



FORSCHUNGSINITIATIVE  
**K O - F A S**

# **Ko-TAG**

## **Kooperative Transponder-Technologie für präventive Fahrzeugsicherheitsanwendungen**

Dr. Daniel Schwarz

BMW Group Forschung und Technik

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Partner

FORSCHUNGSINITIATIVE  
K O - F A S

**BMW Group**  
Forschung und Technik



**Continental**



**DAIMLER**

**Fraunhofer**  
IIS

**Fraunhofer**  
Heinrich-Hertz-Institut

**st w** Steinbeis Transferzentrum Embedded Design und Networking  
Steinbeis Innovationszentrum Embedded Design und Networking  
Duale Hochschule Lörrach

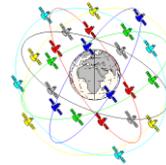
**TUM** **HST**

- Was ist kooperative Sensorik?
- Technologie
- Ziele von Ko-TAG
- Funktionen
  - Schutz verletzlicher Verkehrsteilnehmer (VRUs)
  - Rundumsicherheit
  - Eigenlokalisierung
- Zusammenfassung



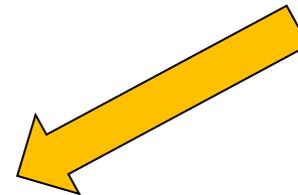
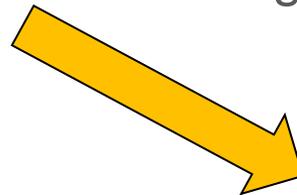
## Bordautonome Fahrumfelderfassung:

- + Exakte relative Positionsbestimmung
- + Plausibilisierung von kommunizierten Daten durch eigene Messung

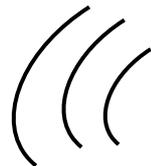


## Kommunikation:

- + Klassifikation
- + Übertragung von Informationen, die nicht direkt gemessen werden können
- + Datenübertragung auch ohne Sichtverbindung möglich



## Kooperative Sensorik

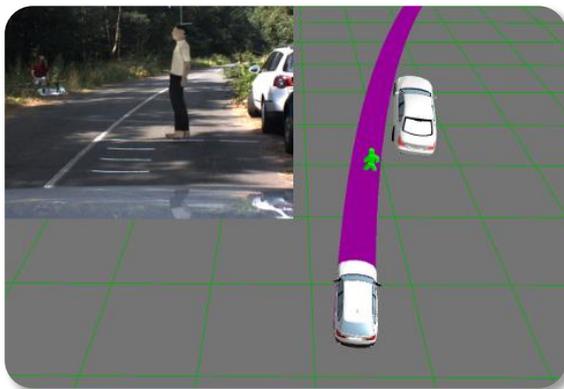


# Kooperative Sensorik Grundlagen

- Kooperative Sensorik ortet kooperative Objekte, auch bei Sichtverdeckung



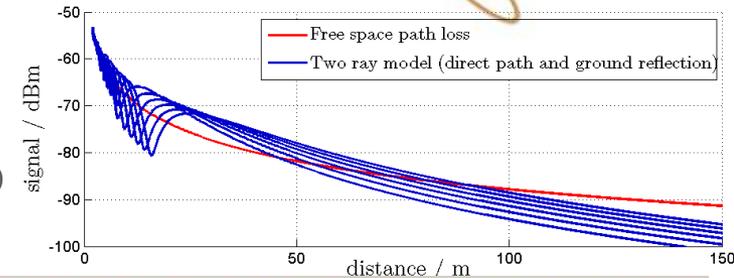
- SafeTAGs werden von Ortungseinheiten im Fahrzeug geortet.



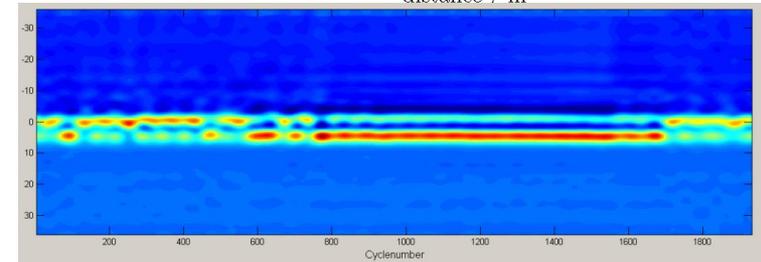
- Durch gleichzeitige Kommunikation werden relevante Daten übertragen

- Weiterentwicklung von kooperativen Ortungstechnologien
- Fusion der Ko-TAG Sensordaten mit weiteren Sensordaten
- Integration von Beschleunigungssensoren auf den TAGs
- Erweiterte Bewegungsmodelle für verschiedene Verkehrsteilnehmer
- Umsetzung von Assistenzsystemen zum Schutz verletzlicher Verkehrsteilnehmer und zur Fahrzeugsicherheit
- Adressierung von Sondersituationen
- Frequenzwahl und Protokollentwicklung
- Industrialisierung und Standardisierung
- Wirtschaftliche Optimierung (Kosten, Bandbreite, Performance)

Interferenz durch Mehrwegeausbreitung  
→ Signalauslösung z.B. durch Bodenecho



Begrenzte Bandbreite  
→ Begrenzte Mehrwegegetrennfähigkeit



Design und Integration  
→ Kleine Antennenabmessungen



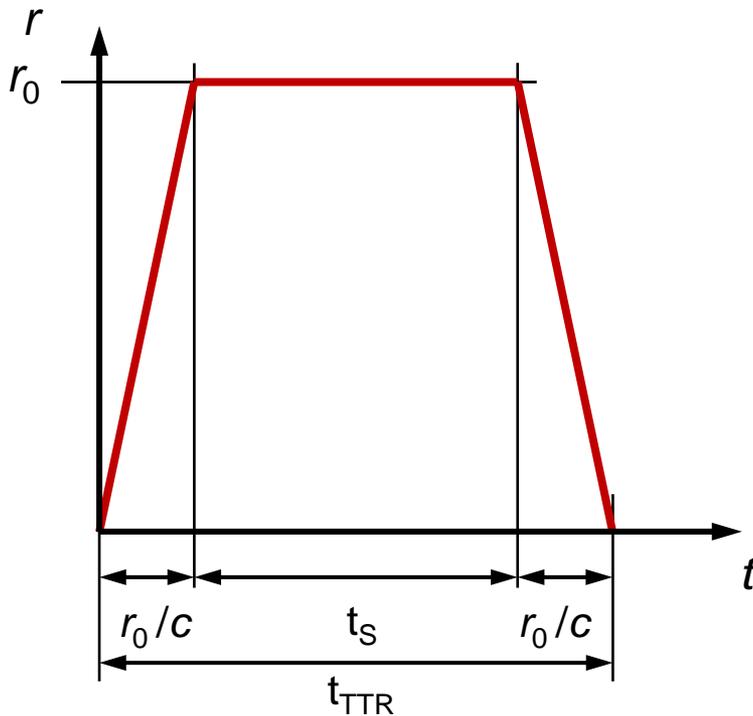
Synergien mit existierenden Standards  
→ Nutzung von Car2X Technologie für Ortungssystem

# Technologie Kooperative Ortung

FORSCHUNGSINITIATIVE  
K O - F A S



# Technologie Kooperative Abstandsmessung



$c$  : Lichtgeschwindigkeit  
 $r_0$  : Abstand  
 $t_s$  : Schutzzeit (variabel)  
 $t_{TTR}$  : Gesamtlaufzeit (time-to-return)

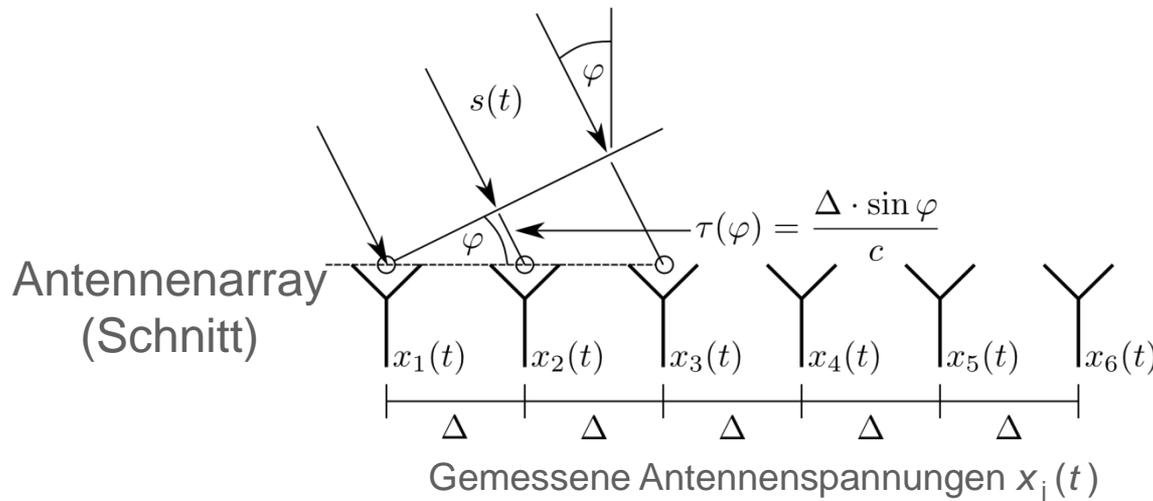
## Abstandsberechnung

$$r_0 = c_0 \frac{t_{TTR} - t_s}{2}$$

# Technologie Kooperative Winkelmessung



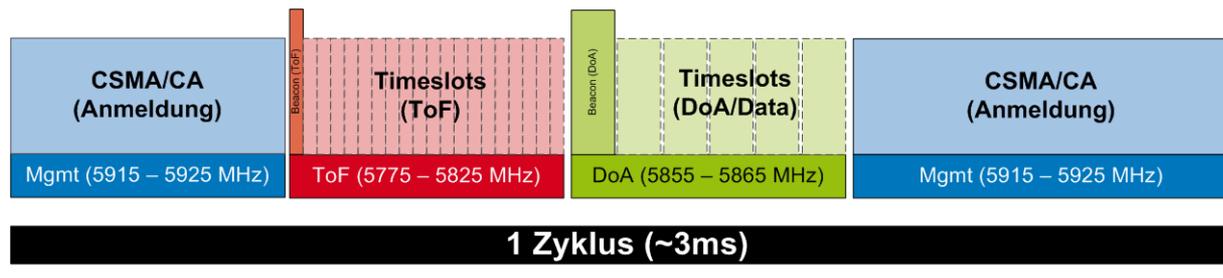
Einfallende  
Transponderantwort



$\varphi$ : Einfallswinkel  
 $\Delta$ : Antennenabstand  
 $\tau(\varphi)$ : Zeitunterschied („Gangunterschied“) der Signale zwischen benachbarten Antennen

Nutzung von 3 Kanälen:

- Management-Kanal (Anmeldung von SafeTAGs, Vergabe von Zeitschlitten)
- DoA-Kanal zur Winkelmessung und Datenübertragung
- ToF-Kanal zur Abstandsmessung

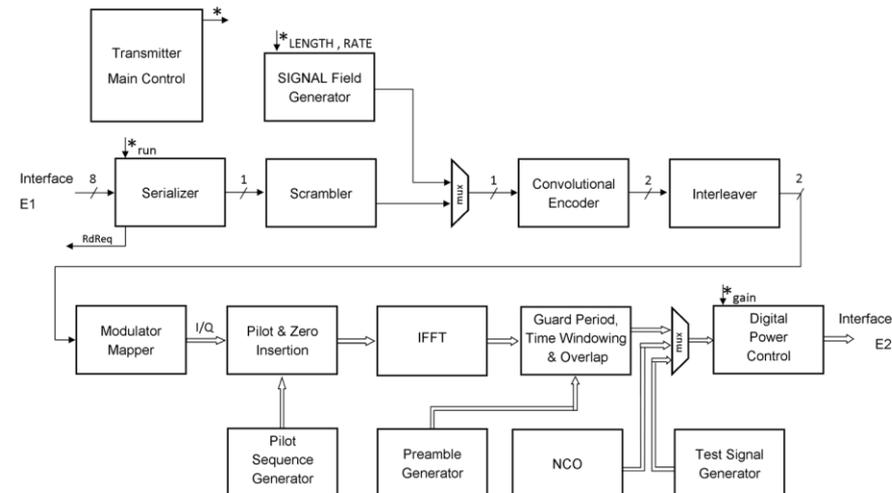


Eigenschaften:

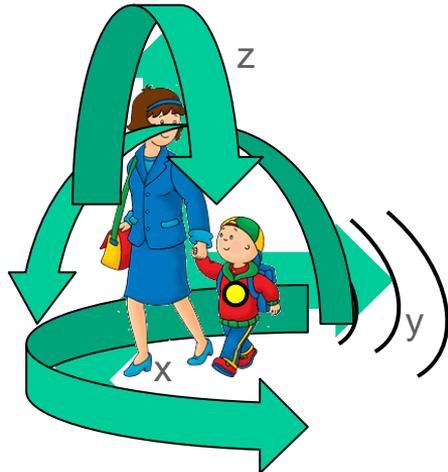
- Unterstützung von dynamischen Topologien
- Zeitliche Trennung von Abstands- und Winkelmessung
- Selektive Abfrage von SafeTAGs möglich

Nachbildung im Simulator für eine frühzeitige Evaluierung

- Realisierung einer zuverlässigen Funk-Datenkommunikation zwischen Fahrzeugen (OBU) und Transpondern (Tag)
- Einbettung in das Ko-TAG Systemkonzept
- Nutzung von standardisierten Übertragungsmethoden (IEEE802.11p)



Sensoren auf Ko-TAG Transponder:



- 3-Achsen Drehratensensor
- 3-Achsen Beschleunigungssensor
- 3-Achsen Magnetfeldsensor

Sensordaten werden teilweise im SafeTAG teilweise in der Ortungseinheit verarbeitet:

- Klassifikation der Bewegungssituation (stehen, gehen, laufen...)
- Erkennung von schnellen Änderungen in der Bewegungsrichtung
- Optimierte Objektverfolgung

# Technologie Ortungseinheit

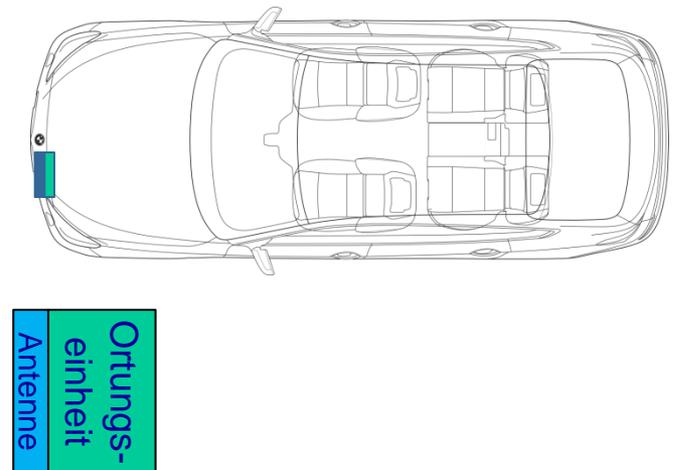
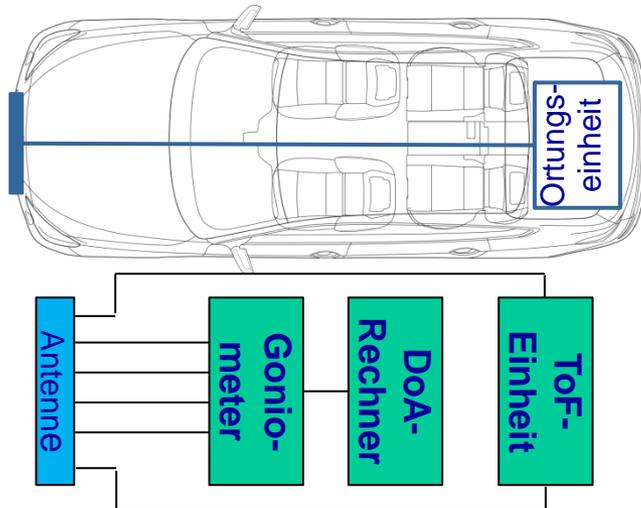
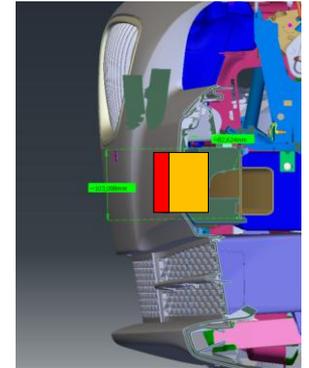
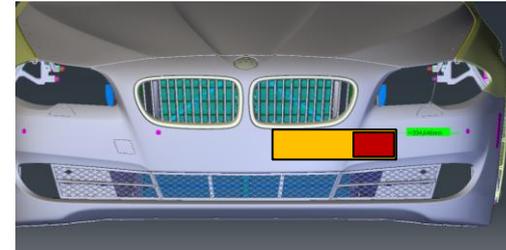
AMULETT  
Scheibenantenne



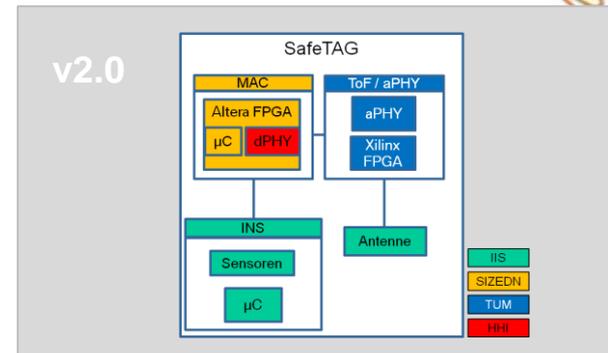
Ko-TAG v1.0  
Stoßstangenantenne



Ko-TAG v2.0  
Stoßstangenantenne



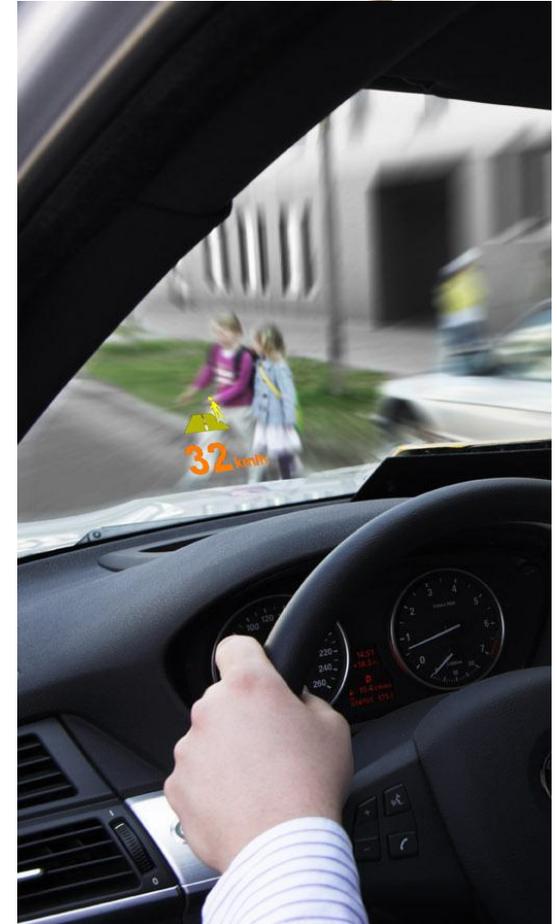
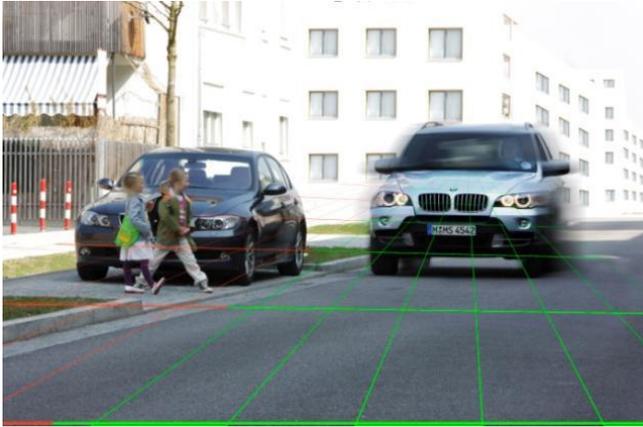
# Technologie Transponder (SafeTAG)



- SafeTAG v1.0
  - Mehrnutzerfähigkeit
  - Reduktion von Größe und Stromverbrauch
  - Arbeitsfrequenzband 2,4 GHz
- SafeTAG v2.0
  - Umstieg auf 5,8 - 5,9 GHz für Abstandsmessung, Winkelmessung und Kommunikation
  - Kommunikation angelehnt an IEEE 802.11p
  - Integration von Inertialsensorik auf dem Transponder

# Funktionen Schutz verletzlicher Verkehrsteilnehmer

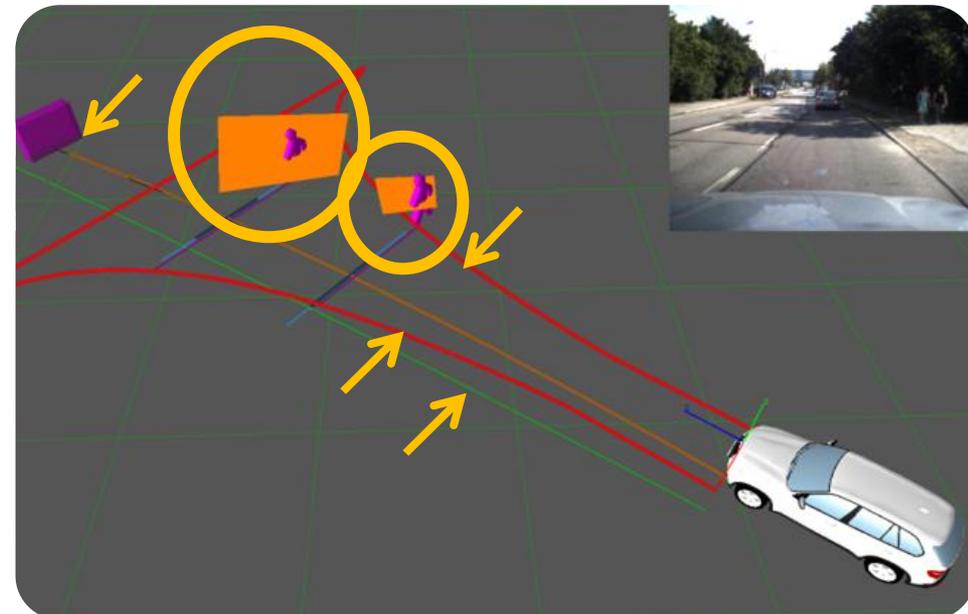
FORSCHUNGSINITIATIVE  
K O - F A S



# Funktionen Fußgängerschutz

## Schlüsselkomponenten:

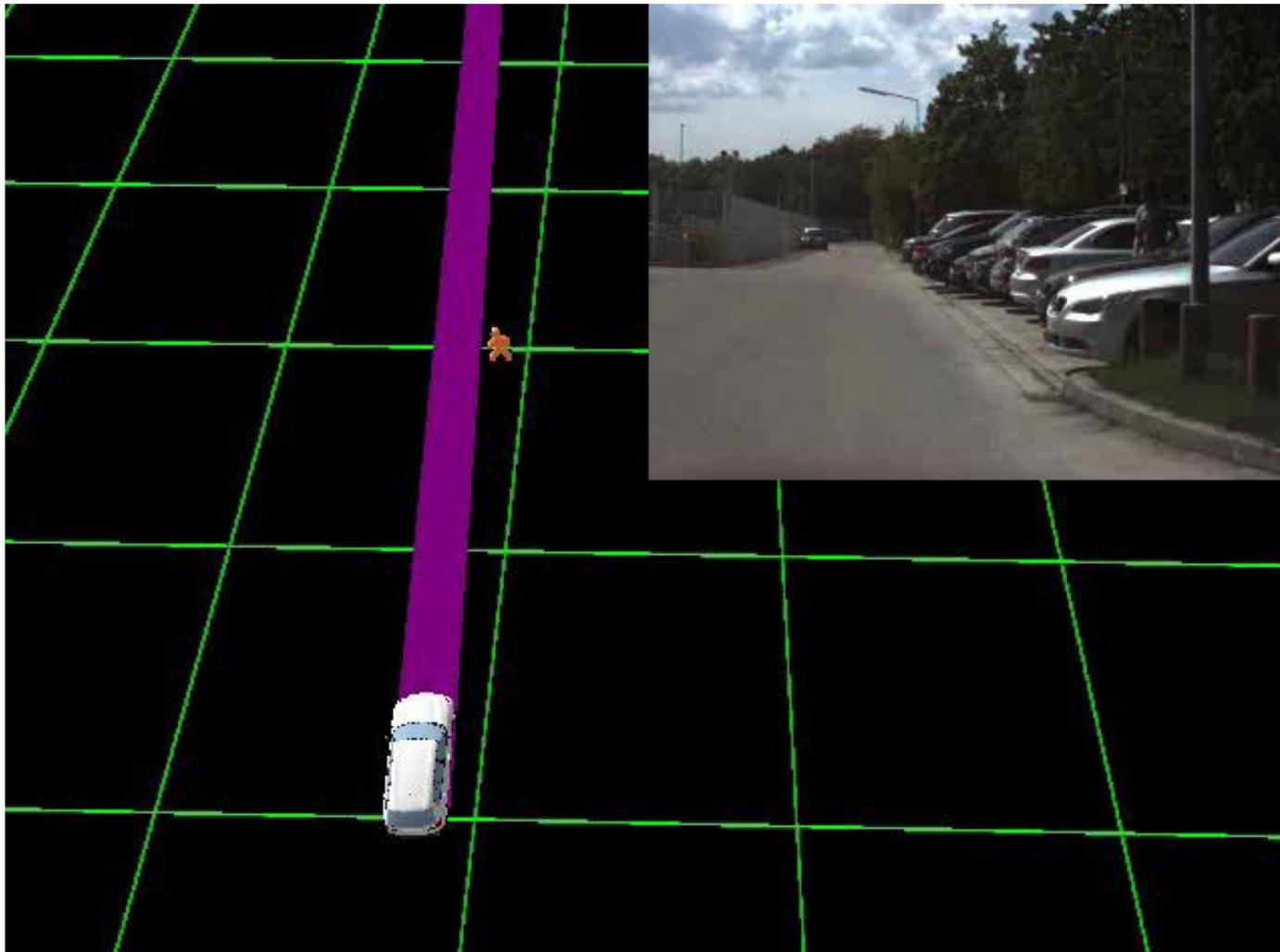
- Kooperative Sensordaten:  
Ortungsdaten + Inertialsensorik
- Physiologische Bewegungsmodelle
- Dynamische Modelle  
für Ego-FZG
- Umgebungsdaten
- Trajektorienprädiktion
- Kollisionswahrscheinlichkeiten
- Schutzmaßnahmen



# Funktionen Fußgängerschutz



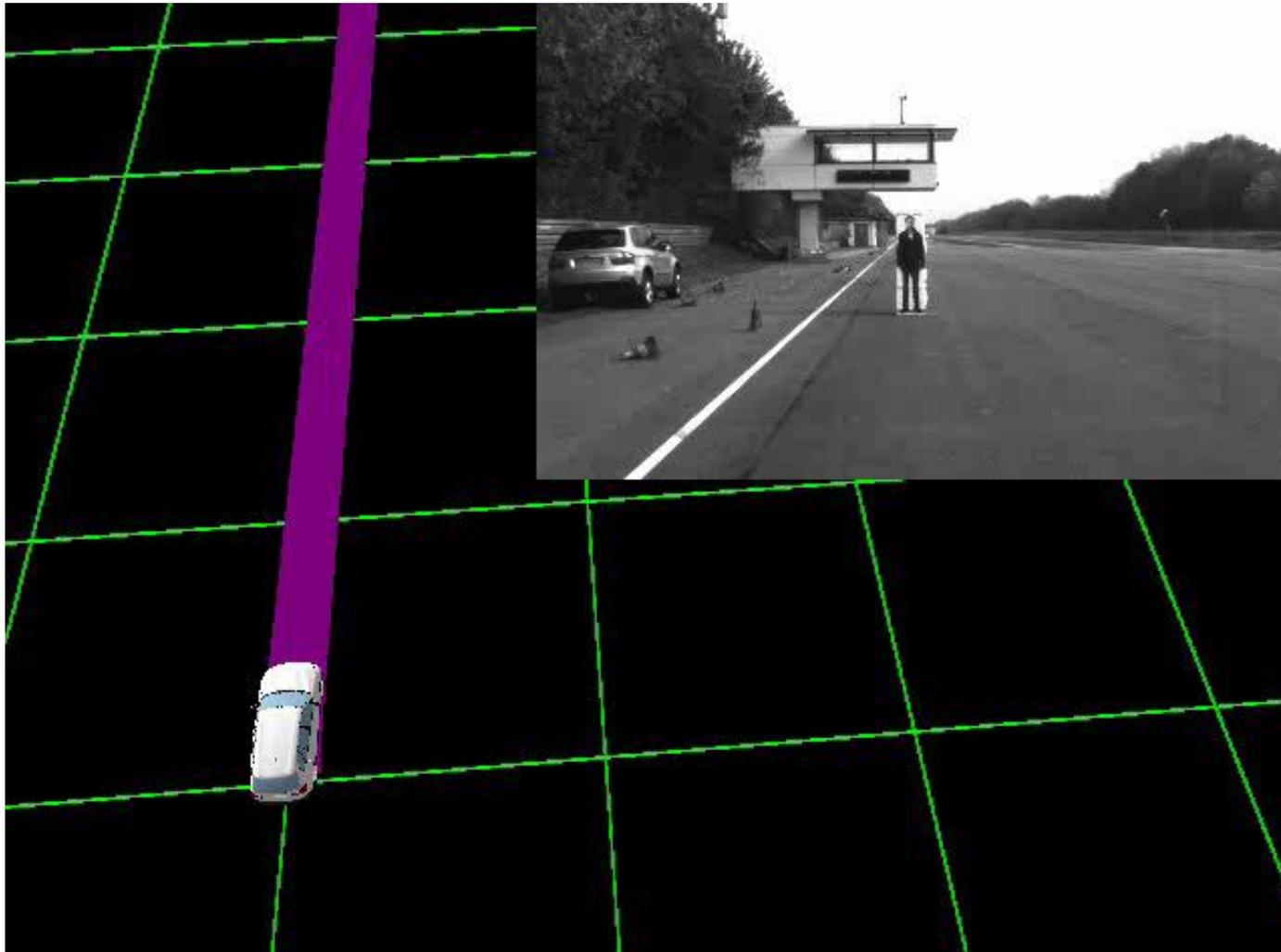
FORSCHUNGSINITIATIVE  
K O - F A S



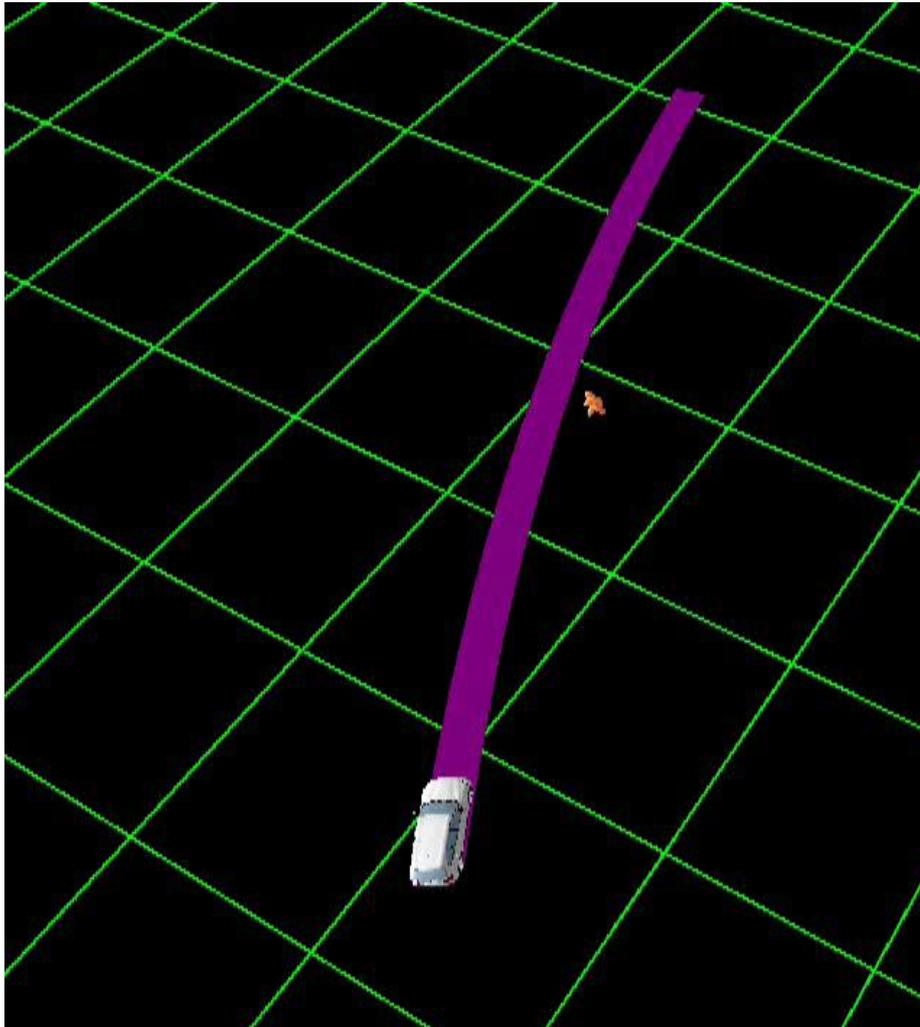
# Funktionen Fußgängerschutz



FORSCHUNGSINITIATIVE  
K O - F A S

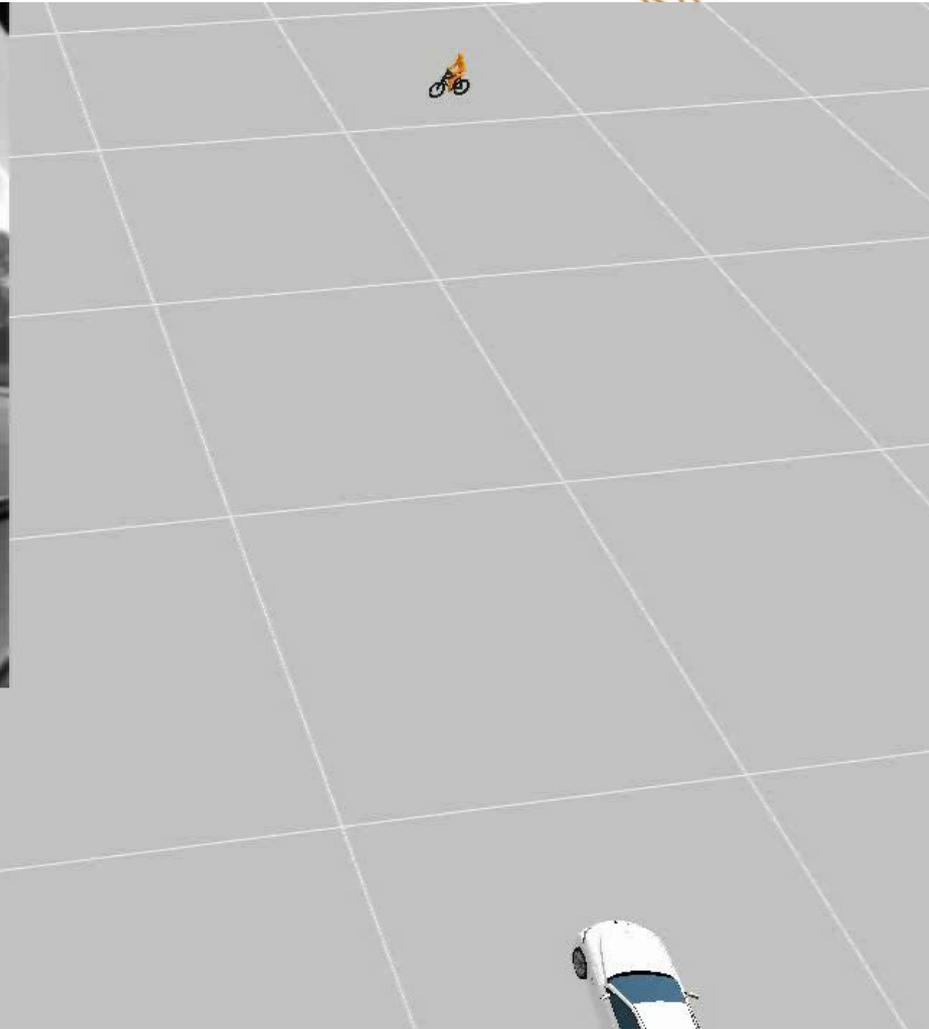


# Funktionen Fußgängerschutz



# Funktionen Radfahrerschutz

FORSCHUNGSINITIATIVE  
K O - F A S



# Funktionen Radfahrerschutz



FORSCHUNGSINITIATIVE  
K O - F A S



## Ortung kooperativer Fahrzeuge

### Prinzip:

- Verbau der Transponderantenne auf dem Dach
- Rundumortbarkeit

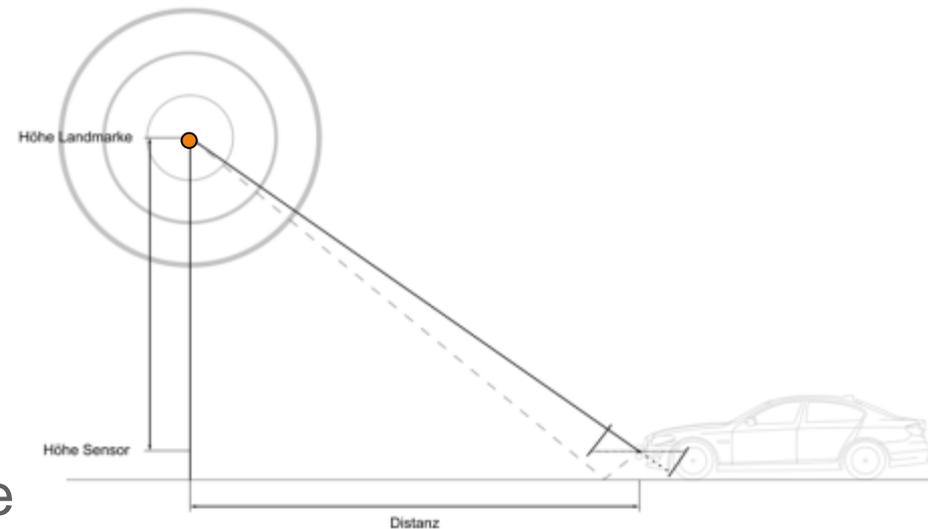
### Ziel:

- Genaue Fahrzeugortung und Klassifikation mit geringer Sensorlatenz
- Warnfunktionen, präventive Eingriffe und Pre-Crash-Maßnahmen



# Funktionen Eigenlokalisierung

- Integration von Transpondern („kooperative Landmarken“) in umgebende Infrastruktur (z.B. an Kreuzungen)
- Fahrzeug ortet Landmarke durch Abstands und Winkelmessung
- Landmarke kommuniziert eigene globale Position und Verbauhöhe
- Fahrzeug bestimmt Eigenposition unter Einbeziehung der Eigendynamik



# Funktionen Eigenlokalisierung



Raster: 200m  
Kamera: Fest

Lat: 48.22206019 N GK: (653.273,180.063,54.709)  
Lon: 11.73393966 E

Draw: Point POI RoadSec Road Image  
Sel.: Point POI GeomLine Lane RoadSec Road | @ Selected 47.8



# Projektfilm

FORSCHUNGSINITIATIVE  
K O - F A S



- **Kooperative Ortung durch:**
  - Abstandsmessung → Vortrag TU München & Ko-TAG Pavillon
  - Winkelmessung → Vortrag Fraunhofer & Ko-TAG Pavillon
- **Ko-TAG Protokoll für Zugriffskontrolle**
  - Vortrag SIZEDN & Ko-TAG Pavillon
- **Kommunikationstechnologie angelehnt an IEEE 802.11p**
  - HHI am Ko-TAG Pavillon
- **Bewegungsmodelle und intelligente Risikoprädiktion**
  - Vortrag Continental & Live-Demonstration
- **Anwendungen**
  - **Fußgänger- und Radfahrerschutz** → Live-Demonstration
  - **Rundumsicherheit** → Vortrag Daimler & Ko-TAG Pavillon
  - **Eigenlokalisierung** → Ko-TAG Pavillon