

Vergleich von menschlichem Fahrer und Fahrzeugregelung auf dem Hardware-in-the-Loop (HIL) Prüfstand

Thomas Weichselbaumer

09.10.2014



- Einarbeiten in Simulationsumgebung
 - AVL InMotion
 - IPG CarMaker
 - Einbinden des Lenkrades
- Auswahl geeigneter Vergleichsparameter
 - Treibstoffverbrauch
 - Beschleunigungskräfte
 - Fahrgeschwindigkeit
- Analyse Fahrverhalten eines Fahrers
 - Vergleichsparameter auswerten
 - Daten in geeigneter Form darstellen
- Implementierung und Vergleich mit Längsdynamikregelung

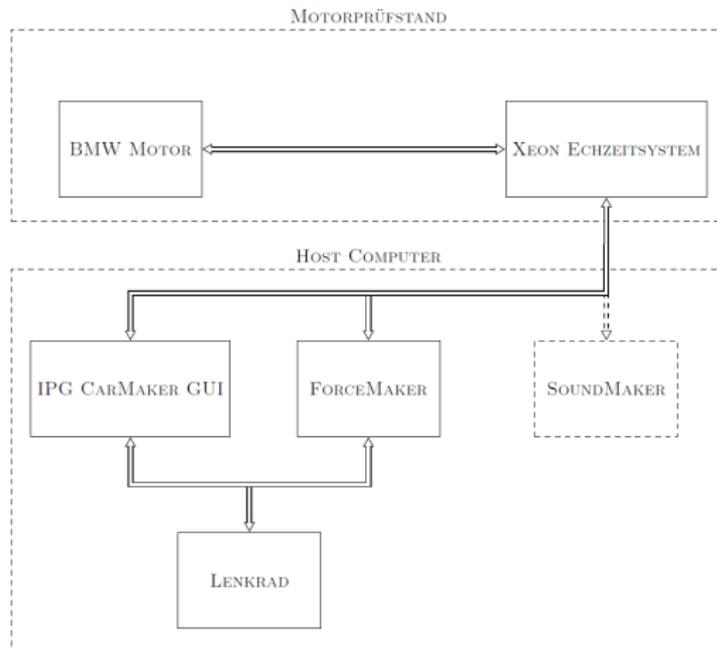


Abbildung : Komponenten



■ Problemstellung

- HDI (Human Driver Interface) ohne Force Feedback
- Lenkrad sehr leichtgängig
 - Fahren von Kurven sehr schwer
 - Kein automatische zurück lenken in die neutrale Lenkradstellung

■ Lösungsansatz

- Lenkradmoment aus Simulation auslesen
- Lenkradmoment mit Hilfe von Computer Spiele API auf Lenkrad übertragen
 - XNA GameStudio (C#)
 - DirectX (C++)
 - OpenGL (C++)
 - SlimDx (C#)



■ Lösung

- Lenkradmoment mit SlimDx und C# Programm auf Lenkrad übertragen
 - Kenntnisse in C#
 - SlimDx ist ein DirectX Wrapper für C#
 - GUI Design eher einfach
- ForceMaker als TCP Socket Server
- TCL Modul zum Auslesen der Simulationsdaten
 - APO Schnittstelle
 - Direkte Einbindung in CarMaker
 - Instruments und HDI als Vorlage
 - TCP Socket Client

■ Alternative

- APO direkt mit C#
 - C-DLL in C# verwenden sehr aufwendig



- Constant Force

$$\frac{10000}{2} \cdot \frac{Scale_{Constant}}{100} \quad (1)$$

- Centering Force

$$10000 \cdot \frac{|M_W|}{20} \cdot \frac{Scale_{Center}}{100} \quad (2)$$

- Sample Time

$$50 \text{ ms} \quad (3)$$

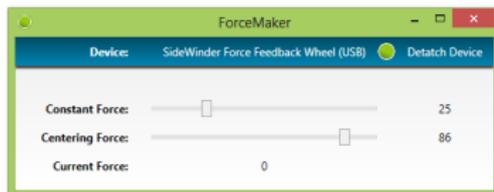


Abbildung : ForceMaker



- Szenarien
 - Freilandstraße
 - Autobahn
- Fahrer und Längsdynamikregelungen
 - IPG Driver
 - zurückhaltend
 - aggressiv
 - Mensch
 - verschiedene Personen
 - Längsdynamikregelung (ACC)
 - IPG CarMaker
 - Eigenentwicklung



Abbildung : Versuchsaufbau



Versuch	Szenario	Fahrer	Dauer	Distanz	Verbrauch	Unfall
1	Autobahn	Mensch	262.9 s	5000 m	6.85 l/100km	nein
2	Autobahn	Mensch	229.7 s	4999.9 m	8.87 l/100km	nein
3	Autobahn	IPG Driver normal	248.3 s	4999.9 m	7.12 l/100km	nein
4	Autobahn	Mensch	243.5 s	5000 m	8.45 l/100km	nein
5	Autobahn	IPG Driver defensiv	248.8 s	5000 m	7.1 l/100km	nein
6	Autobahn	Mensch	249.2 s	5000 m	7.48 l/100km	nein
7	Autobahn	Mensch	249.3 s	4999.9 m	7.62 l/100km	nein
8	Autobahn	IPG Driver normal	243.6 s	5000 m	8.34 l/100km	nein
9	Autobahn	IPG Driver defensiv	247.7 s	5029.8 m	7.63 l/100km	nein
10	Freilandstraße	IPG Driver normal	218 s	5000 m	9.56 l/100km	nein
11	Freilandstraße	IPG Driver defensiv	251.6 s	4999.9 m	8.4 l/100km	nein
12	Freilandstraße	Mensch	225.7 s	4999.8 m	8.6 l/100km	nein
13	Freilandstraße	Mensch	149.5 s	3064.9 m	9.09 l/100km	ja
14	Freilandstraße	Mensch	98.4 s	1325.4 m	13.03 l/100km	ja
15	Freilandstraße	Mensch	73 s	1698.5 m	12.67 l/100km	ja
16	Freilandstraße	Mensch	178.3 s	4356.6 m	9.91 l/100km	ja
17	Freilandstraße	Mensch	110.9 s	1729.2 m	9.36 l/100km	ja
18	Freilandstraße	Mensch	134.3 s	3066.8 m	9.73 l/100km	ja
19	Freilandstraße	Mensch	119.9 s	3073.8 m	11.13 l/100km	ja
20	Freilandstraße	Mensch	189.4 s	4328.6 m	9.98 l/100km	ja
21	Autobahn	ACC IPG	240.7 s	5000 m	6.65 l/100km	nein
22	Autobahn	ACC Test	85.8 s	1704.3 m	10.94 l/100km	ja
23	Autobahn	ACC Test	243.7 s	4999.9 m	9.22 l/100km	nein
24	Autobahn	ACC Test	242.2 s	4999.9 m	9.04 l/100km	nein
25	Autobahn	ACC Test	37.2 s	385.2 m	21.49 l/100km	ja
26	Autobahn	ACC Finale	243.6 s	4999.9 m	7.98 l/100km	nein

Tabelle : Versuche

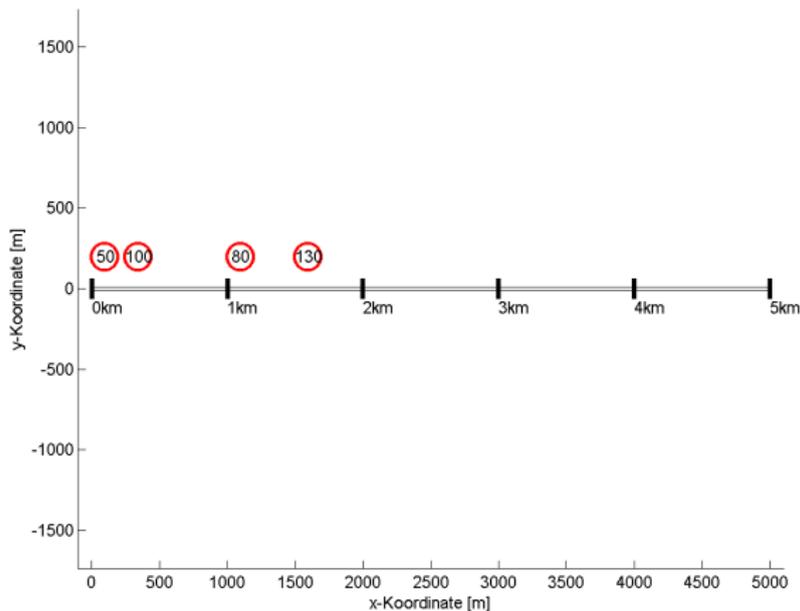


Abbildung : Vogelperspektive - Autobahn

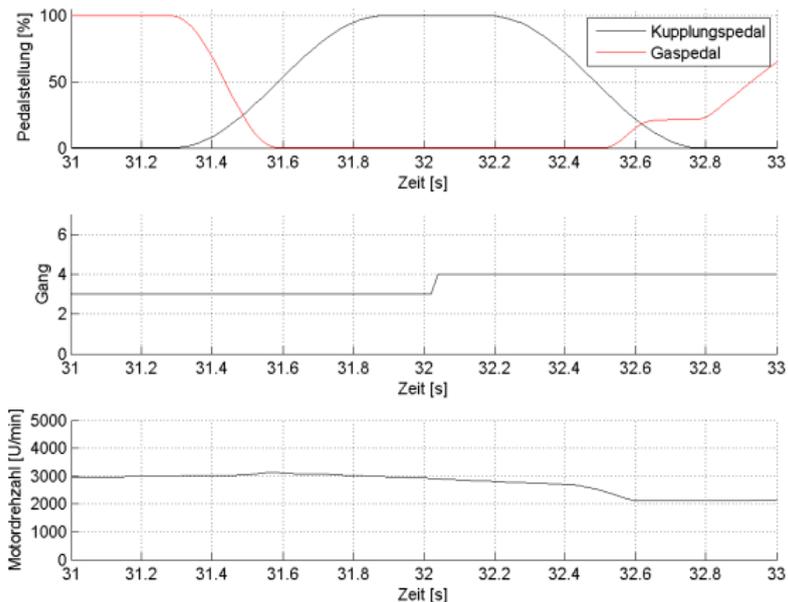


Abbildung : Vergleich Schaltvorgang - IPG Driver defensive

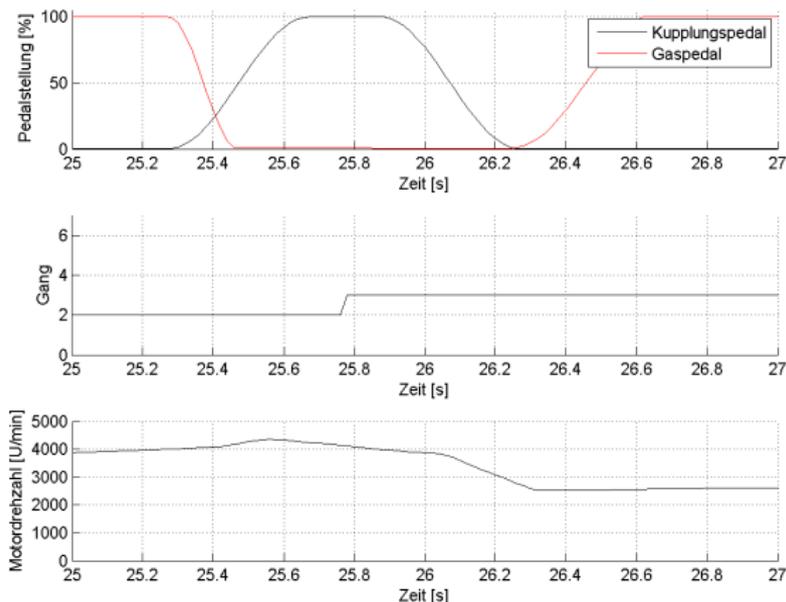


Abbildung : Vergleich Schaltvorgang - IPG Driver normal

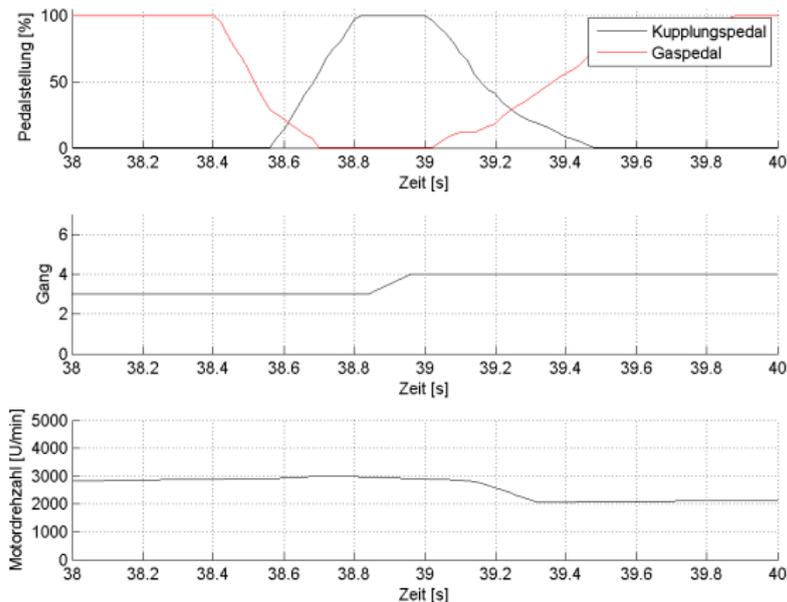


Abbildung : Vergleich Schaltvorgang - Mensch

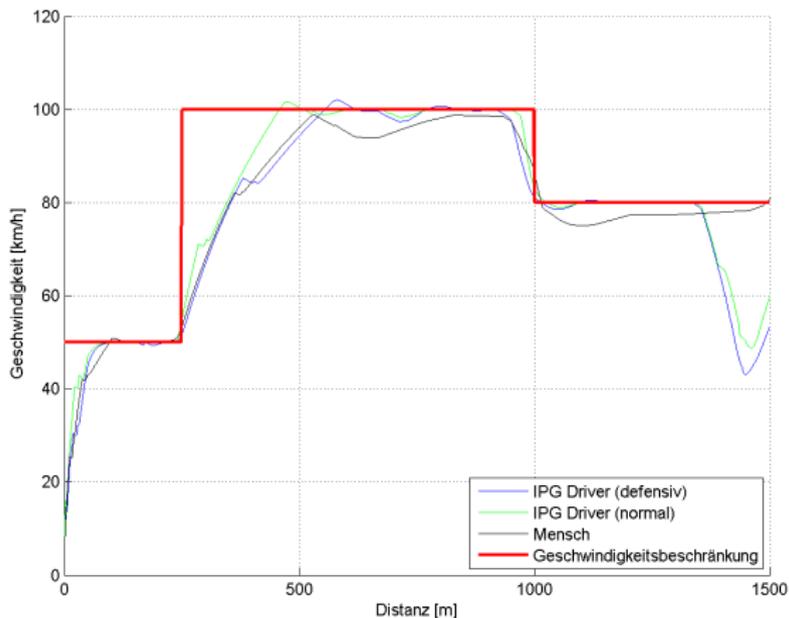


Abbildung : Vergleich Geschwindigkeitsverlauf - Mensch und IPG Fahrer

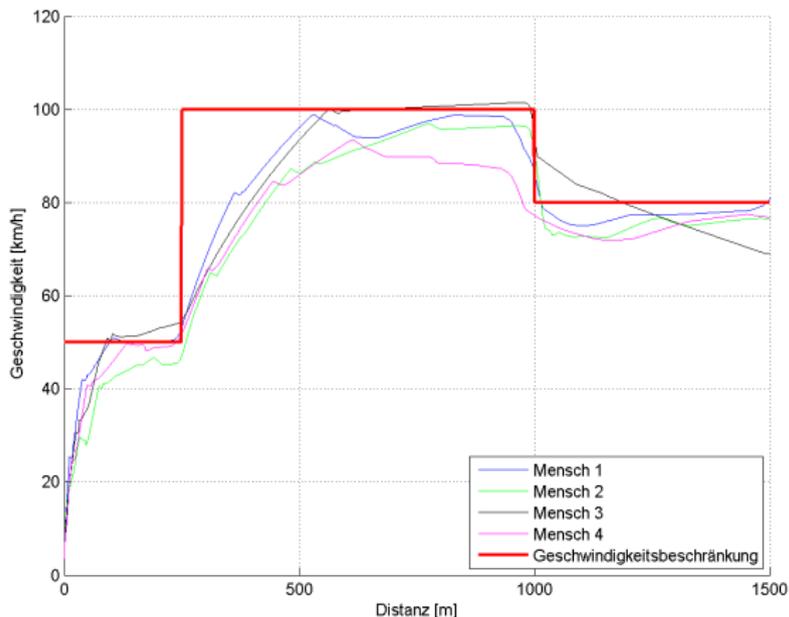


Abbildung : Vergleich Geschwindigkeitsverlauf - Menschen

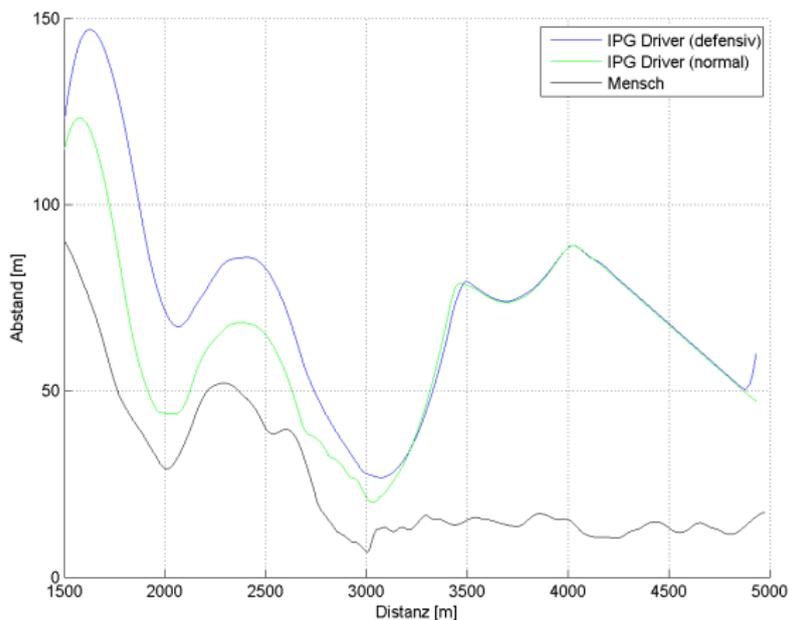


Abbildung : Vergleich Abstandhalten - Mensch und IPG Fahrer

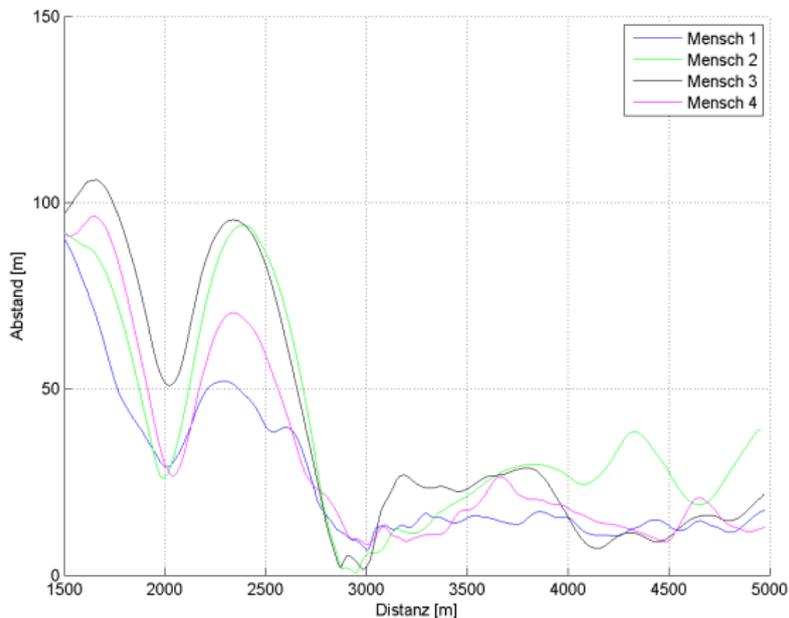


Abbildung : Vergleich Abstandhalten - Menschen

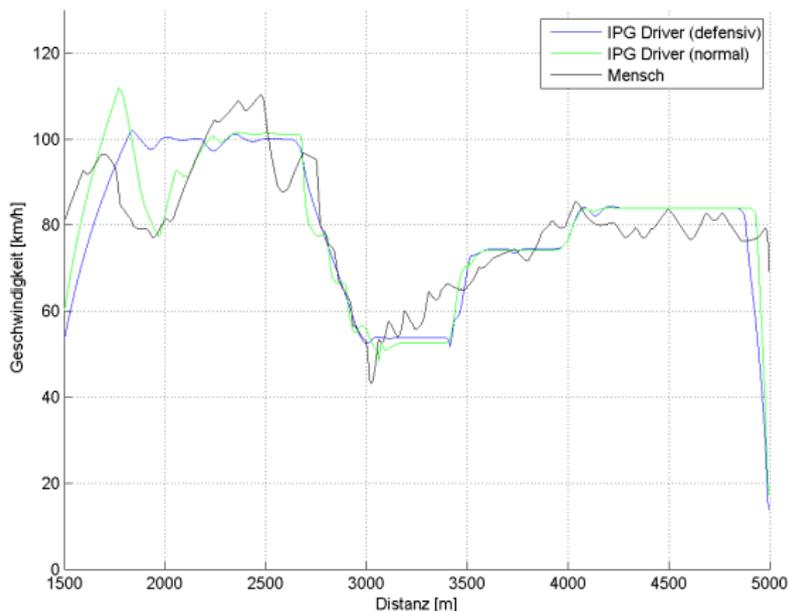


Abbildung : Vergleich Abstandhalten - Geschwindigkeit - Mensch und IPG Fahrer

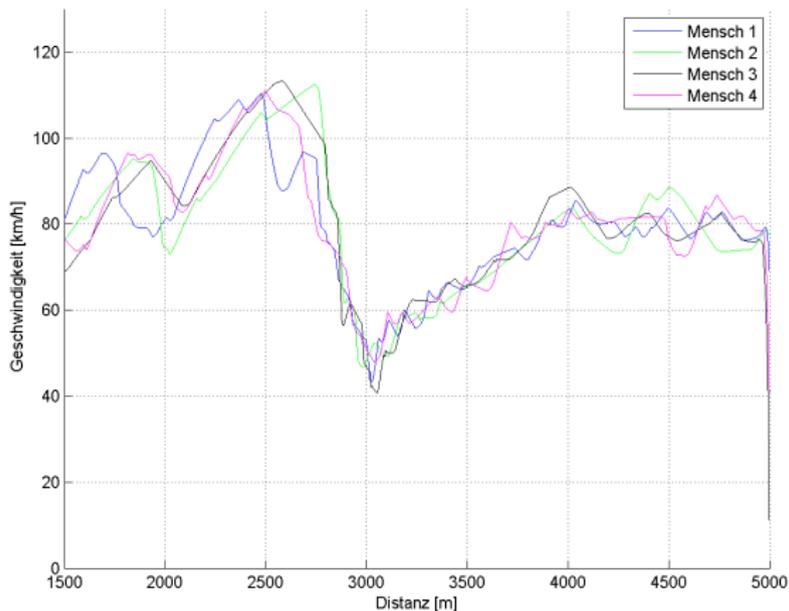


Abbildung : Vergleich Abstandhalten - Geschwindigkeit - Mensch

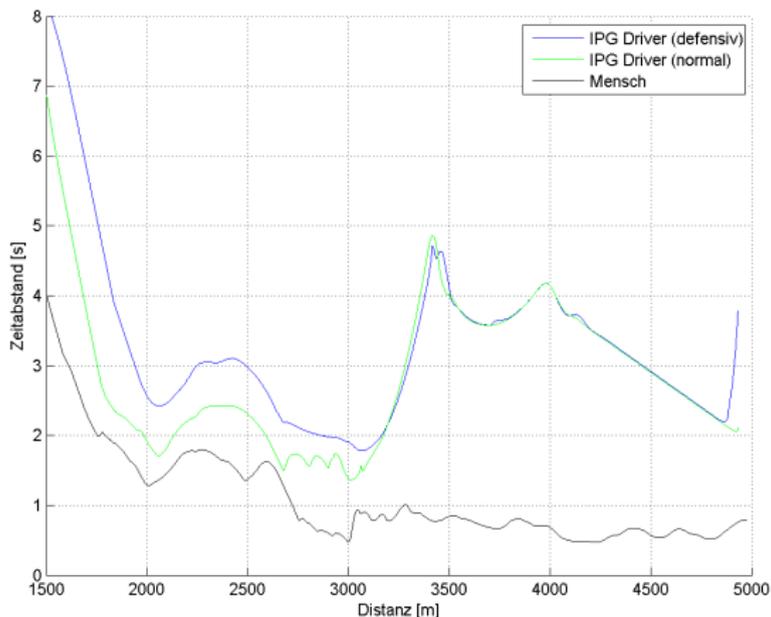


Abbildung : Vergleich Abstandhalten - Zeitabstand - Mensch und IPG Fahrer

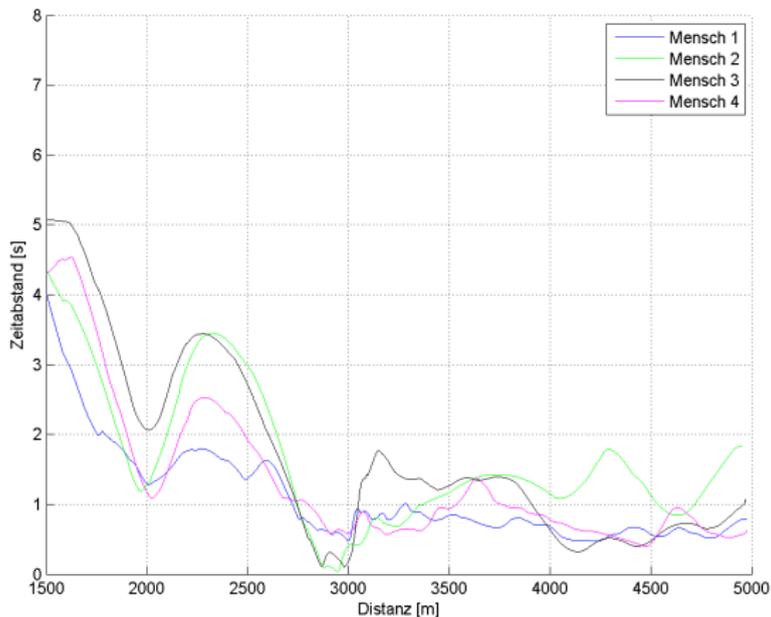


Abbildung : Vergleich Abstandhalten - Zeitabstand - Menschen

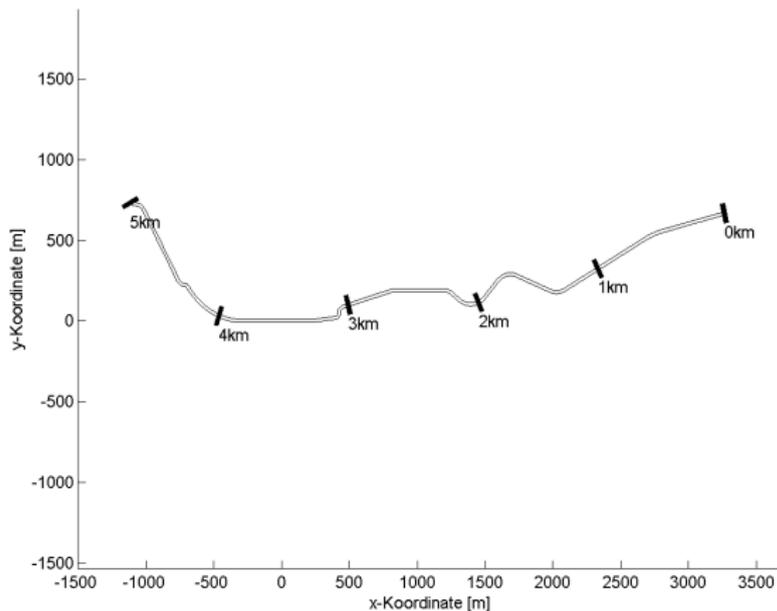


Abbildung : Vogelperspektive - Freilandstraße

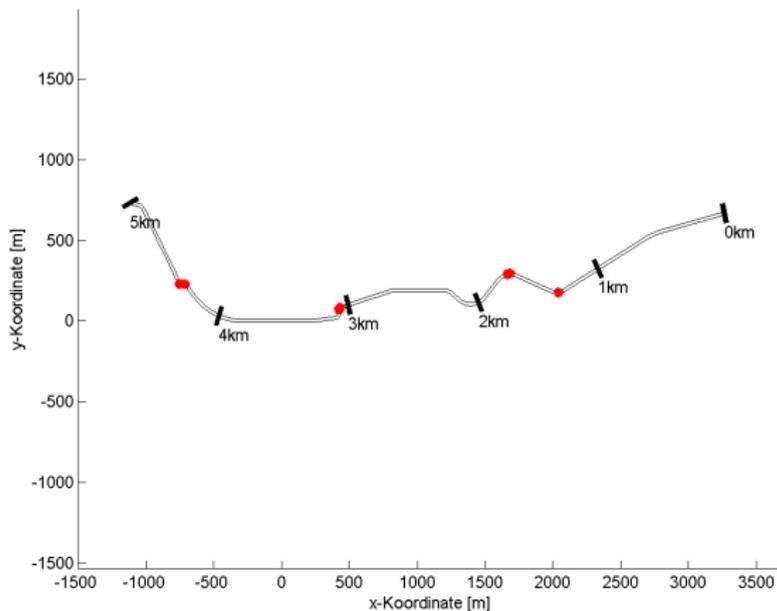


Abbildung : Freilandstraße - Unfallstellen

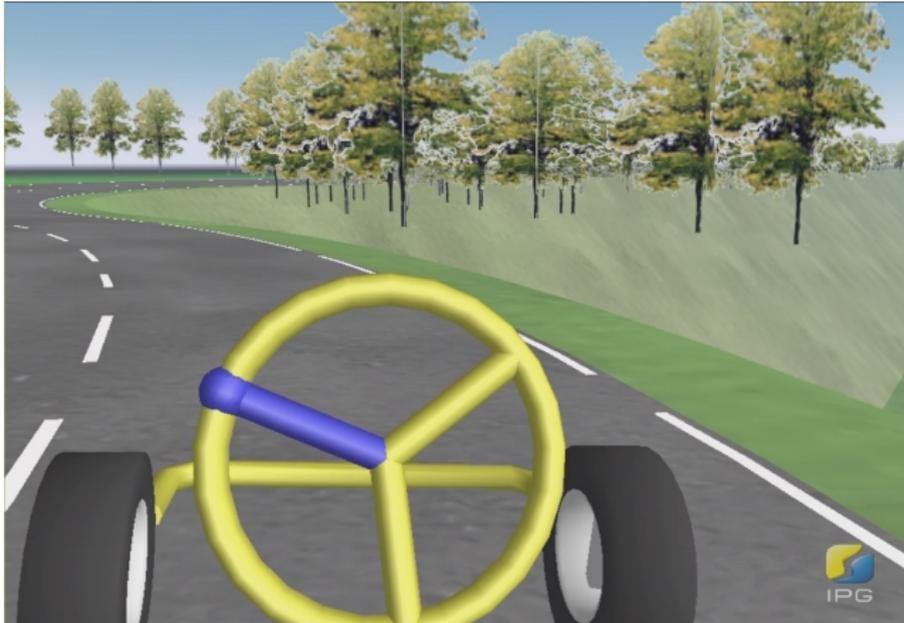


Abbildung : Freilandstraße - Unfallstelle 1

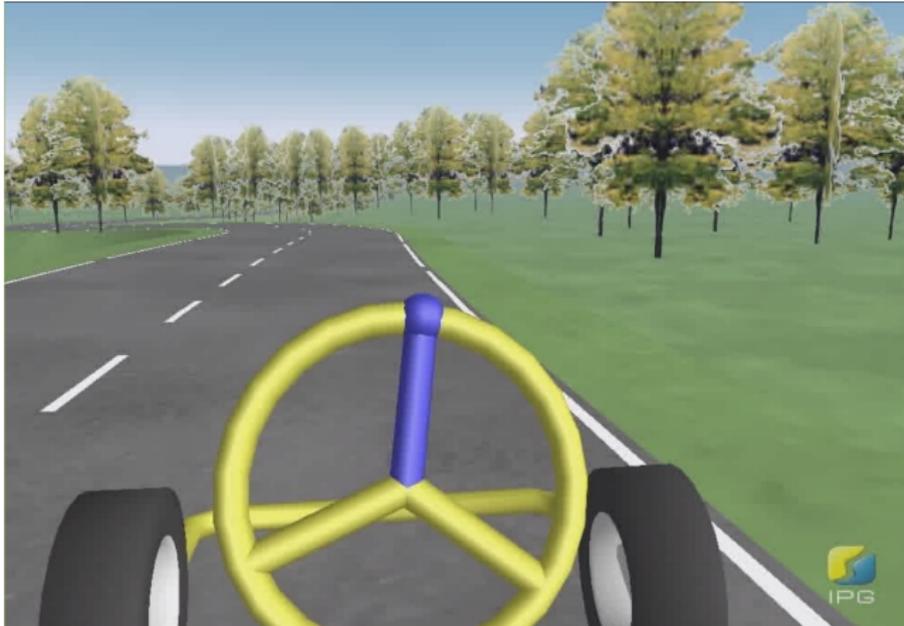


Abbildung : Freilandstraße - Unfallstelle 2

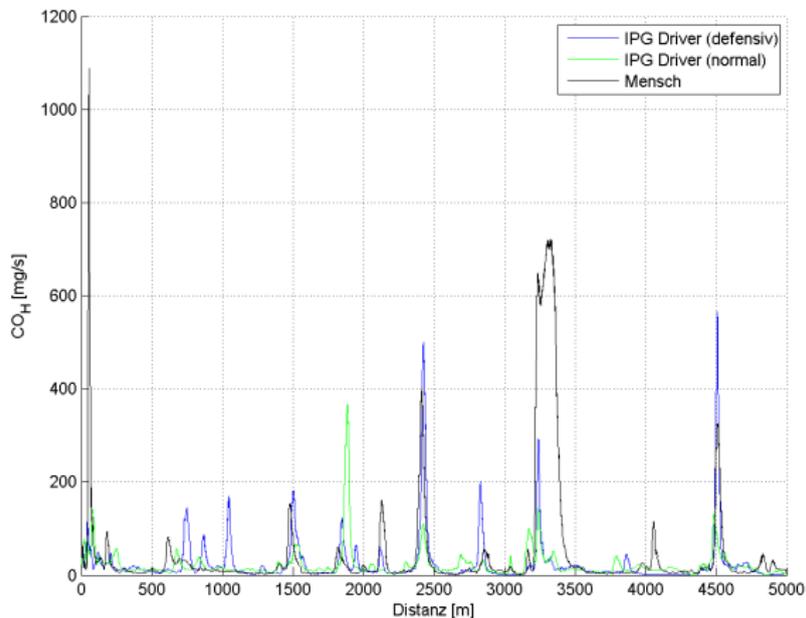


Abbildung : Freilandstraße - Ökonomie - CO_H

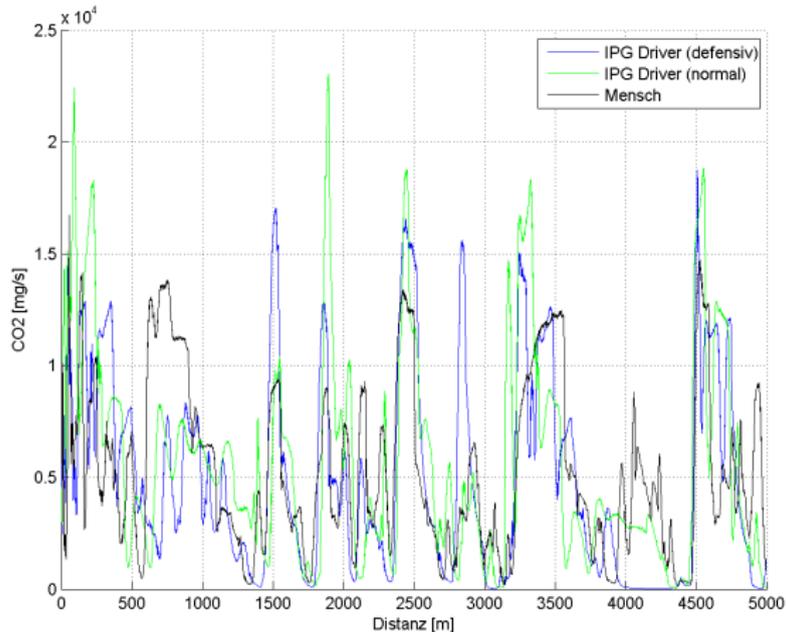


Abbildung : Freilandstraße - Ökonomie - CO2

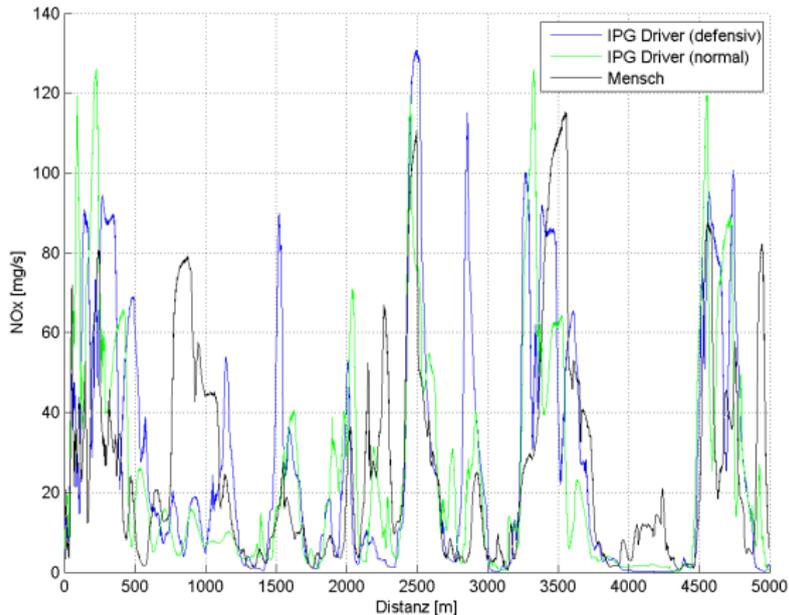


Abbildung : Freilandstraße - Ökonomie - NOx

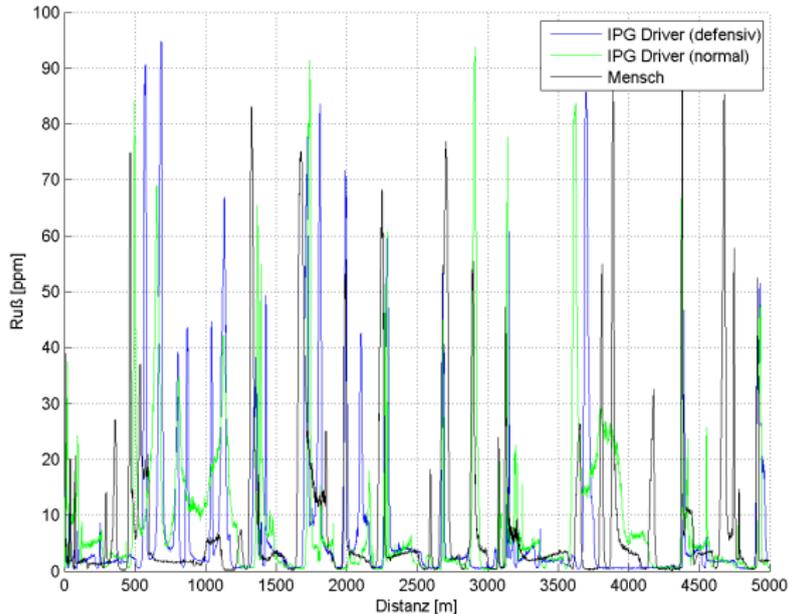


Abbildung : Freilandstraße - Ökonomie - Ruß



Versuch	Szenario	Fahrer	Dauer	Distanz	Verbrauch	Unfall
10	Freilandstraße	IPG Driver normal	218 s	5000 m	9.56 l/100km	nein
11	Freilandstraße	IPG Driver defensiv	251.6 s	4999.9 m	8.4 l/100km	nein
12	Freilandstraße	Mensch	225.7 s	4999.8 m	8.6 l/100km	nein

Tabelle : Freilandstraße - Versuche

Versuch	Fahrer	NOx	CO ₂	CO _H	Ruß
10	IPG Driver normal	1.02 g/km	235.3 g/km	0.98 g/km	18.36 ppm/km
11	IPG Driver defensiv	1.2 g/km	216.85 g/km	1.16 g/km	16.43 ppm/km
12	Mensch	1.09 g/km	229.07 g/km	2.25 g/km	18.52 ppm/km

Tabelle : Freilandstraße - Emissionswerte

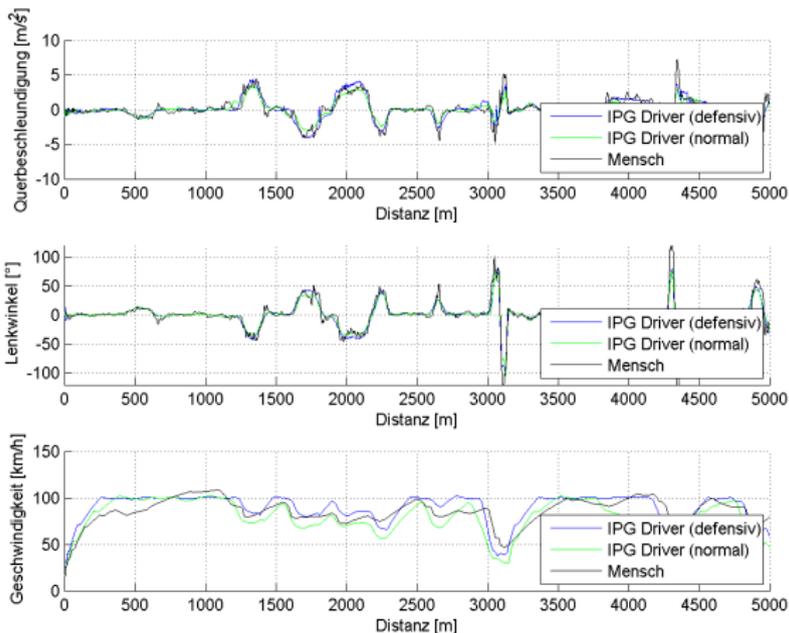


Abbildung : Vergleich Querbeschleunigung

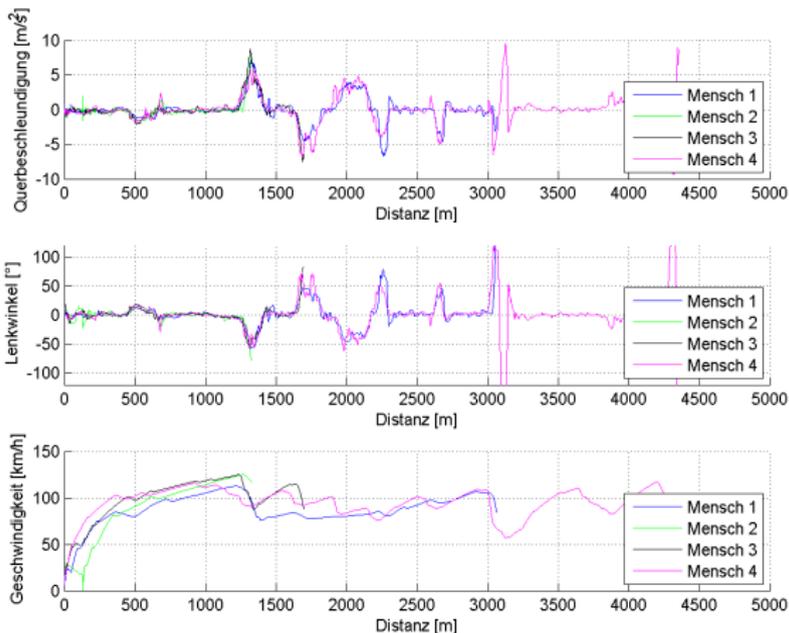


Abbildung : Vergleich Querbeschleunigung - Menschen



- Radar Sensor
 - Erkennung von Verkehrsteilnehmer
 - Abstand zum vorfahrenden Fahrzeug
- Regler Ausgabe
 - Gas und Bremse
- Formel (Analyse und Regelung von Fahrzeugantrieben)

$$a_{ACC} = K_1[g(t) - g_{ACC}(v(t))] + K_2\Delta v(t) \quad (4)$$

a_{ACC} ... Fahrzeugbeschleunigung bzw. Verzögerung

K_1 ... Koeffizienten

K_2 ... Koeffizienten

$g_{ACC}(v(t))$... Abstand des gewünschten Zeitvorsprunges zur Folge der aktuellen Geschwindigkeit

$g(t)$... momentane Abstand zum Vorfahrenden

$\Delta v(t)$... relative Geschwindigkeit zum Vorfahrenden

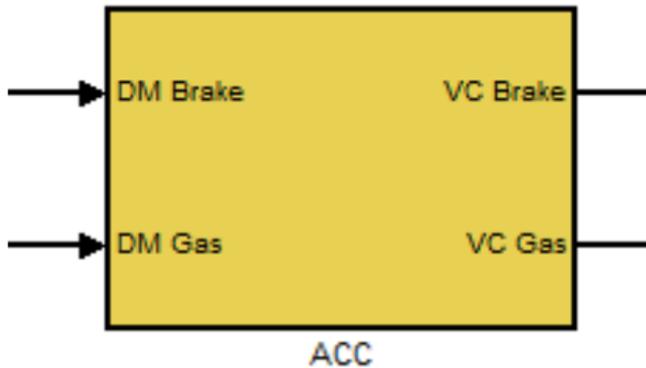


Abbildung : ACC

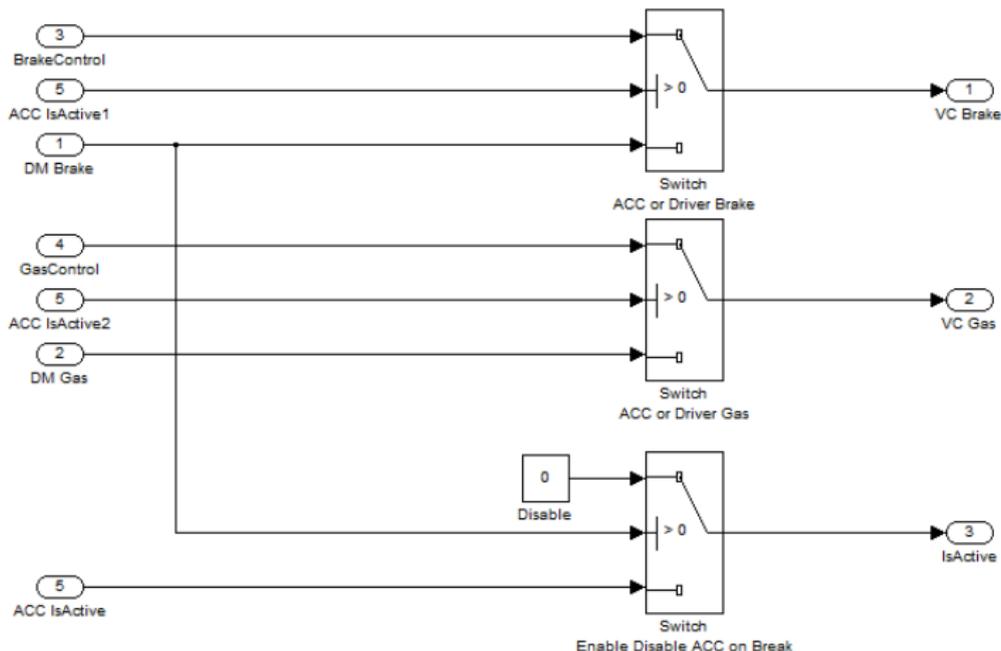


Abbildung : ACC System Ein-/Ausschalten

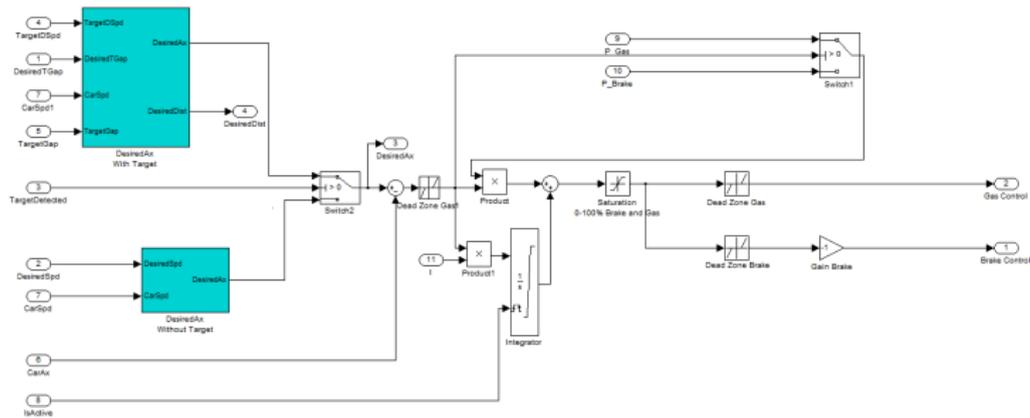


Abbildung : ACC Regelalgorithmus

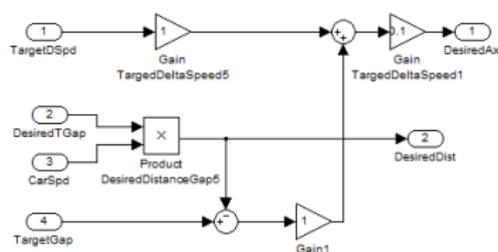


Abbildung : ACC Berechnung der Beschleunigung mit Verkehrsteilnehmer

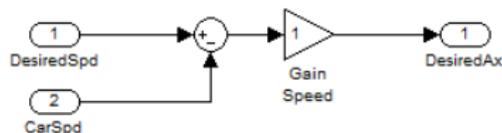


Abbildung : ACC Berechnung der Beschleunigung ohne Verkehrsteilnehmer

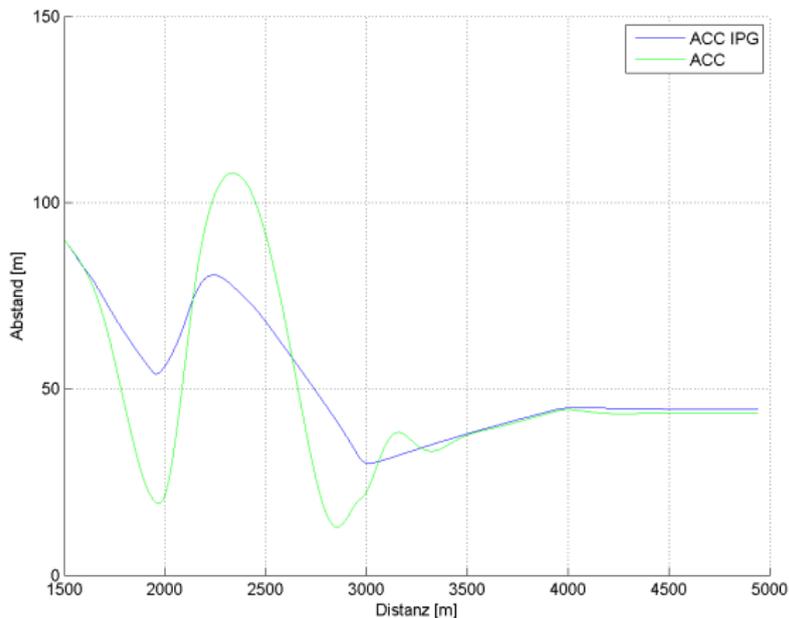


Abbildung : ACC - Vergleich Abstand

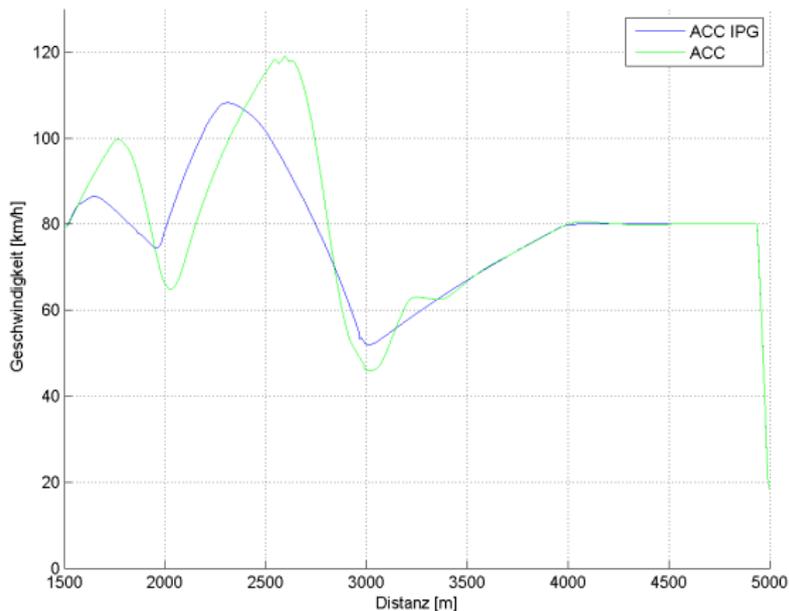


Abbildung : ACC - Vergleich Geschwindigkeit

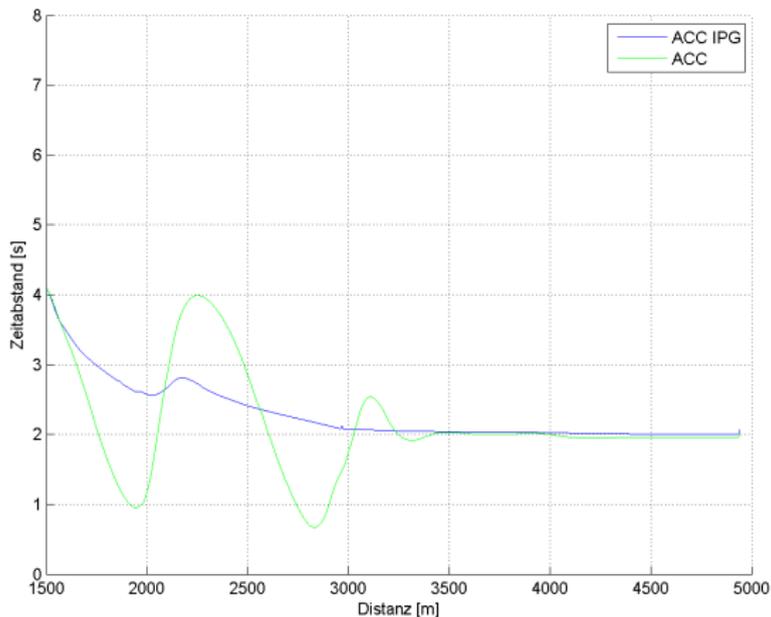


Abbildung : ACC - Vergleich Zeitabstand



Versuch	Szenario	Fahrer	Dauer	Distanz	Verbrauch
21	Autobahn	ACC IPG	240.7 s	5000 m	6.65 l/100km
26	Autobahn	ACC Finale	243.6 s	4999.9 m	7.98 l/100km

Tabelle : Verbrauch ACC



- Prüfstandaufbau nicht völlig realistisch
 - keine Querkräfte
 - schlechte Sitzposition
 - schlechtes Sichtfeld
- Vergleich Mensch zu Fahrzeugregelung
 - Drehzahl wie defensiver IPG Fahrer
 - Bescheunigungen wie normaler IPG Fahrer
 - Abstandhalten deutlich geringer als IPG Fahrer
- Verbesserungsvorschläge
 - Leinwand
 - Autositz
 - Kosten-Nutzen muss jedoch beachtet werden.

**Institute for Design and Control of Mechatronical Systems
Johannes Kepler University Linz**

<http://desreg.jku.at>

