

BREMSBASIERTE ASSISTENZFUNKTIONEN

-

FAHRDYNAMIKREGELSYSTEME

(ABS, ASR, ESP[®] - **ÜBUNGEN**)

ROBERT BOSCH GMBH
DIPL.-ING. ALBERT LUTZ



Fahrdynamikregelsysteme

Übungen – ABS-/ASR-Manöver

► Modelle:

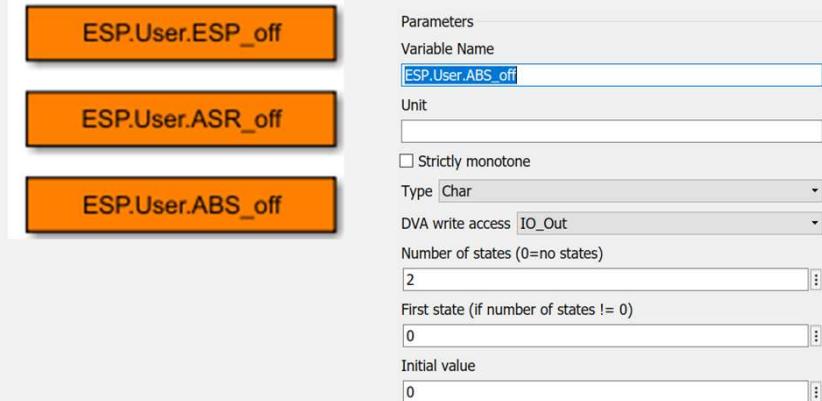
- SimuLink-Modell: HydBrakeCU_ESP.mdl/-slx
- Fzg-Modell: DemoCar_HydBrakeCU_ESP
- Reifen: RT_195_65R15
- Manöver: Testrun Examples/Braking
- Fahrbahn:
 - Testrun “Braking”
 - Modifikation des Reibwerts

► Visualisierung:

- Window 0 – als Funktion der Zeit:
 - Diagramm 1: ABS_aktiv, ASR_aktiv, Lenkradwinkel, Drehrate, Schwimmwinkel, Querbesch.
 - Diagramm 2: FzgGeschw. Car.v, Radgeschw. CarWheelSpd_pos
 - Diagramm 3: Reifenlängskräfte Car.FXpos, Motormoment PT.Engine.Trq, Bremsdrücke Brake.Trq_WB_pos

► Manöver:

- Aktivierung/Deaktivierung Regler in SimulinkBlock:
[HydBrakeCU_ESP_YawRate_so_modif/CarMaker/IPG](#)
[Vehicle/Brake/HydBrakeCU Example/ESP Controller/User Input Signals1](#)



- $\text{ESP-User.ABS_off} = 0$ ABS-aktiv
- $\text{ESP-User.ABS_off} = 1$ ABS-inaktiv

Fahrdynamikregelsysteme

Übungen - Beispiel: Bremsmanöver m./o. ABS

Manöver 1 low-mue homogen:

- ▶ Beschleunigen
 - $V_0 = 0\text{km/h}$, $V_{\max} = 72\text{km/h}$, Längs- u. Quer: IPG-Driver
 - Haltephase: 3s
- ▶ Bremsmanöver:
 - Längsdynamik
 - Kupplung treten, Gas weg
 - Bremse auf 1
 - Querdynamik
 - IPG Driver
- ▶ Regler:
 - ABS: aktiv / inaktiv
 - ESP: inaktiv
- ▶ Variationen
 - Querdynamik manuell mit Sinuslenken
 - Amplitude: 60deg, Periode: 1s, >5 Perioden
- ▶ Fahrbahn
 - Modifikation des Reibwerts am Anbremspunkt $s=650\text{m}$
 - $\mu_{\text{ue low}} = 0.2$ auf gesamter Fahrbahnbreite

Manöver 2 mue-split:

- ▶ Beschleunigen
 - $V_0 = 0\text{km/h}$, $V_{\max} = 72\text{km/h}$, Längs- u. Quer: IPG-Driver
 - Haltephase: 3s
- ▶ Bremsmanöver:
 - Längsdynamik
 - Kupplung treten, Gas weg
 - Bremse auf 1
 - Querdynamik
 - IPG Driver
- ▶ Regler:
 - ABS: aktiv / inaktiv
 - ESP: inaktiv
- ▶ Fahrbahn
 - **Modifikation des Reibwerts am Anbremspunkt $s=650\text{m}$**
 - **$\mu_{\text{ue low}} = 0.2$ auf linker Fahrbahnseite**

Fahrdynamikregelsysteme

Übungen - Beispiel: Bremsmanöver m./o. ABS

Manöver 3 mue-step pos/neg:

- ▶ Beschleunigen
 - $V_0 = 0\text{km/h}$, $V_{\max} = 72\text{km/h}$, Längs- u. Quer: IPG-Driver
 - Haltephase: 3s
- ▶ Bremsmanöver:
 - Längsdynamik
 - Kupplung treten, Gas weg
 - Bremse auf 1
 - Querdynamik
 - IPG Driver
- ▶ Regler:
 - ABS: aktiv / inaktiv
 - ESP: inaktiv
- ▶ Fahrbahn:
 - Modifikation des Reibwerts von 670 bis 690m
 - $\mu_{\text{low}} = 0.2$ auf gesamter Fahrbahnbreite

Fahrdynamikregelsysteme

Übungen - Beispiel: Bremsmanöver m./o. ASR

Manöver 4 low-mue homogen:

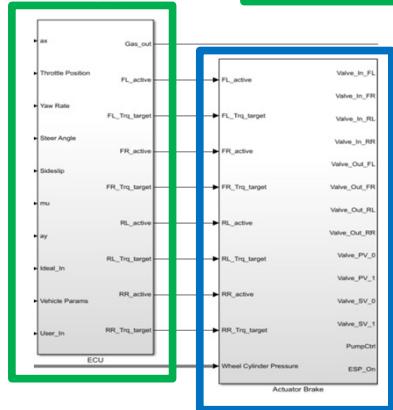
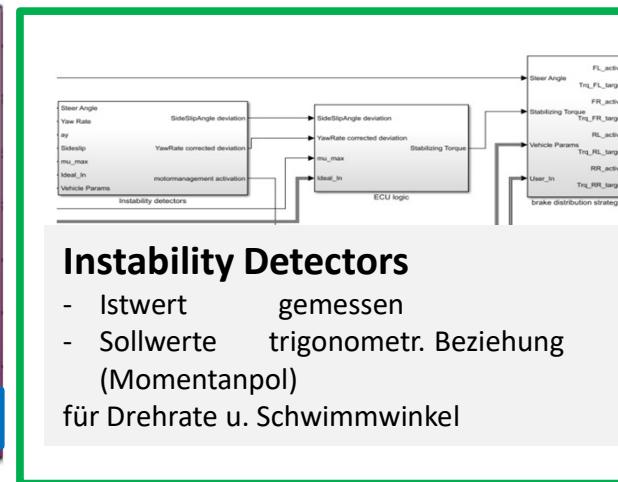
- ▶ Anfahrmanövermanöver:
 - Längsdynamik
 - Kupplung lösen
 - Gas geben (1)
 - Bremse auf 0
 - Querdynamik
 - IPG Driver
- ▶ Regler:
 - ASR: aktiv / inaktiv
 - ESP: inaktiv
- ▶ Variationen
 - Querdynamik manuell mit Sinuslenken
 - Amplitude: 60deg, Periode: 1s, >5 Perioden
- ▶ Fahrbahn
 - Modifikation des Reibwerts am Startpunkt s=0m
 - Mue low = 0.2 auf gesamter Fahrbahnbreite

Manöver 5 mue-split:

- ▶ Anfahrmanövermanöver:
 - Längsdynamik
 - Kupplung lösen
 - Gas geben (1)
 - Bremse auf 0
 - Querdynamik
 - IPG Driver
- ▶ Regler:
 - ASR: aktiv / inaktiv
 - ESP: inaktiv
- ▶ Fahrbahn
 - **Modifikation des Reibwerts am Startpunkt s=650m**
 - **Mue low = 0.2 auf linker Fahrbahnseite**

Fahrdynamikregelsysteme

Übungen – ESC_{IPG}-Struktur

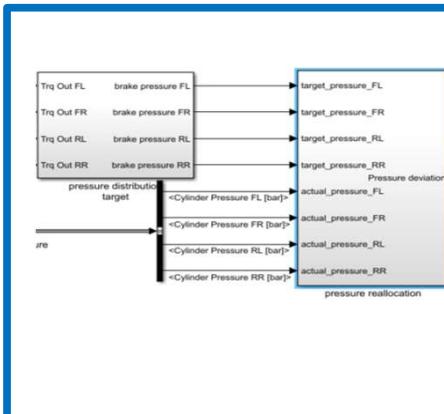


ECU-Logic

- Berechnung Threshold für Eingriffsschwelle
- Stabilisierungsmoment: P-Regler auf Basis Drehrate und Schwimmwinkel
- Schwimmwinkel zur Freigabe ESC-Eingriffe

Brake Distribution Strategy

- Aufteilung Stabilisierungsmoment auf Soll-Radmomentenänderungen

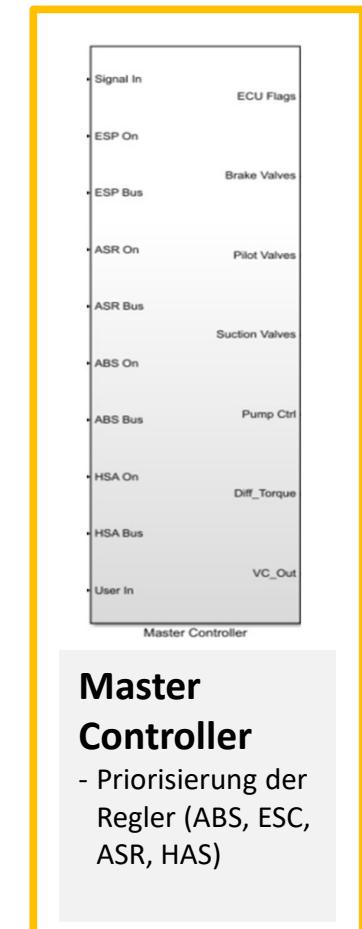


Pressure Distribution Target

- Umrechnung Soll-Radmomenteänderungen in Druckänderungen
- Superposition der Druckänderungen mit Raddrücken zu Solldrücken

Pressure Reallocation

- Regelung der Solldrücke durch Ansteuerung von Ventilen u. Pumpe

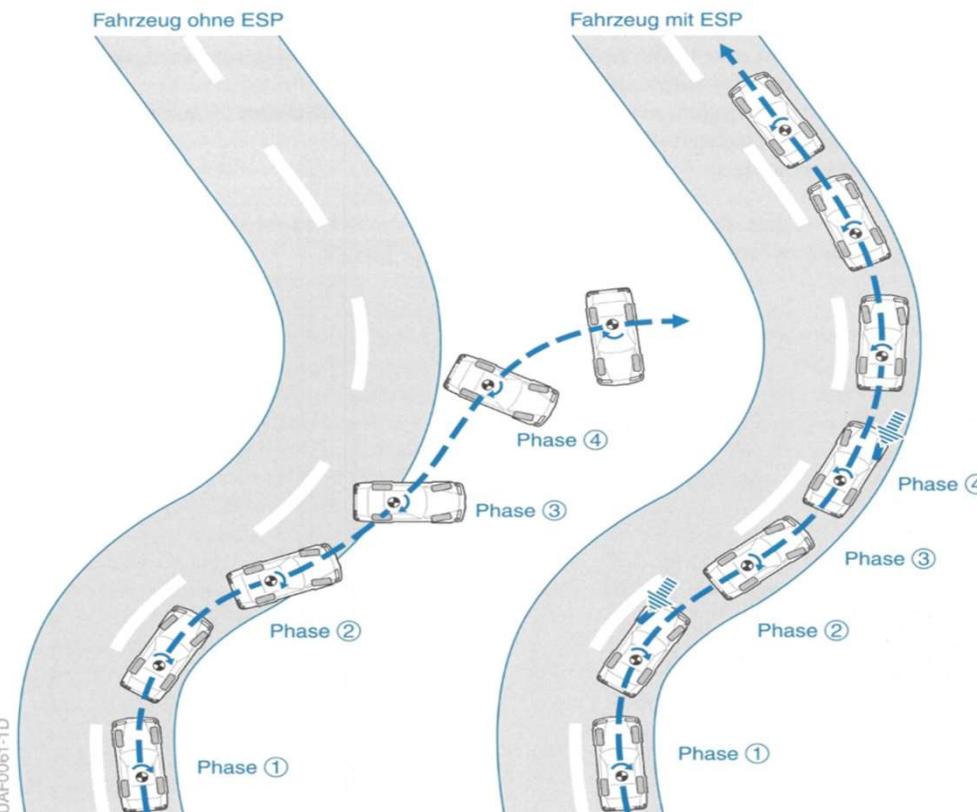
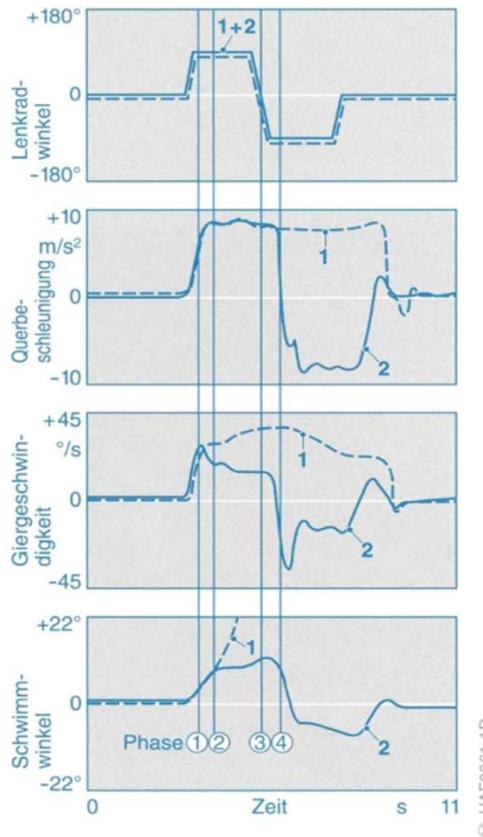


Fahrdynamikregelsysteme

Übungen - Beispiel: Doppelter Lenkwinkelsprung



Zeitverläufe fahrdynamischer Größen beim Durchfahren einer Rechts-Links-Kurve



- (1) Fahrer lenkt, Seitenkraftaufbau, stark eindrehendes Giermoment
- (2) Drohende Instabilität:
links: Fzg. wird instabil, reagiert auf Gegenlenken nicht
rechts: ESP®-Eingriff links vorne
- (3) Gegenlenken
links: Fzg gerät außer Kontrolle
rechts: Fzg bleibt unter Kontrolle
- (4) Links: Fzg nicht beherrschbar
rechts: ESP®-Eingriff vorne rechts, vollständige Stabilisierung

Fahrdynamikregelsysteme

Übungen - Beispiel: Doppelter Lenkwinkelsprung-ESP®-Performance Check

► Modelle:

- SimuLink-Modell: HydBrakeCU_ESP.mdl/-slx
- Fzg-Modell: DemoCar_HydBrakeCU_ESP
- Reifen: RT_195_65R15
- Road: unendlich große Fahrdynamikfläche, $\mu_{ue} = 1.0$

► Visualisierung:

- Window 0 – als Funktion der Zeit:
 - Diagramm 1: ESP_aktiv, Lenkradwinkel, Drehrate, Schwimmwinkel, Querbesch.
 - Diagramm 2: FzgGeschw. Car.v, Radgeschw. CarWheelSpd_pos
 - Diagramm 3: Reifenlängskräfte Car.FXpos, Motormoment PT.Engine.Trq, Bremsdrücke Brake.Trq_WB_pos

► Manöver:

- $V_0 = 0\text{km/h}$; Beschleunigen auf $= 80\text{km/h}$
- Lenksprünge mit:
 - Anfangslenkwinkel: $\Delta\text{el}_0 = 0^\circ$
 - Lenkamplitude: $\Delta\text{el} = \pm 130^\circ$
 - Lenkwinkelgeschwindigkeit: $d\Delta\text{el}/dt = 650^\circ/\text{s}$
 - Haltezeit: $t = 1\text{s}$
 - Rücksprung auf: $\Delta\text{el} = 0^\circ$
- ESP®
 - aktiv / inaktiv
 - Parameter: ESP.User.ESP_off (Default=0, Off=1)
- Variation
 - FzgGeschwindigkeit – ab wann treten ESP® -Eingriffe auf?

Fahrdynamikregelsysteme

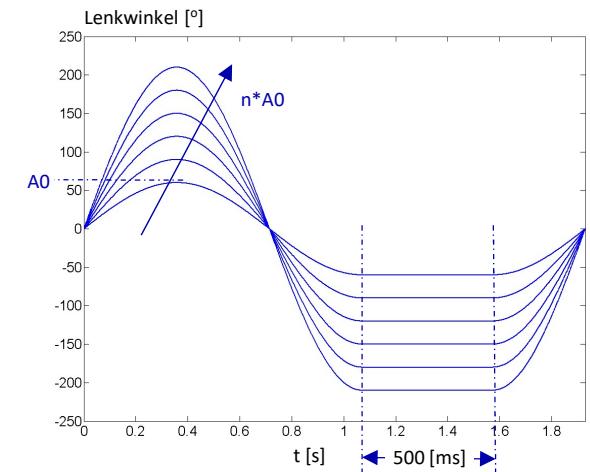
Übungen - Beispiel: Sine with Dwell - ESP®-Performance Check

Zielsetzung:

- Zunehmende Verbreitung von ESP® erforderte einen Test zum Nachweis der Funktionalität
 - Weltweit durchführbar
 - Standardisiert
 - Repräsentatives Manöver
 - Nachweis von Stabilität und Lenkfähigkeit
 - Begrenzter Testaufwand
 - Differenzierung der Systeme (Yaw Rate Sensor)
- Realisierung
 - NA (NHSTA): FMVSS126-Test (2007)
 - EU: ECE Reg 13H & Euro NCAP ESC Test (2011-2014)
 - UN/ECE: weitere Länder

Manöver – Sine with Dwell:

- Fahrbahn: hoch-mue
- $80 \pm 2 \text{ km/h}$, hoher Gang
- Sinuslenken mit 0.7 Hz
- Haltezeit: 500 ms
- A_0 -Amplitude für $a_y = 0.3g$
- $n \cdot A_0 @ 0.3g$ ($n = 2 \dots 7$)
- Max. Amplitude: $\sim 270^\circ$
- Ausführung mittels Lenkroboter



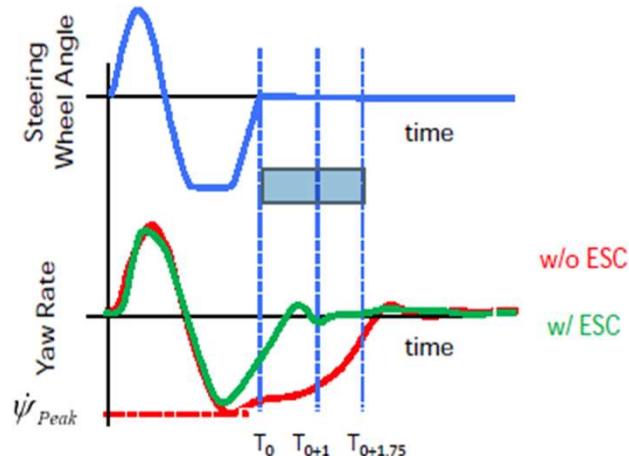
BOSCH
AB Dynamics

Fahrdynamikregelsysteme

Übungen - Beispiel: Sine with Dwell - ESP®-Performance Check

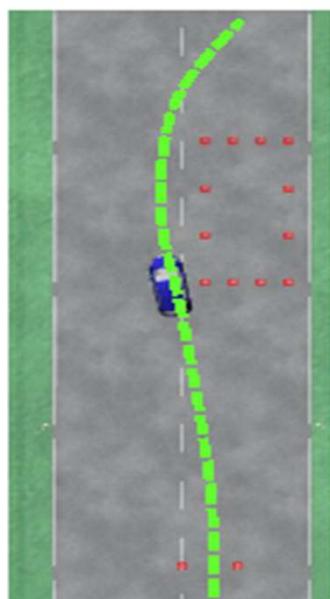
Kriterien:

- Abklingen der Drehrate (Stabilität)
- Seitlicher Versatz des Fahrzeugs (Lenkfähigkeit)



$$YRR = 100 * \left(\frac{\dot{\psi}(\text{at time } t)}{\dot{\psi}_{\text{Peak}}} \right) \begin{cases} \text{at } T_{0+1} \leq 35\% \\ \text{at } T_{0+1.75} \leq 20\% \end{cases}$$

$$\int_{t_0}^{t_0+1.07} \int_{t_0}^{t_0+1.07} A y_{\text{C.G.}}(t) dt \geq 1.83 \text{ m}$$



Fahrdynamikregelsysteme

Übungen - Beispiel: Sine with Dwell - ESP®-Performance Check

► Modelle:

- SimuLink-Modell: HydBrakeCU_ESP.mdl/-slx
- Fzg-Modell: DemoCar_HydBrakeCU_ESP
- Reifen: RT_195_65R15
- Road: unendlich große Fahrdynamikfläche, $\mu_{ue} = 1.0$

► Visualisierung:

- Window 0 – als Funktion der Zeit:
 - Diagramm 1: ESP_aktiv, Lenkradwinkel, Drehrate, Schwimmwinkel, Querbesch.
 - Diagramm 2: FzgGeschw. Car.v, Radgeschw. CarWheelSpd_pos
 - Diagramm 3: Reifenlängskräfte Car.FXpos, Motormoment PT.Engine.Trq, Bremsdrücke Brake.Trq_WB_pos

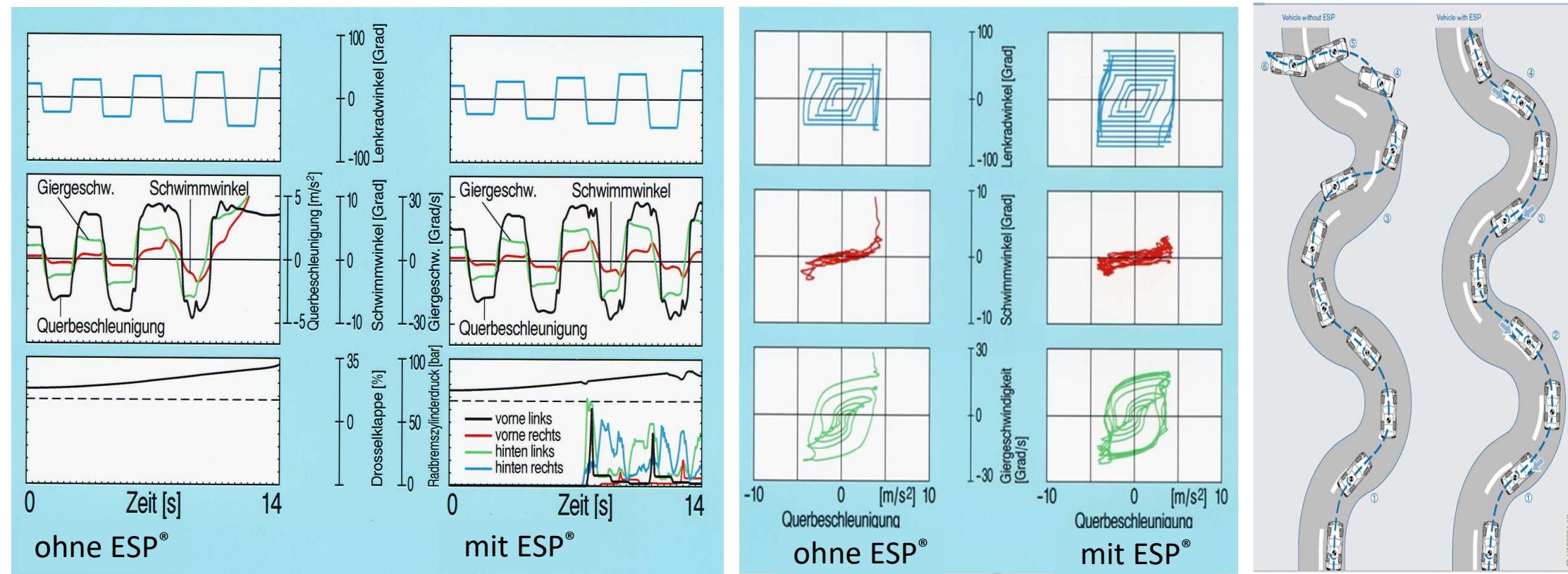
► Manöver:

- $V_0 = 0\text{km/h}$; Beschleunigen auf $= 80\text{km/h}$
- Einschwingphase: 3s
- Lenken mit Sine-with-Dwell
 - Lenkamplitude: $\Delta\text{el} = \pm 130^\circ$
 - s. CarMaker/Examples
- ESP®
 - aktiv / inaktiv
 - Parameter: ESP.User.ESP_off (Default=0, Off=1)
- NHTSA-Kriterien anwenden
 - Yaw Rate: $t=t_0+1.0: \leq 35\%$ $t=t_0+1.75: \leq 20\%$
 - Seitenversatz: $t=t_0+1.07: s \geq 1,83\text{m}$

Fahrdynamikregelsysteme

Übungen - Beispiel: Bidirektionale Lenkstufen

Vergleich Slalom Manöver mit zunehmender Lenkamplitude ohne/mit ESP® ($\mu = 0.45$, $V=72\text{km/h}$)



Fahrdynamikregelsysteme

Übungen - Beispiel: Bidirektionale Lenkstufen

► Modelle:

- SimuLink-Modell: HydBrakeCU_ESP.mdl/-slx
- Fzg-Modell: DemoCar_HydBrakeCU_ESP
- Reifen: RT_195_65R15
- Road: unendlich große Fahrdynamikfläche
 $\mu_{ue} = 0.45$

► Visualisierung:

- Window 0 – als Funktion der Zeit:
 - Diagramm 1: ESP_aktiv, Lenkradwinkel, Drehrate, Schwimmwinkel, Querbesch.
 - Diagramm 2: FzgGeschw. Car.v, Radgeschw. CarWheelSpd_pos
 - Diagramm 3: Reifenlängskräfte Car.FXpos, Motormoment PT.Engine.Trq, Bremsdrücke Brake.Trq_WB_pos
- Window 1 - Phasenplot:
 - Diagramm 1: Drehrate, Schwimmwinkel, Lenkradwinkel als Funktion der Querbeschleunigung

► Manöver:

- $V_0 = 0\text{km/h}$; Beschleunigen auf $= 72\text{km/h}$ und halten der Geschwindigkeit
- Lenksprünge mit:
 - Anfangslenkwinkel: $\Delta\text{Del}_0 = 0^\circ$
 - Lenkamplitudenzunahme: $\Delta\text{Del} = 5^\circ/\text{Sprung}$
 - Lenkwinkelgeschwindigkeit: $d\text{Del}/dt = 200^\circ/\text{s}$
 - Haltezeit: $t = 2\text{s}$
 - Max. Lenkwinkel: $\text{Del}_{\text{max}} = 100^\circ$
- ESP[®]
 - aktiv / inaktiv
 - Parameter: ESP.User.ESP_off (Default=0, Off=1)
- Optional Variationen
 - Solldrehrate $+/-20\%$
 - Parameter: Gain YawRate_so_modif (Default=1)