

Die Fahrsimulation des DLR Funktionen und Anwendungsmöglichkeiten

Dipl.-Inform. Markus Stöbe

DLR, Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung



Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Viewcar - Den Fahrer verstehen



FASCar

Bewertung neuer Fahrerassistenzfunktionen und MMI-Konzepte im realen Straßenverkehr

- Aktive Steuereingriffe in Gas/Bremse/Lenkung
- Flexibel konfigurierbare haptische, akustische und visuelle Rückmeldungen
- Erfassung und Speicherung von Fahrzeug-, Fahrer- und Umweltparametern



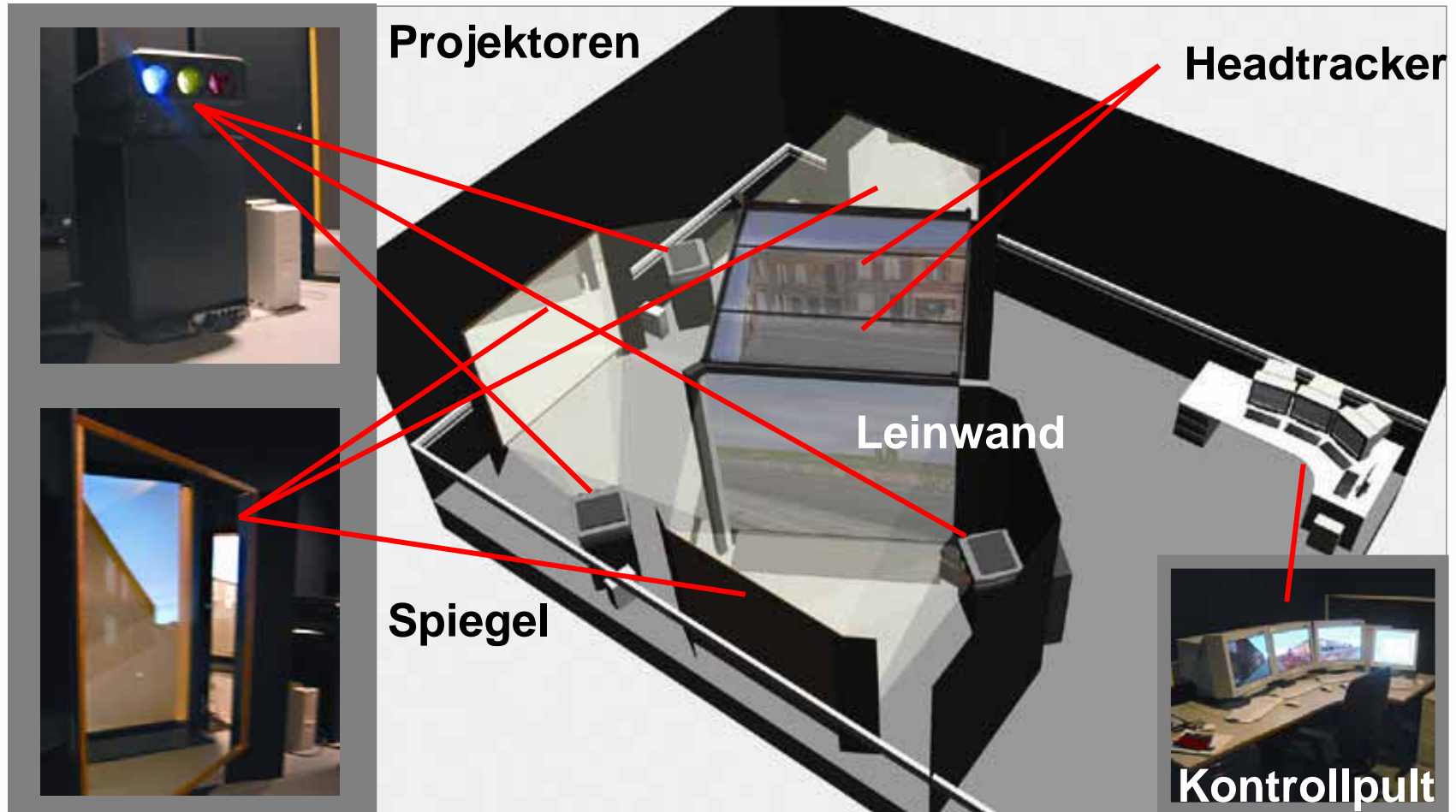



Forschungsinfrastruktur Bereich Automotive Experimentalsystem



Forschungsinfrastruktur Bereich Automotive

Virtual Reality Labor





Forschungsinfrastruktur Bereich Automotive

Dynamischer Fahr Simulator



Forschungsinfrastruktur Bereich Automotive

Dynamischer Fahr Simulator

	Weg	Geschwindigkeit	Beschleunigung
Längs	±1,5 m	±2 m/s	±10 m/s ²
Quer	±1,4 m	±2 m/s	±10 m/s ²
Vertikal	±1,4 m	±2 m/s	±10 m/s ²
Rollen	-20 ° / +21 °	±50 °/s	±250 °/s ²
Nicken	±21 °	±50 °/s	±250 °/s ²
Gieren	±21 °	±50 °/s	±250 °/s ²

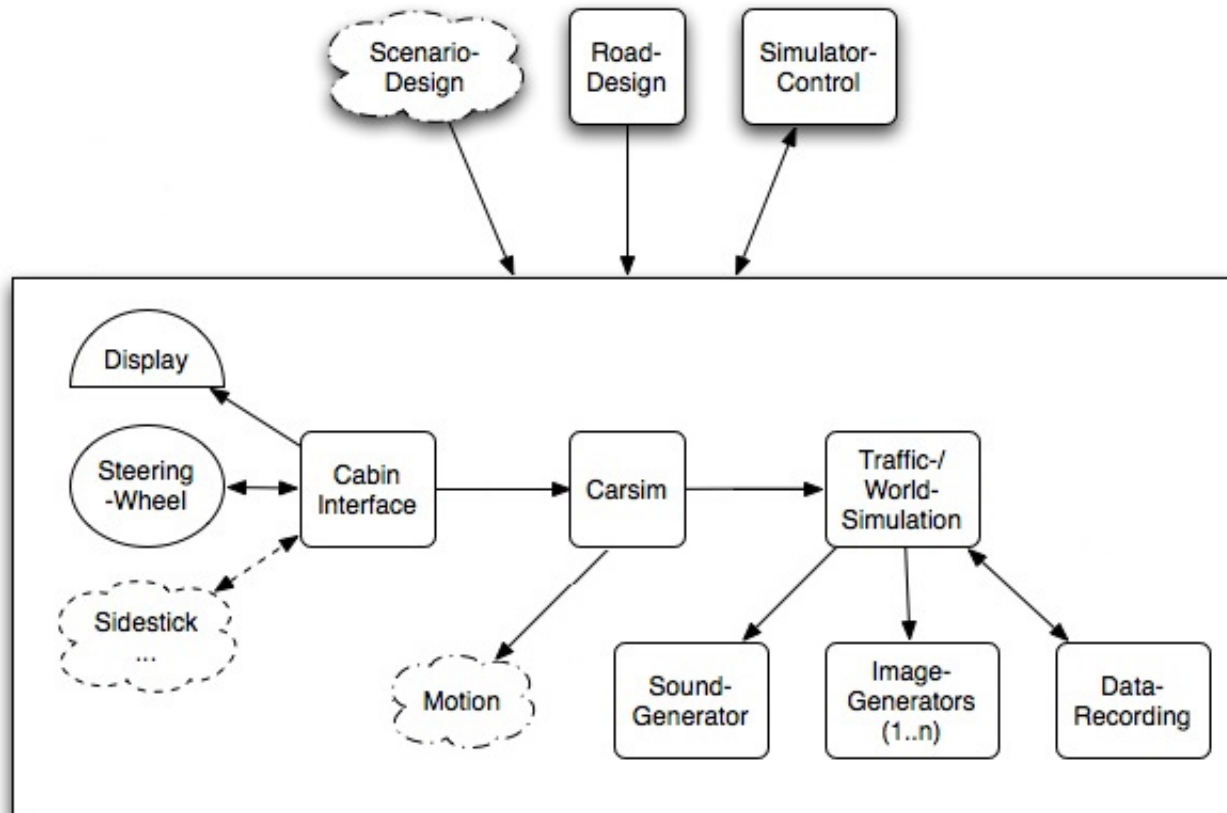




Basisfunktionen der Simulation sind in allen Simulatoren verfügbar

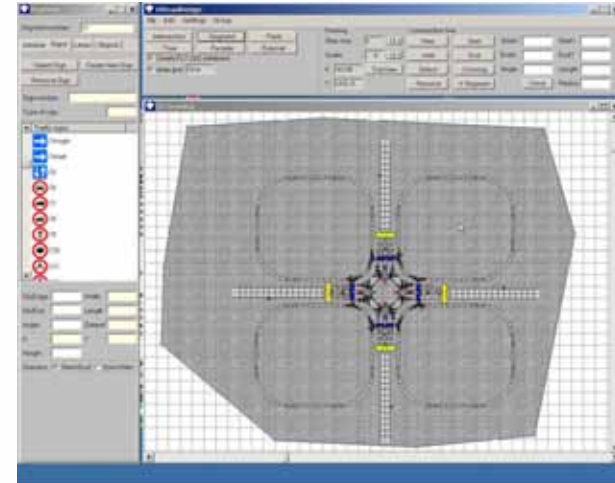
- Weitreichend konfigurierbare Grafikdarstellung (FOV, Aspect Ratio, Blickrichtung, Spiegelung, PIP, HUD etc.)
 - Realer CAN-Bus
 - Verkehrssimulation mit bis zu 50 autonomen Teilnehmern
 - Realistische Fahrdynamik (Carsim)
 - Geräuschsimulation inkl. ortbaren Klangquellen (Autos, virt. Beifahrer,...)
 - Zeitsynchrone Datenaufzeichnung
 - Record-/Replay-Möglichkeit mit frei beweglicher virtueller Kamera
-
- **Ein Szenario** läuft ohne Änderungen **in allen Simulatoren**

Aufbau der Simulations-Software



Streckengenerierung

- Einfache Generierung von Strecken und Landschaften
- Mehrfache LOD-Stufen werden automatisch erzeugt
- Reale Streckenverläufe können nachgebildet werden
- Häuser, Schilder, Randbebauung wie Büsche oder Bäume können bequem platziert werden
- Teile der Strecke können als Kachel bzw. Gruppe gespeichert und wiederverwendet werden
- Erzeugt Grafik (OpenFlight) und logische Streckenbeschreibung für Traffic-Modul



Verkehrssimulation

- Bis zu 50 Fahrzeuge können per Script gesteuert werden
- Jedes Script besteht aus einer oder mehreren Aktionen mit separaten Start- und Endbedingungen
- Mehrere Aktionen können zeitgleich ablaufen
- Trigger können unter anderem durch Position eines Fahrzeugs, Zeitpunkt in der Simulation, Abstand zu einem Objekt sein
- Aktionen können manuell angewählt werden
- Umfangreiche Datenaufzeichnung in CSV-Dateien
- Empfangen und Senden von UDP-Nachrichten möglich
- Mehrfach verwendbare Bausteine programmierbar

```
Define Function Stopwatch( time, LastTime ) {
  Var { temp; }
  temp := runtime();
  If ( (temp - LastTime) >= time ) {
    Stopwatch := 1;
  }
  Else { Stopwatch := 0; }
}

Define Function RemoveOnPathDumVar1() {
  If ( Part[].PathNr = Part[].DumVar1 ) {
    If ( Part[].DisToInter < 40 ) {
      Part[].RemoveOnDistance := 10;
      Proc( RemovePerform, Part[].PartNr );
    }
  }
}

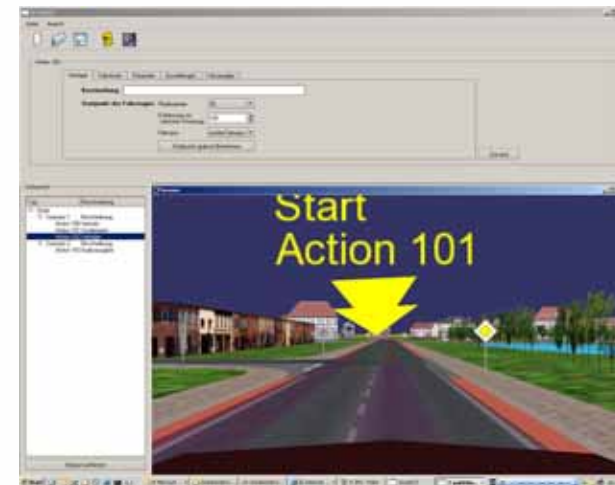
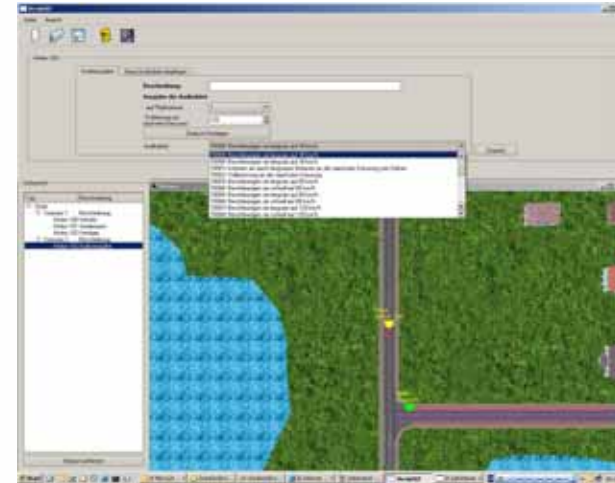
Define Function RemoveOnPathDumVar1AndSlowDown() {
  If ( Part[].PathNr = Part[].DumVar1 ) {
    If ( Part[].DisToInter < 40 ) {
      Part[].RemoveOnDistance := 10;
      Proc( RemovePerform, Part[].PartNr );
    }
  }
  If ( Part[].MaxVelocity > 15.0 ) {
    If ( Part[].PathNr = Part[MainTarget].Path
      Part[].DisToInter < (Part[MainTarget].Dis
        Part[].PrefLane := 0;
        Part[].MaxVelocity := 50/3.6;
      }
    If ( Part[MainTarget].PathNr = 388 and Par
      Part[].PrefLane := 0;
      Part[].MaxVelocity := 50/3.6;
    }
  }
}

Define Function ResetScenarioRoute( pathnumber, di
  Var { a; NScen; S; teller; }
  Proc( SignalHandler, CommandTerminateScenario
  Proc( ResetCabin );
  Proc( SetRouteHandlingSSL, True );
  Part[MainTarget].PathNr := pathnumber;
  Part[MainTarget].DisToInter := distointer;
  Part[MainTarget].Lane := RightLane;
  Proc( RepositionRouteByIndex, indexofroute );
```



iScript

- Programmierhilfe für Szenarien
- Liest Streckendaten ein
- Ermöglicht visuelle bzw. GUI-basierte Erstellung von Scripten
- Häufig benutzte Blöcke sind per Mausclick verfügbar
 - Zufälliger Verkehr mit definierter Stärke
 - „Hauptakteure“ mit definierte Fahrtroute
 - Drängler von hinten
 - Sprachausgaben
 - Datenaufzeichnung starten/stoppen





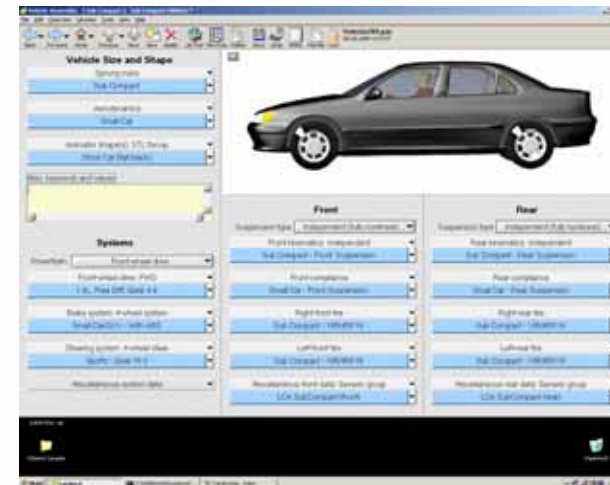
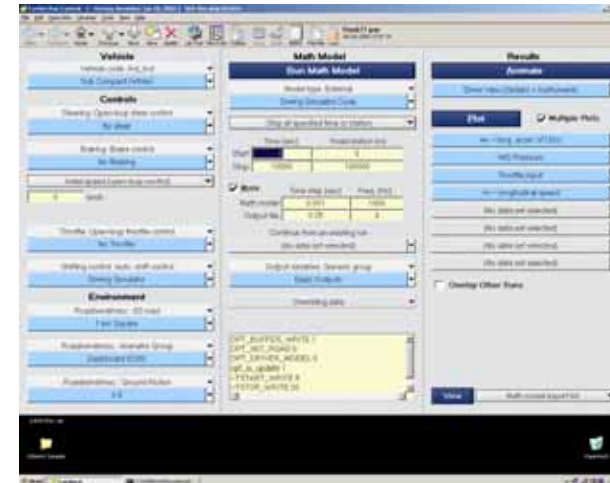
Geräuschsimulation, 3D-Sound und Sprachausgabe

- Realistische Motorgeräusche durch Tonmatrix-System von Vrtainment
- Darstellbar sind
 - Motorlast
 - Drehzahl
 - Rollgeräusche
 - Wind
 - Fahrbahnuntergrund (auf oder neben der Straße)
- 3D-Sound für umgebende Fahrzeuge inkl. Dopplereffekt
- Auch für
 - Warntöne (Nagelbandrattern) und
 - Sprachausgaben (virt. Beifahrer, Kinder auf Rücksitz) geeignet



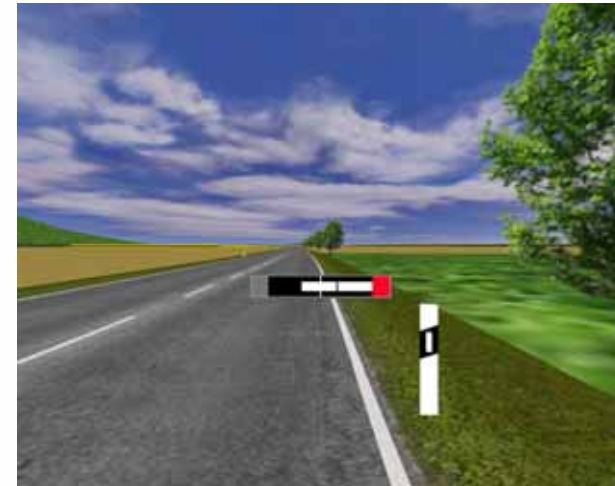
Fahrdynamik Carsim

- Realistische Fahrdynamik
- Weitreichend konfigurierbare Fahrzeugparameter
- Parameter können von außen zur Laufzeit verändert werden, z.B. für
 - Windböen
 - Platzen Reifen
 - Fahrbahnbeschaffenheit
- Kundenspezifische Fahrdynamikmodelle können eingelesen werden
- Einfaches Umschalten zwischen Modellen
- Steuerung des Fahrzeugs auch automatisierbar



Bildgenerator optional mit Stereoprojektion

- Umfangreich konfigurierbar
- Stereosicht und Headtracking möglich
- Frei bewegliche Kamera
- Special-Effects
 - Nebel
 - Head-Up-Display
 - Bild im Bild
 - Partikeleffekte (in Arbeit)
- Video-Texturen z.B. für virtuelle Instrumente (in Arbeit)



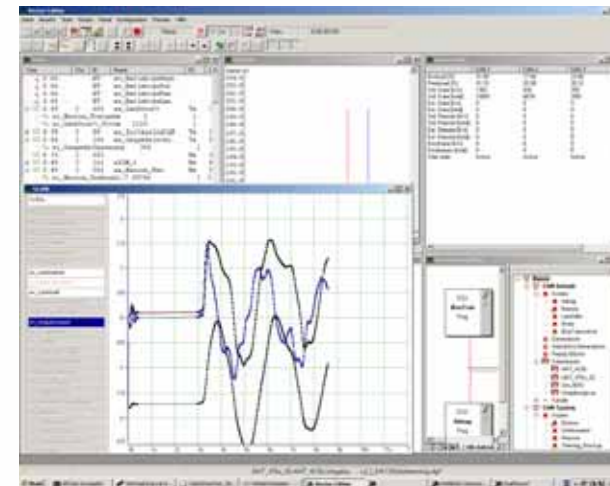
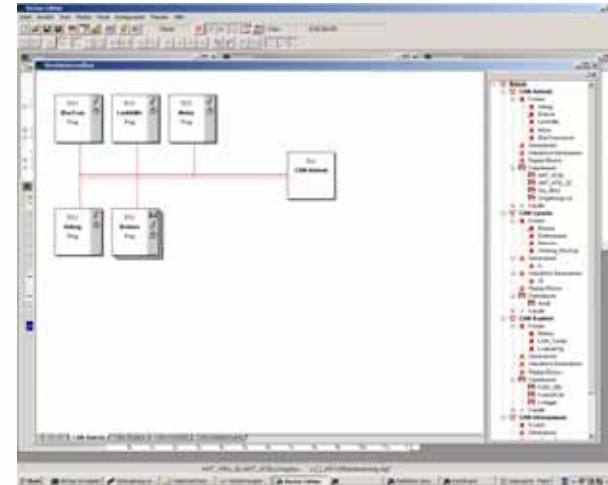
iObjects und virtuelles Cockpit

- Script-gesteuerte Generierung virtueller Multifunktionsanzeigen
- Einfachere Gestaltung der Cockpits mittels CoEdit möglich (in Arbeit)
- Ein- und Ausgaben von/zur Simulation möglich, dadurch können bedienbare Cockpits gestaltet werden
- Einbindung in Simulation über Displays im Simulator oder als Videotextur im VR-Labor (in Arbeit)
- Virtuelles Cockpit im VR-Labor kann während der Fahrt geändert werden



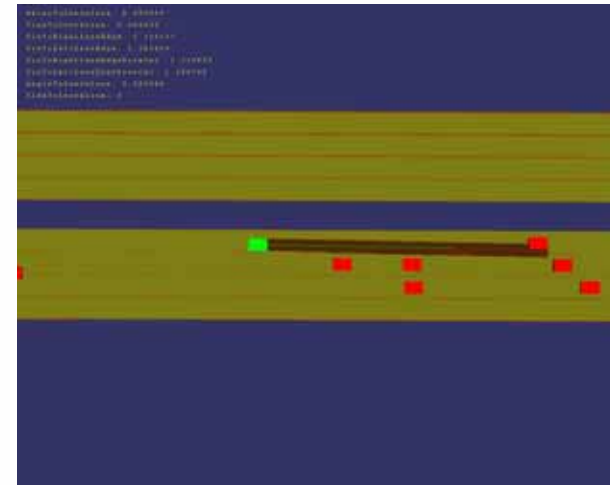
Anbindung realer oder simulierter FAS über CAN-Bus oder Ethernet

- CAN-Bus-Simulation über CANoE
- Anbindung von FAS möglich als
 - Matlab/Simulink-Modell
 - XPC-Target-Box
 - Autobox
 - Seriengerät
- Anbindung sowohl über CAN als auch über Ethernet (TCP oder UDP) möglich
- Zukünftige Bussysteme wie Flexray können leicht integriert werden



Umweltanalyse

- Logische Darstellung der simulierten Welt
- Informationen über Umwelt vorhanden, z.B.
 - Spurbreite, -begrenzungen
 - Kurvenradien
 - Andere Verkehrsteilnehmer
 - Position von Schildern
- Zentraler Ort um Sensoren zu simulieren und zu visualisieren
- Situationsanalyse möglich



Record-Replay

- Aufzeichnung einer Probandenfahrt inkl. aller autonomer Verkehrsteilnehmer
- Abspielen mit frei wählbarer Kameraposition
- Vorwärts, rückwärts, schneller oder langsamer abspielbar
- Verwaltung aller Fahrten in einer Datenbank
- Nutzeranonymisierung
- Video-Export möglich

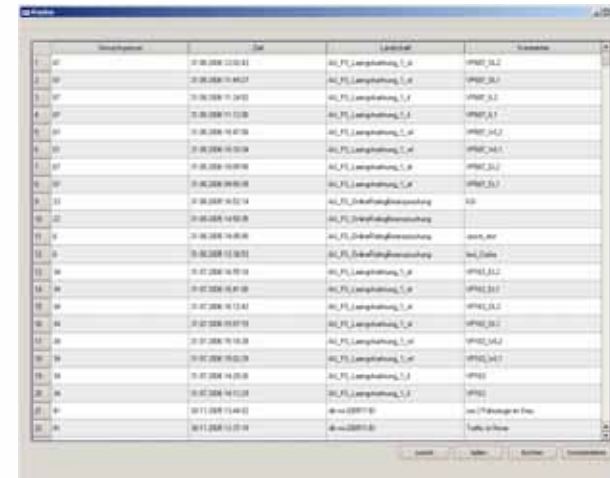


Zur Anzeige wird der QuickTime™
Dekompressor „XV420 codec“
benötigt.




Datenaufzeichnung, Facelab und Physio

- Aufzeichnung erfolgt als CSV-Datei
 - Daten aus
 - Fahrdynamik
 - Verkehrssimulation
 - CAN-Bus
 - Virtueller Sensoren
 - Facelab (momentan nur HMI-Lab)
 - Physiologie-Messsystem
- ... können zeitsynchron aufgezeichnet werden
- Timestamp wird auch in Videoaufzeichnung erfasst



Startzeitpunkt	Zeit	Lagebezeichnung	Sensoren
01.08.2006 12:00:00		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:01		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:02		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:03		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:04		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:05		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:06		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:07		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:08		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:09		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:10		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:11		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:12		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:13		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:14		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:15		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:16		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:17		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:18		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:19		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:20		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:21		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:22		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:23		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:24		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:25		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:26		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:27		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:28		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:29		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:30		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:31		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:32		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:33		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:34		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:35		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:36		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:37		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:38		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:39		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:40		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:41		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:42		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:43		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:44		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:45		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:46		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:47		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:48		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:49		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:50		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:51		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:52		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:53		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:54		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:55		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:56		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:57		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:58		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:00:59		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren
01.08.2006 12:01:00		AFI_Lagebezeichnung_L_R	AFI_Sensoren



Beispiele für bisher prototypisch untersuchte Fahrerassistenzsysteme

- Längsführung
 - Headup-Display zur Darstellung der Time-To-Collision
 - Akustische Warnung bei zu dichtem Auffahren
 - Haptische Warnung durch Bremsruck
 - Aktiver Bremsengriff bei zu dichtem Auffahren
 - ACC
- Querführung
 - Headup-Display zur Darstellung der Lateralposition
 - Akustische Warnung beim Verlassen der Fahrspur
 - Aktiver Lenkeingriff



Beispiele für Versuche

- Intern
 - Verhalten an Kreuzungen (Viewcar & VR-Labor)
 - Verhalten bei Kurvenfahrten
- Extern
 - Längsführung mit und ohne Assistenz
 - Querführung mit und ohne Assistenz
 - Abwehrhandlungen
 - Phase I: Wie reagiert der Mensch bei einem Unfall
 - Phase II: Hilft ein Assistent, Unfälle zu vermeiden?
 - Phase III: Adaptiert der Mensch sein Verhalten durch einen Assistenten?
 - Auswirkungen verschiedener Verkehrszustände auf den Fahrer



Gefühlte Realität

Was macht eine Simulation realistisch?

- Gute Grafik
 - Hoher Immersionsgrad, großes Field-of-View
 - Effekte wie Blendung, Nebel, Regen
 - Höhenprofil der Landschaft
 - Guter Geschwindigkeitseindruck
- Realistische Tonsimulation
 - Motorengeräusche
 - Umgebungsgeräusche
- Passende Haptik / Kinästhetik
 - Geschwindigkeitsabhängige Lenkkraftsimulation mit Simulation von Fahrbahnunebenheiten
 - Motion Cueing mit geringen Verzögerungen
 - Vibrationen des Fahrzeugs
 - Realistische Fahrdynamik





Gefühlte Realität

Aktueller Stand

- Gute Grafik
 - Hoher Immersionsgrad, großes Field-of-View
 - Effekte wie Blendung, Nebel, Regen
 - Höhenprofil der Landschaft
 - Guter Geschwindigkeitseindruck
- Realistische Tonsimulation
 - Motorengeräusche
 - Umgebungsgeräusche
- Passende Haptik / Kinästhetik
 - Geschwindigkeitsabhängige Lenkkraftsimulation mit Simulation von Fahrbahnunebenheiten
 - Motion Cueing mit geringen Verzögerungen
 - Vibrationen des Fahrzeugs
 - Realistische Fahrdynamik





Gefühlte Realität

Ausblick

- Effekte wie Blendung, Nebel, Regen
 - Nebel vorhanden
 - Beleuchtungseffekte in Arbeit
- Höhenprofil der Landschaft
 - Neue Traffic-Simulation notwendig
 - Suche nach Alternativen läuft
- Motion Cueing mit geringen Verzögerungen
 - Standard Motion Cueing Filter implementiert
 - Getunte Einstellungen für Autobahn, Stadt, Landstraße
 - Eigener Filter in Arbeit
 - Ziel: Dynamischer Wechsel zwischen Einstellungen
- Realistische Fahrdynamik
 - Momentan noch Defizite bei langsamen Kurvenfahrten
 - Überarbeitung der Parametrisierung in Arbeit



Gefühlte Realität

Geplante Erweiterungen

- SimWorld
 - Erweiterung der Simulation um Umweltsimulation um z.B.
 - Thermische Eigenschaften
 - Reflexionseigenschaften (Licht, Radar, ...)
 - Reibwerte der Straße
 - Automatisierte Erzeugung von 3D-Landschaften und Umwelt-Datenbasen aus GIS-Daten und Flugaufnahmen
- Aktive Aktuatorik
 - Aktives Bremspedal ist vorhanden
 - Aktives Gaspedal geplant





Zusammenfassung: Der Simulator ist bereit für Versuche

- Im momentanen Stand sind Versuche sinnvoll durchführbar
- Hauptaugenmerk liegt auf der Untersuchung des Fahrerverhaltens mit und ohne Fahrerassistenzsystemen
- Versuche zur Auslegung von FAS sind mit Einschränkungen möglich
 - Dynamische Komponenten eines FAS wie die Stärke eines Bremsrucks oder Komfortbetrachtungen werden durch die darstellbaren Beschleunigungen der Motion-Plattform limitiert
- Ausbau und Weiterentwicklung laufen kontinuierlich weiter, auch während des Versuchsbetriebs