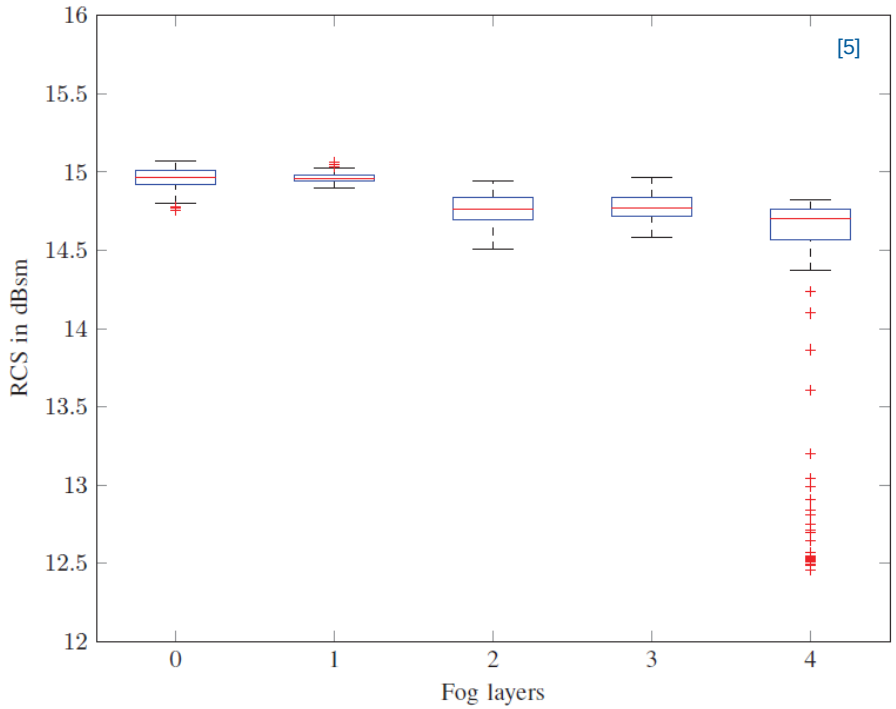


- **Erhöhte** Reflexionen;
- **Verminderte** Reflexionsintensität;
- Radargeräte sind **relativ robust** in nebliger Umgebung.

Einfluss von Regen und Nebel auf den Radarsensor

RCS-Werte mit steigender Anzahl aktivierter Regen- und Nebelschichten

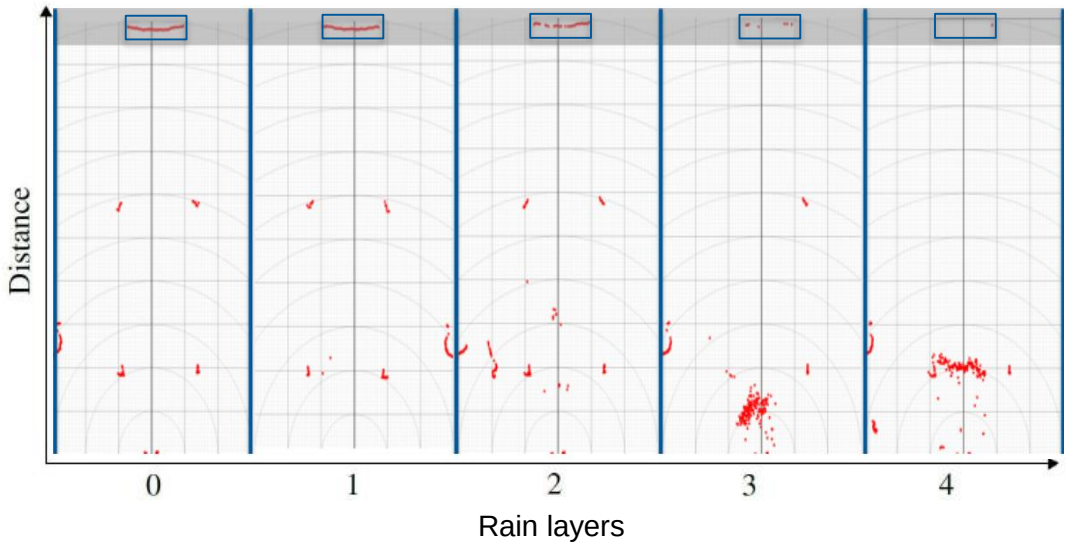




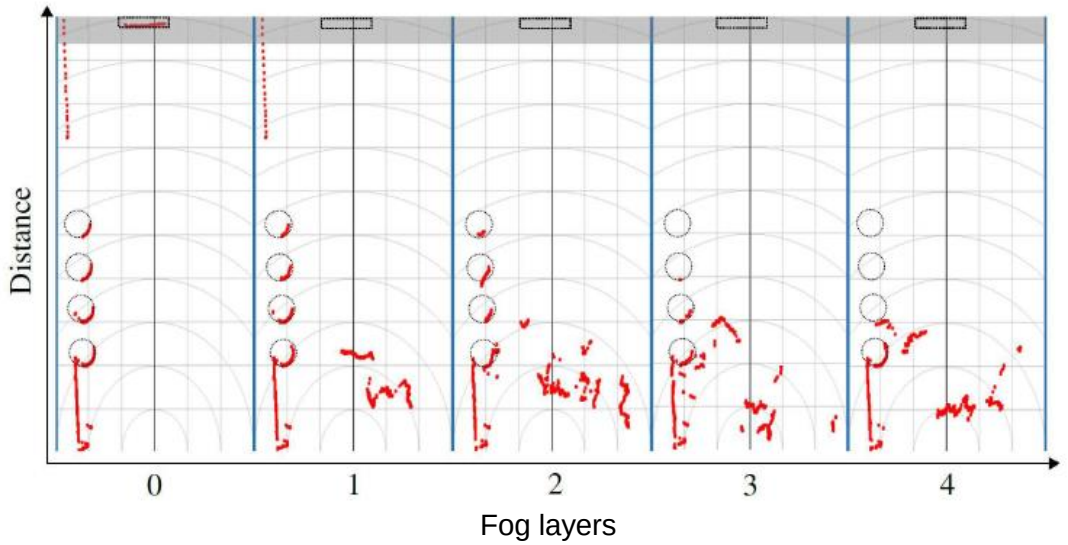
- Mit zunehmender Regenschicht **sinkt** der RCS-Wert;
- Zunehmende Nebelschichten haben **fast keinen Einfluss**.

Einfluss von Regen und Nebel auf den Lidarsensor

Laserscans mit zunehmender Anzahl aktivierter Regen- und Nebelschichten



[4]

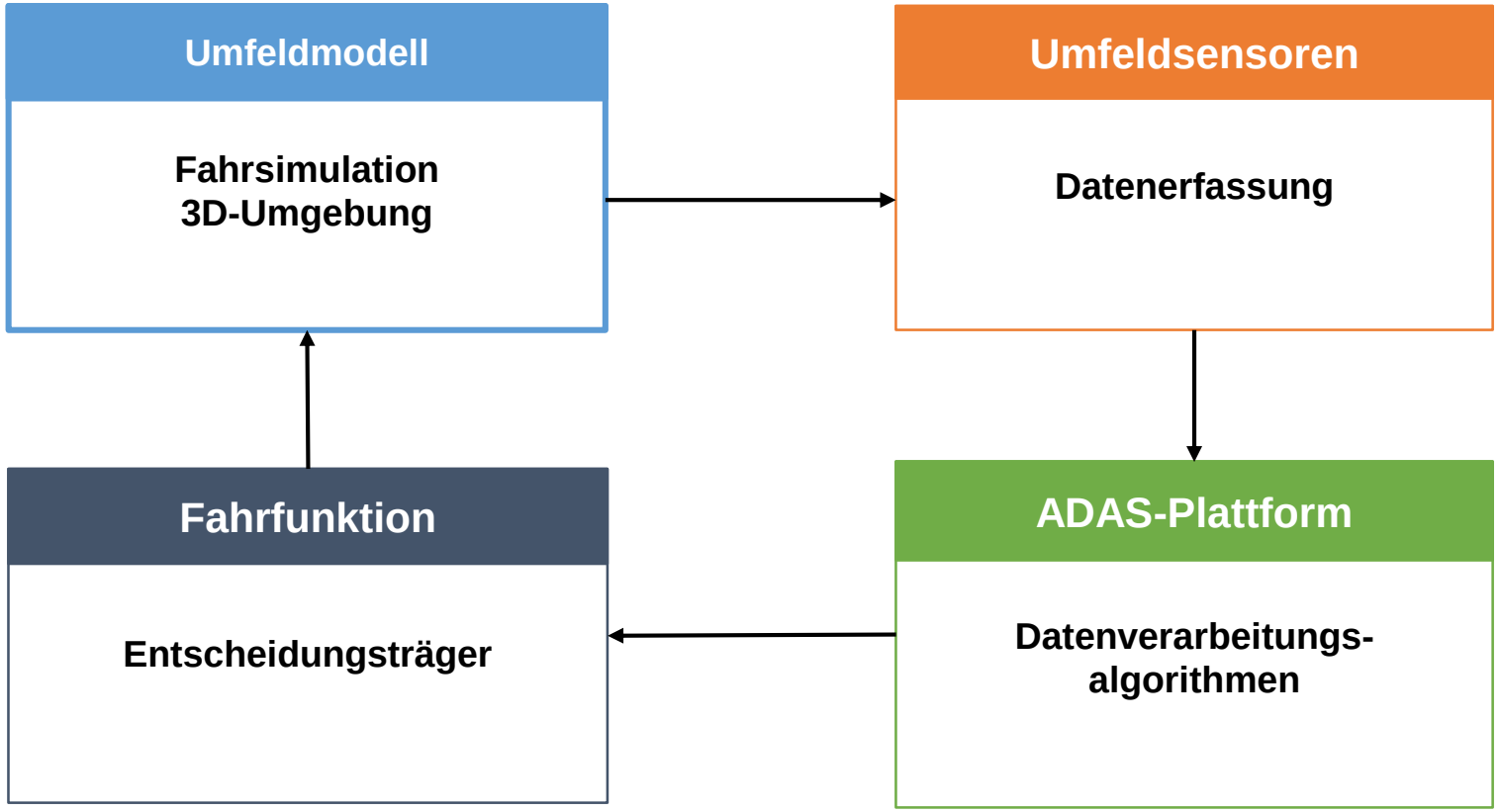


[5]

- Dichter Nebel überträgt **kein Laserlicht** auf das Zielobjekt;
- Der Einfluss auf den Sensor **ist bei Nebel stärker** als bei Regen.

Testmethoden

Closed-loop – Vier Elemente



Testmethoden

Closed-loop – Simulationssoftware (Umfeldmodell)

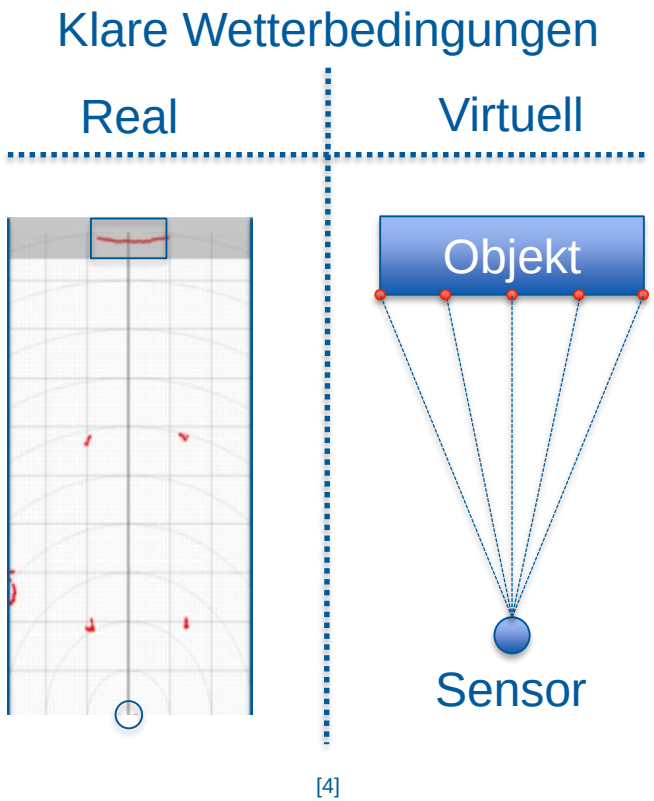
IPG CarMaker

VIRES Virtual Test Drive

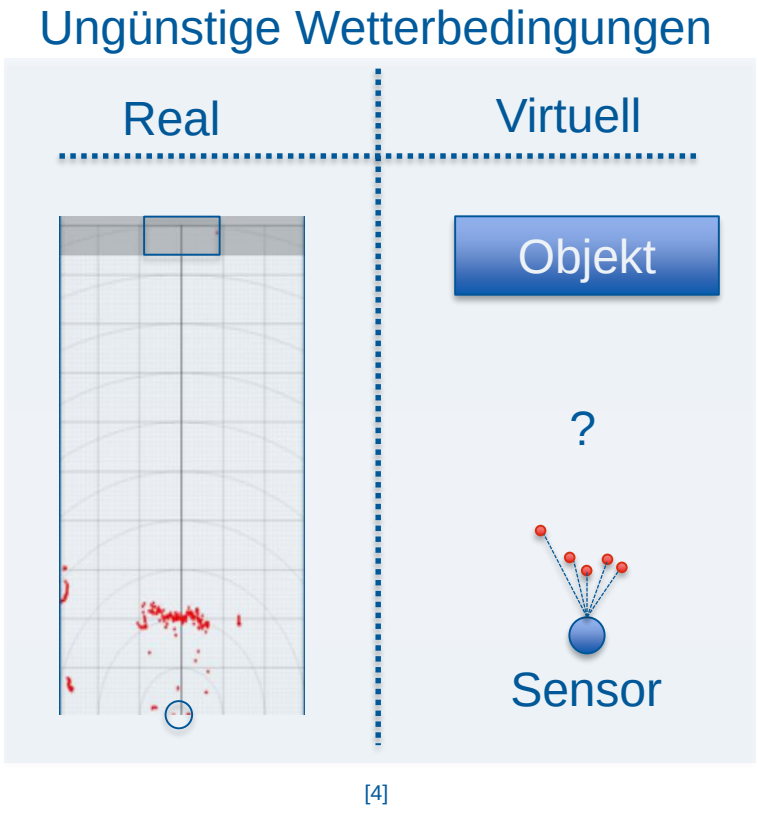
- Simulation der Fahrdynamik und Erzeugung synthetischer Bilddaten;
- Virtuelle Szenarien → Erhöht die Anzahl der möglichen **abgedeckten Testfälle**;
- Für autonomes Fahren? **Noch begrenzt**.

Weiterentwicklung der Sensormodellen

Modellierung der Witterungseinflüssen



[4]



[4]

Veränderungen in Position und Intensität!

- Wetterwiedergabe für echte Sensormessungen (Referenzdaten)
- Modellierung des Verhaltens des Sensors unter ungünstigen Wetterbedingungen

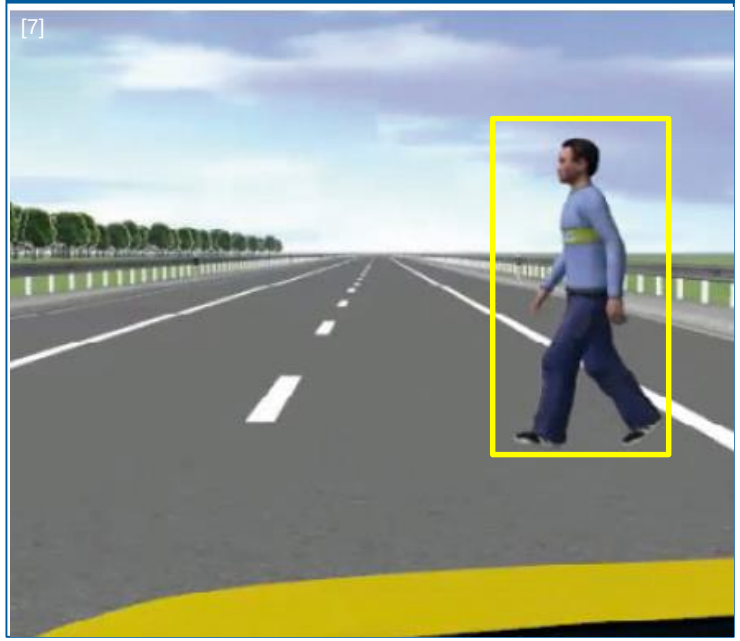
Weiterentwicklung der Grafik

Modellierung realistischer Verkehrsteilnehmer und Umgebung

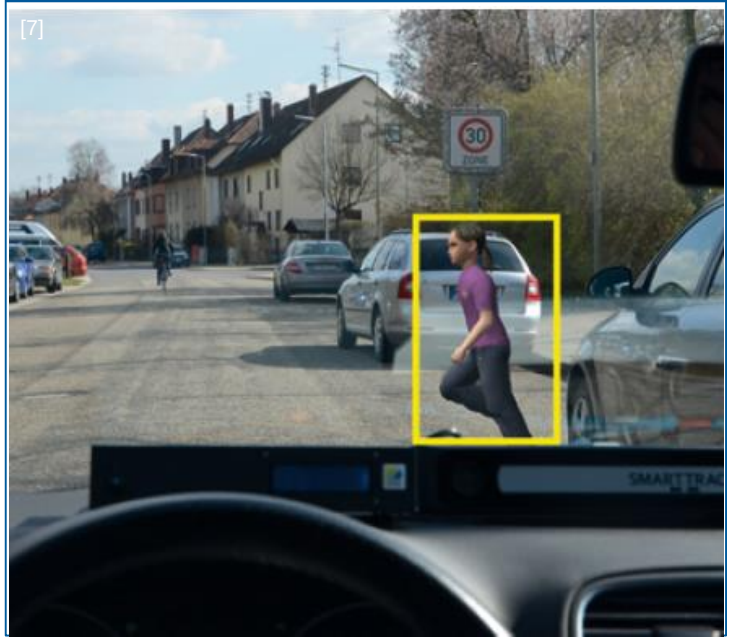
CARISSMA

Reale Testfahrten

Simulation



Mixed-Reality



Stimulation von Kamerasensoren

Closed-loop – Bilddateneinpeisung

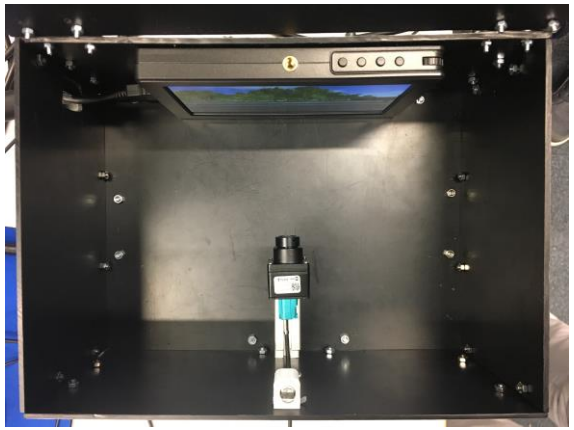
CARISSMA

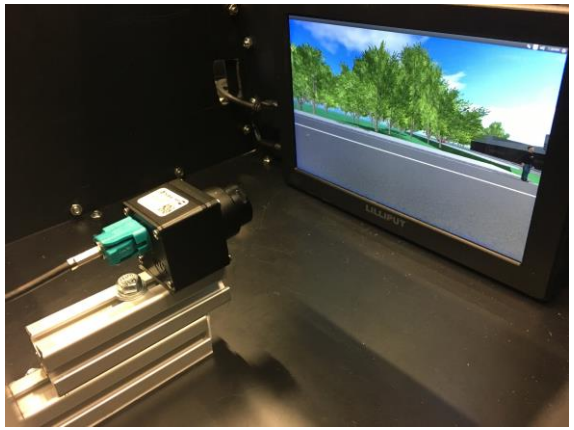
Simulation

Fahrfunktion

MATLAB
SIMULINK

Kamera-Box





Obj. Erkennung und Tracking

Frontkamera

Rückfahrkamera

Stimulation von Kamerasensoren

Closed-loop – Bilddateneinspeisung

CARISSMA

Vorderansicht	Rückansicht	Seitenansicht

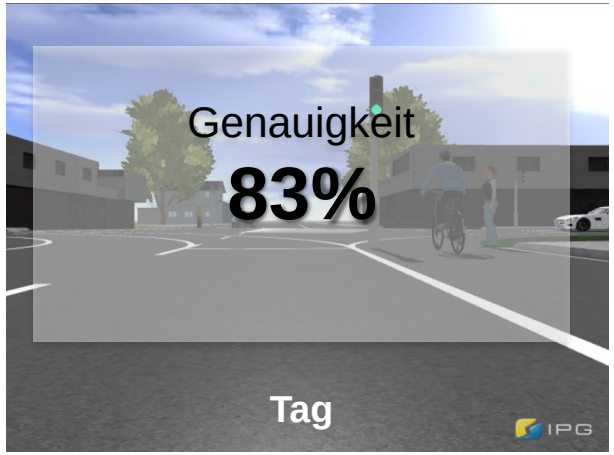
[6]

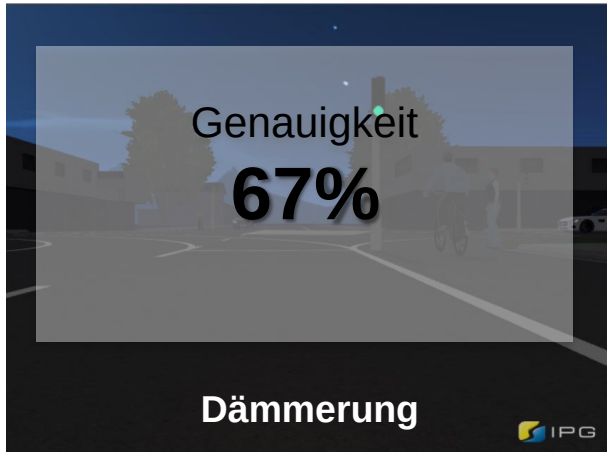
- **Unterschiedlichen Perspektiven** aus dem Egofahrzeug;
- **Mehrere** reale Kamerasensoren in der Schleife: "**Sensor-in-the-Loop**".

Variationen für Kamerasensoren

Umgebung und Wirkung auf die Kameralinsen

Umgebung

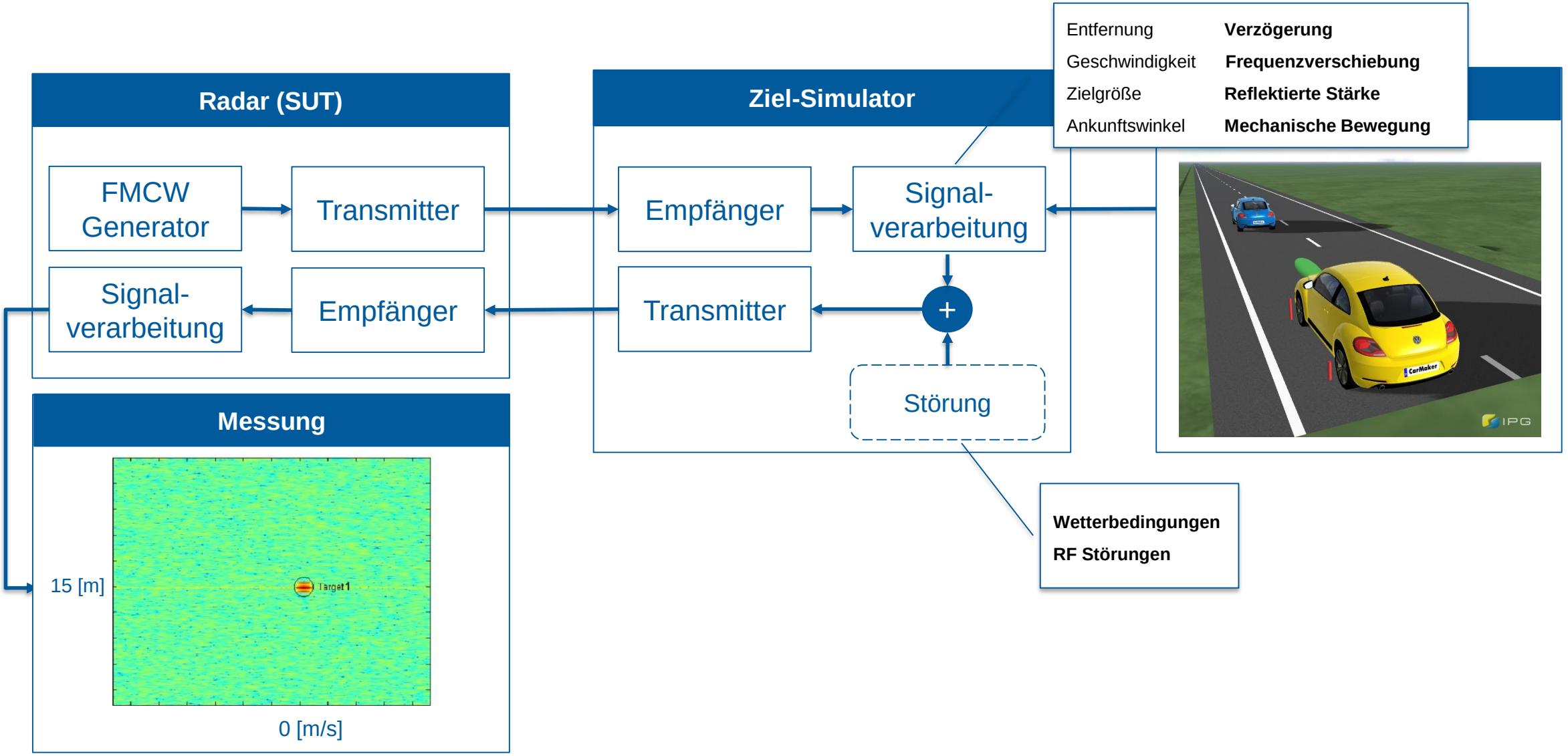




Wirkung auf die Kameralinsen

Stimulation von Radarsensoren

Radar Ziel-Simulator



- **Was kommt als nächstes?**

Multisensor-Plattform

Test und Benchmarking

CARISSMA

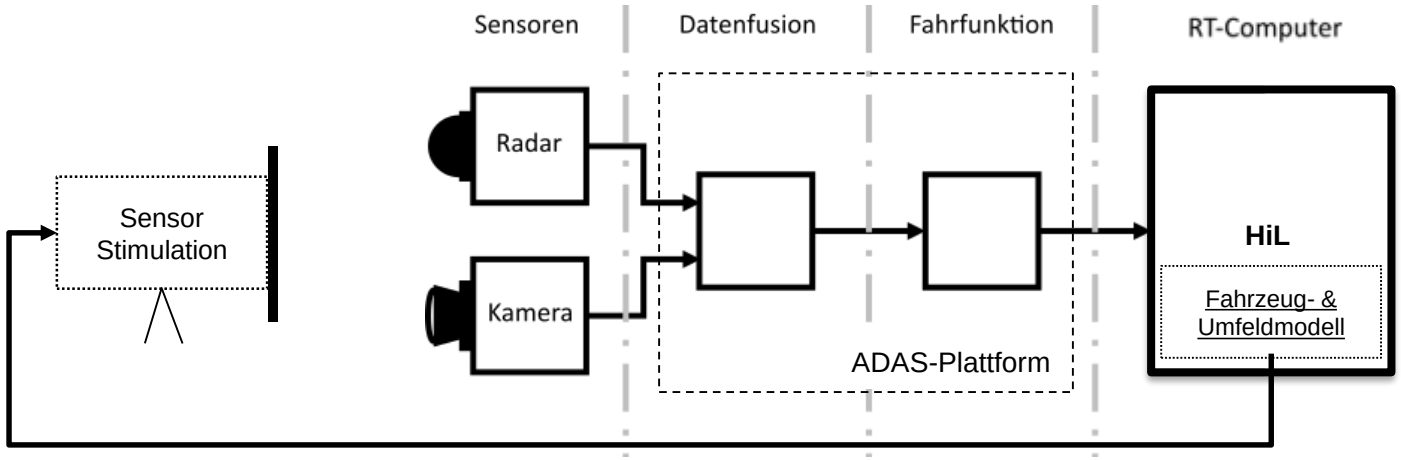
Aktueller Stand

- *Open-loop*: Reale Fahrversuche auf der Straße.
- *Closed-loop*: Playback von bereits erfassten oder idealen Sensordaten [8], [9]; Stimulation einzelner Sensoren [8], [10], [11].

Unser Vorhaben

- Aufbau einer **modularen Sensorkette**, die durch eine Simulation stimuliert wird.
- Prüfung einzelner Komponenten, wenn der Rest konstant bleibt.
- Vergleich **verschiedener HW/SW**-Komponenten

  → **Benchmarking**



Referenz

[1] Hasirlioglu, S., Kamann, A., Doric, I. and Brandmeier, T., “Test methodology for rain influence on automotive surround sensors” in 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), November 2016.

[2] Mauerer, M., Gerdes, J. C., Lenz, B., Winner, H. “Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects”. 2016, p. 439-442

[3] Hasirlioglu et al., "Modeling and Simulation of Rain for the Test of Automotive Sensor Systems," *2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*

[4] Hasirlioglu et al., "Test methodology for rain influence on automotive surround sensors," *2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*

[5] Hasirlioglu et al., “Reproducible fog simulation for testing automotive surround sensors,” in 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC)

[6] Reway et al, “Test Methodology for Vision-Based ADAS Algorithms with an Automotive Camera-in-the-Loop” in 2018, 20th IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES)

[7] IPG, https://ipg-automotive.com/fileadmin/user_upload/content/Download/Print/IPG_Automotive_Brochure_Solutions_for_Testing_Camera-Based_ADAS_EN.pdf

[8] Nentwig, M., Stamminger, M., "Hardware-in-the-Loop Testing of Computer Vision Based Driver Assistance Systems", IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2011.

[9] Bock, T., Vehicle in the Loop - Test- und Simulationsumgebung für Fahrerassistenzsysteme, Audi/INI.TUM, 2008.

[10] Weiskopft, M., Wohlfahrt, C., Schmidt, A., "Integrationslösung zur Absicherung eines realen Radarsensors im Systemverbund mit der Hardwarein- the-Loop Testtechnologie", 2015.

[11] Engelhardt, M., Pfeiffer, F., Biebl, E., "A high bandwidth radar targetsimulator for automotive radar sensors", Radar Conference (EuRAD), 2016 European, 2016.

- **Diskussion**