



Automotive

**Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.**



Methoden zur Rekonstruktion von Versuchsszenarien und die Bewertung von Funktion und Güte von Fahrerassistenzsystemen

Dr.-Ing. Berthold Huber, GeneSys Elektronik

Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Schick, TÜV SÜD Automotive

Tagung: Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenzsysteme 2006

TÜV SÜD Automotive GmbH – GeneSys Elektronik GmbH



Automotive



Gliederung

1. Ausgangslage – Herausforderung
2. Motivation
3. Messsysteme
4. Versuchsszenarien und Beispiele
5. Zusammenfassung und Ausblick

1. Ausgangslage – Road Map



Automotive



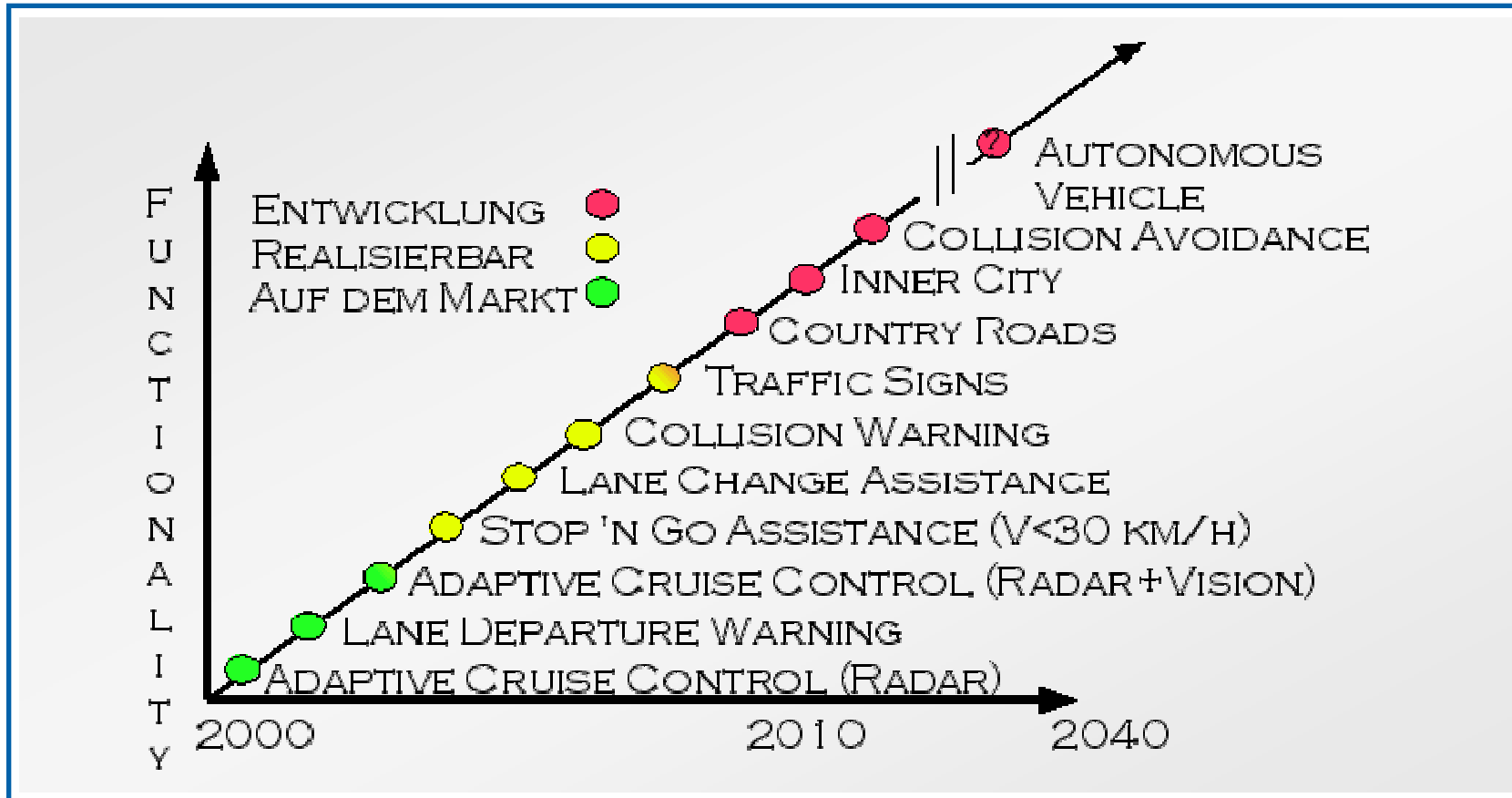
Marktvolumen für Fahrerassistenzsysteme in Deutschland

Assistenzsysteme 2003	Assistenzsysteme 2010	Assistenzsysteme 2015
Quelle: B&D-Forecast		
		3. Generation (20%)
		• +X
		• +X
	2. Generation (30%)	2. Generation (30%)
	• Spurhalteassistent	• Spurhalteassistent
	• Spurwechselassistent	• Spurwechselassistent
	• Infrarot Nachtsicht	• Infrarot Nachtsicht
	• Automatische Notbremse	• Automatische Notbremse
1. Generation (35%)	• Müdigkeitserkennung	• Müdigkeitserkennung
• ABS	• Nebelsensor	• Nebelsensor
• ESP	• Unfallerkennung	• Unfallerkennung
• Bremsassistent	• Objekterkennung	• Objekterkennung
• Reifendruckkontrolle	• +X	• +X
• ACC (Adaptive Cruise Control)		
• Adaptives Licht	1. Generation (80%)	1. Generation (100%)
€ 900,- pro Fahrzeug	€ 3.200,- pro Fahrzeug	€ 4.300,- pro Fahrzeug

1. Ausgangslage – Road Map



Automotive



Herausforderung

Die Erprobung und funktionale Bewertung von Fahrerassistenzsysteme benötigt geeignete Messverfahren.

2. Motivation



Automotive



Motivation

- Möglichst umfassende Erfassung von Daten mit hoher Genauigkeit
- für die funktionale Bewertung (z.B. Regelgüte, Erkennungsgüte...)
- für die Bewertung von Sensorgenauigkeiten

2. Motivation



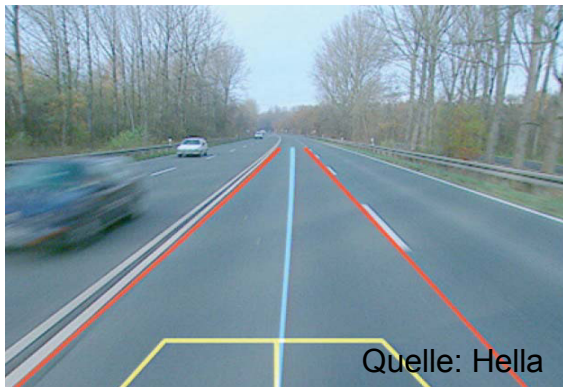
Automotive



Quelle: Robert Bosch GmbH

Assistenzsysteme der Längsregelung

- Active Cruise Control (ACC)
- Bremsassistent plus (BA+)



Quelle: Hella

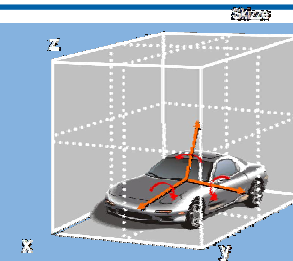
Assistenzsysteme der Querregelung

- Lane Departure Warning (LDW)
- Spurassistent

**Wichtige
Parameter**

Relativposition und Relativbewegung

- Fahrzeug zu Fahrzeug
- Fahrzeug zur Fahrbahn



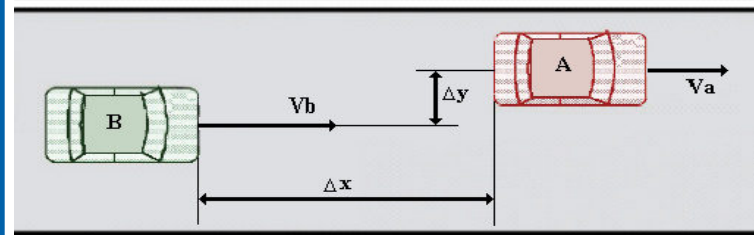
2. Motivation – Wichtigsten Anforderungen



Automotive

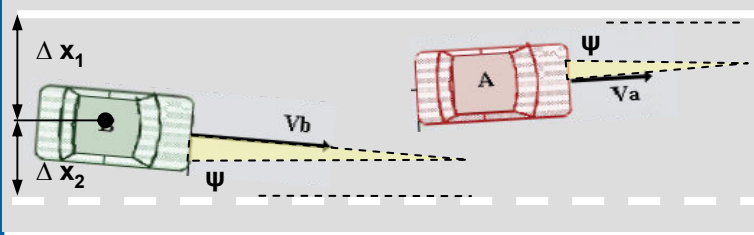


ACC



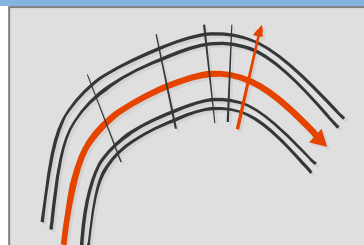
Messgröße	Messbereich	Genauigkeit
Relativposition		
Δx	200 m	0.1 m
Δy	10 m	0.05 m
Δz	50 m	0.1 m
Relativgeschwindigkeit		
Δv_x	70 m/s	0.1 m/s
Δv_z	25 m/s	0.03 m/s

Spurassistent / LDW



Messgröße	Messbereich	Genauigkeit
Absolutposition		
N	Erdoberfläche	0.05 m
E	Erdoberfläche	0.05 m
D	Erdoberfläche	0.05 m
Richtungswinkel	360 °	0,1 °

Weitere relevante Parameter



- 3D-Streckendaten
- Kurvenradien
- Zeitreferenz
- Videobilder

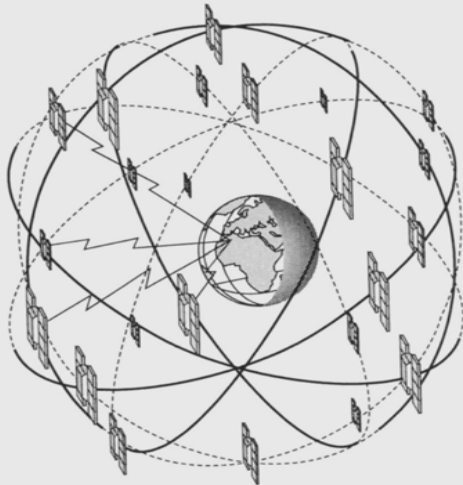
3. Messsysteme – GPS



Automotive

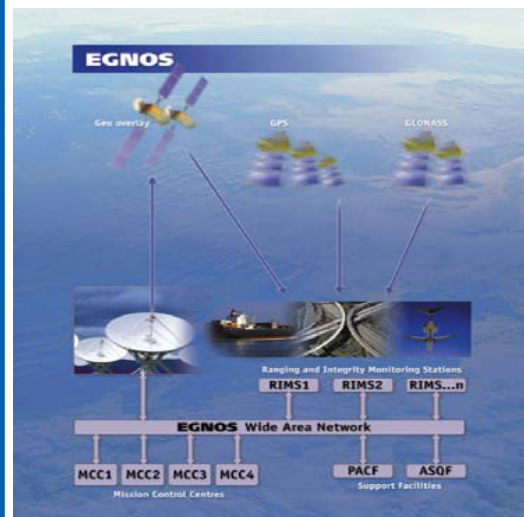


Standard GPS



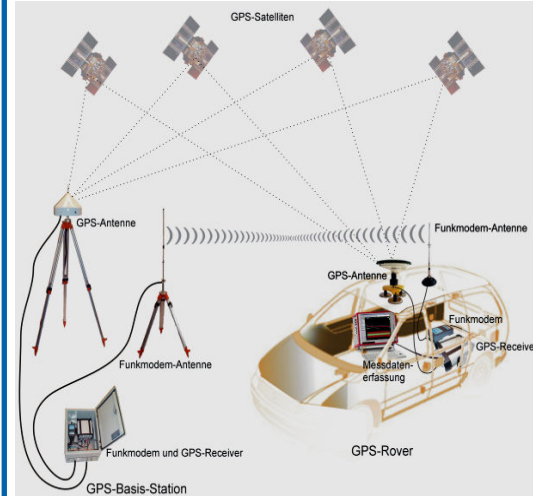
- 24 Satelliten / 6 Orbits
- Laufzeitmessung
- L1 / L2 Frequenzband
- min. 4 Satelliten
- 3 bis 30 m

Differential GPS (SBAS)



- EGNOS / WAAS / MSAS
- Differential GPS
- Korrekturdaten vom Satellit
- kostenfreier Dienst
- 0,5 bis 3 m

Differential GPS (RTK)



- Real Time Kinematic
- Korrekturdaten von Basis
- RTK-Service (z.B. SAPOS)
- min. 6 Satelliten
- 0,01 bis 0.05 m

3. Messsysteme – Inertialsysteme (INS)



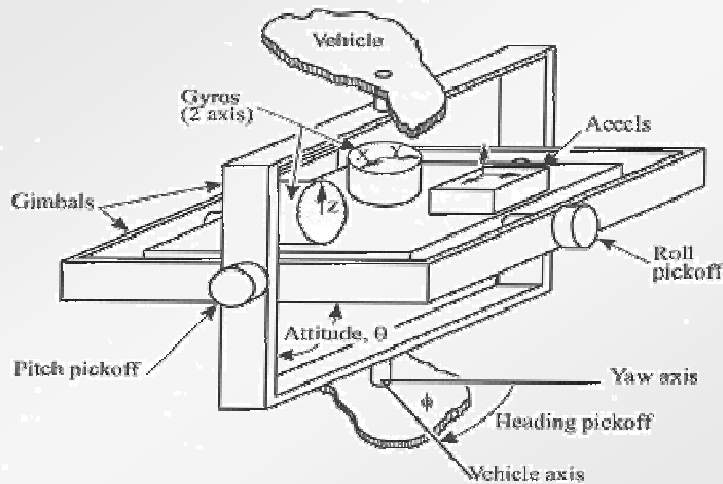
Automotive



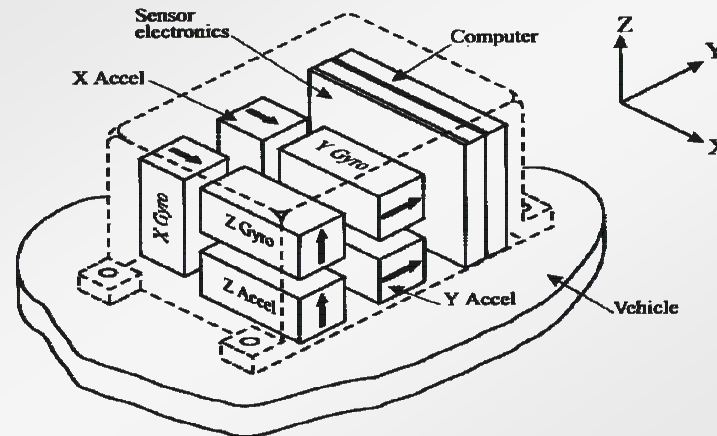
Bewegungserfassung im Raum

- 3 Kreisel-Messachsen (Drehgeschwindigkeit, Horizontierung)
- 3 Beschleunigungs-Messachsen (Translation)
- Kompensation der Erd-, Zentripetal-, Coriolisbeschleunigung
- Kompensation der Erdrehgeschwindigkeit

Kardanisch



Analytisch (Strapdown)



3. Messsysteme – GPS / INS Integration



Automotive



GPS

- Geringe Datenrate (10 .. 100 Hz)
 - Keine Drift
 - Keine Richtungswinkel
 - Freie Sicht zu GPS-Satelliten
 - Absolutposition (NED)
 - Nicht ausfallsicher (Integrität)

INS

- Hohe Bandbreite (100 ... 1000 Hz)
 - Mit der Zeit zunehmender Fehler
 - Translatorische + rotatorische Daten
 - Autonom
 - Relativposition (körperfest, horizontiert)
 - Ausfallsicher

GPS & INS

- Kalmanfilter: optimale Zusammenführung inertialer Messgrößen und GPS Daten
- On-line Kalibration von Sensorfehlern => gleichbleibende Systemperformance
- GPS-Aussetzer werden überbrückt
- Positionssprünge werden unterdrückt
- Gesamtgenauigkeit besser als die Einzelgenauigkeit
- Positionsdaten mit hoher Ausgaberate
- Hochgenaue Fahrzeugzustandsgrößen mit geringem Rüstaufwand
- Alle Zustandsgrößen in 3D (t,a, v, p, dF/dt, F) auf CAN
- Alle Zustandsgrößen in körperfesten, horizontierten und in NED-Koordinaten

3. Messsysteme – INS Messparameter



Automotive



Messgrößen der Aufbaubewegung

Wankwinkel φ
(Drehung des Kfz die X-Achse)

Nickwinkel θ
(Drehung des Kfz Y-Achse)

Gierwinkel / Kurswinkel ψ
(Drehung des Kfz die Z-Achse)

Längsbeschleunigung a_x

Querbeschleunigung a_y

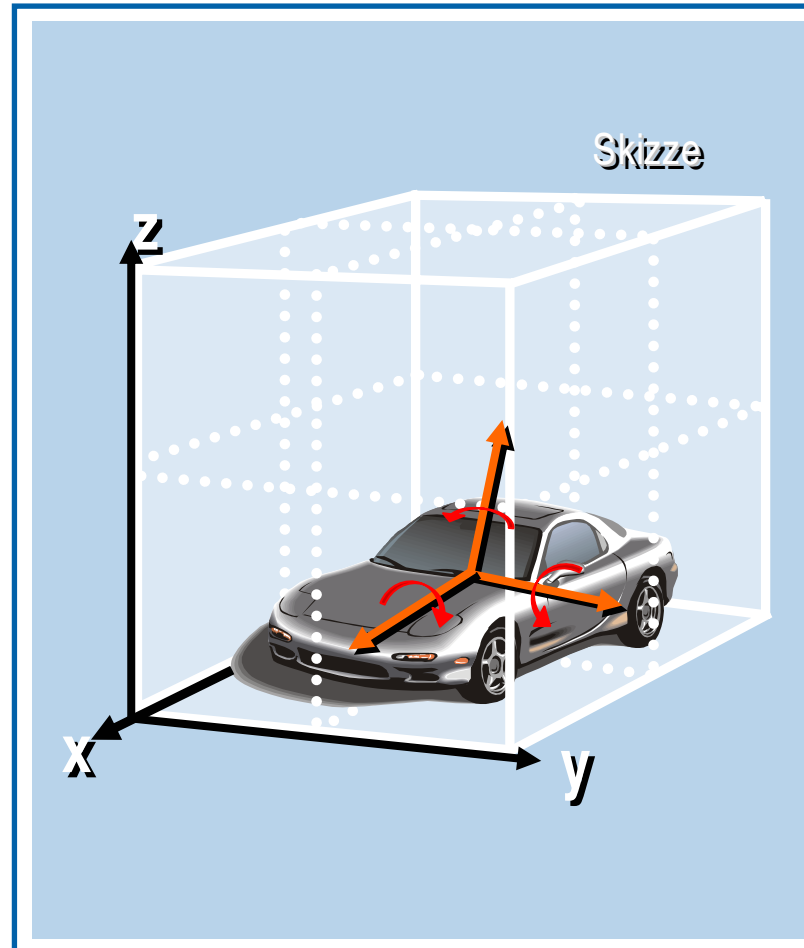
Vertikalbeschleunigung a_z

Längsgeschwindigkeit V_x

Quergeschwindigkeit V_y

Vertikalgeschwindigkeit V_z

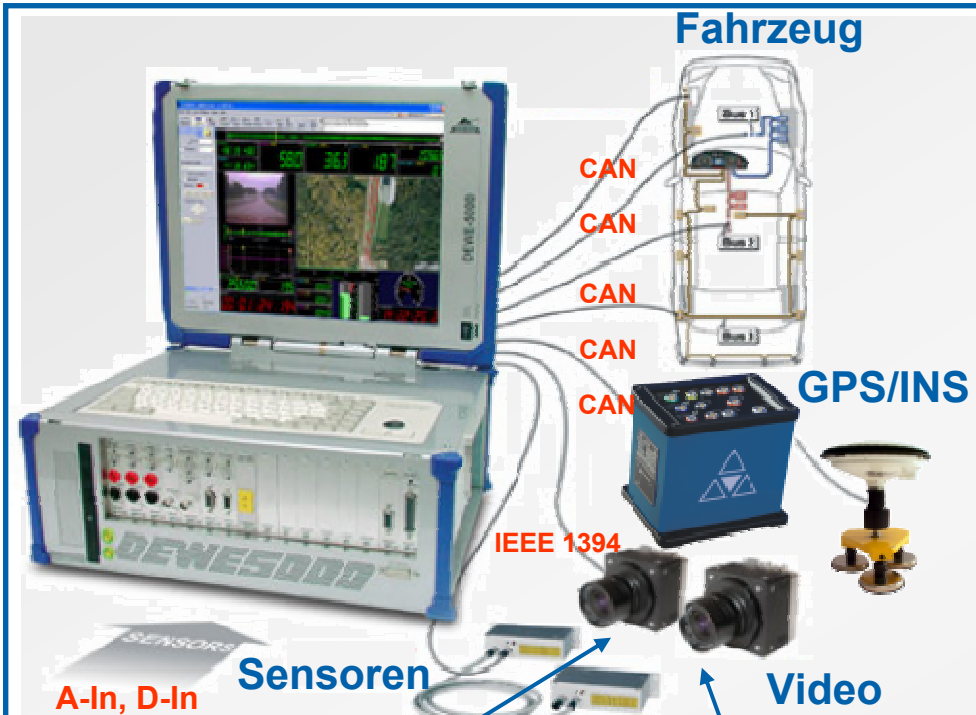
Position x,y,z



3. Messsysteme – Aufbau



Automotive



Synchrone Erfassung von:

- Fahrzeugdaten (CAN)
- GPS / INS - Daten (CAN)
- Sonstige Sensoren (A-In, D-In)
- Videodaten (FireWire)



3. Messsysteme – Mehrere Fahrzeuge

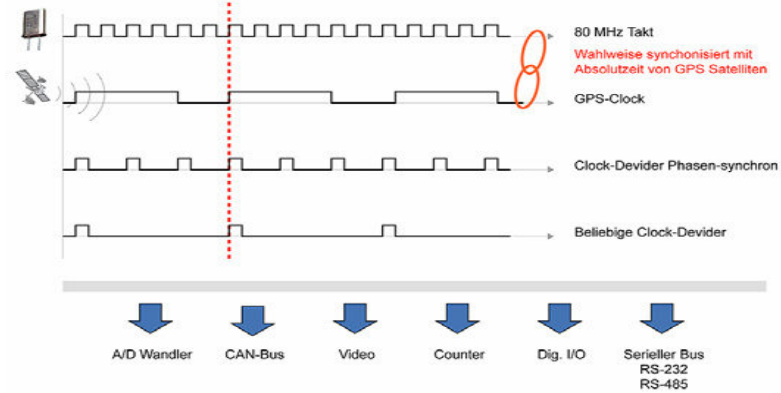


Automotive



Quelle: Daimler Chrysler AG

SYNC-CLOCK Technologie



Synchronitätsanforderung

- $v = 100 \text{ km/h}$
- $\Delta y = 0.05 \text{ m}$
- $\Delta t = 1.8 \text{ msec}$

GPS-Synchronisierung

- Zeitstempelung / Interpolation
- Zeitsynchrone Messdatenerfassung

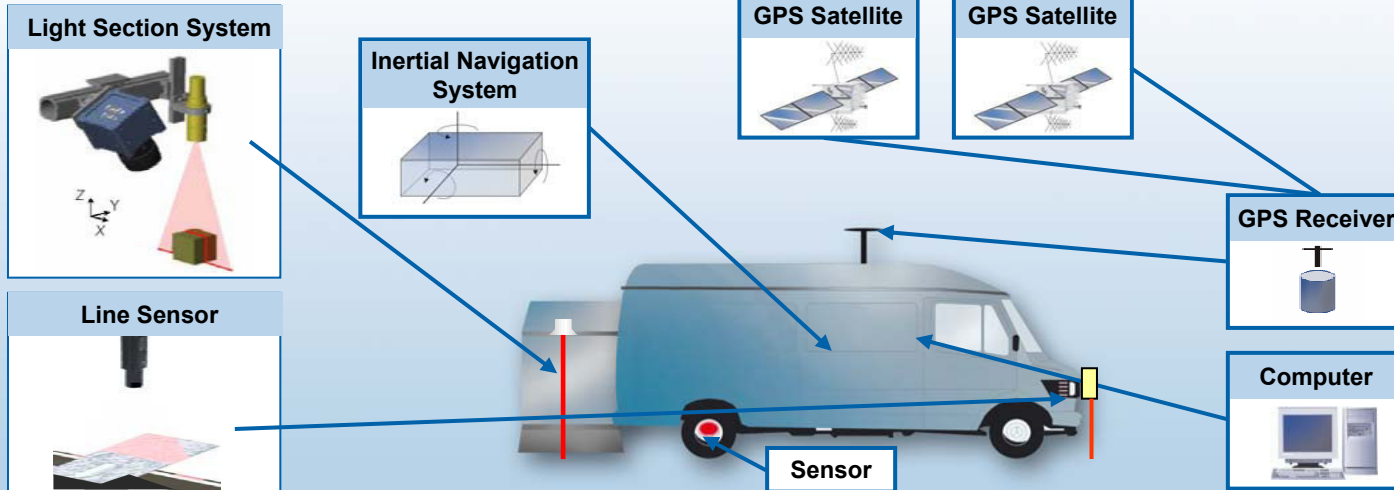
3. Messsysteme – Streckenmessung



Automotive



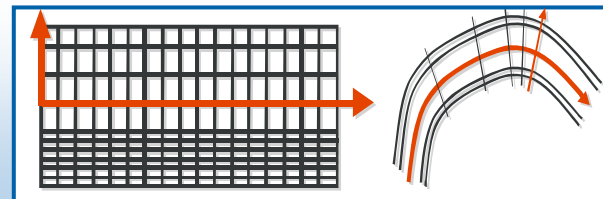
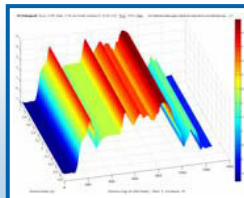
Messfahrzeug Aufbau



Berechnung-Algorithm

Ergebnis Matrix

3D-Track
Surface
Image



Curved
Regular
Grid

3. Messsysteme – Streckenmessung



Automotive



Messfahrzeug Aufbau



3. Messsysteme – Grenzen



Automotive



Genauigkeitsanforderungen

- Position: 0.05 m
- Geschwindigkeit: 0.03 m/s
- Richtungswinkel: 0.1 °

Erfüllbar mit GPS / INS bei:

- RTK-fähiger GPS-Receiver (L1/L2)
- Min. 6 Satelliten
- kontinuierliche RTK-DGPS Korrektur
- Abstand Basisstation zu Fahrzeug < 10 km
- GPS-Ausfall < 10 s (INS-Klasse 1°/h/1mg)

Öffentlichen Straßen

- RTK Reakquisitionszeit ca. 10 s
- Auf BAB 30 % der Strecke kein RTK
- **Lösung: Offline-Berechnung**

Typische RTK-GPS Performance (Novatel)

Baseline length	Horizontal accuracy
< 5 km	2 cm + 0.5 ppm
< 10 km	1 cm + 1 ppm
< 15 km	5 cm
< 25 km	7 cm
< 35 km	35 cm
< 35 km	25 cm

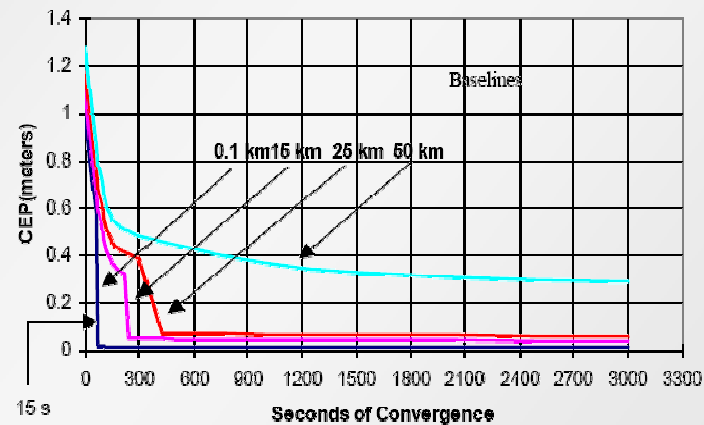


Figure 22: Typical RT-2 Horizontal Convergence - Kinematic Mode

4. Versuchsszenario (1)



Automotive



Streckendaten-Erfassung

Streckendaten-Berechnung (offline)

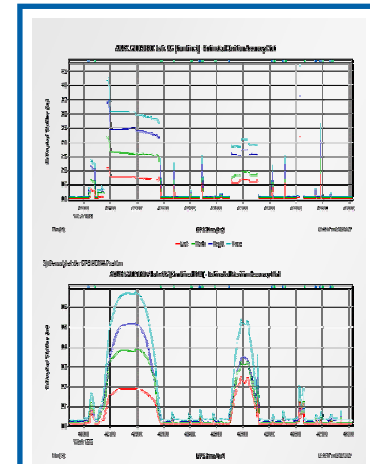
Messdatenaufzeichnung

- Videostream FAS
- Signaldaten FAS
- Fahrzeugdaten



GPS-Korrekturdaten (Internet)

GPS (roh)



Inertial (roh)

FAS LDW Bewertung

Quelle: Hella

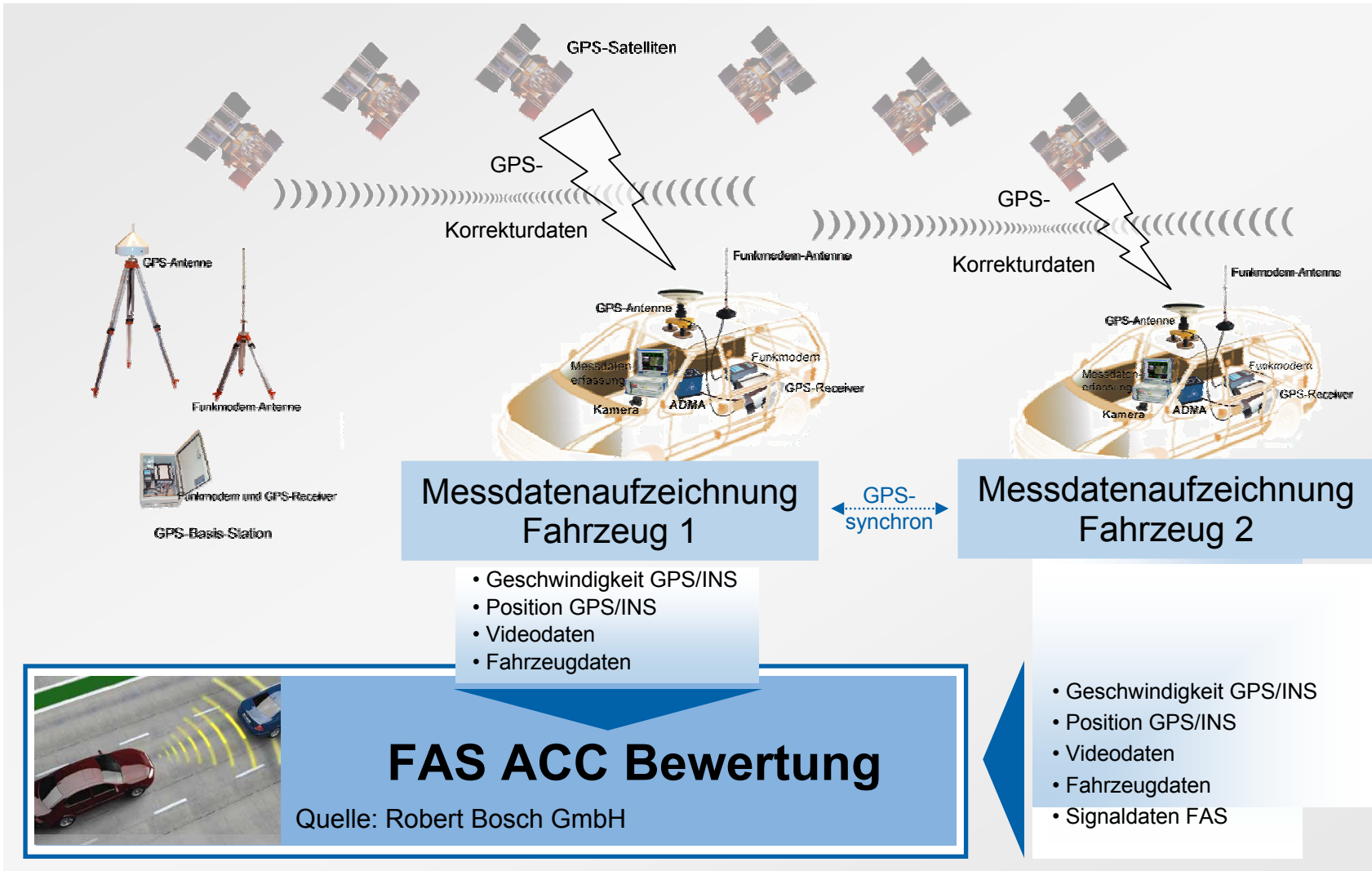
GPS / INS Berechnung (offline)

- Position
- Heading
- andere

4. Versuchsszenario (2) – Relativbewegung



Automotive



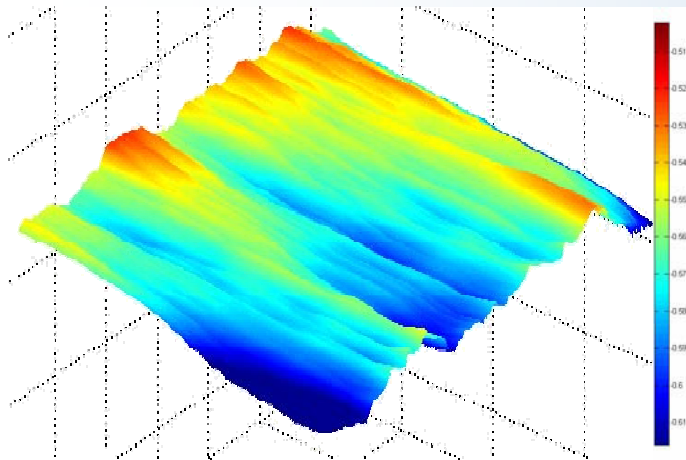
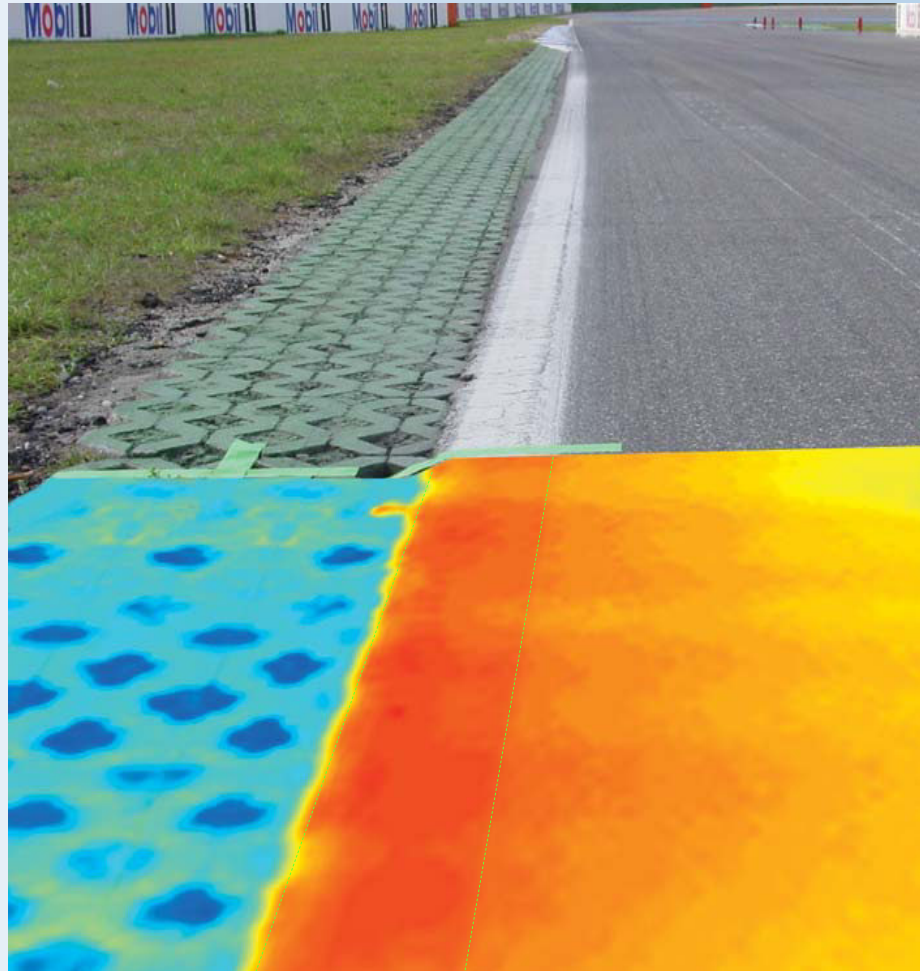
4. Versuchsszenario (3) – Streckenmessung



Automotive



Public (uneven) Road



5. Zusammenfassung und Ausblick

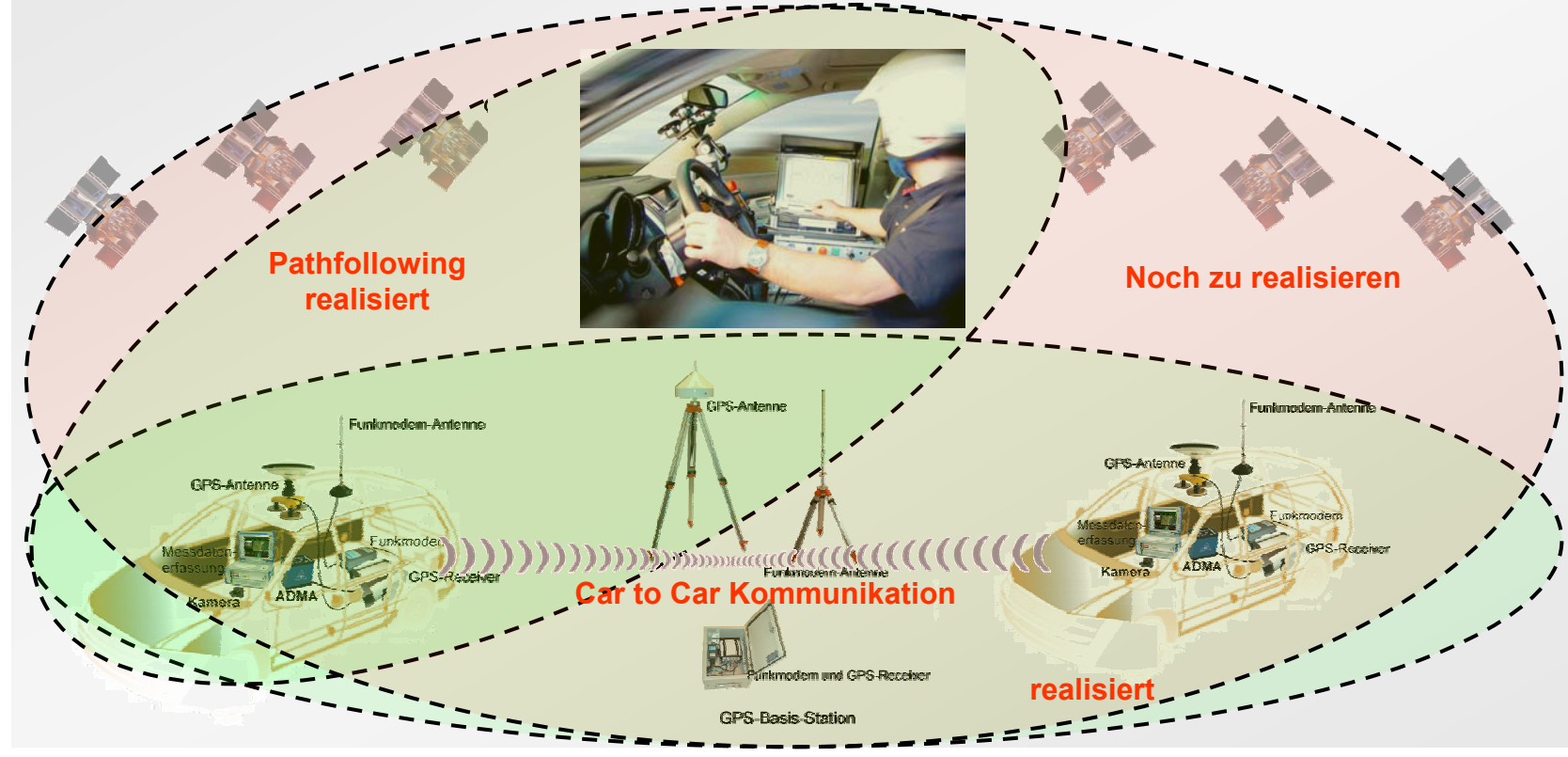


Automotive



GPS / INS / Lenkroboter Integration (Pathfollowing)

- Kursregelung
- Relativ-Positionsregelung



5. Zusammenfassung und Ausblick

- Integration von INS + GPS und die Synchronisation einer „Car to Car“ Lösung bietet die Grundlage für die Bewertung von FAS der Längsregelung.
- Kombination aus 3D-Streckenmessung und Fahrzeugmessung mit INS + GPS bietet die Grundlage zur Bewertung von FAS der Querregelung.
- Fahrzeugmessungen ermöglicht die Validierung der Simulationsergebnisse.
- Die 3D-Streckmessungen können als Straßenmodelle für die Simulation verwendet werden und erhöht deren Güte.
- Die Integration von „Car to Car Pathfollowing“ Lösungen ermöglichen das reproduzierbare Nachstellen von Versuchsszenarien.



Automotive





Automotive

Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.



Danke für die Aufmerksamkeit! Fragen?

www.tuev-sued.de/fahrwerk

www.genesys-offenburg.de

Dr.-Ing. Berthold Huber, GeneSys Elektronik
Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Schick, TÜV SÜD Automotive
Tagung: Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenzsysteme 2006

TÜV SÜD Automotive GmbH – GeneSys Elektronik GmbH