

Bewertung von Systemen zur Fahrumfelderfassung (FUE)

**Dr. Dirk Dickmanns, Harald Gräf (BMW Group)
Martin Anderschitz (eurosapce)**



Bewertung von FUE-Systemen

Übersicht

- 1. Motivation und Vorgehen**
- 2. Referenzsystem “GroundView”**
- 3. Auswertung**
- 4. Ausblick**



Bewertung von FUE-Systemen

Motivation: FUE-Funktionen sind unsicher



Bewertung von FUE-Systemen

Motivation: Aktive Sicherheit

- bisher Einsatz in Fahrerassistenzsystemen (FAS)
 - zunehmend in aktiven Sicherheitssystemen (AS)
- ➔ immer höhere Anforderungen an FUE



Bewertung von FUE-Systemen

Motivation und Vorgehen

Erforderlich: objektive Bewertung der FUE für

- **Entwicklung und Optimierung**
- **Test und Validierung**
- **Freigabe (Testumfang!)**

auch als Regressionstest im Labor

**durch Vergleich der Ergebnisse der zu bewertenden Zielsysteme mit der “realen Welt” (ground truth, Referenz)
als funktionaler (black-box) test**



Bewertung von FUE-Systemen

Vorgehen: prüfbare Kriterien

Bewertungskriterien für Vergleich mit Referenz:

- **Umfang der FUE (Nachbar-Fahrstreifen)**
- **Verfügbarkeit (richtig/Fehler 1./2. Art)**
- **Genauigkeit (damit Verlässlichkeit)**
- **Anzahl Zustandswechsel (FAS)**
- **Rechenaufwand (architekturabhängig!)**

Gütemaße: Geeignete Abstandsmaße zur Referenz, Varianzen und Wahrscheinlichkeiten

Fehler 2. Art sind besonders kritisch

**Verlässlichkeit: (richtig) verfügbar und ausreichend genau
Nicht verlässlich ist schlimmer als falsch nicht verfügbar**



Bewertung von FUE-Systemen

Vorgehen: Erstellen der Referenz

Wo kommt die Referenz her?

- **Mensch**
- **Simulation (Vorsicht!)**
- **Referenzsystem**



Bewertung von FUE-Systemen

Vorgehen: Prinzip Referenzsysteme

Bessere Sensorik und Algorithmik:

- **Zusätzliche Sensorik**
- **Günstige Sensoranordnung**
- **Bessere Umweltbedingungen (Beleuchtung)**
- **Aufwendige Algorithmik**
- **mehr Rechenleistung**
- **Offline-Auswertung und Interaktion**



Referenzsystem GroundView

Hardware

- 2 Kameras über B-Säule, Blick nach unten, Polsterung
- Kompakter Fzg-PC mit Frame Grabber und CAN-Karte



Referenzsystem GroundView

Hardware

- **Laser-Entfernungsmesser: Fahrzeugaufbaubewegung**



Referenzsystem GroundView

Hardware Erweiterungen

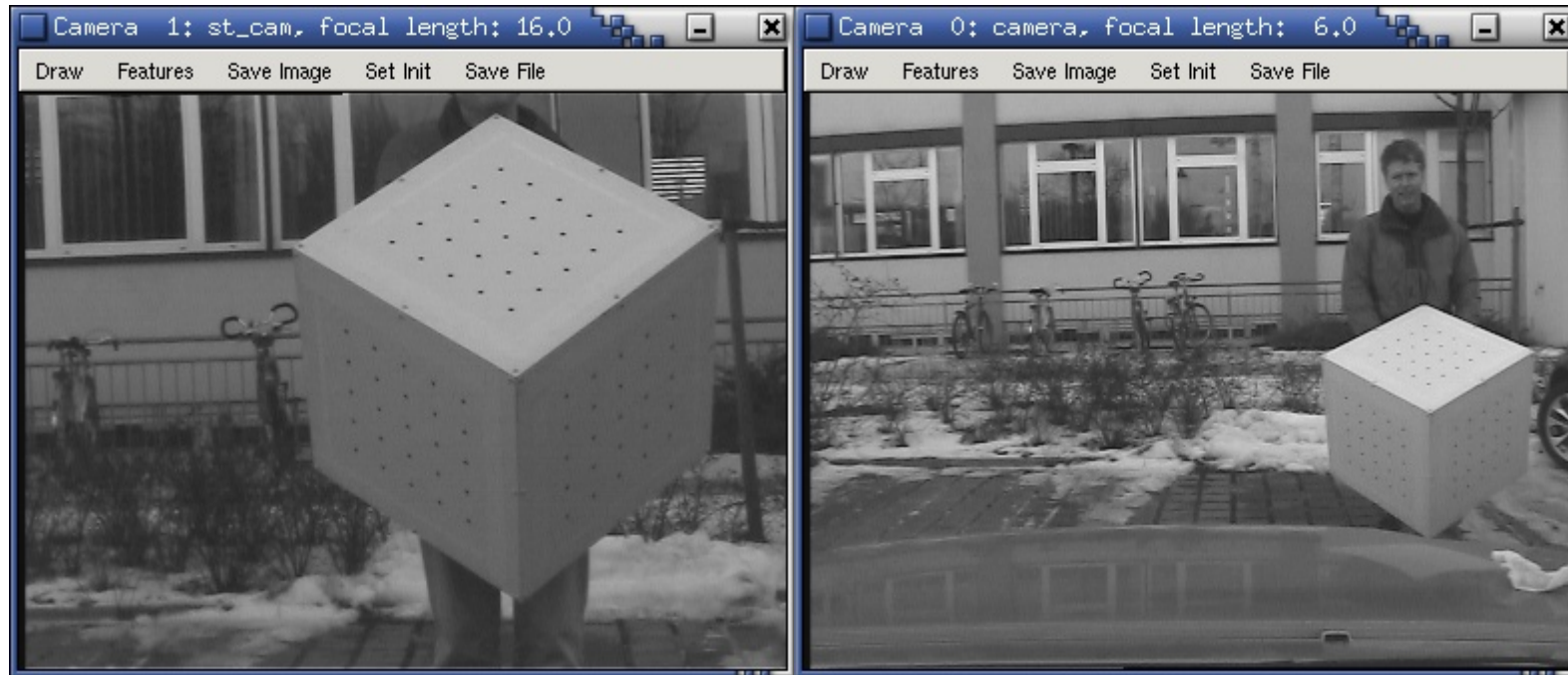
- **Inertialplattform mit**
 - **Laserkreiseln**
 - **Beschleunigungssensoren**
- **Carrier Phase Differential GPS**
- **Referenzkamera oder Zielsystem: Kamera nach vorn**
- **Weitere Referenzkamera nach hinten**
- **(infrarote) Beleuchtung seitlich, ggf. hinten**



Referenzsystem GroundView

Kalibrierung intrinsisch: „Würfel“

- Software von FORWISS Passau (Projekt Elektra)
- Umstellung auf Platte in Arbeit



Referenzsystem GroundView

Kalibrierung extrinsisch: „Teppich“

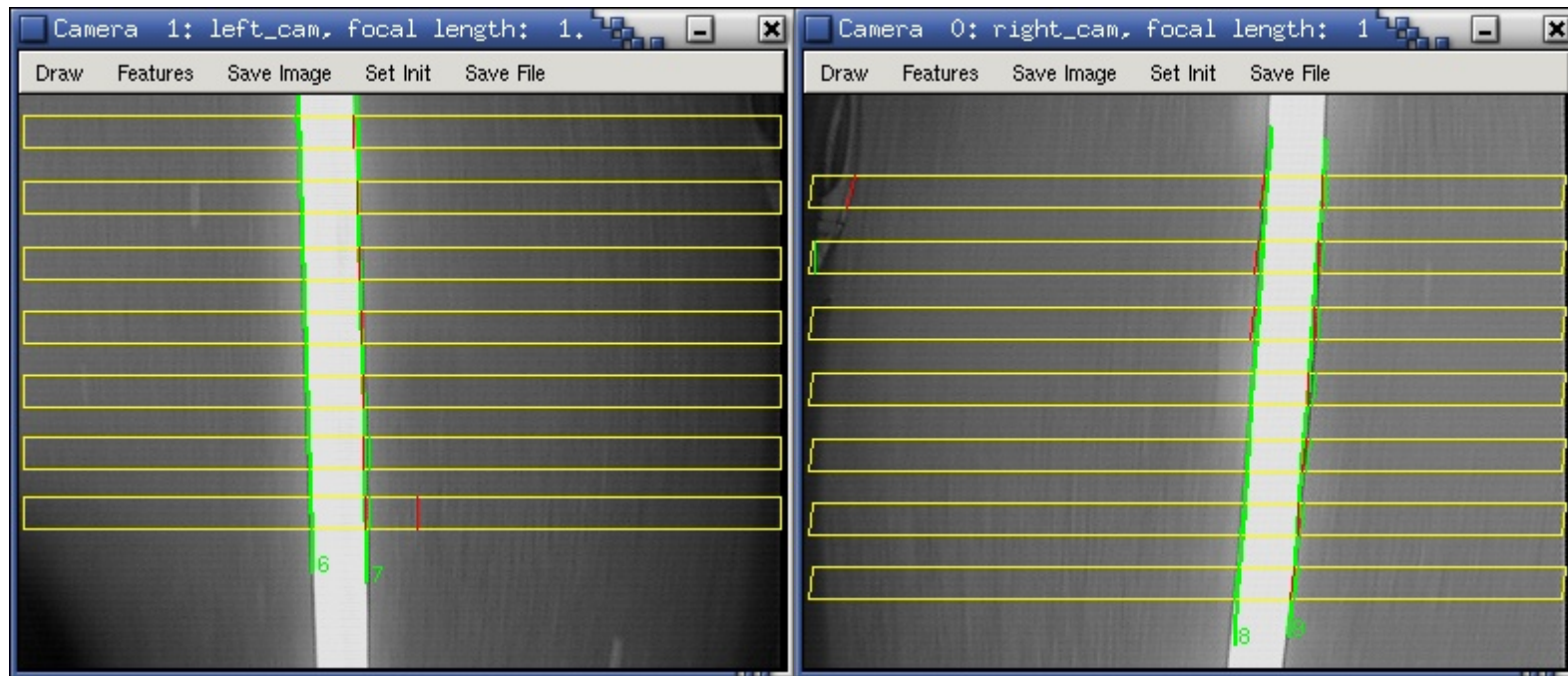
- Software von FORWISS Passau (Projekt Elektra)



Referenzsystem GroundView

Linienvermessung

- Straßenerfassungs-Software (Realis) angepasst
- Interaktive Nachbearbeitung der Referenz



Referenzsystem GroundView

Implementierung in Ada 95

Ada-mindset: beyond coding

- **Qualität und Sicherheit**
 - **Refactoring**
 - **Entwicklungsprozess und Prozessentwicklung**
 - **Wiederverwendung vorhandener Software**
 - **Portierbarkeit**
- ... und endlose Vorbehalte ...**



Auswertung

Bewertung der FUE

Verfügbarkeit: prozentualer Anteil von

- richtig nicht verfügbar (kein Objekt vorhanden)
- richtig verfügbar
- falsch nicht verfügbar (false negative, Objektverlust)
- falsch verfügbar (false positive, "Geist")

jeweils für linke, rechte und benachbarte Markierungen

Zustandswechsel und Sprünge: unerwünscht



Auswertung

Bewertung der FUE

Genauigkeit der Ablagen, des Heading-Winkels, der Krümmung und der Linienbreiten:

- **Mittlere absolute/relative Abweichung**
- **Root Mean Square Error**

DAS/AS-spezifische Genauigkeit von Größen
Ablagen-Toleranzband nach ISO:
+/- 15 cm um gewünschte Warnlinie
(bei großen Ablagen geringere Anforderung)



Auswertung

Bewertung der FAS/AS

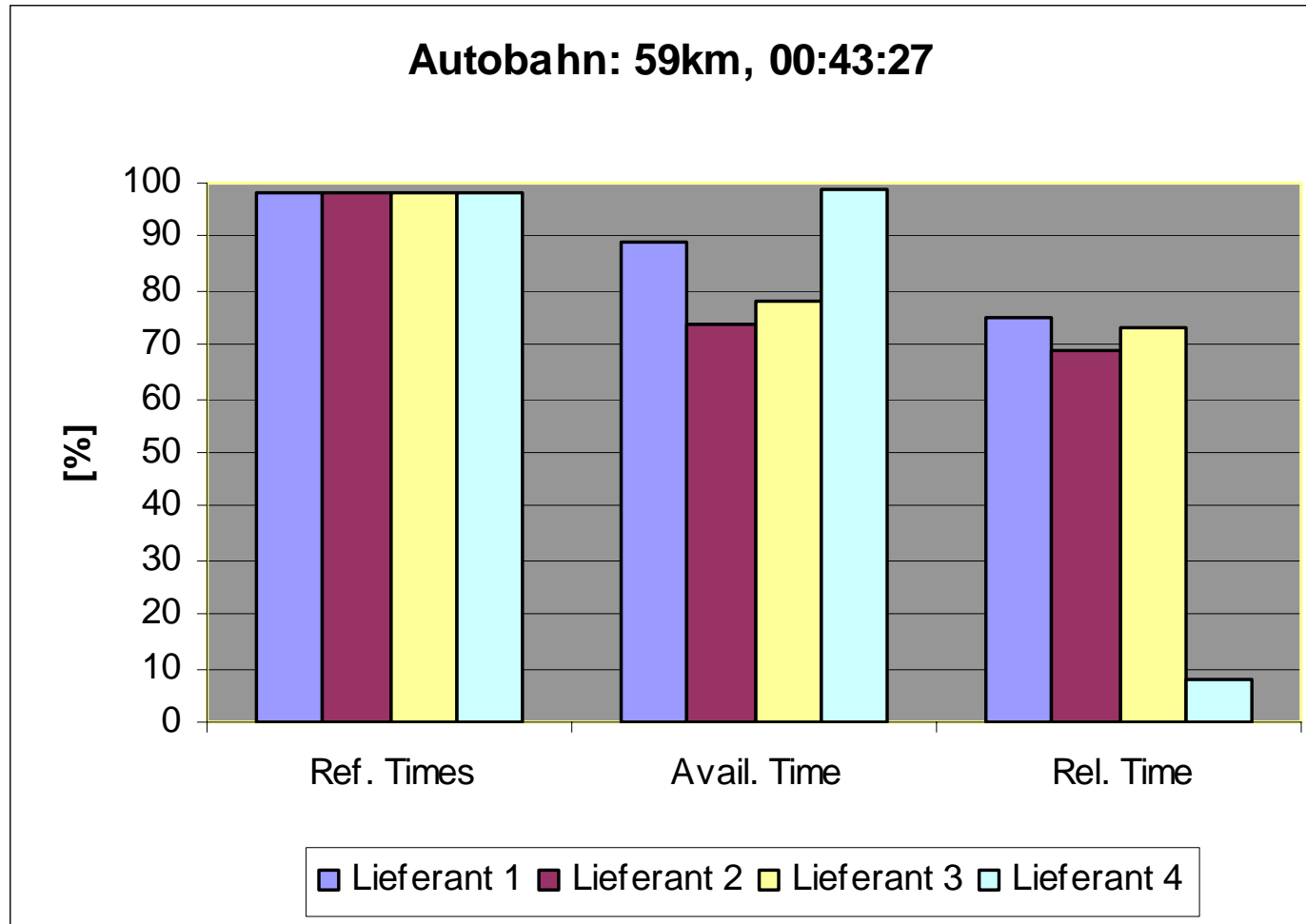
FAS/AS Verfügbarkeit (TLC/HC):

- **Zwei Linien erfasst**
 - **Geschwindigkeit größer 60 km/h**
 - **kein Blinker oder Warnblinker**
 - **kein bremsen oder starkes beschleunigen**
 - **Systemreaktion nur nahe einer Linie**
- ➔ **Funktionsrelevanz der FUE-Fehler beachten**
- FAS/AS Leistung aus FUE-Leistung abgeleitbar**



Auswertung

Beispiel



Auswertung

Aufschlüsselung

Strassenart: Autobahn, Bundesstraße, innerorts

Bekannte Problemsituationen:

- **Schlechte Markierungen (USA)**
- **Regen, Schnee, Gegenlicht, Schlagschatten**
- **Tunnel, Baustelle, Teerfugen**
- **Doppellinien, Split/Merge, Aufweitung/Verengung**
- **kurze Markierungen, große Abstände (F)**
- **Schachbrettmuster (S)**



Auswertung

Aufschlüsselung

spezifische Regressionstest-Datensätze

- **Attributierung von Clips: Typologie**
- **automatische Testdurchführung**

auch wegen der Datenmenge:

- **Datenaufkommen bei Bildverarbeitung ca. 10-100 GB/h**
- **gesamt mehrere 100h für FAS erwünscht, mehr für AS**
- **Bilddatenkompression 1:10-1:50; Artefakte!**
- **Messdatenserver: viele TB**

Automatische Testdurchführung möglich und erforderlich



Ausblick

Georeferenzierte ground truth

Referenzdaten:

- Bisher diskret (Attribute der Typologie) oder dynamisch (Datenspur), aber immer Clip-bezogen
- Künftig auch **statisch**: georeferenziert in digitalen (Ergänzungs-)Karten

Vorteile:

- Referenz auch für neue Aufzeichnungen und Sensorik verfügbar
- Günstige Umweltbedingungen für Referenzerstellung bei schlechten Bedingungen nutzbar

