

Der Normalfahrer als Messgröße für die Optimierung und Absicherung aktiver fahrdynamischer Regelsysteme

2. Tagung „Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz“

Stefan Ullmann

Garching, 04.04.2006

Überblick

- Einleitung
- Chancen und Risiken aktiver fahrdynamischer Regelsysteme
- Anforderungen an aktive fahrdynamische Regelsysteme
- Sicherheitsbewertung eines Überlagerungslenksystem
- Zusammenfassung und Ausblick

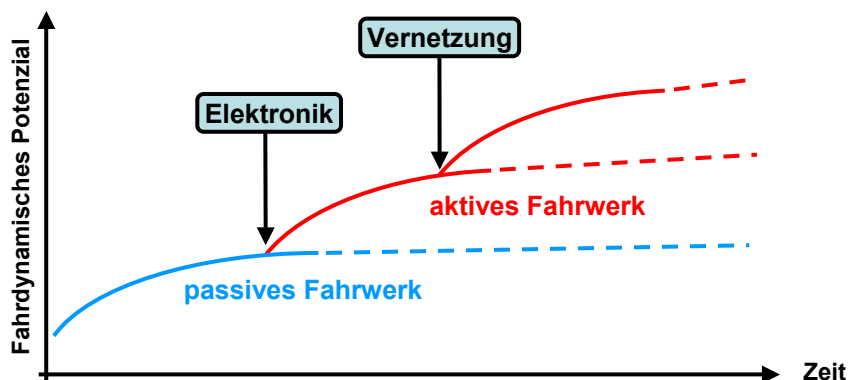
Einleitung Definitionen



- **Normalfahrer** sind Pkw-Fahrer, die nicht über beruflich (Versuchsfahrer) oder privat (Hobbyrennfahrer) begründete besondere Fähigkeiten oder Fertigkeiten bezüglich des Fahrens im querdynamischen Grenzbereichs verfügen.
- **Aktive fahrdynamische Regelsysteme** sind Systeme, die fahrerunabhängig aktiven Einfluss auf die Fahrdynamik eines Fahrzeugs nehmen können.
 - Bsp.: Aktive Lenksysteme
Als **aktiv** können Lenksysteme bezeichnet werden, die eine **freie Regelung** des **Lenkwinkels** und/ oder des **Handmomentes** ermöglichen.

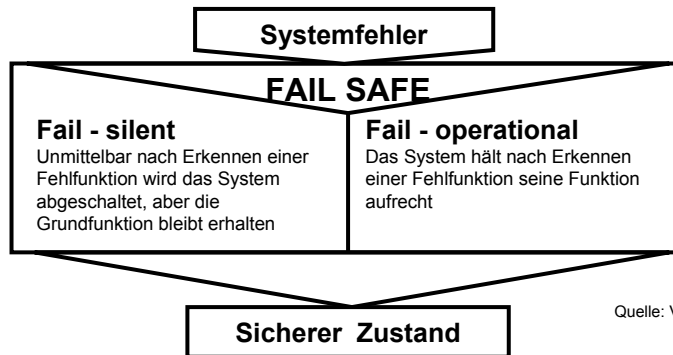
3

Chancen und Risiken aktiver fahrdynamischer Regelsysteme



4

Anforderungen an aktive fahrdynamische Regelsysteme



Quelle: VDI/VDE 3542

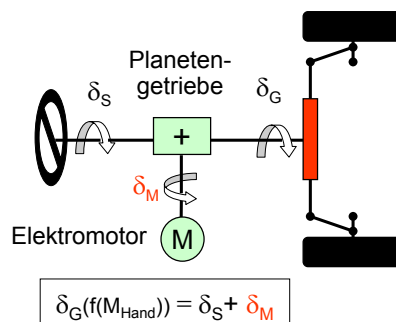
- Nachweis des „sicheren Zustand“: Erhalt der Stabilität des Regelkreises Fahrer-Fahrzeug
- Die Fahraufgabe muss unter vorgegebenen Bedingungen für ein gegebenes Zeitintervall **innerhalb eines Akzeptanzbereichs** ausgeführt werden (z.B. Bubb 1992, Reichart 2001)

5

Sicherheitsbewertung Überlagerungslenksystem Funktionsweise



- Funktionsweise Überlagerungslenkung



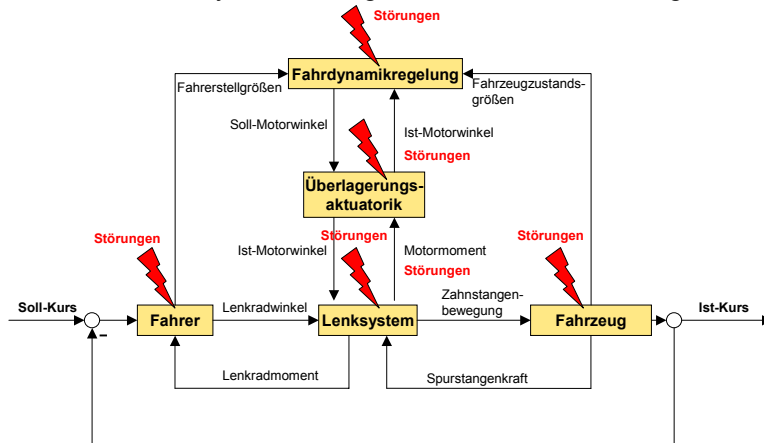
$$\delta_G(f(M_{\text{Hand}})) = \delta_S + \delta_M$$

6

Sicherheitsbewertung Überlagerungslenkensystem Problemstellung



- Das aktive Lenksystem im Regelkreis Fahrer – Fahrzeug



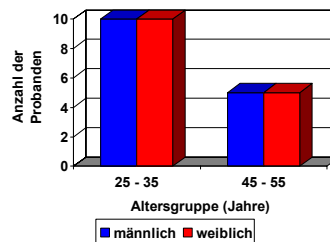
Das Lenksystem ist die zentrale Schnittstelle zwischen dem Fahrer (Regler) und dem Fahrzeug (Regelstrecke) in der Fahrer – Fahrzeug - Interaktion

7

Sicherheitsbewertung Überlagerungslenkensystem Versuchsdesign



- Stichprobe
 - N = 30 Normalfahrer
 - N = 5 Versuchsfahrer
 - n > 2500 Einzelfahrten



- Audi A6 Avant 4.2 quattro mit Überlagerungslenkensystem (instrumentiert mit skalierbarer Fehleraufschaltung)



8

Sicherheitsbewertung Überlagerungslenksystem Versuchsdesign



- Fahrstudie zur quantitativen Ermittlung der für den Normalfahrer tolerierbaren Fehler bei der Fahrdynamikregelung mittels eines Überlagerungslenksystems in kritischen Fahrsituationen
 - Untersteuernde Kurvenfahrt
 - ABS-Bremung
 - ISO-Spurwechsel („Elchtest“)
 - Bremsen auf μ -split
- Testmethodik Beispiel Bremsen auf μ -split
 - Vollfaktorielles Versuchsdesign
 - Für Proband: Blinde Fehleraufschaltung (1. Fehler ungewarnt)
 - Permutierte Fehleramplituden und Fehlerrichtungsaufschaltung
 - Wiederholte Fehlerdarbietung

9

Sicherheitsbewertung Überlagerungslenksystem Versuchsdesign



- Fahrmanöver



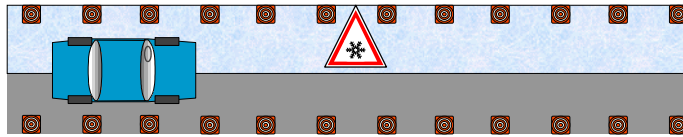
- Manöverdimensionen:
 - Fahrgeschwindigkeit: 80 km/h (tempomatgeregelt)
 - Fahrspurbreite: 2.50m nach RSA (Richtlinie zur Absicherung von Arbeitsstellen)
 - Zeitpunkt Fehleraufschaltung: Beginn der Ausregelung
 - Fehleramplituden: 0,3 - 2,4 [°] Radlenkwinkel
 - Fehlerarten: reversibel, irreversibel, Ausfall des Aktuators
 - Fehlerstellgeschwindigkeit: maximale Performance des Aktuators
 - Fehlerlatenzzeiten: 50 – 300 [ms]
 - Fehlerrichtungen: links; rechts
 - Bremsbetätigung:
 - Vollbremsung bis zum Stillstand
 - Lösen der Bremse nach Anbremsen des Fahrzeugs

10

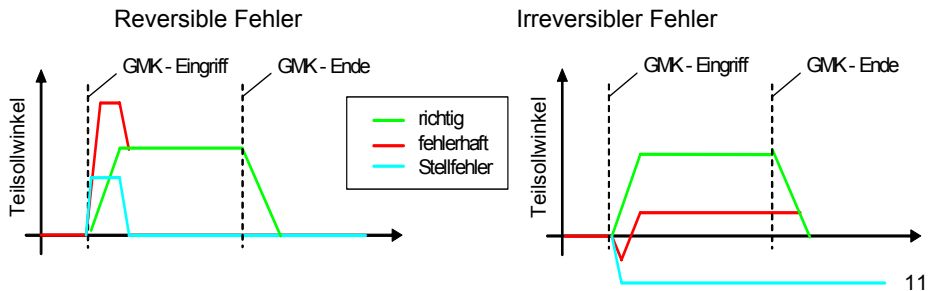
Sicherheitsbewertung Überlagerungslenksystem Versuchsdesign



■ Fehlerbilder

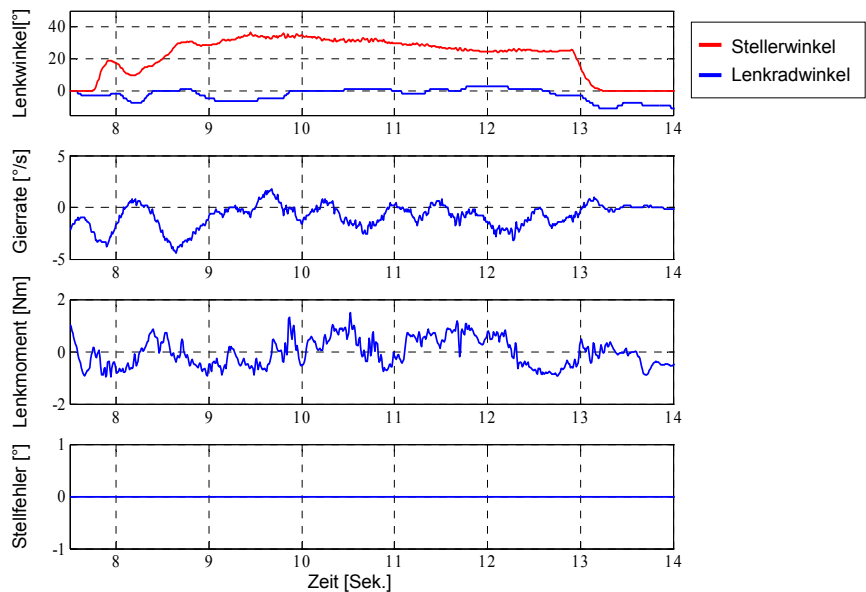


Systematik der Fehleraufschaltung



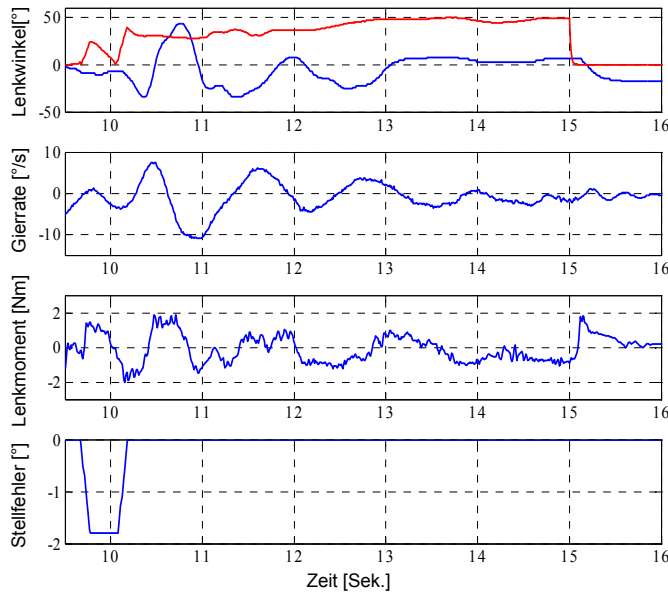
11

Sicherheitsbewertung Überlagerungslenksystem Systematik des Fahrereingriffs



12

Sicherheitsbewertung Überlagerungslenksystem Systematik des Fahrereingriffs



13

Sicherheitsbewertung Überlagerungslenksystem Bewertungskriterien



- Subjektive Bewertungskriterien
 - Persönliche Beanspruchung (5x2 Skala)
 - Erlebte Sicherheit (5x2 Skala)
 - Spurabweichung des Fahrzeugs (5x2 Skala)
 - Störungsbewertungsskala (abgeleitet von Neukum & Krüger, 2003)

Toleranzgrenze →

Fzg nicht mehr kontrollierbar	10
Systemreaktion gefährlich	9
	8
	7
Systemreaktion störend	6
	5
Systemreaktion spürbar	4
	3
	2
Nichts bemerkt	1
	0

14

Sicherheitsbewertung Überlagerungslenkensystem

Bewertungskriterien



- Objektive Bewertungskriterien
 - Spurverletzungen (Pylonenberührungen)
 - Grad der Spurbabweichung
 - Lenkaktivität
 - Auswertung der fahrdynamischen Kennwerte
- Korrelation subjektiver und objektiver Daten
- Vergleich mit bekannten Kurshaltungsstörungen (z.B. Seitenwind, schiefziehende Bremsen, Reifenplatzer...)

15

Zentrale Ergebnisse



- **Akzeptanz und Wirksamkeit** der Fahrdynamikregelung durch ein Überlagerungslenkensystem in fahrdynamisch kritischen Situation konnte nachgewiesen werden
→ signifikante Erhöhung der Fahrzeugsicherheit bei komfortabler Fahrzeugstabilisierung
- **Lenksystemfehler** während der Fahrdynamikregelung haben im getesteten Bereich **keinen sicherheitskritischen Einfluss** auf die Stabilität des Gesamtsystems Fahrer-Fahrzeug
- Versuchsfahrer zeigen prinzipiell dieselbe Urteilssystematik, urteilen aber kritischer als die Normalfahrer
- Normalfahrerurteile zeigen Verbesserungspotenzial im Umgang mit Systemfehlern auf

16

Zusammenfassung und Ausblick



- Das Potenzial konventioneller Fahrwerke ist ausgeschöpft
- Eine Verbesserung der Fahrdynamik und des Fahrkomforts kann nur durch aktive fahrdynamische Regelsysteme erreicht werden
- Systemfehler dürfen nicht zur Instabilität des Gesamtsystems Fahrer-Fahrzeug führen → Nachweis der Systemsicherheit ist zu führen
- Probandenuntersuchungen mit Normalfahrern zur Absicherung aktiver fahrdynamischer Regelsysteme zeigen großes Optimierungs- und Absicherungspotenzial

17

Danke



„Der Mensch ist der einzige rückkopplungsstabilisierte und vor allem multifunktionale Regel- und Servomechanismus, der genügend preiswert in Massenproduktion von ungelerten Leuten hergestellt werden kann.“ (Fred Sanger)

18