
Fahrerassistenz und Fahrsicherheit – eine Literaturübersicht zu den Wirkungen des ACC- und HC-Systems

Dipl. Psych. Ingo Totzke
Prof. Dr. Hans-Peter Krüger

Übersicht

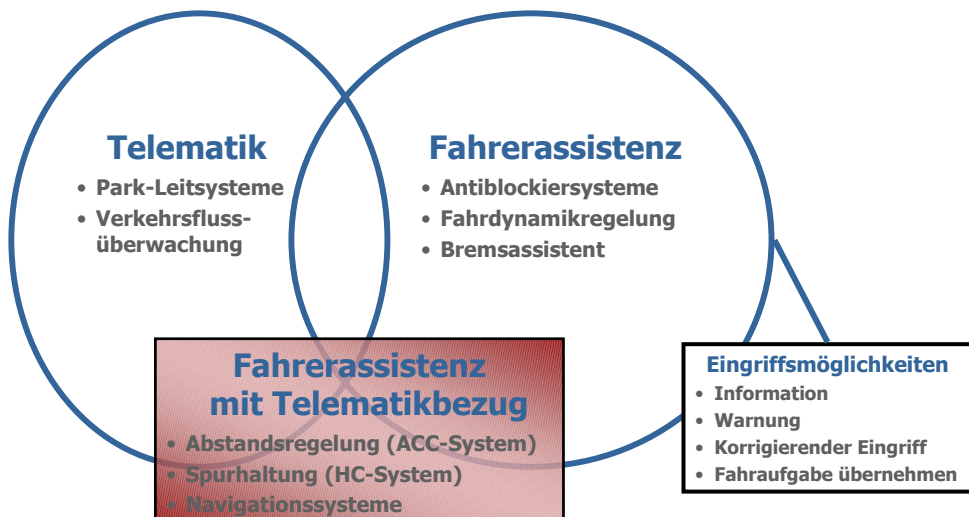
- 1. Fahrerassistenz vs. Fahrerinformation:
Klassische Betrachtung**
- 2. Literaturübersicht**
 - 1. Autonomous Cruise Control (ACC-System)**
 - 2. Heading Control (HC-System)**
 - 3. Verschränktes ACC-und-HC-System**
- 3. Ausblick:
Fahrerassistenz = Fahrerinformation ???**

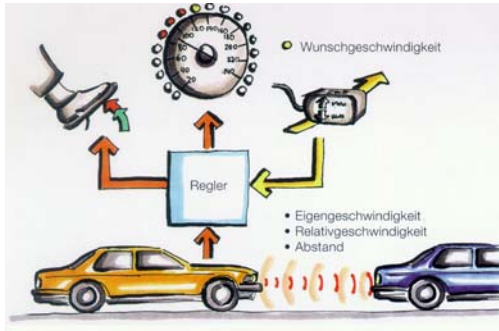
„Sicherheitsbewertung von Fahrerassistenzsystemen“ (Effort Management and Performance Handling in sicherheitskritischen Situationen)

1. Vergleich verschiedener Systemauslegungen und Modalitäten
 - Systemauslegung: handlungsunterstützend vs. handlungs-
ersetzend, kontinuierlicher Eingriff vs. diskreter Eingriff
 - Systemmodalität: haptisch, akustisch
2. Auswirkungen auf das energetische System des Fahrers
(Beanspruchung, Ermüdung, Wachheit)
3. Auswirkungen des Umgangs mit intelligenten Systemen (z.B.
Situationsbewusstsein, Verhaltensanpassungen)

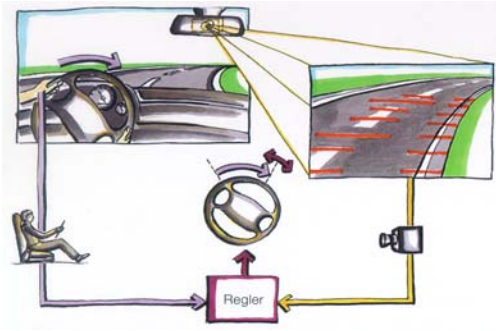
3

Klassische Betrachtung





Autonomous Cruise Control (ACC)



Heading Control (HC)

5

Zahlreiche Studien zur Bewertung des „Aktualprozesses“ im Umgang mit Fahrerassistenzsystemen (FAS)

- FAS und Auswirkungen auf Wahrnehmung, Beanspruchung, Systembedienung, Fahrzeugführung etc.
- Forschungsprogramme: Prometheus, DRIVE, MoTiV, INVENT etc.

Wissen: Fahrerassistenz verändert die Fahrzeugführung

- ACC-System übernimmt Längsregelung (handlungsersetzend)
- HC-System unterstützt Querregelung (handlungsunterstützend)

6

Aber:



Wissen wir wirklich,

- **WIE Fahrerassistenz wirkt?**
- **was Fahrerassistenz MITTEL- bzw. LANGFRISTIG bewirkt?**

Ablenkbarkeit

Fahrerzustand

wahrgenommene kinästhetische Eigenschaften

7

Literaturübersicht: Vorgehen



Methodik:

- Realfahrt, Fahrsimulator mit/ohne Bewegungssystem, Teststrecke, Computersimulation)

Merkmale des FAS-Systems:

- Sensor, Controller, HMI

Merkmale der Stichprobe

Merkmale der Fahrsituation:

- Strecke, Fahrzeug(-modell), Ablauf des Versuchs, betrachtete Assistenzsysteme

Methoden:

- objektiv, subjektiv, Sonstige

Ergebnisse:

- Längs-, Querregelung, Reaktionen, subjektiv

8

Ergebnisse: Übersicht



N = 28 Studien

- n = 14 Fahrsimulator-Studien (11 ohne Bewegungssystem, 3 mit Bewegungssystem)
- n = 14 Realfahrt-Studien

Einschlusskriterien:

- mindestens 2 der Bedingungen "manuelles Fahren", "Fahren mit ACC", "Fahren mit Aktivem Gaspedal" müssen gegeben sein
- Verfügbarkeit der Studie

Studie	Realfahrt	Fahrsimulation	System					Geschwindigkeit		Abstand			Maximale Verzögerung		Beschleunigung		Manuelles Bremsengriff		
			M = mit O = ohne	Manuelle s Fahren	ACC	Tempomat	Aktives Gaspedal	m	s	krit	min	m	s	Zeit	Stärke	Zahl		Stärke	Zahl
								Schneller	Größere Sul.	Häufiger kritisch	Größer	Größer	Größere Sul.	Später	Stärker	Häufiger		Stärker	Häufiger
Ein "+" bedeutet																			
Hoedemaker et al. (1998)		O	X	X															
Hogema et al. (1994)		O	X	X				/+											
Hogema et al. (1997)		O	X	X				-	-										
Janssen & Nilsson (1990/ 1993)		O	X	X				+							+		+		
Janssen & Thomas (1997)		O	X																
Landau & Weiße (2001), Studie 1	X			X															
McLaughlin & Serafini (1999)	X			X															
Nilsson (1995)		M	X	X						0/-			0/-	-/+					
Nilsson & Nabo (1994)		O	X	X				+			0								
Nirschl (1995) / Nirschl & Eck (1994)	X		X	X		X				+									

9

ACC-System: Beschreibung

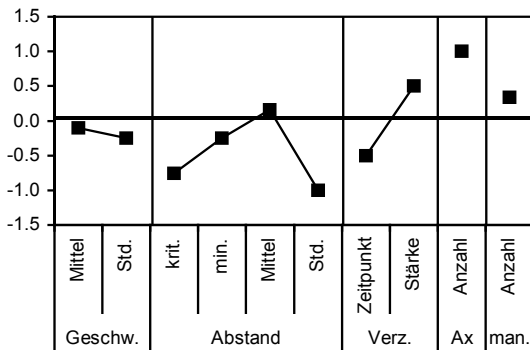


Angaben zum eingesetzten ACC-System nur in 16 von 28 Studien

- 8 Studien: Sekundenabstand
- 7 Studien: Maximale Systemverzögerung
- 6 Studien: Art der Regelung (z.B. Bremse, Drosselklappe)

<p>Sekundenabstand:</p> <p>Standardeinstellung: 1.4 bis 1.5 s</p> <p>Bei versch. Auslegungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> geringer Abstand: 1.0 - 1.1 s mittlerer Abstand: 1.4 - 1.5 s großer Abstand: 1.7 - 2.1 s 	<p>Maximale Verzögerung:</p> <p>Einstellbereich: 0.49 m/s² bis 7 m/s²</p> <p>Bei versch. Auslegungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> weiches System: bis 1 m/s² mittleres System: 2 - 3 m/s² hartes System: 7 m/s²
---	---

Hauptergebnisse ACC-System



Geschwindigkeitsregelung und mittlerer Abstand bleiben konstant

Verringerte Variation des Abstandes

Seltener kritische Abstände

Frühere und stärkere maximale Verzögerungen

Häufiger Beschleunigungen und manuelle Bremsingriffe

11

Dabei: Methodenabhängigkeit



Realisierung unterschiedlicher Fahrweisen

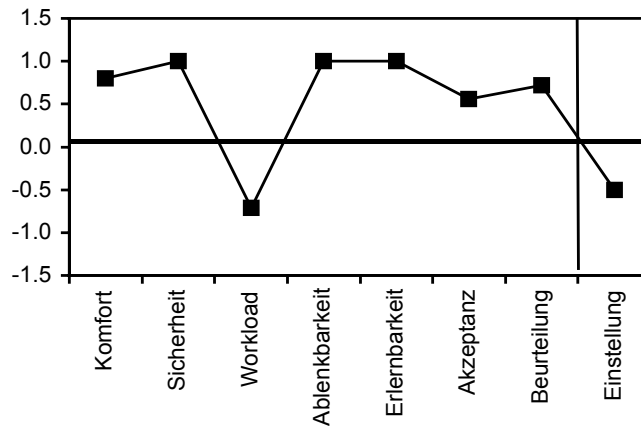
- Bei Realfahrt bremst Fahrer häufiger manuell als bei Fahren ohne ACC, in Simulation ohne Bewegung nicht

Ausmaß der kinästhetischen Rückmeldung

- Stärkere maximale Verzögerung und häufigeres Beschleunigen in Simulationen ohne Bewegung

12

Bewertung des ACC



13

Spurhaltung mit ACC

Spurhaltung bleibt vom ACC-System unbeeinflusst

- Zunahme der Variation der Spurhaltung beim Fahren mit ACC ist auf geringeren mittleren Abstand und nicht auf das ACC-System per se zurückzuführen (Hoedemaker et al., 1998, Simulation ohne Bewegung)

Eigene Ergebnisse (Fahrsimulation mit Bewegung)

- Fahren mit ACC geht mit einer Verschlechterung der Spurhaltung einher (Projekt EMPHASIS)
- Fahren mit ACC und Nebenaufgabe führt z.T. zu schlechterer Spurhaltung als Fahren mit Nebenaufgabe allein (Projekt SANTOS)

14

Spurwahl / Spurwechsel mit ACC



Beim Fahren mit ACC

- **weniger Spurwechsel (0.55 vs. 0.82 Manöver/km)**
- **länger auf linker Spur (53 % vs. 48 %), insb. auf 2spuriger Autobahn (75 % vs. 62 %).**
- **Spurwechsel mit größerem Sicherheitsabstand eingeleitet (v.a. in Situation "eigene Spur besetzt und andere Spuren frei"; 2.0 s vs. 1.8 s)**
- **Ausscheren bei größerem Sicherheitsabstand (1.9 s vs. 1.5 s), kein Einfluss beim Einscheren**

(Saad & Villame, 1996, Realfahrt)

15

Weitere Verhaltensänderungen



Weniger Kommunikation mit anderen Fahrzeugen

Weniger Aufmerksamkeit auf andere Verkehrsteilnehmer (insb. schwächere Teilnehmer)

Delegation der Verantwortung an System

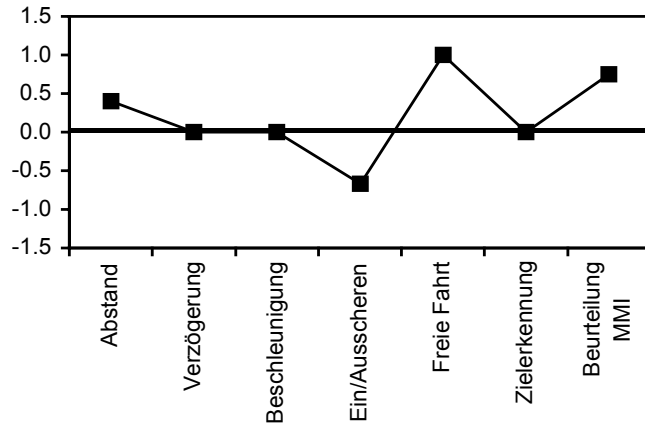
Homöostatisches Risikoverhalten (z.B. Fahren mit geringen Sicherheitsmargen)

Reaktanz bei hoch automatisierten Systemen

z.T. irritiertes und vermeidendes Verhalten im Umgang mit System

(Risser & Lehner, 1997, Beobachtung & Befragung)

16



Fancher & Ervin (1998): Field Operational Test

- bei Geschwindigkeiten über 55 mph (89 km/h)
 - Benutzung auf 77% der gefahrenen Strecken mit Geschwindigkeit > 65 mph (105 km/h)
 - Benutzung auf 14% der gefahrenen Strecken mit Geschwindigkeit zwischen 35 und 55 mph (56 - 89 km/h)
- bei langdauernden Fahrten (90% auf Autobahnen)
- selten in schwierigen Situationen (z.B. starke Nässe)
 - geringste Nutzung bei Fahrten zur Arbeit

UMTRI (1997): ACC wird ausgeschaltet bei hoher Verkehrsdichte und in schwierigen Fahrsituationen

Hauptergebnisse HC-System



Verbesserung der Spurhaltung

- Idealspur wird besser und konstanter eingehalten
- höhere minimale und mittlere TLC

Anstieg der Lenkgeschwindigkeiten

- Interpretation: bedingt durch Lenkmomente des HC-Systems

Abnahme hochfrequenter Lenkbewegungen

- Interpretation: Entlastung des Fahrers von Fahrzeugstabilisierung

Zunahme von Okklusionsdauern

- Interpretation: Abnahme des visuellen Workloads

N = 6 Studien

n = 3 Fahrsimulator-Studien (mit Bewegungssystem),
n = 2 Realfahrt-Studien,
n = 1 Teststrecken-Studie

19

ACC+HC-System



ACC+HC wirkt sich auf Längs- und Querregelung aus

- ACC: v.a. Auswirkungen auf Längsregelung
- HC: v.a. Auswirkungen auf Querregelung

ACC+HC trägt zu deutlichen Verringerung der Beanspruchung bei

- ACC: nur geringe Wirkung
- HC: deutliche Wirkung

Automatisierung der Spurhaltung ist entscheidend für Entlastung des Fahrers

**N = 2 Studien,
Fahrsimulation ohne Bewegungssystem**

20

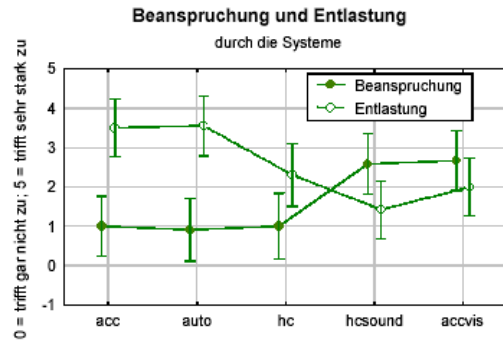
Aber: Systemabhängigkeit

Versuchsreihe: Vergleich verschiedener FAS-Strategien

- Eingreifendes ACC-System (acc)
- Visuelles ACC-System (accvis)
- Taktiler HC-System (hc)
- Akustisches HC-System (hcsound)
- ACC+HC-System (auto)

Stichprobe:

- N = 12 Fahrer (7 weiblich, 5 männlich)
- Alter: m = 33.7 Jahre (sd = 13.4)
- Fahrpraxis: m = 15.4 Jahre (sd = 13.3)
- Fahrpraxis im Jahr zuvor: m = 17041 km (sd = 9790 km)



21

Fazit: Literaturübersicht

Evaluation HC-System und ACC+HC-System:

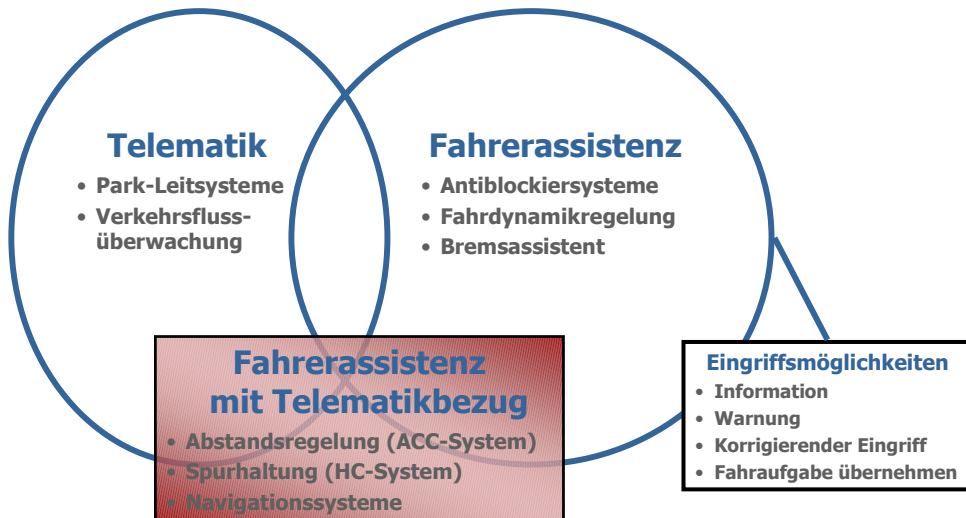
- Es liegen nur wenige Befunde vor.
- Eine systematische Beurteilung dieser Systeme anhand veröffentlichter Befunde ist momentan nicht möglich.

Evaluation ACC-System:

- Vorliegen zahlreicher Befunde
- Auswirkungen auf Fahrzeugführung, Reaktionsverhalten und Beurteilung des Systems untersucht.

22

Rückblick: Klassische Betrachtung von FAS



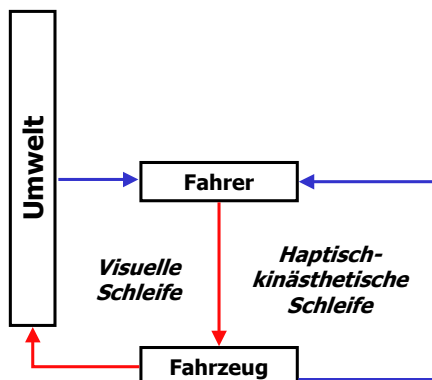
Aus: Albus, Friedel, Nicklisch & Schulze (1999)

23

Information und Aktion

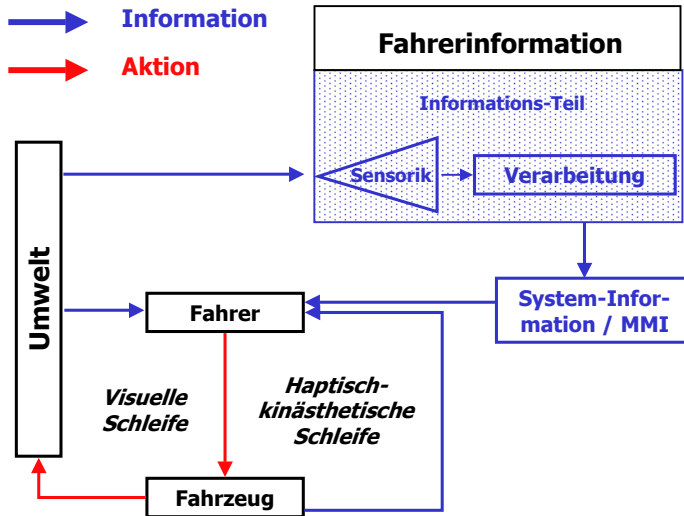
➔ Information

➔ Aktion



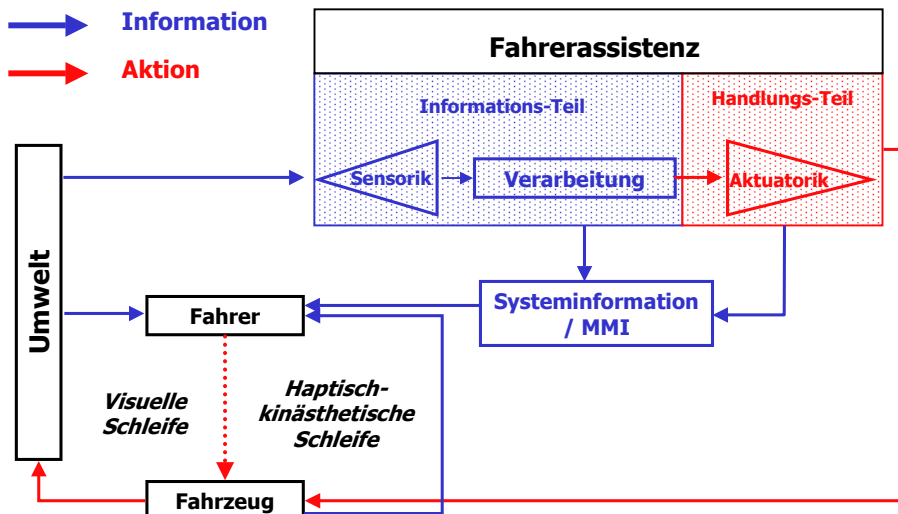
24

Fahrerinformationssysteme



25

Fahrerassistenzsysteme



26

Haptisch-kinästhetische Schleife: ACC-System



Verzögerungen ab 0.1 g werden vom Fahrer als Warnsignal wahrgenommen (Fancher et al., 1995)

Positive Beurteilung von

- sog. **Weckreizen** bei Unterschreiten eines kritischen Sicherheitsabstandes (Dorißen & Höver, 1996)
- für den Fahrer spürbare **Hinweisreize zu Beginn der Einregelung** des Sollabstandes (Fancher & Ervin, 1998)

Auslegungen des ACC-Reglers (aus: EMPHASIS)



Systemgestaltung nach dem Modell von Weilkes

$$a_{\text{tuegt}} = \text{cut}(k_{s,DC} \cdot (k_d \cdot (d_{\text{tuegt}} - T_{\text{tuegt}} \cdot v_{\text{tuegt}}) - (v - v_{\text{tuegt}})) a_{\text{min},DC}, a_{\text{max},DC})$$

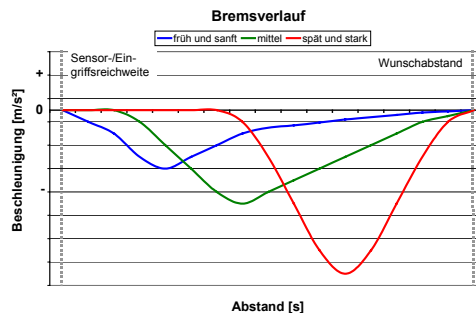
mit:

- $k_{s,DC}$ konstanter Umrechnungsfaktor (Einheit: 1/s)
- k_d konstanter Umrechnungsfaktor (Einheit: 1/s)
- d_{tuegt} Abstand zum vorausfahrenden Hindernis (Einheit: m)
- T_{tuegt} gewünschter Abstand zum vorausfahrenden Hindernis (in s)
- v aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit (Einheit: m/s)
- v_{tuegt} Geschwindigkeit des vorausfahrenden Hindernisses (Einheit: m/s)
- $a_{\text{min},DC}$ minimale Beschleunigung (max. Verzögerung) (Einheit: m/s²)
- $a_{\text{max},DC}$ maximale Beschleunigung (Einheit: m/s²)

Die Fahrer konnten zwischen den kd-Werten

- 0.1
- 0.2
- 0.3

wählen.

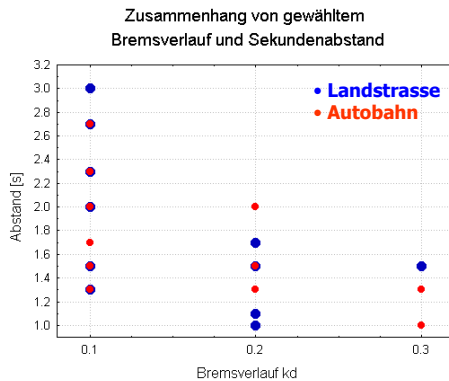


Bremsverlauf / Sekundenabstand



Weiterhin war für die Fahrer der Sekundenabstand frei wählbar. Zwischen beiden Parametern ergab sich lediglich ein schwacher Zusammenhang:

Es konnte kein Zusammenhang zwischen Parameterwahl und den üblichen Fahrertypen (sportlich – komfortabel) bzw. zu Variablen wie Alter und Geschlecht gefunden werden.



⇒ Notwendigkeit der Neu-Definition von Fahrervariablen, die eine Voraussage der Nutzung und Akzeptanz von Informations-, Warn- und Assistenzsystemen erlauben

29

Haptisch-kinästhetische Schleife: HC-System



Taktile Warnreize sind geeignet, intendierte Spurwechsel zu verhindern:

- starkes Lenkmoment: 2.4 Nm (0.5 sek)
- Vibrationswarnung: 1.2 Nm, 10 Hz (0.5 sek)

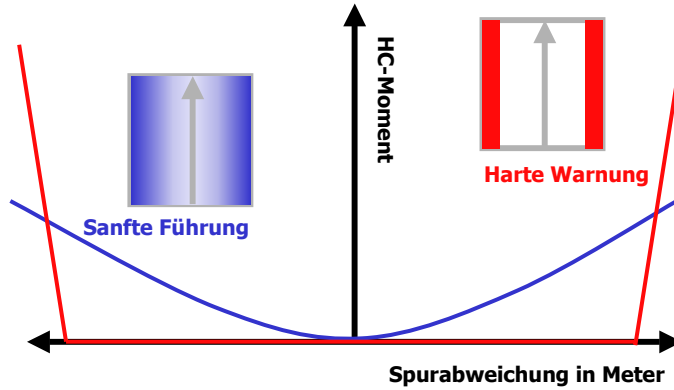
Kurze vom System ausgegebene starke Lenkmomente sind als Warnsignal überlegen

- für Lenkverhalten irrelevant (max. Lenkwinkel, max. Lenkgeschwindigkeit)
- schnellere Reaktionen auf Warnsignal

(Schumann et al., 1993)

30

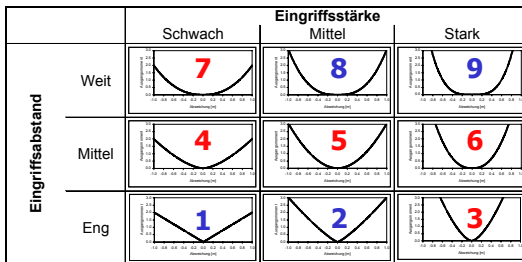
HC-Auslegungen



Je nach Gestaltung der Lenkmoment-Funktion ist das HC ein

- ein lenkunterstützendes System bzw.
- ein randwarnendes System.

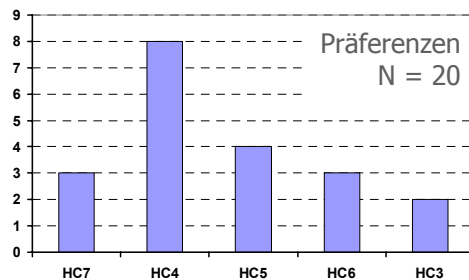
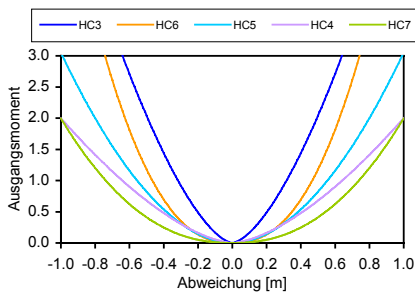
Auslegungen führendes HC



Präferenz für enge Führung bei schwachen Momenten

Stabilität bei Wiederholungsmessung

Kaum Veränderungen bei Nebenaufgabe



1. ACC- und HC-Systeme werden vom Fahrer auch als haptisch-kinästhetische Informationssysteme genutzt.
 - ACC-System als handlungsersetzendes System
 - HC-System als handlungsunterstützendes Systems
2. Die Wahl der Auslegung von FAS ist interindividuell stark unterschiedlich, intraindividuell aber sehr stabil. Ein situationsbezogener Wechsel der Auslegung wird vom Fahrer nicht gewünscht.

Konsequenz:

Loslösung von strenger Trennung zwischen Fahrerassistenz und Fahrerinformation

33

Wissen wir wirklich,

- **WIE Fahrerassistenz wirkt?**
- **was Fahrerassistenz MITTEL- bzw. LANGFRISTIG bewirkt?**

34

DANKE !
