



# Ghosthunter

04.05.2017

## GNSS-basierte Geisterfahrerdetektion mit automatischer Warnung anderer Verkehrsteilnehmer

Universität der Bundeswehr München:

Hanno Beckmann, Kathrin Frankl, Thomas Pany, Bernd Eissfeller

Universität Stuttgart: Jinyue Wang, Martin Metzner, Volker Schwieger

NavCert GmbH: Monika Stapelfeld, Martin Grzebellus

# Überblick



- Motivation & Aufgabenstellung
- Projektidee
- Funktionsweise
- Integritätsprüfungen
- eCall für kooperative Warnung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick



# Geisterfahrer: Ende 2016

Datum	Autobahn	Schlagzeile
20.12.2016	A5	Polizei stoppt Geisterfahrer auf der Autobahn A5 [1]
28.11.2016	A33	Vier Autos ineinander gefahren [2] ➤ drei Tote, zwei Schwerverletzte
20.11.2016	A3	Flüchtender Geisterfahrer auf der Autobahn [3] ➤ zwei Tote
16.10.2016	A43	Geisterfahrer-Unfall mit drei Toten im Ruhrgebiet [4] ➤ drei Tote
22.09.2016	A5	Geisterfahrerin führ[t] zu erheblichen Verkehrsbehinderungen [5] ➤ ein Leichtverletzter, eine weitere Geisterfahrerin
18.09.2016	A1	Geisterfahrer rammt Familie und stirbt [6]

## Quellen:

- [1] Badische Zeitung, „Polizei stoppt Geisterfahrer auf der Autobahn A5, 20.12.2016.
- [2] Osnabrücker Zeitung, „Geisterfahrer: Drei Tote bei Unfall auf Autobahn 33“, 28.11.2016.
- [3] N24, „Flüchtender Geisterfahrer auf der Autobahn – zwei Tote“, 20.11.2016.
- [4] Abendzeitung München, „Geisterfahrer-Unfall mit drei Toten im Ruhrgebiet“, 16.10.2016.
- [5] Frankfurter Rundschau, „Unfälle und Geisterfahrer“, 23.09.2016.
- [6] Spiegel Online, „Unfall auf der A1: Geisterfahrer rammt Familie und stirbt“, 18.09.2016.

# Geisterfahrer: Statistik



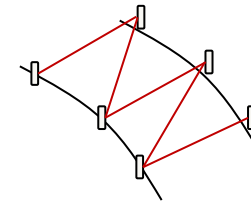
- Deutschland: ~2.000 Geisterfahrer auf Autobahnen pro Jahr [1]
  - **versehentliche** (14%) & **absichtliche** (6%) Falschfahrer [2]
- Niederlande: vergleichbare Situation [3]
  - 50% fahren über die **Abfahrt** auf die Autobahn [4]
  - 40% **wenden** auf der Autobahn [4]

## Quellen:

- [1] Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation, „Falschfahrer: Jede sechste Fahrt endet tödlich“, 2013.
- [2] Statista, „Verteilung der Motivationen von Falschfahrern in Deutschland“, Stand: 2012.
- [3] SWOV, „SWOV Fact sheet: wrong-way driving“, Netherlands, 2009.
- [4] M. Niet, A. Blokpoel, „Tegen de stroom in; Beschrijvend onderzoek naar spookrijden op autosnelwegen: achtergronden, oorzaken, aansprakelijkheden en maatregelen“, D-200-.6, Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Netherlands, 2000.

# Gegenmaßnahmen

- 1) bessere Beschilderung und Straßenmarkierungen [1]
- 2) straßenbautechnische Detektionssysteme:
  - Induktionsschleifen [2],
  - Video-Detektoren auf Autobahnbrücken [3],
  - Laser-Systeme [4]
- 3) Fahrbahnkrallen [5]
- 4) GNSS-basierte Detektionssysteme [6-8]



Wikipedia:  
Nagelsperre



## Quellen:

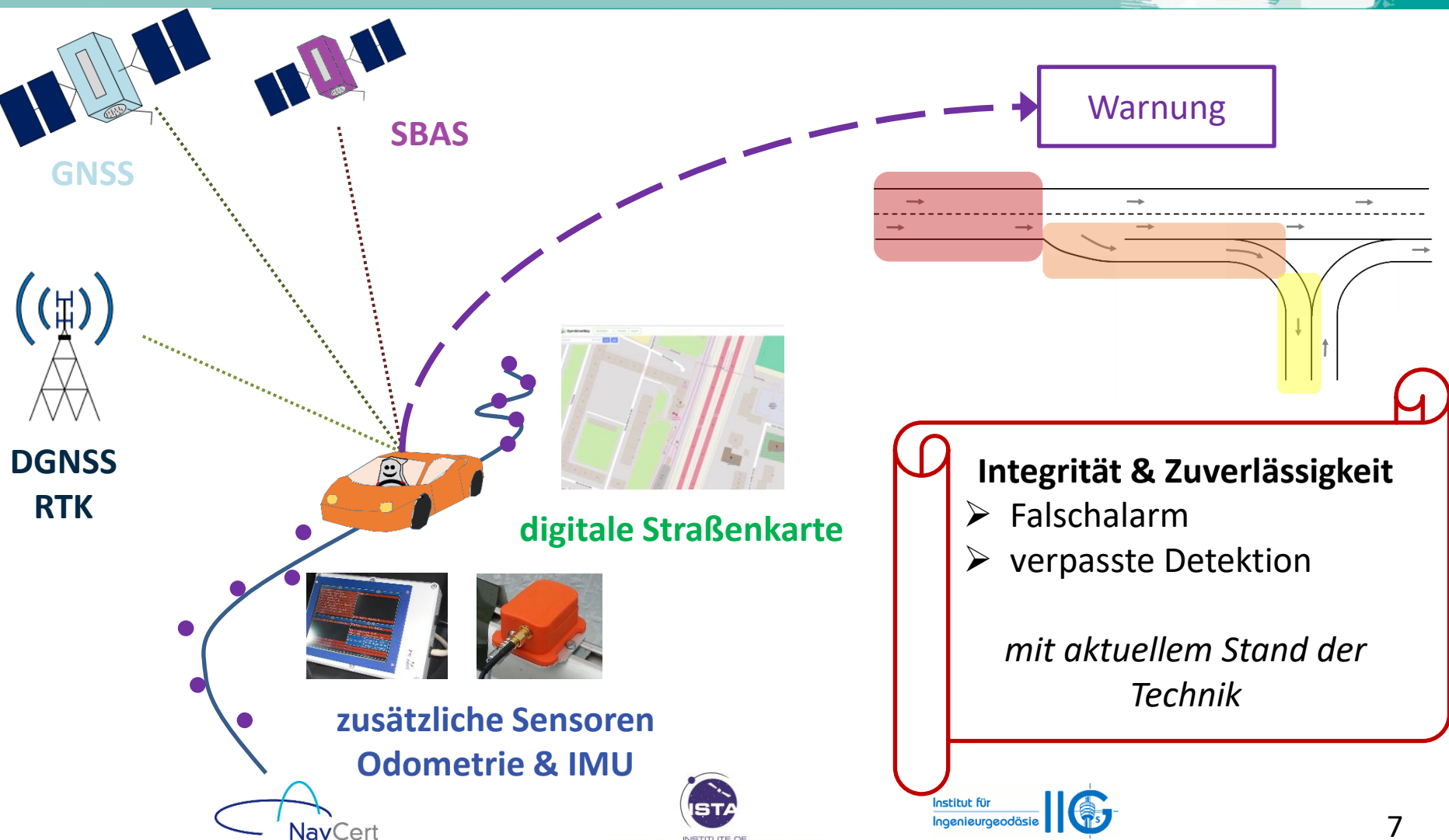
- [1] N. K. Vaswani, „Measures for preventing wrong-way entries on highways“, Virginia Highway Research Council, Charlottesville, Virginia, 1973.
- [2] Ruhr Nachrichten, „Dobrindt prüft Warnsystem gegen Geisterfahrer“, 2014.
- [3] S. Babic, M. I. Valic, S. Golob, T. Tekavec, „Proposal for a new method for wrong-way detection“.
- [4] VDI Nachrichten, „Sensoren in Leitpfosten erkennen Falschfahrer“, 2014.
- [5] Kfz-Innung Offenbach, „Hessisches Kfz-Gewerbe für Fahrbahnkrallen gegen Geisterfahrer“, 2013.
- [6] Audi AG, „Steuerung für ein Fahrzeug zum Vermeiden von Falschfahrten“, DE 19934774 B4, 1999.
- [7] Autobild, „Toyota will Geisterfahrten verhindern“, 2011.
- [8] BMW AG, „Automatische Erkennung von Falschfahrern“, DE 102012220138 A1, 2012.

# Überblick



- Motivation & Aufgabenstellung
- Projektidee
- Funktionsweise
- Integritätsprüfungen
- eCall für kooperative Warnung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

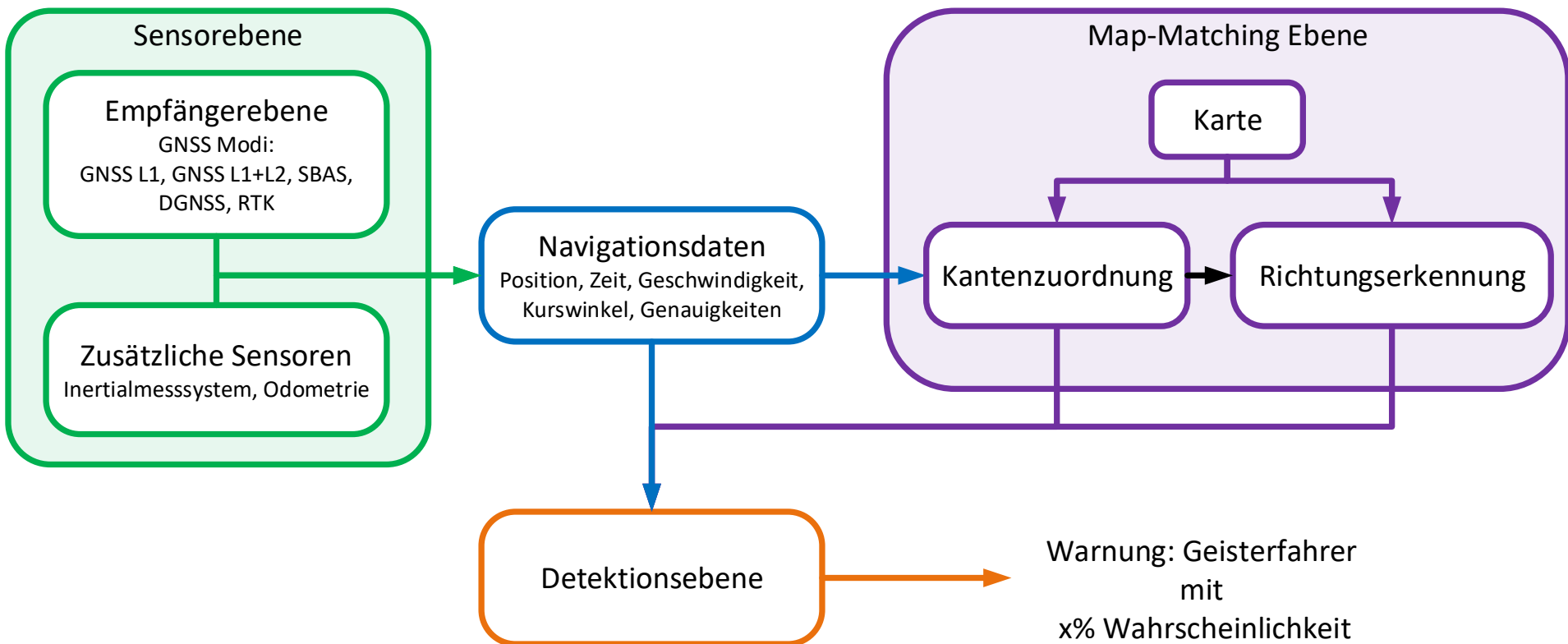
# Ghosthunter: Idee



# Detaillierte Funktionsweise



- Komponenten und Integrationsprüfungen





# Überblick



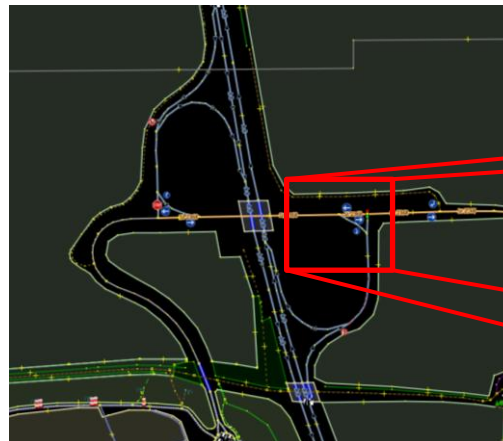
- Motivation & Aufgabenstellung
- Projektidee
- Funktionsweise
- Integritätsprüfungen
- eCall für kooperative Warnung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

# Fehlereinflüsse



- GNSS:
  - Abschattungen, Mehrwegeeffekte, Interferenzen, Signalstörungen
  
- Sensoren:
  - Sensorfehlermodelle, Fehlerfortpflanzung der Koppelnavigation, relative Messungen
  
- Digitale Straßenkarten (Map-Matching)
  - Absolute und relative Genauigkeiten, Repräsentation, zusätzliche Informationen

# Digitale Straßenkarte



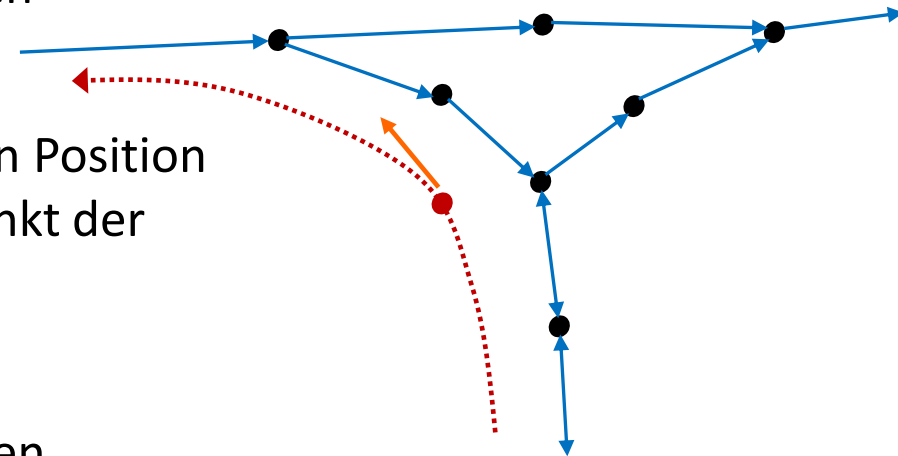
Autobahn Anschlussstelle Neubiberg (A8), Deutschland, aus Google Maps (links) und im OpenStreetMap Editor JOSM [23] (rechts).

- Straßenzüge werden mit sogenannten **nodes** (Knotenpunkten), **shapepoints** (Formpunkte) und **edges** (Kanten / Linien)
- **Attribute**: Anzahl der Fahrspuren, Fahrbahnbreite (optional), Fahrtrichtung
- Qualitätsparameter: **Genauigkeit** und **Detailgrad**

# Map-Matching



- Kurswinkel
  - Vergleich von aktuellem Kurswinkel des Fahrzeugs mit umliegenden Kanten
- Lotfußpunktabstand
  - Entfernung zwischen der aktuellen Position des Fahrzeugs und dem Lotfußpunkt der umliegenden Kanten
- Konnektivität
  - Einbeziehung der vorangegangenen Positionen und zugeordneten Kanten



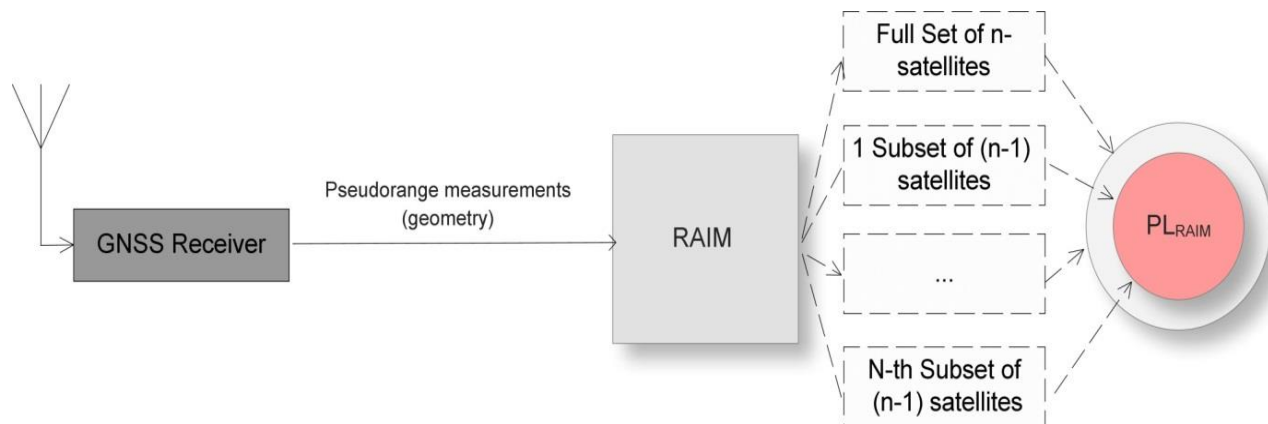
# Überblick



- Motivation & Aufgabenstellung
- Projektidee
- Funktionsweise
- Integritätsprüfungen
- eCall für kooperative Warnung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

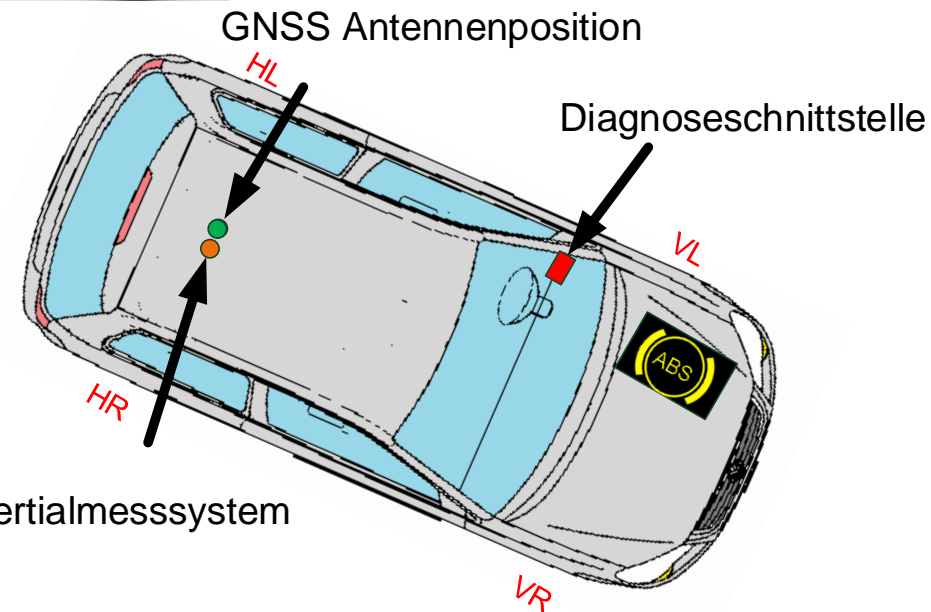
# Empfängerebene: A-RAIM

- Advanced Receiver Integrity Autonomous Monitoring (A-RAIM)
  - Bestimmung der aktuellen Position mittels GNSS mit allen  $n$  sichtbaren Satelliten
  - Bilden von Untergruppen von  $n-1$  Satelliten zur Positionsbestimmung und
  - Vergleich der resultierenden Positionen gibt Hinweis auf Fehler einzelner Satelliten / Satellitensignale



# Sensor Ebene

- Genutzte Sensoren:
  - Xsens MTi-G Inertialmesssystem
  - GNSS Empfänger
  - ABS Sensoren (BOSCH)
- Permanenter Abgleich der Positionslösungen zur Erkennung von Fehlern und Abweichungen

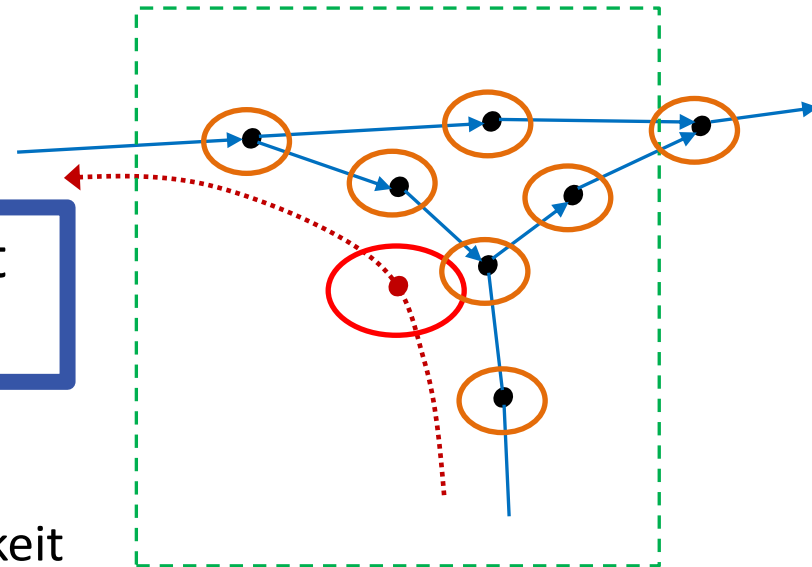


# Map-Matching Ebene

- Definition des Suchfensters:
  - Zentrum: GNSS Position ( $p_N^G, p_E^G$ )

$P^{LS}=10^{-4}$  : Maximale Wahrscheinlichkeit für Position außerhalb des Fensters

- Größe abhängig von:
  - $\sigma_{a,N}^G$  GNSS Nord-Positionsgenauigkeit
  - $\sigma_{a,E}^G$  GNSS Ost-Positionsgenauigkeit
  - $\sigma_{a,N}^M$  Nord-Kartengenauigkeit
  - $\sigma_{a,E}^M$  Ost-Kartengenauigkeit



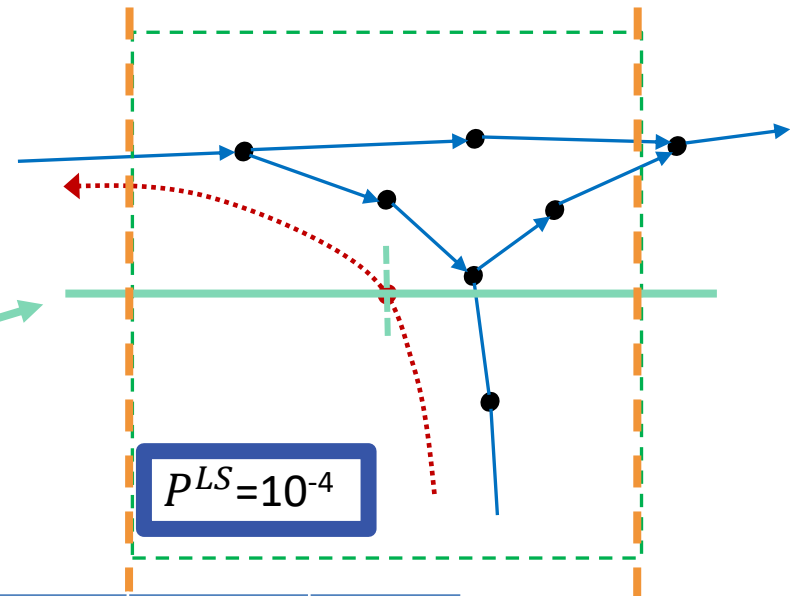
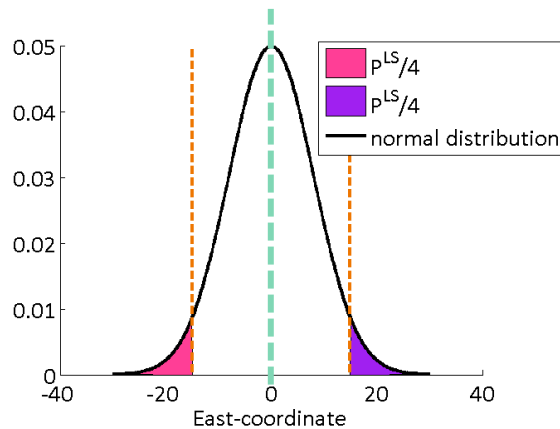


# Map-Matching Ebene



- Definition des Suchfensters:

- $h_E$  (Breite des Fensters):



$$\int_{p_E^G - b_E/2}^{p_E^G + b_E/2} f(p_E^G, \sigma_{a,E}^M + \sigma_{a,E}^G) \geq 1 - P^{LS} / 2$$

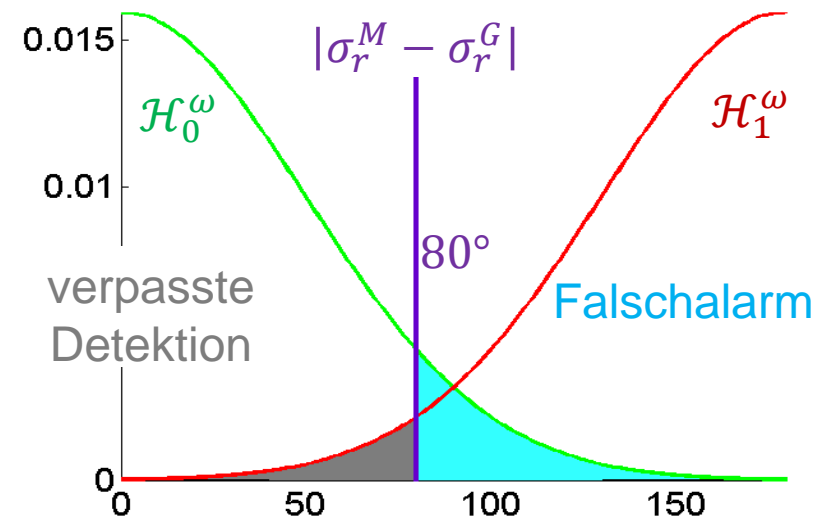
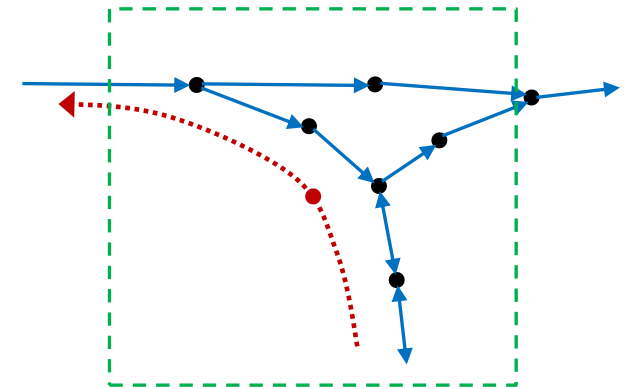
- $h_N$  (Höhe des Fensters) analog

$\sigma_{a,N}^M$ [m]	$\sigma_{a,N}^G$ [m]	$b_N$ [m]
5	10	120.3
5	3	64.16
5	1.5	52.13
5	0.3	42.506
1	3	32,08
1	1.5	20.05
1	0.3	10.426

# Detektionsebene



- Parameter:
  - $\omega^M$  Winkel der erlaubten Fahrtrichtung der Karte
  - $\sigma_r^M$  Standardabweichung des Winkels der Fahrtrichtung nach Karte
  - $\omega^G$  aktueller Kurswinkel des Fahrzeuges
  - $\sigma_r^G$  Standardabweichung des Kurswinkels des Fahrzeuges
- Hypothesen:
  - $\mathcal{H}_0^\omega$  Richtigfahrt
  - $\mathcal{H}_1^\omega$  Falschfahrt



# Überblick



- Motivation & Aufgabenstellung
- Projektidee
- Funktionsweise
- Integritätsprüfungen
- eCall für kooperative Warnung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

# eCall für kooperative Warnung (1)



- Ergebnis: eCall ist technisch dafür nutzbar
  - Geisterfahrerwarnung nur durch System – nie durch Fahrer
  - wie bei eCall: alle Mobilfunknetze möglich
  - wie bei eCall: Sprachverbindung! (kann nur von Notrufzentrale beendet werden)
  - Korrektur des Geisterfahrens nur über Sprachverbindung
- Zeit bis zur Verbreitung der Warnung min. 19-21 sec.
  - Ca. 2-3 sec. bis zum Senden des eCalls (Erkennung, Einbuchten)
  - Ca. 9 sec. bis zur Anzeige in der Notfalleitstelle
  - Ca. 8-9 sec. bis zur Ankunft in der Verkehrsleitzentrale (TMC)

# eCall für kooperative Warnung (2)



- Notwendig: Anpassungen in Standards und Verabschiedung von Gesetzen
- Datenschutzrechtliches Problem
  - eCall Notrufe müssen wie normale Notrufe mindestens 3 Monate in den Notfalleitstellen gespeichert werden
  - Durch Aufbau und Inhalt der eCall Nachricht kann das Fahrzeug immer zweifelsfrei identifiziert werden.
  - Strafrechtliche Verfolgung von Geisterfahrern möglich, aber Problem bei Falschalarmen

# Überblick



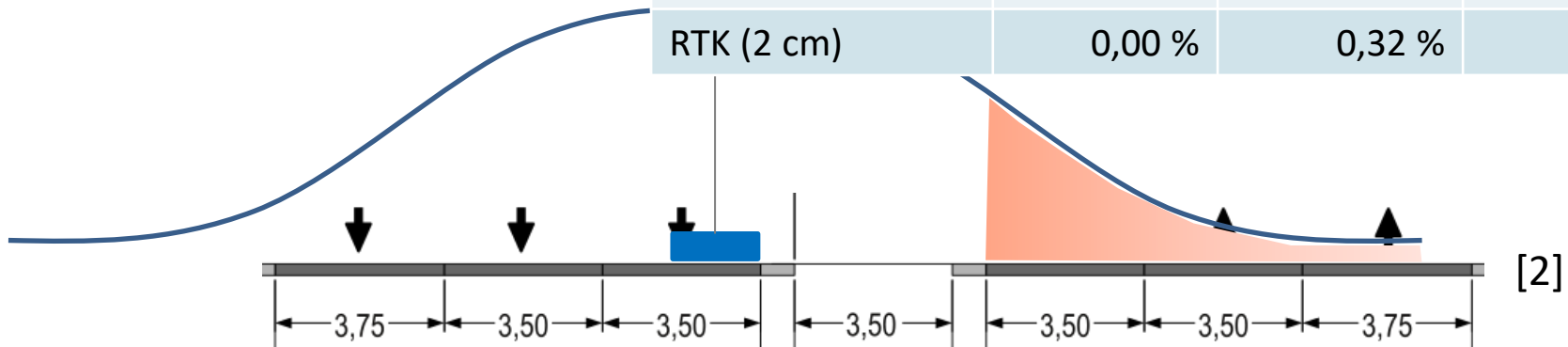
- Motivation & Aufgabenstellung
- Projektidee
- Funktionsweise
- Integritätsprüfungen
- eCall für kooperative Warnung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

# Positionsgenauigkeit



- GNSS Positionsgenauigkeit
  - Trennung Fahrrichtung:  
ca. 3,00 m – 3,50 m [1]
  - Fahrzeugbreite:  
ca. 2,00 m [3]

GNSS-Modus	perfekte Karte	Karte: 2m Genauig.	Karte: 5m Genauig.
GNSS (10 m)	29,12 %	32,34 %	35,69 %
SBAS (3 m)	3,34 %	13,57 %	24,59 %
2m	0,30 %	8,46 %	21,60 %
DGNSS (50 cm)	0,00 %	1,39 %	15,87 %
RTK (2 cm)	0,00 %	0,32 %	13,66 %



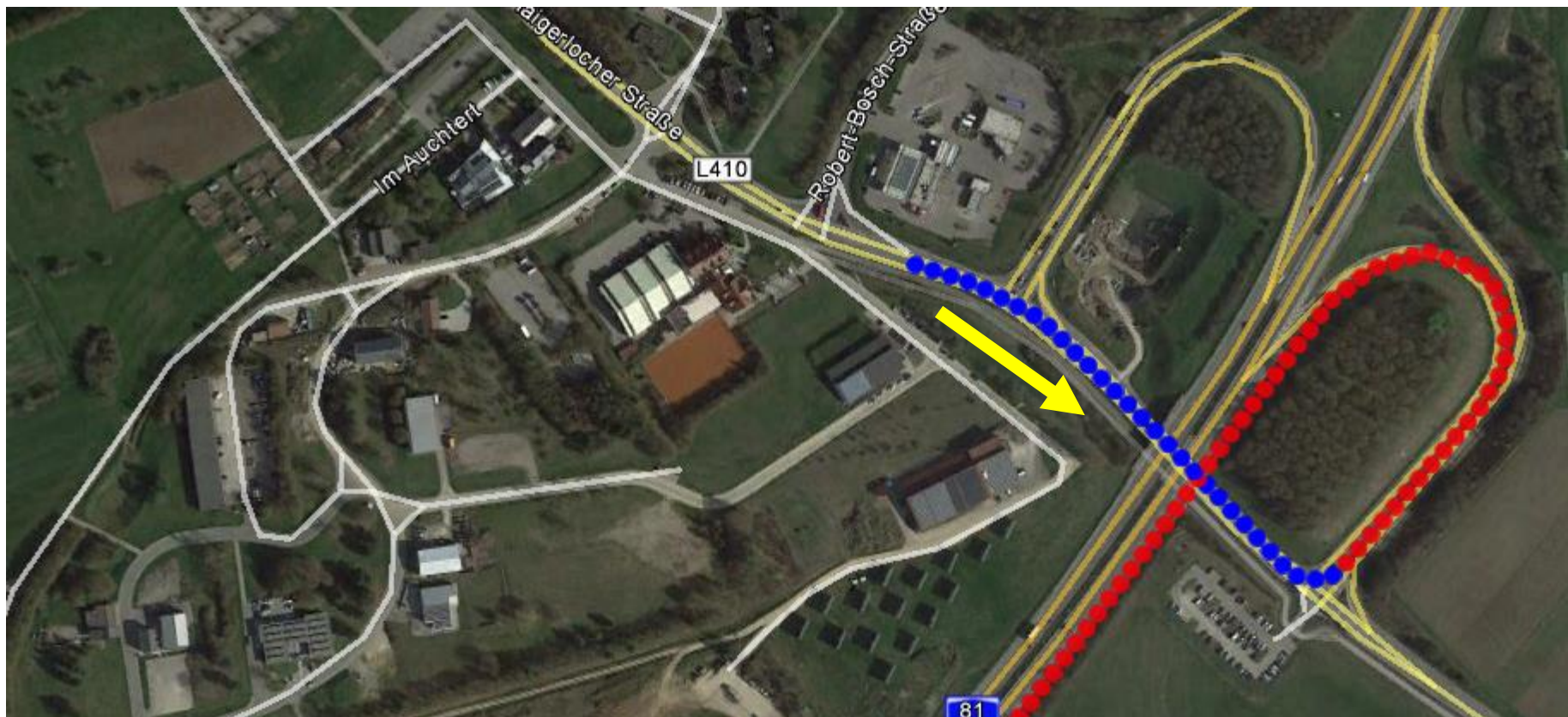
Quellen: [1] Wikipedia, „Richtlinien für die Anlage von Straßen – Querschnitt“, Zugriff 10.01.2017.  
 [2] Von Maitosap (Sascha Pöschl) - Nils Gruschka, Copyrighted free use, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40394272>  
 [3] ADAC, „Die meisten Autos sind zu breit“, 920\_Fahrzeugbreiten\_1\_211035.pdf



# Simulationsergebnisse



## Simulation Autobahn-Anschlussstelle Empfingen

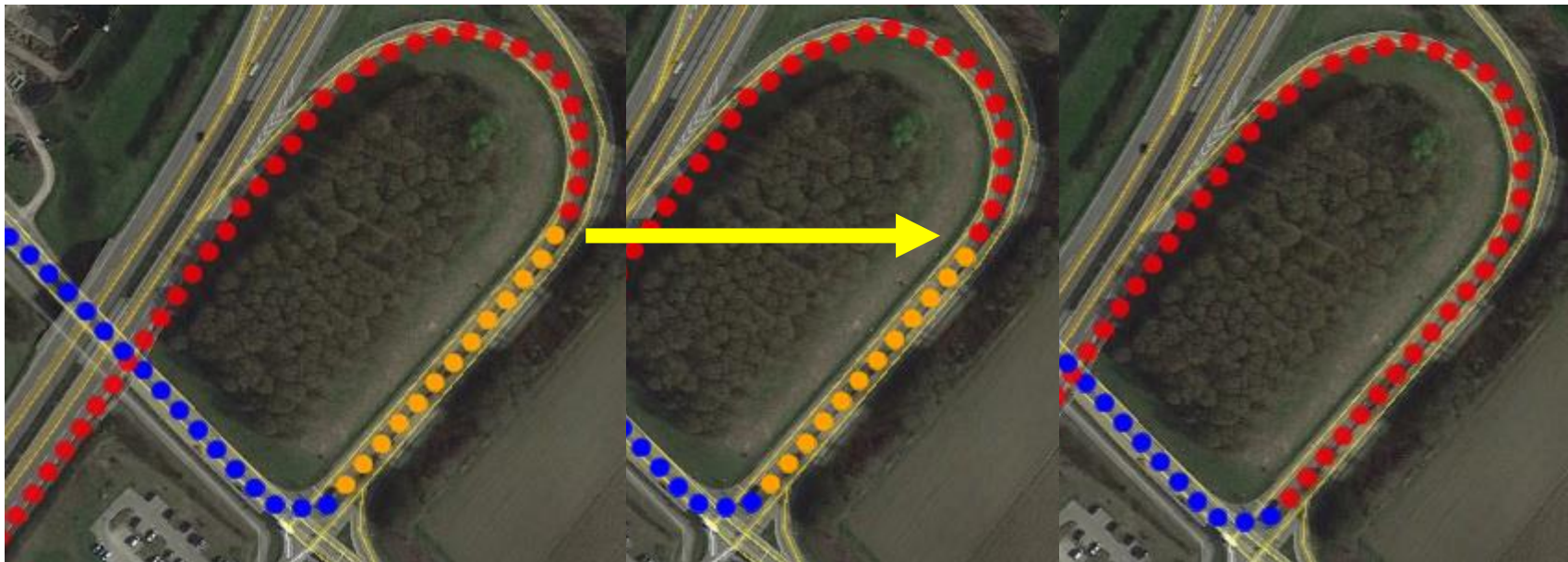




# Simulationsergebnisse



## Simulation Autobahn-Anschlussstelle Empfingen A81



Standardabweichungen:

1,5m (SBAS)

0,5m (DGNSS)

0,02m (RTK)

# Überblick



- Motivation & Aufgabenstellung
- Projektidee
- Funktionsweise
- Integritätsprüfungen
- eCall für kooperative Warnung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

# Zusammenfassung und Ausblick



## Zusammenfassung

- Fahrzeugbasiertes System zur Erkennung von Falschfahrten
- Mehrfache Integritätsprüfung auf verschiedenen Ebenen
- Detektionsgeschwindigkeit abhängig von der Geometrie der Anschlussstelle

## Ausblick

- Implementierung eines echtzeitfähigen Demonstratorsystems
- Weiterentwicklung für Landstraßen mit Richtungstrennung sowie für andere fahrtrichtungsbeschränkte Straßen
- Weiterentwicklung der Ansätze für A-RAIM im Straßenverkehr und der Map-Matching Integritätsprüfung



# Vielen Dank!

Universität der Bundeswehr München:

Hanno Beckmann, Kathrin Frankl, Thomas Pany, Bernd Eissfeller

Universität Stuttgart: Jinyue Wang, Martin Metzner, Volker Schwieger

NavCert GmbH: Monika Stapelfeld, Martin Grzebellus

Gefördert durch:



Projektinitiative ausgehend von der Abteilung Raumfahrtmanagement  
des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

