



SMARTePARK

smart. electric. parking.





Projektüberblick



- Förderung im Rahmen von Smart Mobility durch das **Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg** und das **Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg**
- Laufzeit
 - **3,3 Jahre**
 - 01.11.2018 – 28.02.2022
- Rechtliche Begleitforschung
- Nutzung des Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT,
FORSCHUNG UND KUNST



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR VERKEHR

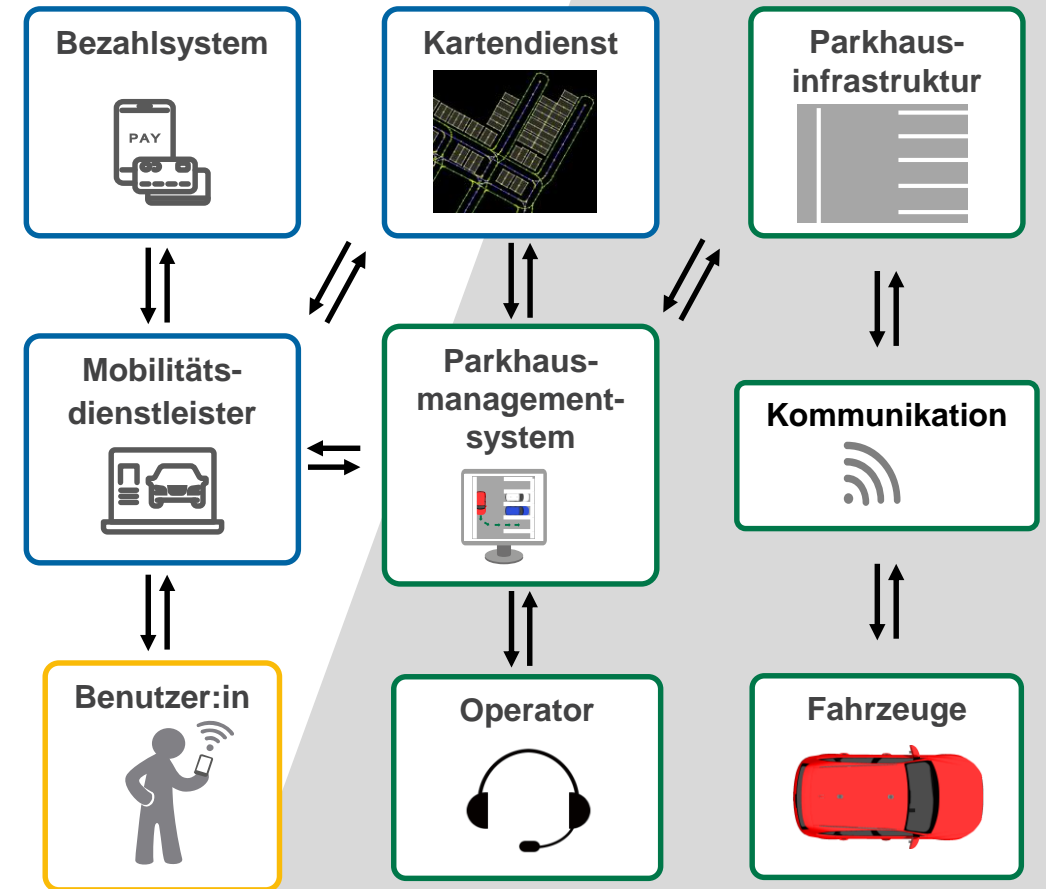


Ziele und Herausforderungen

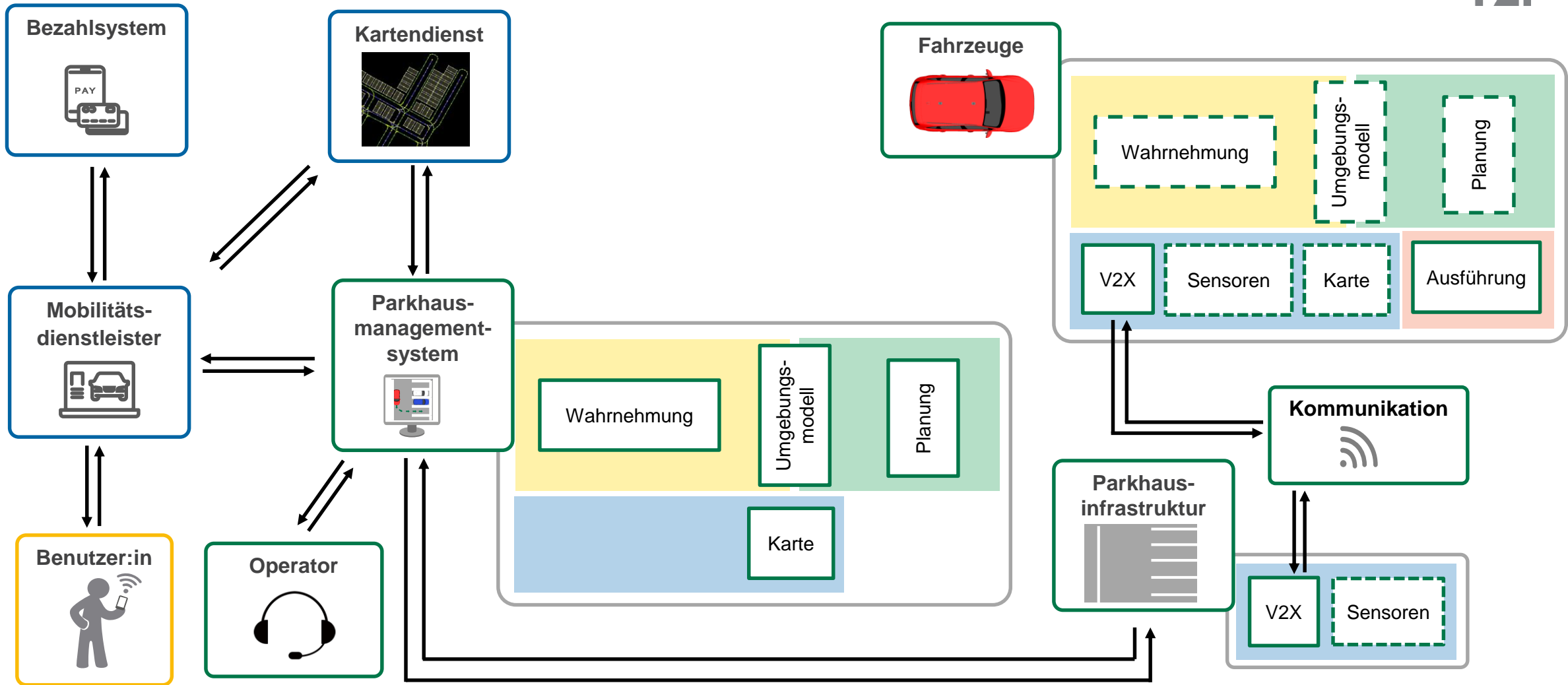
- Automatisiertes Valet Parking (AVP)
 - Reduzierung des Parksuchverkehrs
 - Entlastung der Innenstädte
 - Automatisiertes Laden
 - Erweiterung des Car-Sharings
- Herausforderungen
 - Verschiedene Hersteller und Anbieter
 - Wandel vom manuellen zum automatisierten Fahren

➡ AVP für Fahrzeuge verschiedener Automatisierungsgrade

➡ Evaluation von Standards



Verteilung der Funktionalität



Verteilung der Funktionalität

Aufbau des Automated Valet Parking (AVP) Systems aus Parkmanagementsystem und (teil-) automatisierten Fahrzeugen

		I_1	I_2	I_3	I_4
Comm.	V2X	V / P	V / P	V / P	V / P
Environment	Sensors	V	V / P	V / P	P
	Parking Space Occ.	V / P	P	P	P
	Objects, free space	V	V / P	V / P	P
	Map	V	V / P	P	P
Localization and Odometry		V	V	V	V / P
Planning	Assignment	P	P	P	P
	Mission	V	P	P	P
	Maneuver	V	V	P	P
	Trajectory	V	V	V	P
Execution	Emergency Stop	V	V	V	V
	Control	V	V	V	V
	Actuators	V	V	V	V


Mindestanforderung an Fahrzeuge

- Aktuatoren
- Notstopp-System



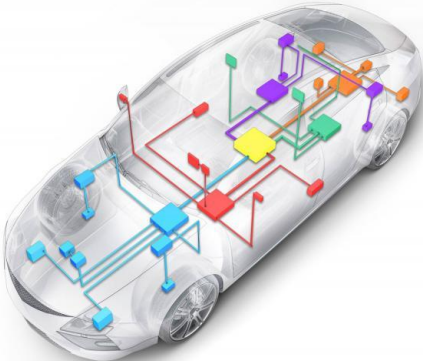
Funktionale Sicherheit

Verschiedene Systemvarianten
(SAE Level des Fahrzeuges)

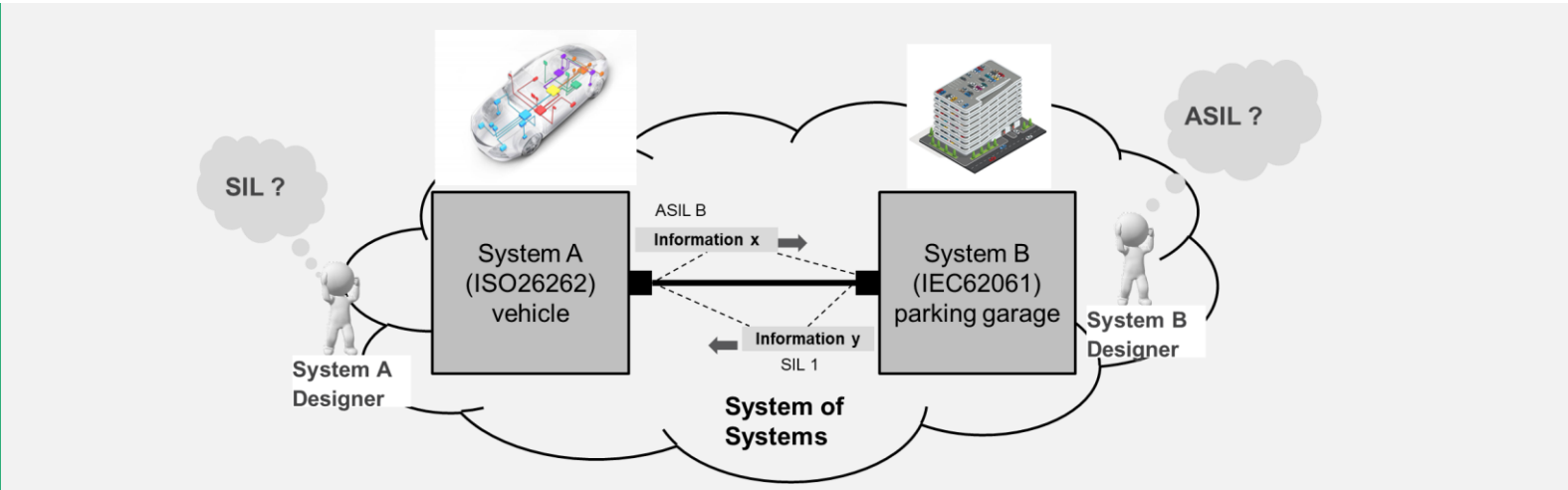


SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION

	SAE LEVEL 0	SAE LEVEL 1	SAE LEVEL 2	SAE LEVEL 3	SAE LEVEL 4	SAE LEVEL 5
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering.			You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in "the driver's seat".		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety.			When the feature requests, you must drive.	These automated driving features will not require you to take over driving.	
What do these features do?	These are driver support features			These are automated driving features		
	These features are limited to providing warnings and momentary assistance.	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver.	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver.	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met.		
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur 	<ul style="list-style-type: none"> • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

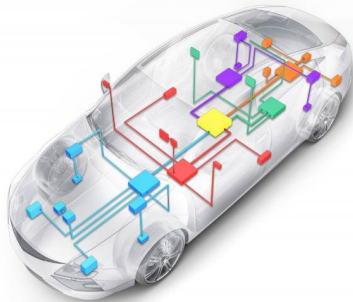


Einbezug von verschiedenen Standards (Safety Normen)



Analyse der funktionalen Sicherheit:

- Hazard and Risk Analysis (HARA)
- Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)
- Analyse von Relationen zwischen den Gefahren, Safety Goals, Situation und Fehlfunktionen



➔ Ableitung von Safety Mechanismen

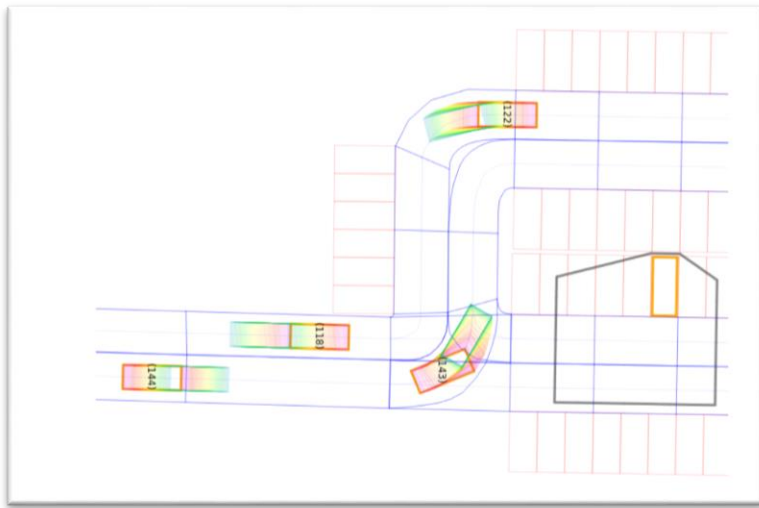
- Kontinuierliche Überwachung der Kommunikation zwischen Parkhausmanagementsystem und Fahrzeugen
- Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit für das autonome Fahrzeug
- ...

➔ Ableitung von Handlungsempfehlungen

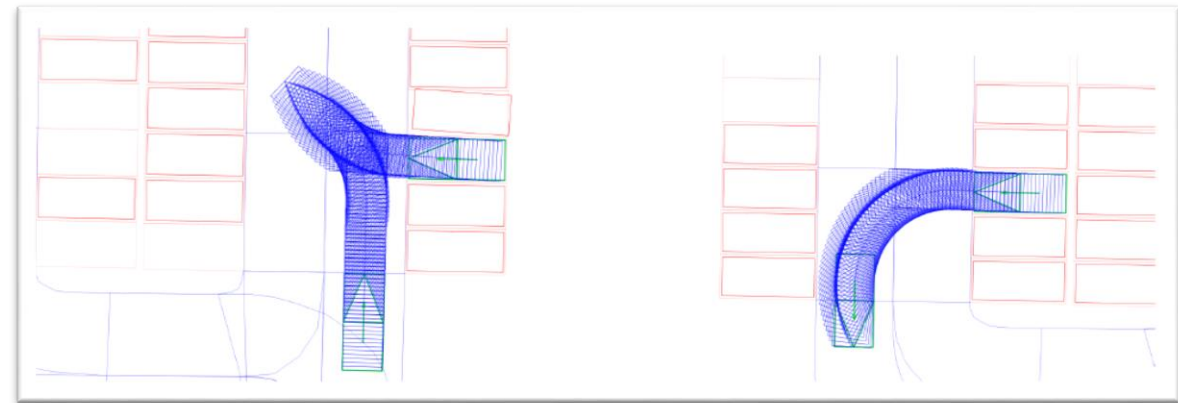
- Nutzung von Safety Contracts an Informationsschnittstellen zwischen Parkhaus und Fahrzeug
- ...

Koordination der Fahrzeuge

- Optimierte Parkplatz Zuweisung mittels Mixed Integer Linear Programming
 - Optimierung nach Ladezustand, zurückgelegte Distanz, ...
- Individuelle Routen- und Trajektorienplanung für jedes Fahrzeug
- Fahranweisungen zugeschnitten auf Automatisierungsgrad des Fahrzeugs

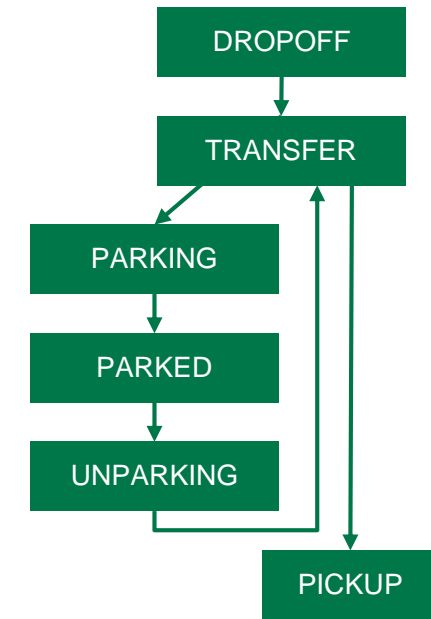


[3]



[3]

[3] Schörner, Philip, et al. "Park my Car! Automated Valet Parking with Different Vehicle Automation Levels by V2X Connected Smart Infrastructure." 2021 IEEE International Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)



Konzepte zur geteilten Umgebungswahrnehmung

Zwischen verschiedenen Akteuren



Zentrale Fusion (Late Fusion)

- Versenden von Sensordaten
- Fusion der Sensordaten beim Empfänger

+ keine Abstraktion, optimale Präzision
+ hohe Rechenkapazität im PMS

- Verfügbarkeit von Rohdaten, Sensorabhängigkeit
- Schlechte Skalierbarkeit
- Kommunikation: Datenmenge, Protokolle

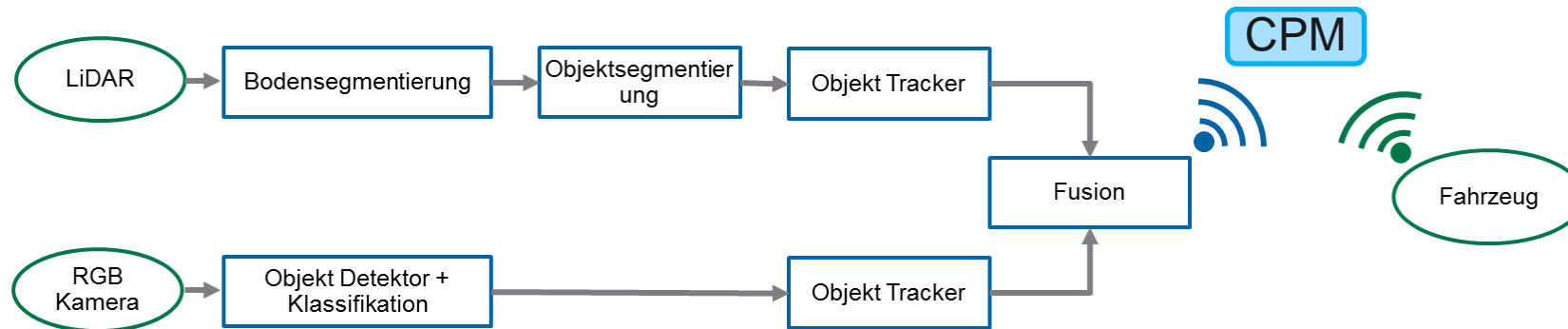
Verteilte Fusion (Early Fusion)

- Direkte Verarbeitung der Sensordaten
- Versenden von abstrahierten Informationen
- Fusion der abstrahierten Informationen beim Empfänger


- Abstrahierte Information

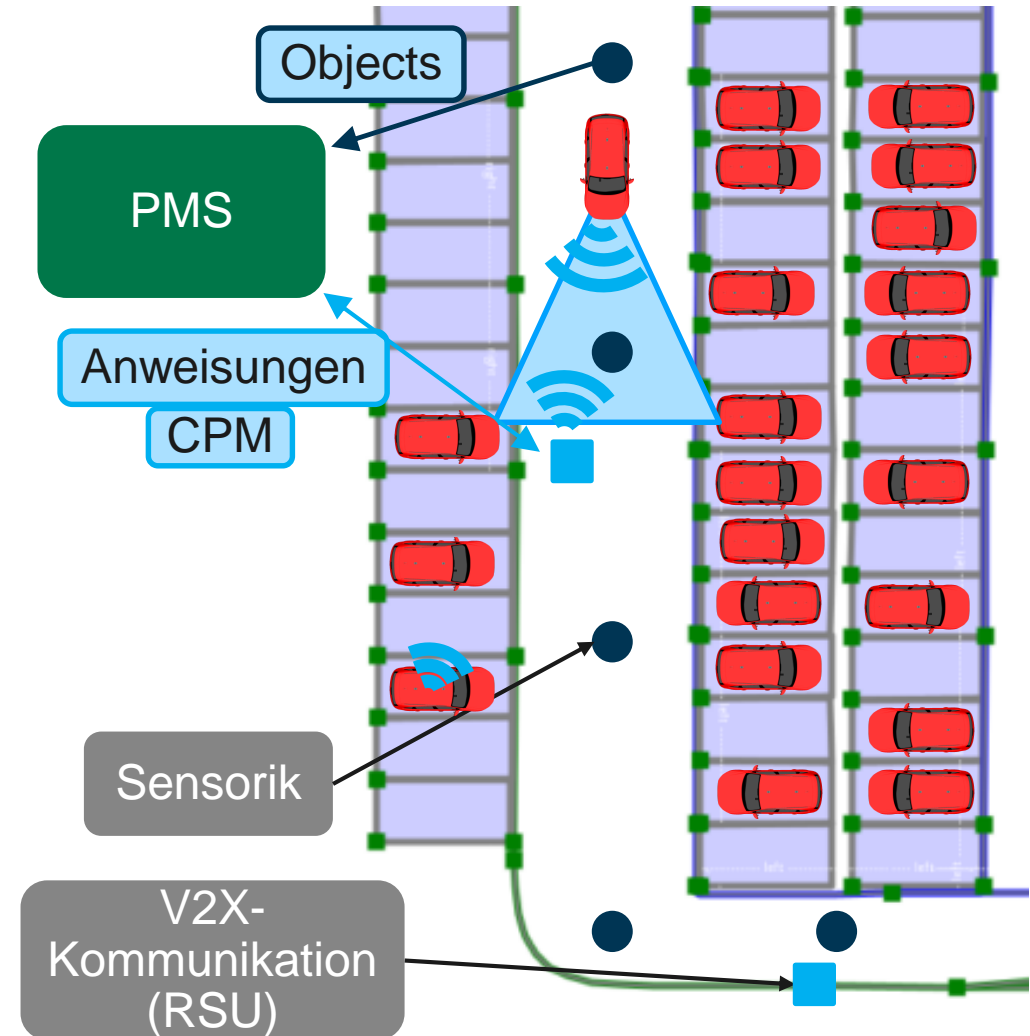
- + Flexibilität, Sensorunabhängigkeit
- + Skalierbarkeit
- + Kommunikation: geringe Datenmengen, ETSI standardisierte Protokolle

Konzepte zur Fusion von Sensorinformationen

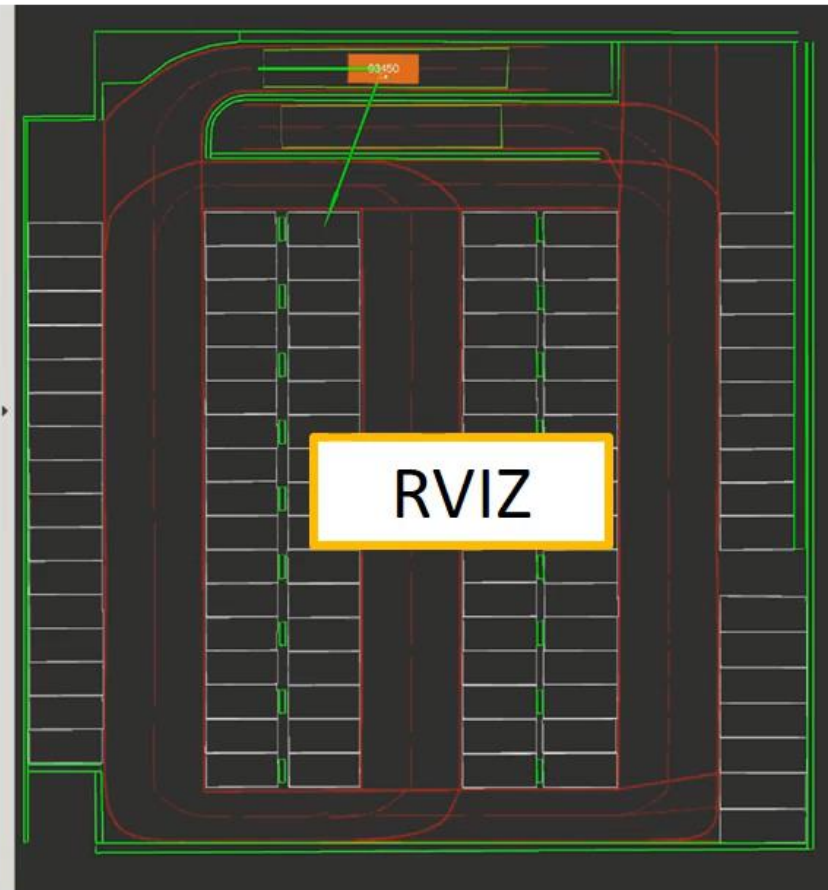
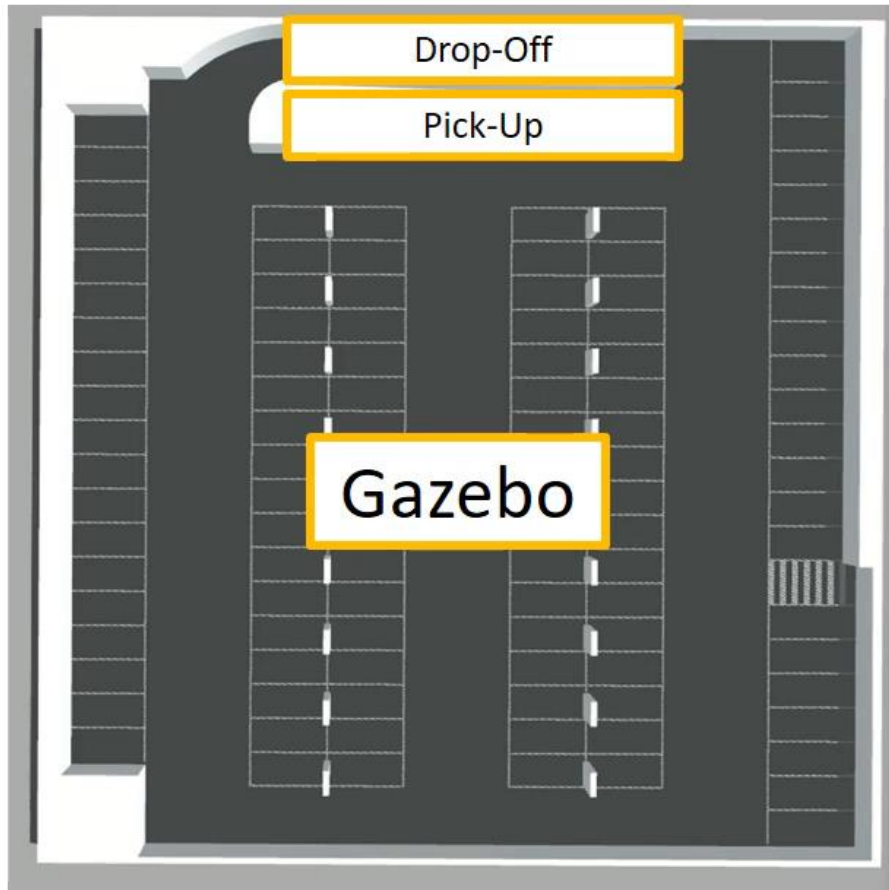


Austausch von Informationen

- WLAN 802.11p 
- Erkannte Objekte werden mittels Cooperative Perception Messages (CPM) ausgetauscht
- Reichweite und Bandbreite ausreichend aber begrenzt
 - Datenmenge und Sendefrequenz abhängig von Fähigkeiten und Anzahl der Fahrzeuge
- Neue Nachrichtenstandards notwendig für Fahrzeuginformationen und Fahrhinweise im Bereich des AVP
 - High-Level: Parkplatz, Route
 - Low-Level: Trajektorie
 - Zustand: Pose, Ladezustand, ...



Entwicklungsbegleitende Evaluation in Simulation



➔ Konzepte

- Machbarkeit
- Übertragbarkeit
- Skalierbarkeit

➔ Nutzen

- Hardware / Software-in-the-Loop
- Verschiedene Verteilungen der Intelligenz
- Steigerung der Auslastung verfügbarer Ladeinfrastruktur

Zusammenfassung

- Aufteilung der Funktionen des AVP Gesamtsystems
- Analyse der funktionalen Sicherheit des System of Systems
- Konzepte für intelligente und optimierte Koordination der Fahrzeuge
- Konzepte für Fusion von Umgebungsinformationen verschiedener Sensortypen
- Konzepte für Fusion von Umgebungsinformationen verschiedener Akteure
- Erkenntnisse über und Erweiterungen von Kartenformaten und Kommunikationsprotokollen
- Simulative und reale Erprobung
- Fortlaufende Veröffentlichung und Verbreitung der Ergebnisse auch nach Projektende

- Anschließende Fragestellungen:
 - Großflächig angelegte Realerprobung
 - Schritte zur Realisierung (Gestaltung Parkanlagen, Sensorausstattung, minimale Anforderungen an Fahrzeuge, ...)

Kontakt



FZI Forschungszentrum Informatik

Philip Schörner, M.Sc.

Haid-und-Neu-Str. 10-14
76131 Karlsruhe

+49 721 9654 - 366
schoerner@fzi.de

www.fzi.de

