



# Teleoperiertes Fahren Aktuelle Entwicklungen

Frederic Chucholowski, Sebastian Gnatzig, Tito Tang, Amin Hosseini,  
Prof. Dr. Markus Lienkamp

28. November 2013  
6. Tagung Fahrerassistenz

---

# Fahrerlose Bereitstellung und Wegparken

- Eigenes E-Fahrzeug ohne eigene Ladestation
- Car-Sharing



[Sattelfoto: Landesamt für Vermessung und Geoinformation]

# Google's Self-driving car



## Forschung Automatisches Fahren

- Forschungsziel: Fahrerassistenz
  - Fahrer immer im Fahrzeug
- Fahrer kann bei maschinell nicht abbildbaren Szenarien übernehmen
  
- Bereitstellung und Wegparken:
  - kein Fahrer im Fahrzeug



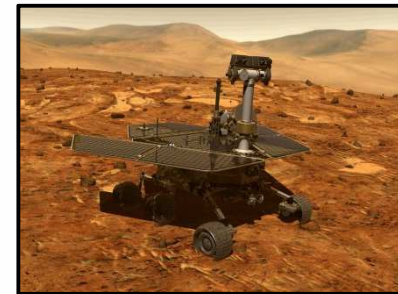
# Mensch vs. Maschine

Anforderung	Mensch	Maschine
Interpretation komplexer Szenarios	+	-
Reaktionszeit	-	+
Parallele Verarbeitung großer Datenmengen	-	+

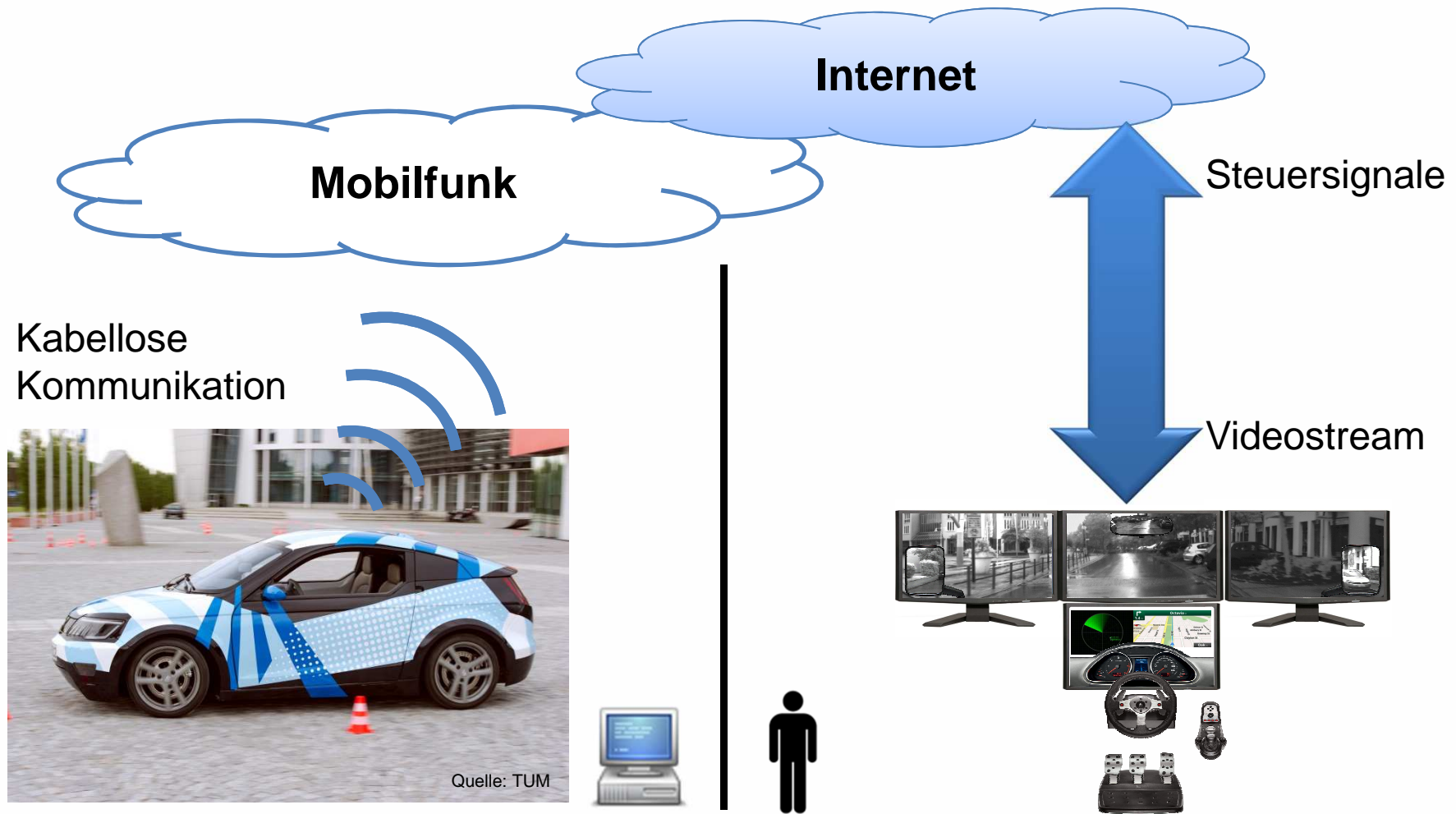
**→ Teleoperiertes Fahren**

# Teleoperation

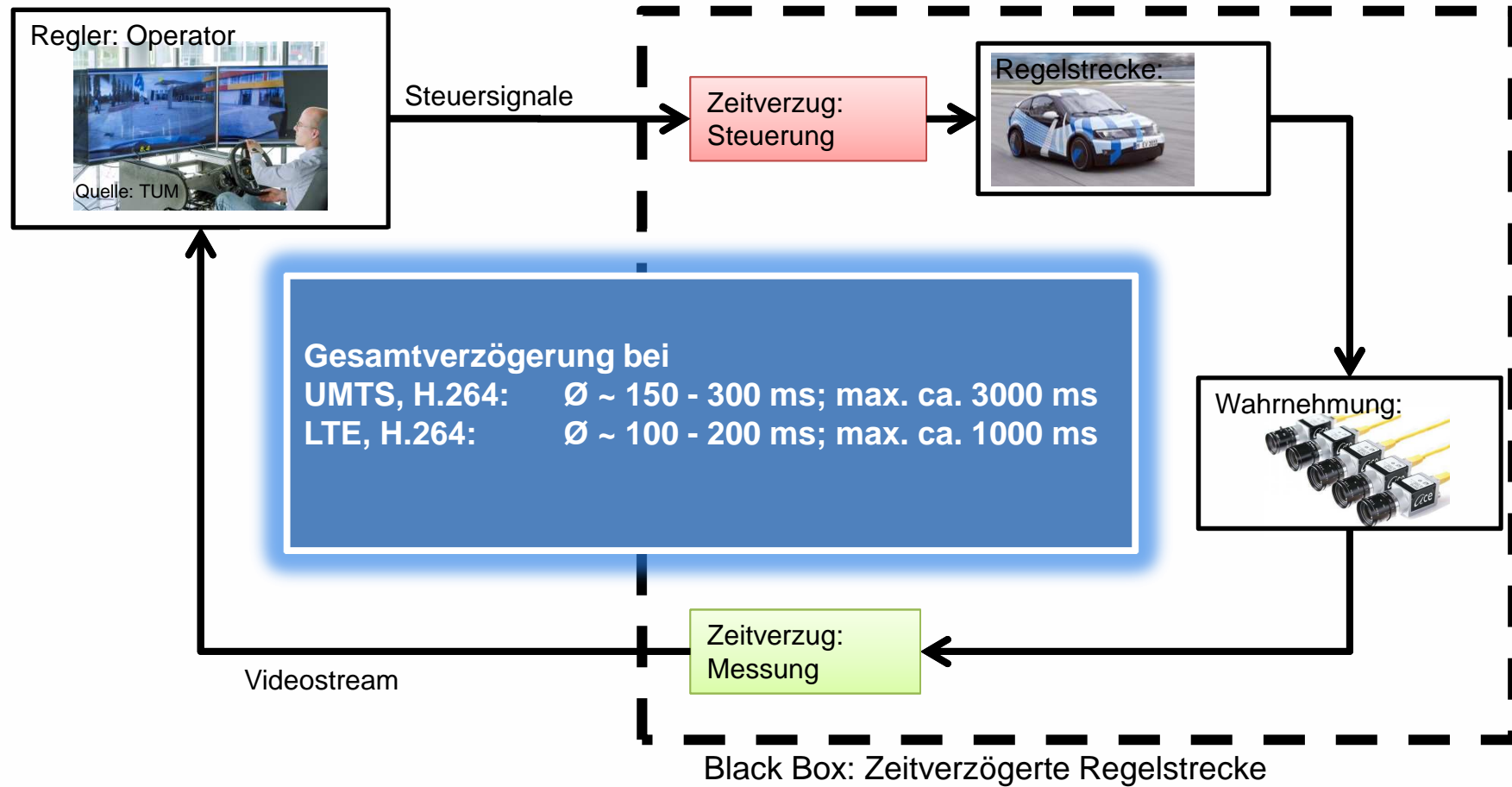
- Randbedingungen der Anwendung
  - Automatisierung zu komplex
  - Mensch soll / kann Aufgabe nicht ausführen
  
- Anwendungsgebiete
  - Weltraum
  - Tiefsee
  - Unbemannte Luftfahrt
  - Unbemannte Bodenfahrzeuge
  - Robotik



# Teleoperierte Straßenfahrzeuge

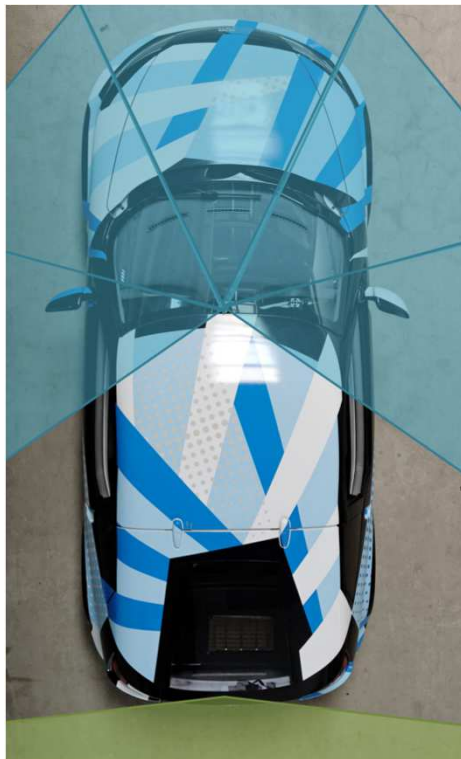


# Zeitverzögerungen bei der Teleoperation





# Kamerakonzept und Operatorarbeitsplatz



6 Kameras



Live-Bild von bis zu 5 Kameras

## Presseevent Juli 2013



# Rechtliche Problemstellungen teleoperierter Fahrzeuge

## Zulassungsrecht

- Wiener Übereinkommen und StVO
  - Forderung nach einem Fahrer, der die Kontrolle über das Fahrzeug hat
- Bestimmte Verhaltenspflichten aus der StVO nicht erfüllbar
  - z.B. Unfallort absichern
- ECE-Regeln
  - Regel 13: Elektrische Bremsanlagen sind erlaubt
  - Regel 79: Autonome/ferngesteuerte Lenkungsanlagen sind verboten

## Haftungsrecht

- Haftung zu klären: im Normalfall haftet der Halter

## Wissenschaftliche relevante Fragestellungen

- Verbindungsabbrüche
  - Freier Korridor
  
- Zeitverzögerungen
  - Predictive Display
  - Shared-Control-Methodik
  
- Mensch-Maschine-Schnittstelle

## „Freier Korridor“ als Sicherheitskonzept

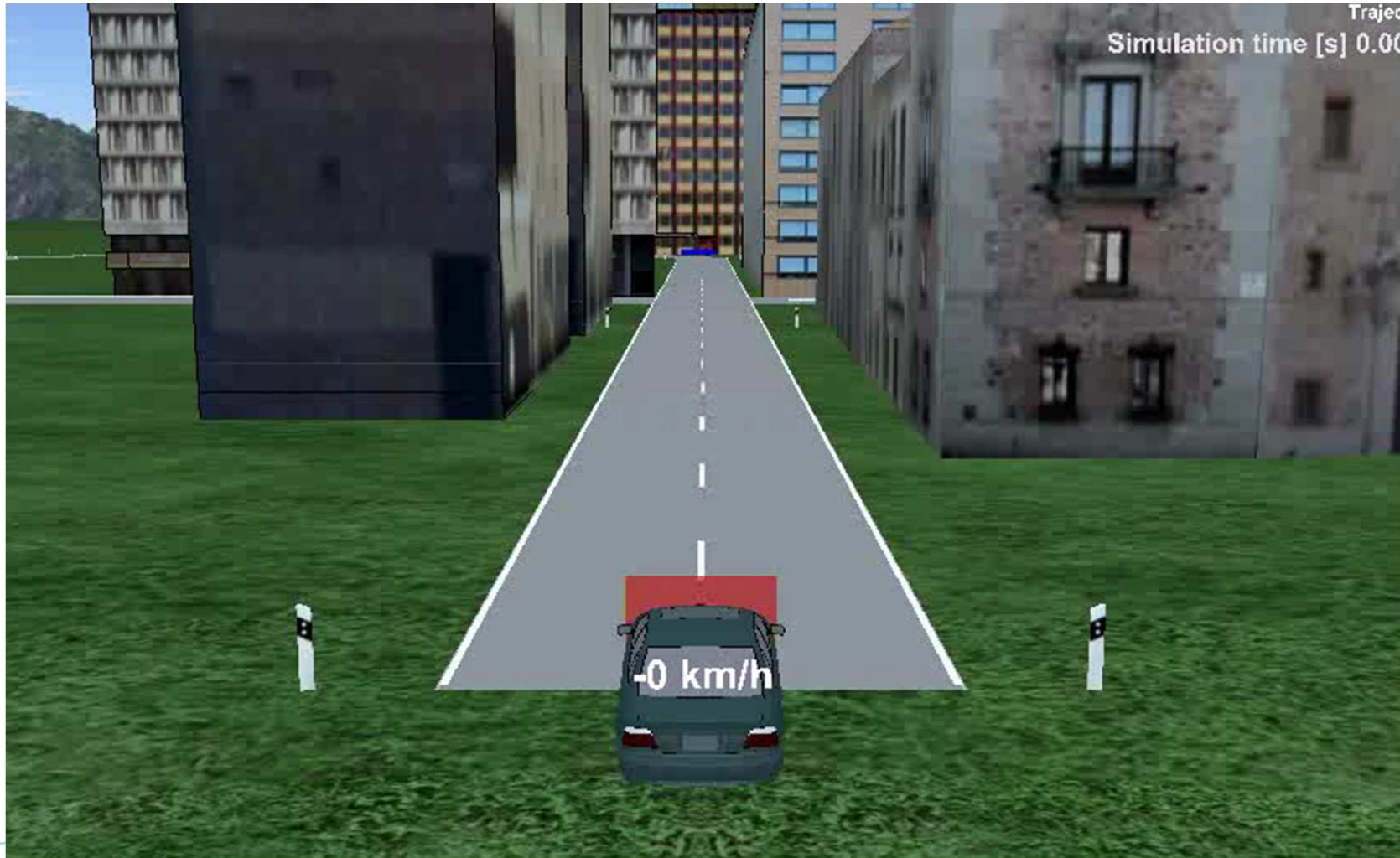
- Automatische Notbremsung bei Verbindungsabbruch
- Freihalten des Bremswegs durch Operator

→ Einzeichnung prädizierter Bremsweg





# Probandenstudie zum Freien Korridor



## Fortschritte

- Berechnungsmethode über Klothoiden am besten
- Einregelung prädizierter Bremsweg am Fahrzeug
- Freihalten des prädizierten Korridors möglich
  
- Ausblick:
  - Optimale Einzeichnungsmethode

# Predictive Display

- Vorausberechnung der eigenen Fahrzeugposition
- Vorausberechnung anderer Verkehrsteilnehmer
- Einzeichnung in reales Videobild



## Beispielfahrt mit 500ms Zeitverzögerung



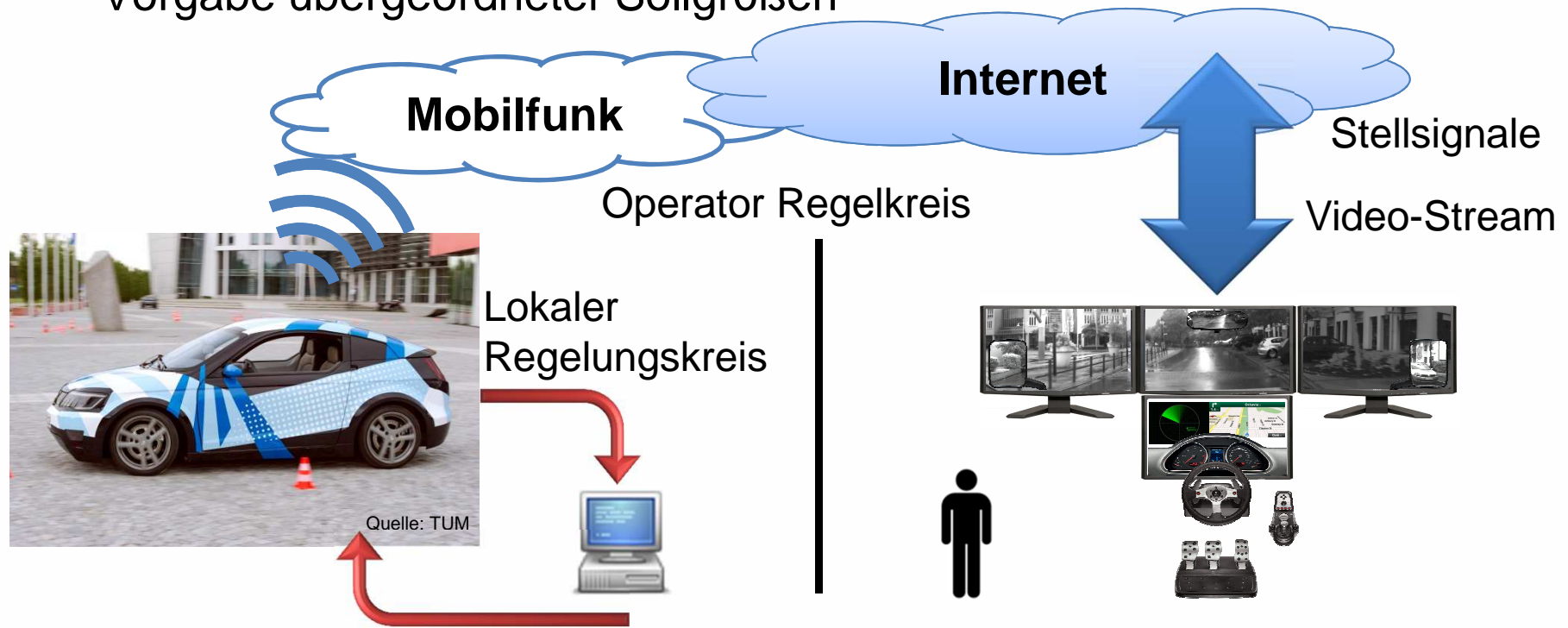
## Fortschritte

- Prädiktion Ego-Fahrzeug mit Genauigkeit im „cm“-Bereich
- Keine Zusatzsensorik nötig
  
- Probandenstudie:
  - Fahrleistung vergleichbar mit unverzögerter Anzeige
  - Verbessertes Geschwindigkeitsempfinden
  - Verbesserte Spurhaltung
  
- Ausblick:
  - Berücksichtigung anderer Verkehrsteilnehmer
  - Realversuch mit anderen Verkehrsteilnehmern

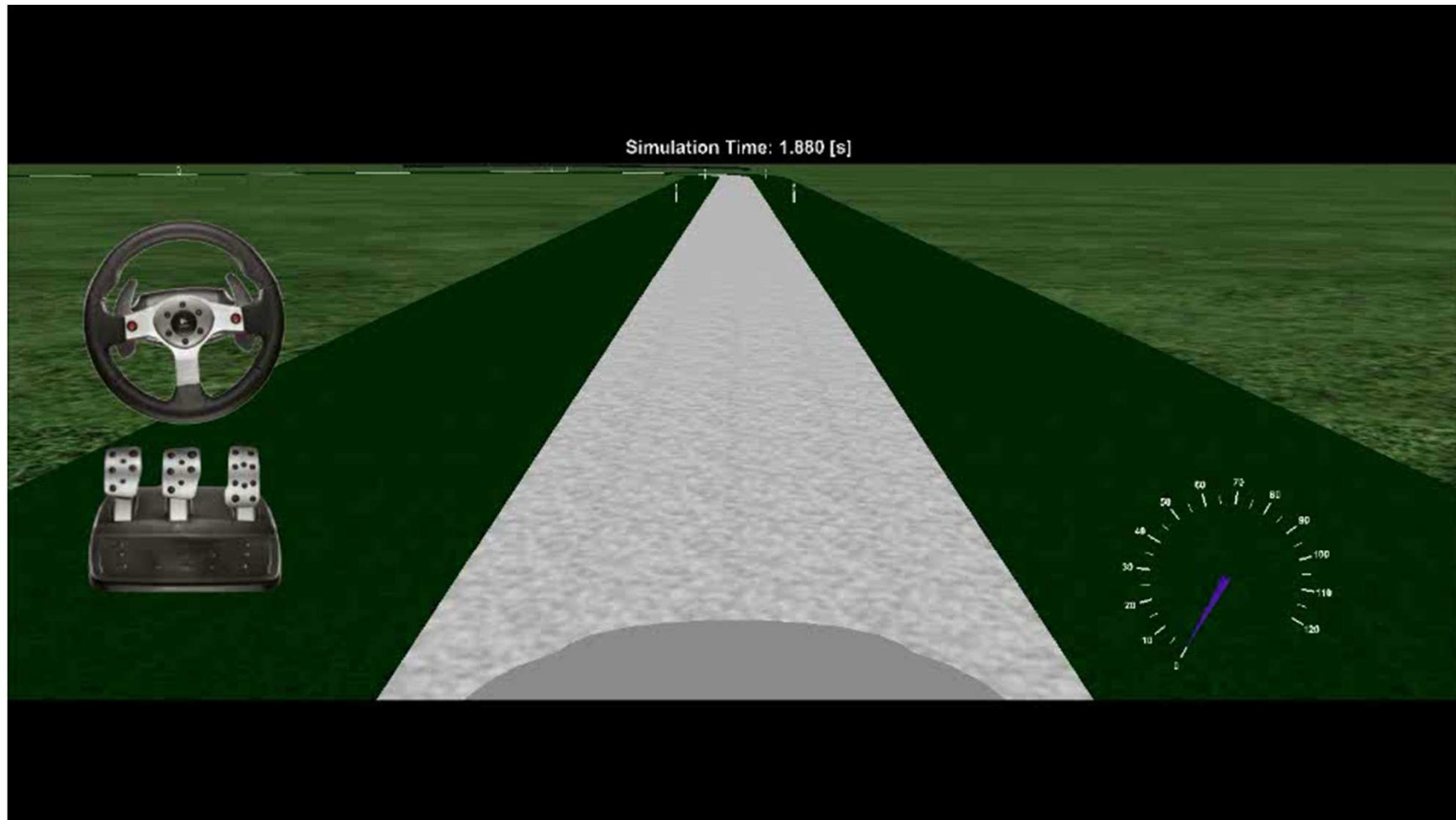


# Shared-Control-Methodik

- Lokales Schließen des Regelungskreises am Roboter
- Basis-Autonomie Funktionen
- Vorgabe übergeordneter Sollgrößen



# Steuerungskonzept Shared Control



## Fortschritte

- Vorgabe von Trajektorien durch Operator
- Robustes Nachfahren der Solltrajektorien am Fahrzeug
- Automatisches Anhalten am Trajektorienende (integriertes Notfallkonzept)
- Erfordert hochgenaues Positionierungssystem
  
- Probandenstudie:
  - Fahrleistung unabhängig von Zeitverzögerung
  - Steigerung der Fahrleistung gegenüber direkter Steuerung mit Zeitverzögerung

## Zusammenfassung

- Autonomes Fahren: Zeithorizont 2050
- Teleoperation als Übergangstechnologie ~2025 möglich
- Wissenschaftliche relevante Fragestellungen
  - Zeitverzögerungen
  - Verbindungsabbrüche
  - Mensch-Maschine-Schnittstelle



# Teleoperiertes Fahren Aktuelle Entwicklungen

28. November 2013  
6. Tagung Fahrerassistenz

---