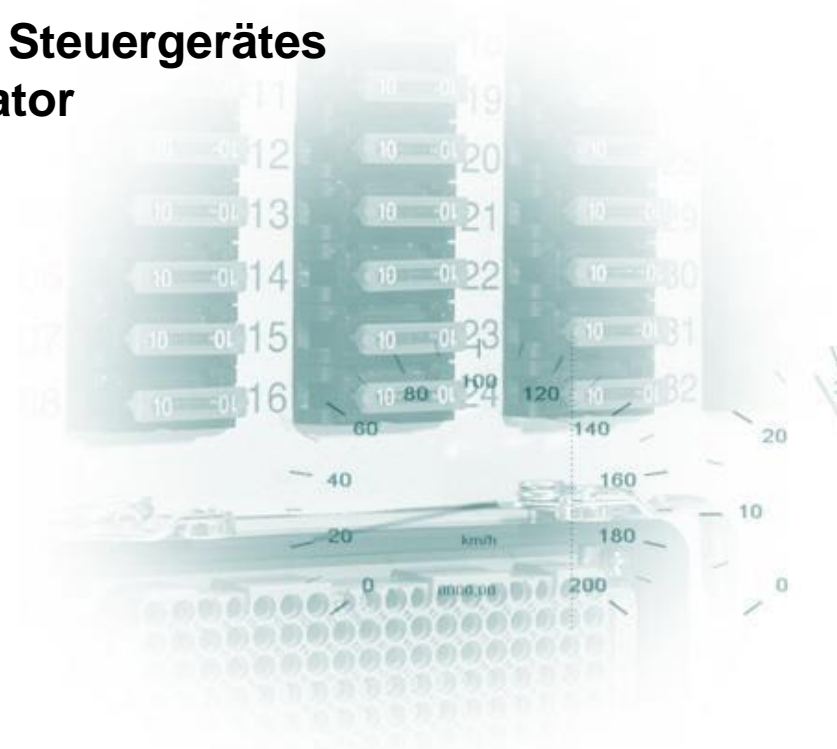


Fahrbarkeitsapplikationen eines virtuellen Steuergerätes in Verbund mit dem Stuttgarter Fahrsimulator

Marco Scheffmann, Prof. Dr. Hans-Christian Reuss

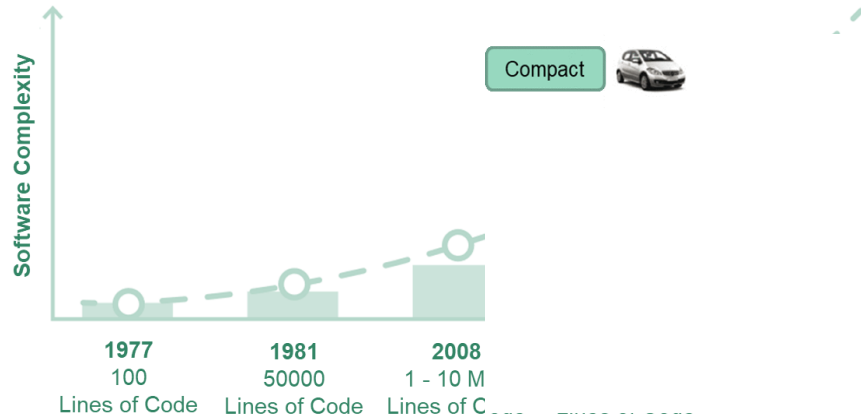
Lars Udina (Porsche Engineering Services GmbH)

QTronic User Conference 2019, 2. Dezember 2019





Wie kann die steigende Komplexität automobiler Software hinsichtlich Test und Kalibrierung bewältigt werden?



Source: <http://plattform-maerkte.de/wp-content/uploads/2015/10/Gabriel-Seiberth-Accenture.pdf> (modified)

- ✗ Teuer...
- ✗ Keine Automatisierbarkeit
- ✗ Etc. ...
- ✗ Zeitintensiv...
- ✗ Schlechte Reproduzierbarkeit...

Wie kann die steigende Komplexität automobiler Software hinsichtlich Test und Kalibrierung bewältigt werden?

→ Antwort: Intensiver Einsatz von Frontloading-Techniken

Road to Rig



... to Lab



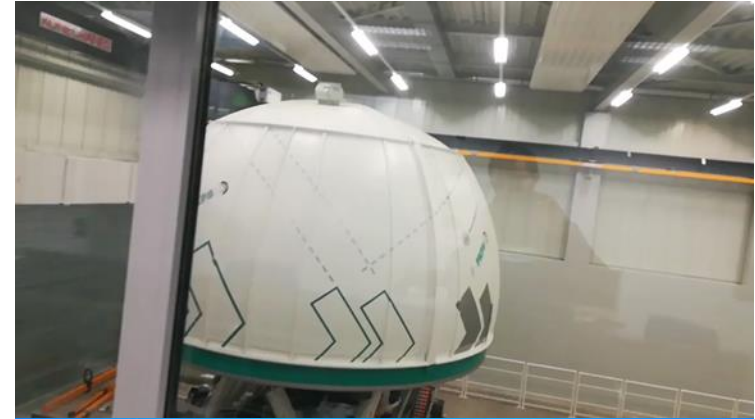
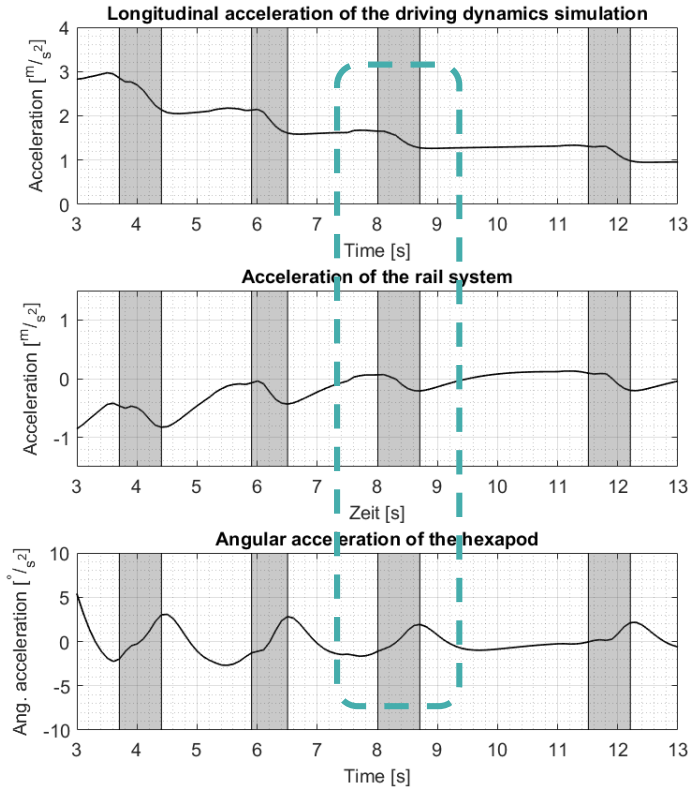
... to Simulator!

Der Stuttgarter Fahr Simulator

- Full-Motion Simulator mit 8 Freiheitsgraden
 - Vollfahrzeug-Mockup
 - 360° Visualisierungssystem
 - Raumakustik- und NVH-System
 - Mess- und Kalibrierzugriff
- Abbildung realitätsnaher Fahrscenarios

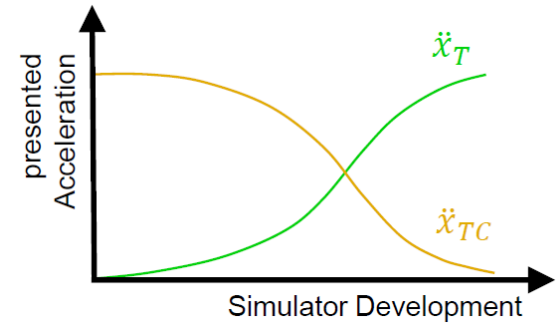
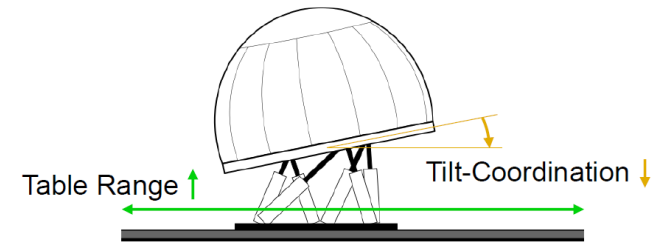
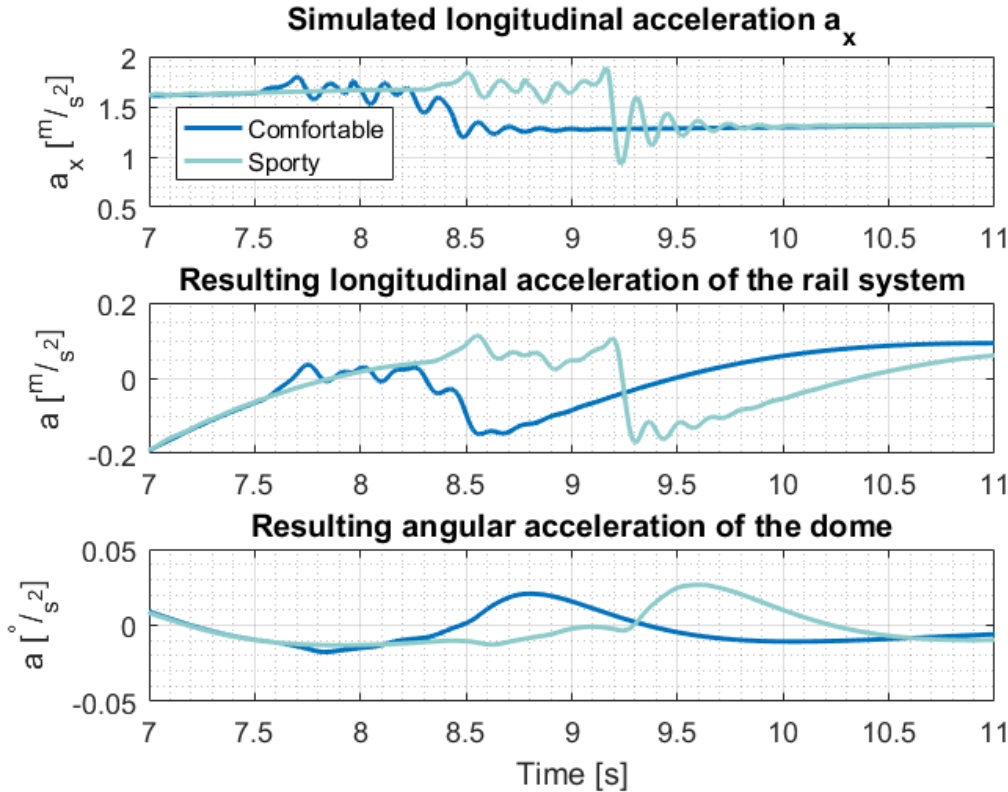


Simulatordynamik bei Gangwechselfvorgängen



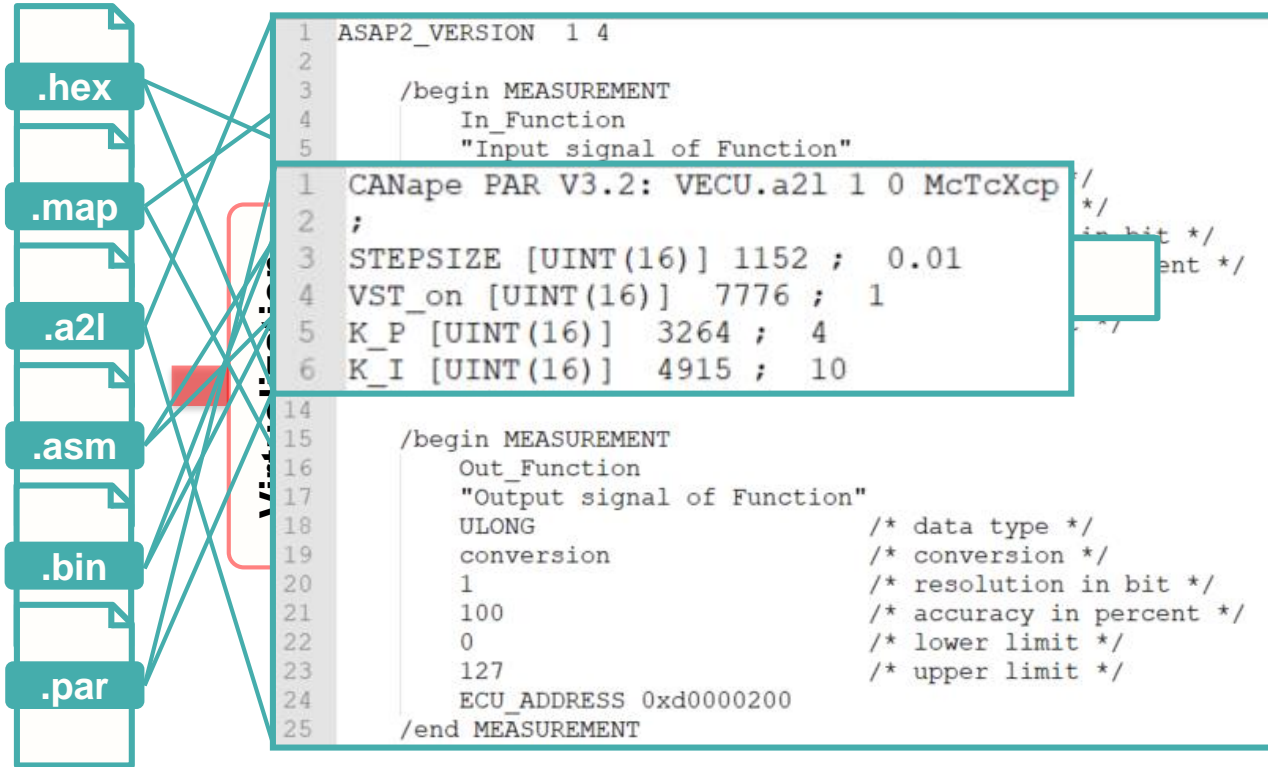
Simulatordynamik bei Gangwechselfvorgängen

Vergleich unterschiedlicher Schaltungsapplikationen



Quelle: MIUNSKÉ Tobias. A new concept for an adaptive motion cueing algorithm concerning vehicle dynamic scenarios with event-discrete feed-forward control. 4th Symposium Driving Simulation. Kaiserslautern/Germany, November 2018.

Steuergerätevirtualisierung Doppelkupplungsgetriebe



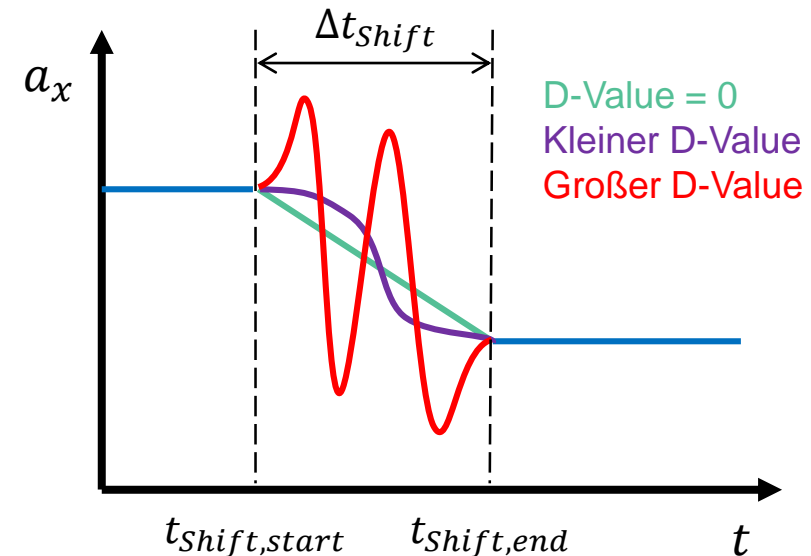
Erzeugung möglicher Steuergeräteapplikationen

Objektivierung des Diskomforts (D-Value)

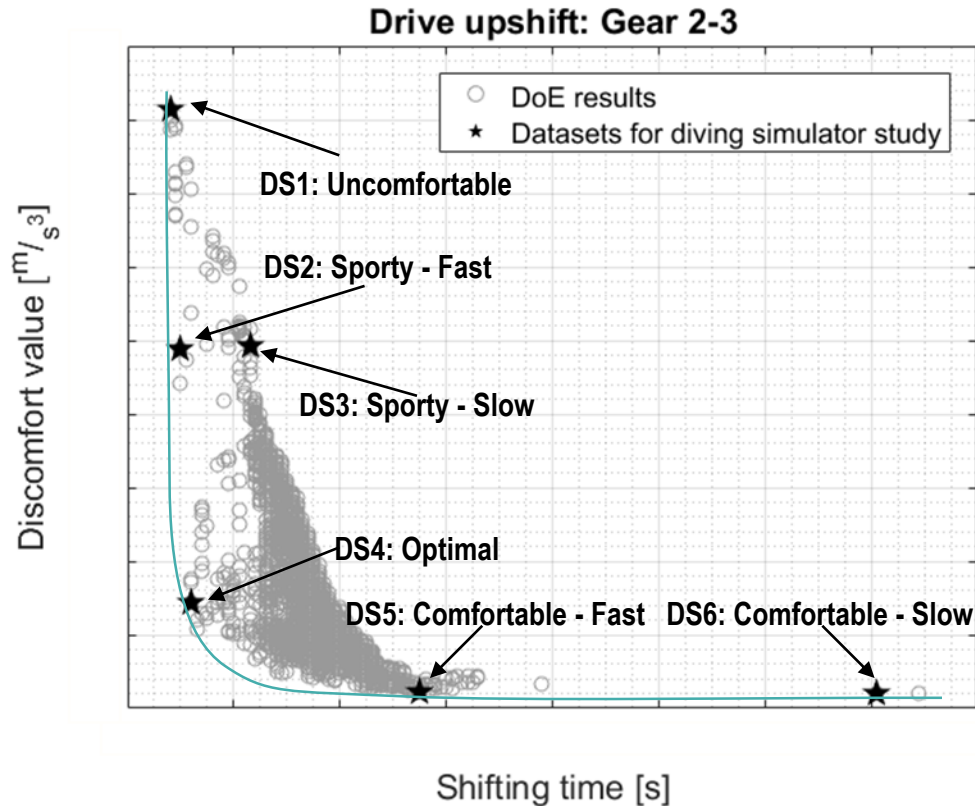
$$D = \frac{1}{\Delta t_{shift}} \sqrt[n]{\frac{1}{\Delta t_{shift}} \int_{t_{shift,start}}^{t_{shift,end}} |\Delta a_{x,ideal}|^n dt}$$

with $n \geq 1$

$$\Delta a_{x,ideal} = a_{x,ideal} - a_x$$



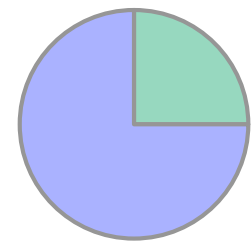
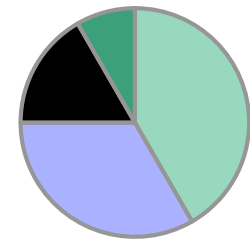
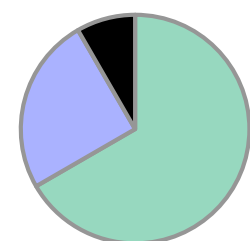
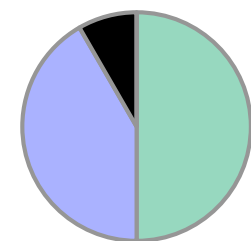
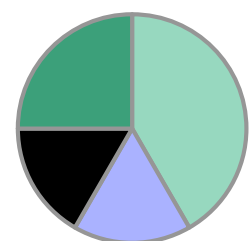
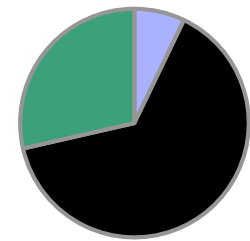
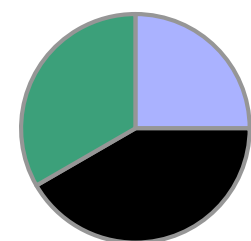
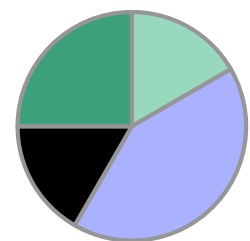
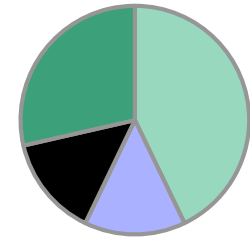
Erzeugung möglicher Steuergeräteapplikationen Optimale Datensätze hinsichtlich Schaltzeitdauer und Komfort



- Konstante Beschleunigung mit 50% Fahrpedal
- Einsatz von Design of Experiments (DoE) zur Erzeugung individueller Datenstände
- Einsatz von Gaussprozess Regressionsmodellen und multikriteriellen Optimierungsmethoden (NSGA II) für die Ermittlung der **optimalen Paretofront**

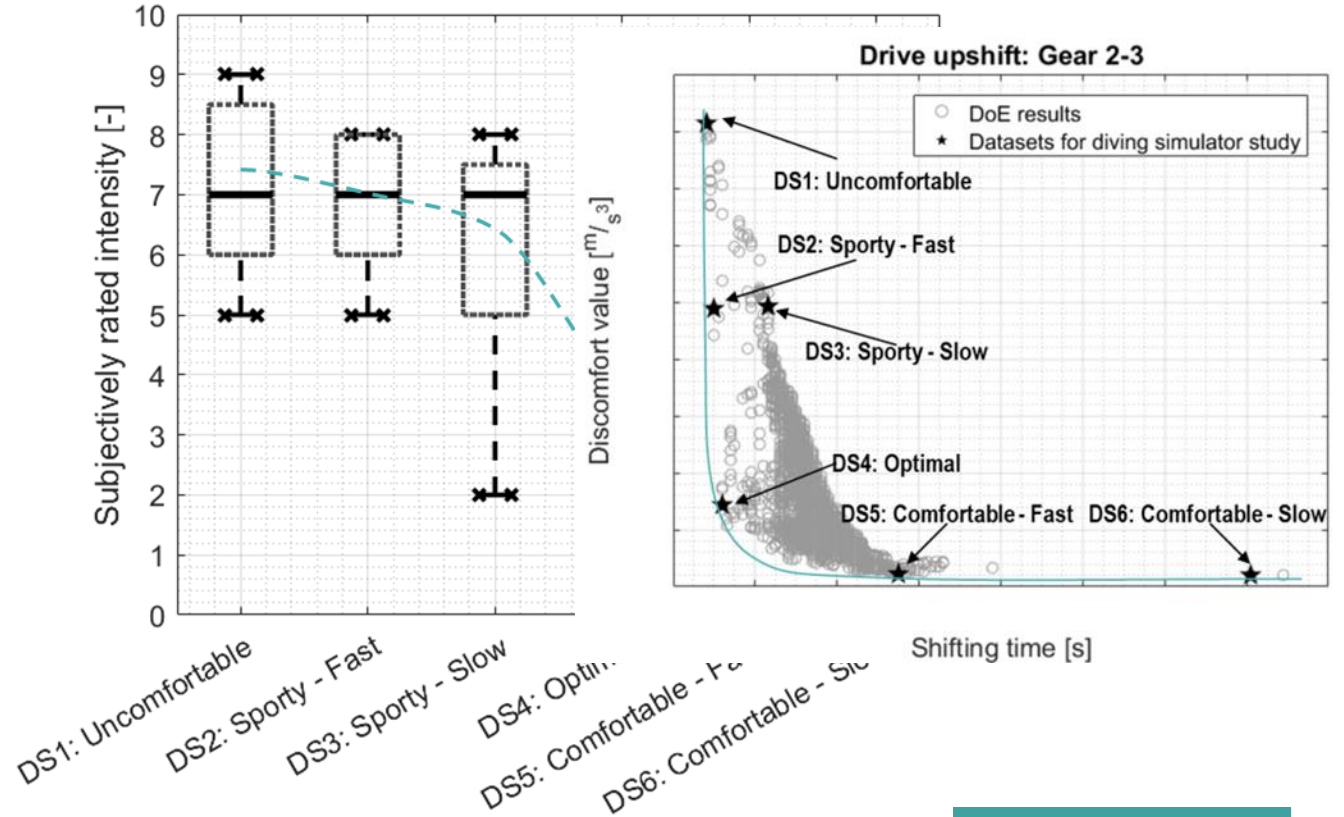
→ Auswahl von 6 Datensätzen für den Test im Rahmen einer Probandenstudie

Probandenstudie - Profil der Probanden

<p>Geschlecht</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ Weiblich ■ Männlich 	<p>Alter (Jahre)</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ 25 - 30 ■ 30 - 35 ■ 35 - 40 ■ > 40 	<p>Fahrerfahrung (Jahre)</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ 10 - 15 ■ 15 - 20 ■ > 20
<p>Kilometer pro Jahr</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ <10Tsd ■ 10-20Tsd ■ 20-30Tsd ■ >30Tsd 	<p>Tägliche Fahrzeit an Wochentagen</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ 0 Min ■ <10 Min ■ 10 - 40 Min ■ >40 Min 	<p>Fahrverhalten</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ Ängstlich ■ Mutig ■ Entspannt ■ Sportlich
<p>Kenntnisse über Fahrdynamik</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ Wenig ■ Eher weing ■ Eher viel ■ Viel 	<p>Kenntnisse über Motion-Cueing</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ Noch nie gehört ■ Schon mal gehört ■ Grobe Kenntnis ■ Detaillierte Kenntnis 	<p>Absolvierte Simulator-fahrten</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ 0 ■ <3 ■ <10 ■ >10

Ergebnisse der Probandenstudie

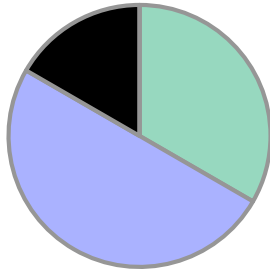
Subjektive Intensitätsbeurteilung



Ergebnisse der Probandenstudie

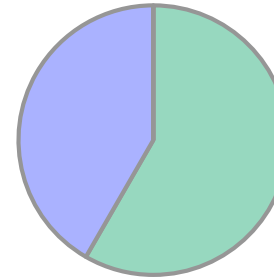
Nachbefragung

Wie würden Sie die erlebte Längsdynamik im Allgemeinen beurteilen?



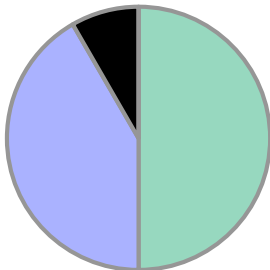
- Sehr realistisch
- Eher realistisch
- Eher unrealistisch
- Unrealistisch

Wie würden Sie die Abbildung der Schaltvorgänge beurteilen?



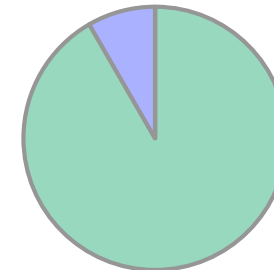
- Sehr realistisch
- Eher realistisch
- Eher unrealistisch
- Unrealistisch

Wie deutlich konnten Sie zwischen den einzelnen Datensätzen unterscheiden?



- Sehr deutlich
- Deutlich
- Undeutlich
- Gar nicht

Halten Sie einen Fahr Simulator für ein sinnvolles Werkzeug für Fahrbarkeitsapplikationen?



- Sehr sinnvoll
- Eher sinnvoll
- Eher sinnlos
- Sinnlos

Zusammenfassung

- ✓ Entwicklung eines standardisierten Prozesses für die Erzeugung von VECUs für XIL-Anwendungen
- ✓ Automatisierte Offline VECU-Kalibrierung durch den Einsatz von DoE, Machine Learning und Optimierungstechniken
- ✓ Realitätsnahe Kommunikation zwischen virtuellem Steuergerät und Fahr Simulator
- ✓ Die realistische Abbildung der Fahrdynamik ermöglicht subjektive Steuergeräteapplikationen innerhalb der Simulatorumgebung



Contact Person:

Marco Scheffmann
Phone: +49 711 685-69471

marco.scheffmann@fkfs.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Research Institute of Automotive Engineering
and Vehicle Engines Stuttgart (FKFS)
Pfaffenwaldring 12
70569 Stuttgart

Website: www.fkfs.de
E-Mail: info@fkfs.de

Phone: +49 711 685-65888
Fax: +49 711 685-65710

