

Der neue Fahr Simulator der Universität Stuttgart

**Präsentation zum ASIM Workshop
Ulm, 4./5. März 2010**

von

Gerd Baumann (FKFS)

Anne Piegsa (Universität Stuttgart, IVK)

Christoph Liedecke (Universität Stuttgart, IVK)



Die Universität Stuttgart baut in enger Kooperation mit dem FKFS zurzeit den größten Fahrsimulator an einer europäischen Forschungseinrichtung auf. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit 3,8 Mio € gefördert.

Die Anlage verfügt über eine Bewegungsplattform mit 6 + 2 Freiheitsgraden, die ebene Linearbewegungen von etwa 10m x 7m ermöglicht. Damit lassen sich Fahrzeugbewegungen realistischer nachbilden als mit den weit verbreiteten Hexapod-Simulatoren. Eine auf der Bewegungsplattform montierte Simulorkuppel kann komplette PKW aufnehmen. Dadurch befindet sich der menschliche „Fahrer“ in einem realistischen Umfeld und bedient das Fahrzeug in gewohnter Weise. Ein Rundum-Grafiksystem dient zur räumlichen Visualisierung der Fahrzeugumgebung. Weiterhin ist ein hochwertiges Audio- und NVH-Simulationssystem vorgesehen. Der Simulator wird Ende 2010 für öffentliche und industrielle Forschungsaufgaben verfügbar sein.

In dem Beitrag werden die Zielsetzungen und das technische Konzept des Stuttgarter Fahrsimulators beschrieben. Im Mittelpunkt steht die Erforschung des Fahrerverhaltens und die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen. Solche Systeme werden einerseits zur Unfallvermeidung bzw. zur Reduktion der Unfallschwere eingesetzt. Hochwertige Fahrsimulatoren ermöglichen deren Erprobung mit Normalfahrern ohne Gefahr für Leib und Leben der Probanden. Von zunehmender Bedeutung sind auch Assistenzsysteme, die den Fahrer in geeigneter Weise beeinflussen, um den Energieverbrauch z.B. durch nutzloses Beschleunigen und Abbremsen zu vermeiden. Der Umgang mit solchen Systemen und die Akzeptanz können im Fahrsimulator und reproduzierbaren Bedingungen (z.B. Verkehrsumfeld) mit Probanden bewertet werden.

Anhand von Beispielen wird dargestellt, welche Typen von Fahrerassistenzsystemen untersucht werden können. Weiterhin wird die Integration von Realfahrzeugen in den Fahrsimulator sowie die Generierung von haptischen Rückmeldungen erläutert.

- Zielsetzung: virtuelle Entwicklung von Assistenz- und Regelungssystemen im Kfz
- Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

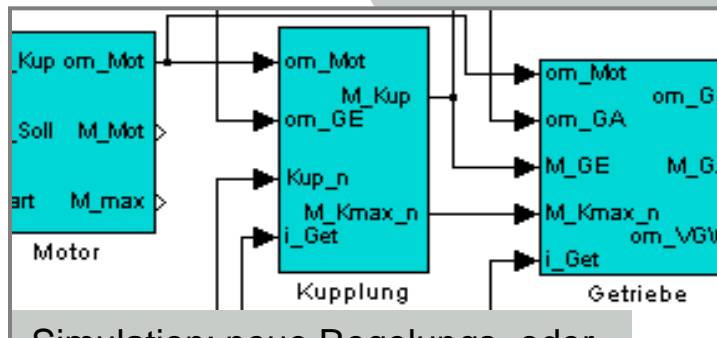
Messfahrzeug:
Streckenerfassung, Potenzialanalysen



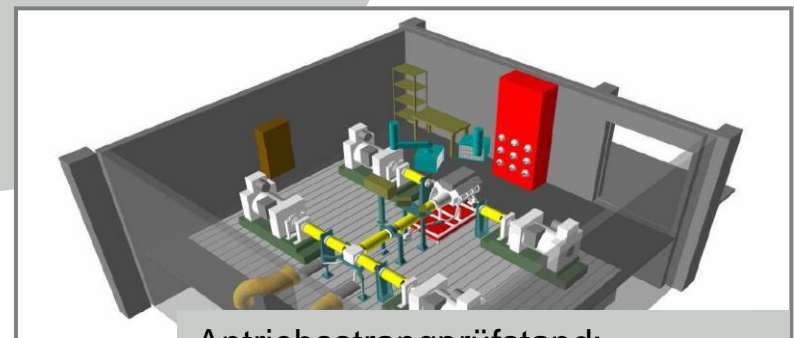
Fahrsimulator:
Virtuelle Umgebung, realer Fahrer



VALIDATE



Simulation: neue Regelungs- oder Assistenzfunktionen



Antriebsstrangprüfstand:
Erprobung realer Komponenten

Zielsetzungen des Stuttgarter Fahrsimulators

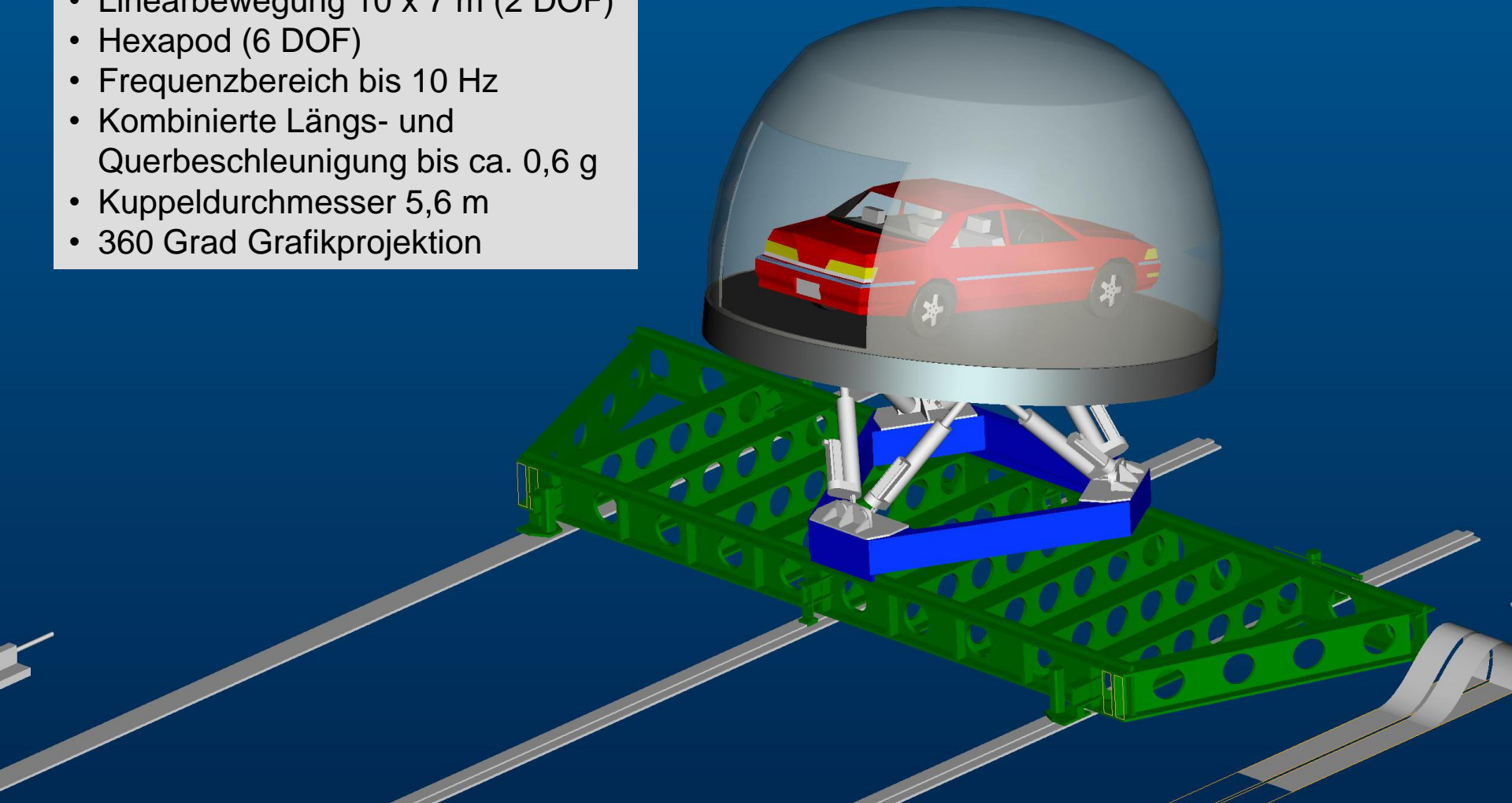
- F&E- Werkzeug, für Industriepartner nutzbar
- Potenzialabschätzung von Fahrerassistenzsystemen und Nachweis der Wirksamkeit unter Berücksichtigung des Fahrerverhaltens
- Akzeptanzstudien und interaktive Erprobung virtueller und realer Komponenten (Software-Prototypen bis Serie); Fehlersuche
- Beispiele: ACC, Lenkfunktionen, Hybrid-Fahrstrategie, Collision Avoidance

Technisches Konzept:

- Einbringen von Komplettfahrzeugen mit geringen Modifikationen
- Visualisierung der Umgebung und Geräuschsimulation
- Rekonstruktion der Beschleunigungen in allen Raumrichtungen soweit möglich
- Nachbildung eines „elektronischen Umfelds“ für die Fahrzeugelektronik (Emulation der CAN/LIN/Flexray-Netzwerke mittels HIL-Technologie)
- „Synthetische GPS-Satelliten“ zum Betrieb von Navigationsgeräten etc.
- Simulation von Umfeldsensorik (Radar, Videosysteme, Ultraschall)

Technische Daten:

- Linearbewegung 10 x 7 m (2 DOF)
- Hexapod (6 DOF)
- Frequenzbereich bis 10 Hz
- Kombinierte Längs- und Querbewegung bis ca. 0,6 g
- Kuppeldurchmesser 5,6 m
- 360 Grad Grafikprojektion



- Echtzeitfähigkeit: Einbindung des Menschen in die Simulation im „Closed-Loop-Betrieb“ erfordert stets deterministisches Echtzeitverhalten
- Kurze Zykluszeiten: Detaillierte Simulation von Reifen, Lenkung und Antrieb erfordert Zykluszeit ~ 1 ms wegen numerischer Stabilität sowie ruckfreier Haptik der Simulatorlenkung und des Bewegungssystems
- Vollständigkeit: Das Simulationsmodell für einen Fahrsimulator muss alle Betriebszustände und Zustandsübergänge numerisch konsistent abdecken, z.B. Übergang stehendes Fahrzeug / Vorwärts / Rückwärtsfahrt, Fahrdynamik im Normal- und Grenzbereich, ansonsten entstehen haptische Störung
- Plausibilität: Das Verhalten eines Fahrsimulators muss für den „Fahrer stets nachvollziehbar sein, um Akzeptanz und aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen.
- Besondere Herausforderung: Rekonstruktion des Lenkrad-Rückstellmoments im Fahrsimulator.



Klassisches Verfahren:

- Simulation des Lenkmoments über Reifen- und Lenkungsmodell
- Lenkradmoment-Rekonstruktion mittels rastmomentfreiem Servo-Direktantrieb

Nachteil:

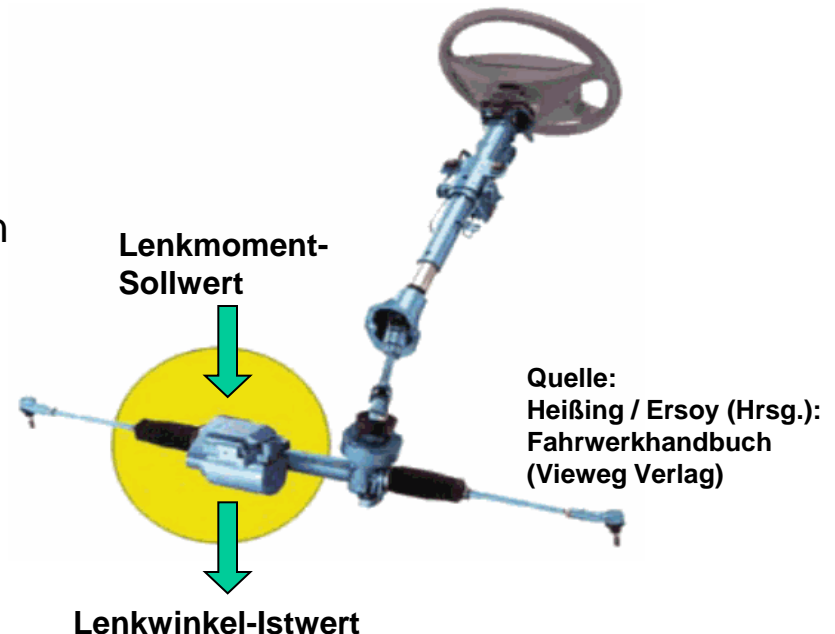
- Fahrzeugspezifisches „Lenkgefühl“ (bestimmt durch Konstruktion der Servounterstützung, Reibung, Steifigkeit ...) schwierig nachzubilden

Neuer Ansatz:

- Elektrolenkung in allen zukünftigen Fahrzeugen
- Lenkkraftrekonstruktion im Simulator durch Ansteuerung des internen Lenkmotors

Vorteile:

- realistisches „Lenkgefühl“ durch reale Lenkmechanik (Zahnstange, Lenksäule etc.)
- geringer Umbauaufwand für Realfahrzeug

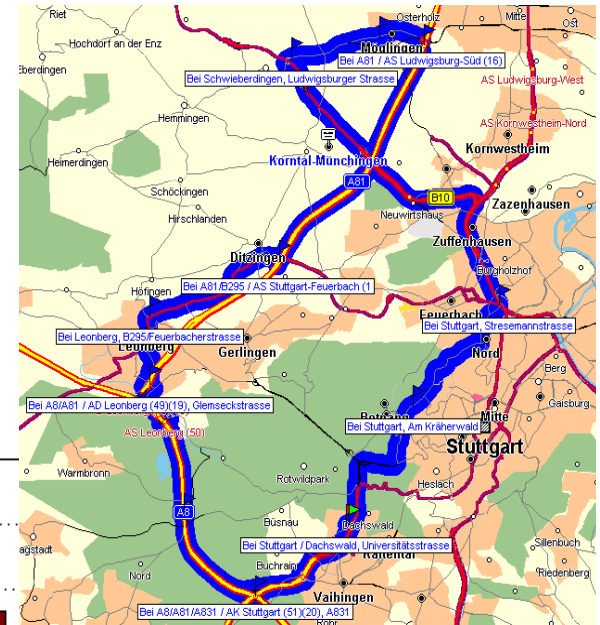
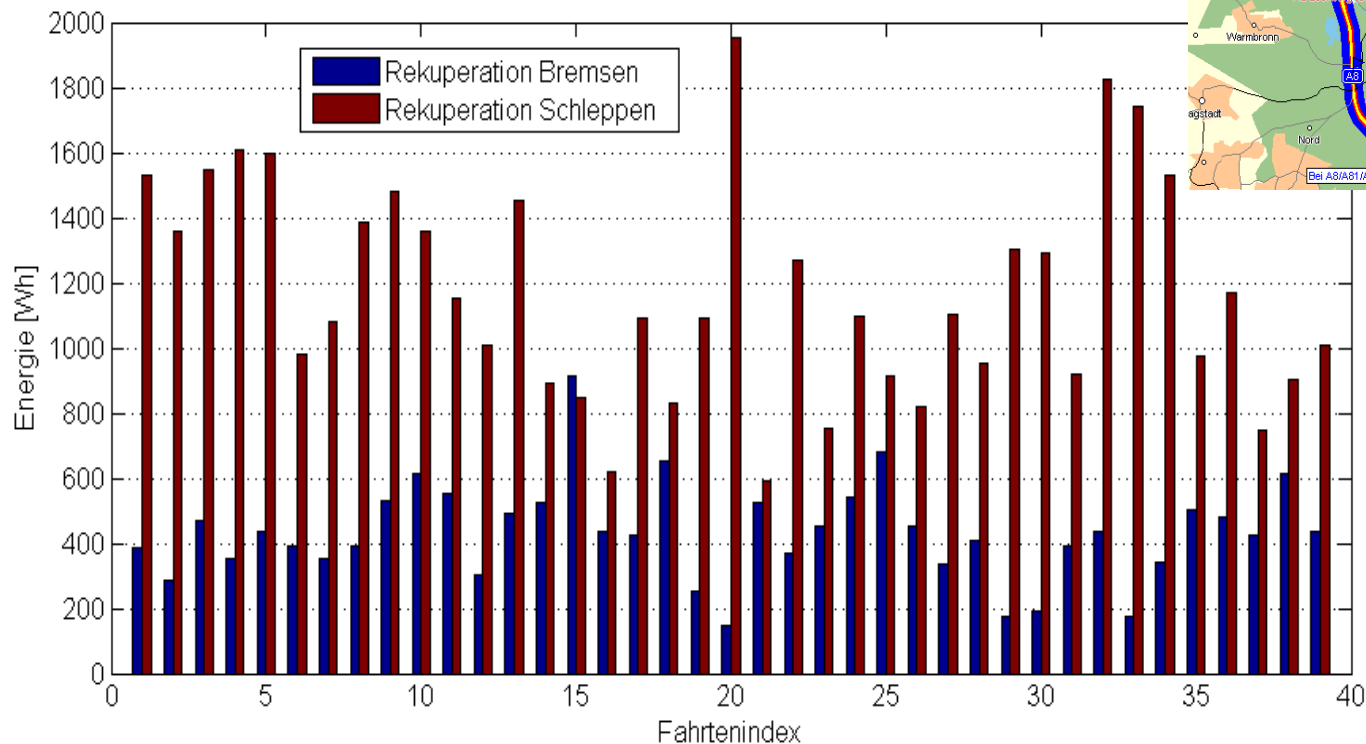


- Vorarbeiten: Entwurf, HiL-Betrieb und Grundabstimmung der Fahrstrategie für ein Erdgas-Hybridfahrzeug am statischen Fahrsimulator des FKFS
- Problem: präzise Verbrauchs- und Emissions- Modelle für den instationären Betrieb des Verbrennungsmotors und der Hybridkomponenten fehlen
- Ausweg: Integration des realen Hybridantriebs auf einem dynamischen Prüfstand in die Interaktive Simulation
- Damit Erhöhung der Entwicklungstiefe in der Simulation: Grundbedatung bezgl. Verbrauch und Komfort (Antriebsstrang-Schwingungen, Start/Stop-Häufigkeit etc.) im Simulator möglich



Beispiel: erhebliche Varianz der zurückgewonnenen Energiemenge bei einem Hybridfahrzeug im Schlepp- bzw. Bremsbetrieb

Randbedingungen: 39 Fahrten mit unterschiedlichen Fahrern auf einer repräsentativen Fahrstrecke



„Stuttgart-Rundkurs“

Ausblick: Reichweitenassistenz für Elektrofahrzeuge

Reichweitenproblematik:

- Begrenzte Reichweite durch hohe Gestehungskosten und geringe Energiedichte der Batterie; Ladezeiten von mehreren Stunden
- Starke Abhängigkeit der im Realbetrieb erzielten Reichweite von der Umgebungstemperatur (temperaturabhängiger Energieinhalt der Batterie, Versorgung der Heizung und Klimaanlage aus der Batterie, Kühlleistungsbedarf für Batterie und E-Maschine)
- Starke Abhängigkeit des Energiebedarfs von der Fahrweise (siehe Beispiel: gemessene Rekuperationsmenge für ein reales Hybridfahrzeug mit verschiedenen Fahrern auf einer repräsentativen Strecke)

Ziele von Fahrimulator-Untersuchungen:

- Entwurf von Algorithmen für die Reichweitenprädiktion unter Berücksichtigung des individuellen Fahrstils
- Entwicklung einer „Reichweitenassistenz“: Frühzeitige Optimierung des Energiemanagements im Fahrzeug, z.B. Begrenzung der Heiz- und Kühlleistung oder der Fahrleistungen, rechtzeitige Information des Fahrers, notfalls Routenführung zum „sicheren Hafen“ etc.

Der neue Stuttgarter Fahr Simulator ermöglicht Untersuchungen

- zum Einfluss des Fahrers auf den Energiebedarf
- zur Wirksamkeit von Fahrerassistenzsystemen
- zum Entwurf von Fahrstrategien für Hybrid- und Elektrofahrzeuge

Inbetriebnahme:

- geplante Fertigstellung Ende 2010

Kontakt:

- Dr. Gerd Baumann, FKFS, baumann@fkfs.de
- Dr. Anne Piegsa, IVK, Universität Stuttgart, piegsa@ivk.uni-stuttgart.de
- Dipl.-Ing. Christoph Liedecke, IVK, Universität Stuttgart, liedecke@ivk.uni-stuttgart.de