

# Prospektive Bewertung von Systemen zur Müdigkeitserkennung

---

Ableitung von Gestaltungsempfehlungen zur  
Vermeidung von Risikokompensation aus  
empirischen Untersuchungen

Dipl.-Psych. Katja Karrer-Gauß  
13. Oktober 2011



**prometei**  
graduierertenkolleg



MENSCH-MASCHINE-SYSTEME  
INSTITUT FÜR PSYCHOLOGIE UND ARBEITSWISSENSCHAFT



# Gliederung

## Motivation

Warum ist eine prospektive Bewertung von Systemen zur Müdigkeitserkennung notwendig?

## Modelle der Verhaltensanpassung

Aus welchen theoretischen Modellen wurden Annahmen abgeleitet?

## Empirie

Darstellung ausgewählter Ergebnisse aus den Studien

## Diskussion und Ausblick

Mögliche Forschungsfelder

# Motivation: Ausgangslage



Hoher Anteil von Unfällen  
im Straßenverkehr  
aufgrund von Müdigkeit  
des Fahrers

Gegenmaßnahme in  
Form von Systemen zur  
Müdigkeitserkennung  
(SME)



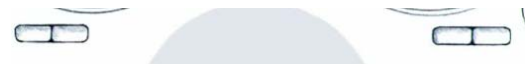
# Motivation: Ausgangslage



„Müdigkeit ist die größte identifizierbare und vermeidbare Ursache für Unfälle im Transportbereich.“  
(15 bis 20 % aller Unfälle)

Gegenmaßnahmen  
Form von Systemen zur  
Müdigkeitserkennung  
(SME)

(Åkerstedt, 2000; Hell, 2004; ten Thoren & Gundel, 2003; Evers & Auerbach, 2005; 2006)



# Motivation: Problemstellung

- Nicht immer führen technologische Gegenmaßnahmen zu einer Reduzierung von Unfallzahlen.
- Fahrer tendieren dazu, ihr Verhalten in Reaktion auf Veränderungen im wahrgenommenen Risiko anzupassen.
- Durch Verhaltensanpassungen können Fahrer die geplanten Sicherheitsgewinne wieder verspielen.

# Gliederung

## Motivation

Warum ist eine prospektive Bewertung von Systemen zur Müdigkeitserkennung notwendig?

## Modelle der Verhaltensanpassung

Aus welchen theoretischen Modellen wurden Annahmen abgeleitet?

## Empirie

Darstellung ausgewählter Ergebnisse aus den Studien

## Diskussion und Ausblick

Mögliche Forschungsfelder

# Verhaltensanpassung: Definition

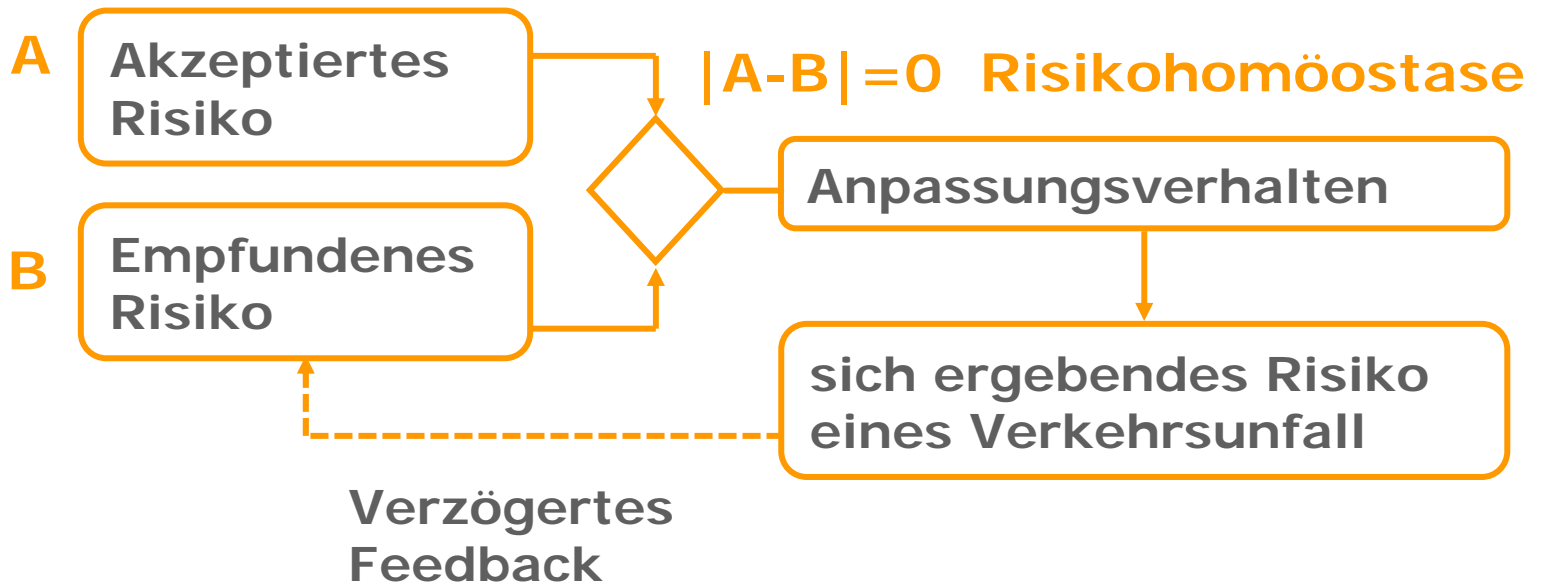
Verhaltensanpassung bezeichnet nicht beabsichtigte Verhaltensweisen, die auftreten können, wenn im Mensch-Straße-Fahrzeug-System Veränderungen eingeführt werden.

Sie können sowohl positiven als auch negativen Einfluss auf die Verkehrssicherheit haben.

(OECD, 1990).

# Verhaltensanpassung: Risikokompensation

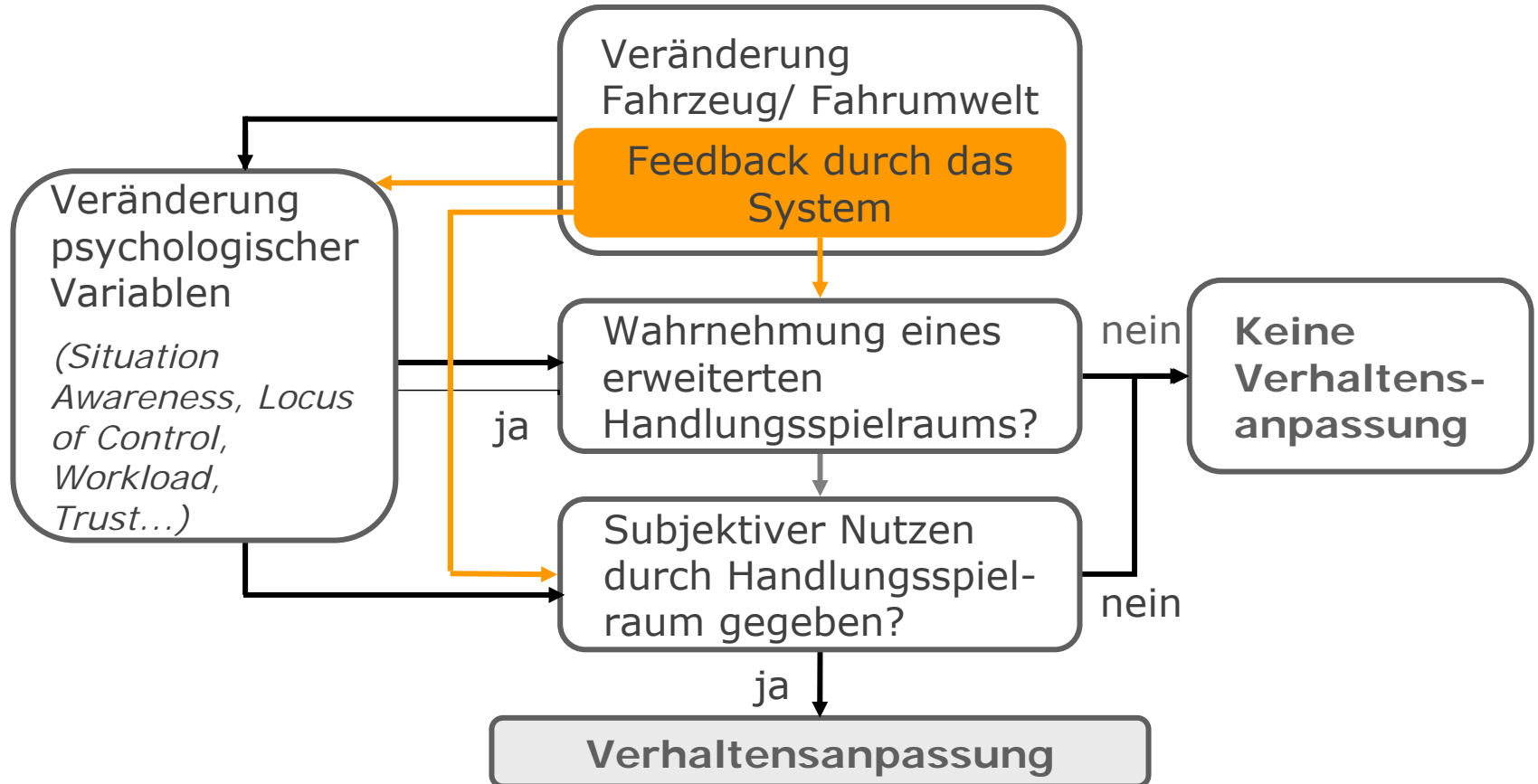
- Modell der Risikokompensation  
(Wilde, 1978 )





# Verhaltensanpassung: Prozessmodell

- Prozessmodell der Verhaltensadaptation  
(in Anlehnung an Weller & Schlag, 2004)



# Verhaltensanpassungen: Fragestellungen

1. In wie weit muss bei der Einführung von SME mit Verhaltensanpassungen gerechnet werden?

2. Welche Gestaltungsmöglichkeiten von SME könnten unerwünschte Verhaltensanpassungen bewirken oder ihnen entgegenwirken?

# Gliederung

## Motivation

Warum ist eine prospektive Bewertung von Systemen zur Müdigkeitserkennung notwendig?

## Modelle der Verhaltensanpassung

Aus welchen theoretischen Modellen wurden Annahmen abgeleitet?

## Empirie

Darstellung ausgewählter Ergebnisse aus den Studien

## Diskussion und Ausblick

Mögliche Forschungsfelder

# Empirische Studien: Überblick

1. In wie weit muss bei der Einführung von SME mit Verhaltensanpassungen gerechnet werden?

2. Welche Gestaltungsmöglichkeiten von SME könnten unerwünschte Verhaltensanpassungen bewirken oder ihnen entgegenwirken?

1. Simulatorstudie

2. Expertenbefragung

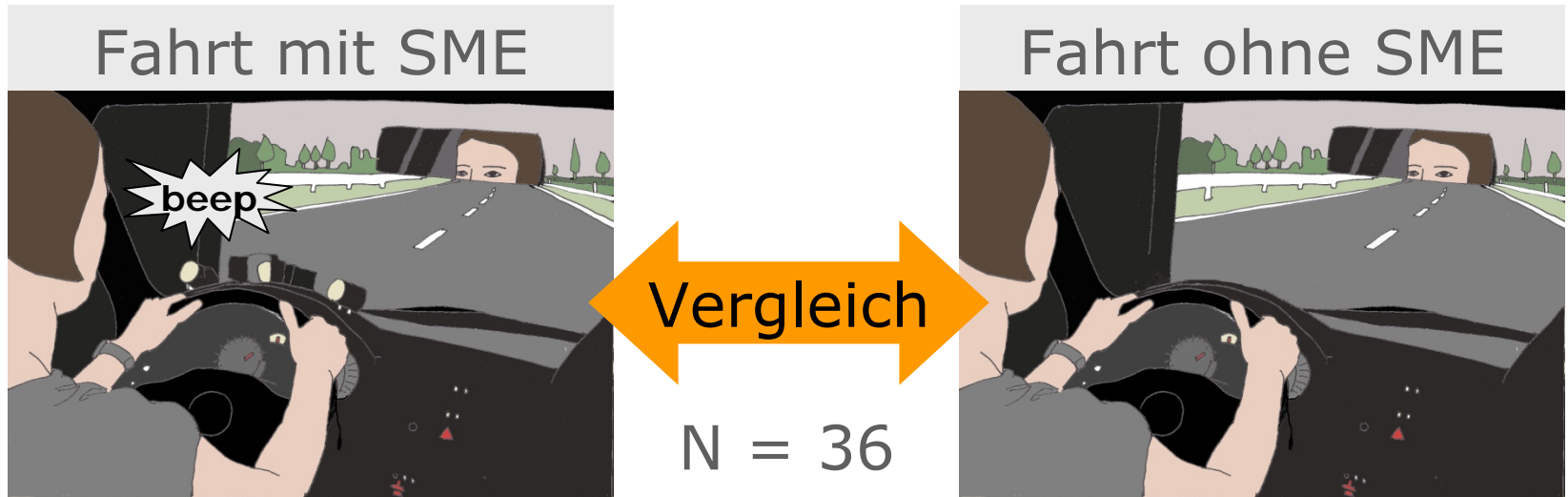
3. Rückmeldungs-  
befragung

4. Fokusgruppen

## **Simulatorstudie**

In wie weit muss bei der Einführung von SME mit Verhaltensanpassungen gerechnet werden?

# Simulatorstudie: Versuchsplan und UV



- Unabhängige Variable: Einsatz eines simulierten Systems zur Müdigkeitserkennung (ja/nein)
- Rückmeldung als Warnton

# Simulatorstudie: AV und Hypothesen

- Unter Annahme der Risikokompensation ist mit einem SME im Vergleich zur Fahrt ohne SME...

**Fahrtdauer**



Verhaltensdaten

**Subjektive  
Wachheit**

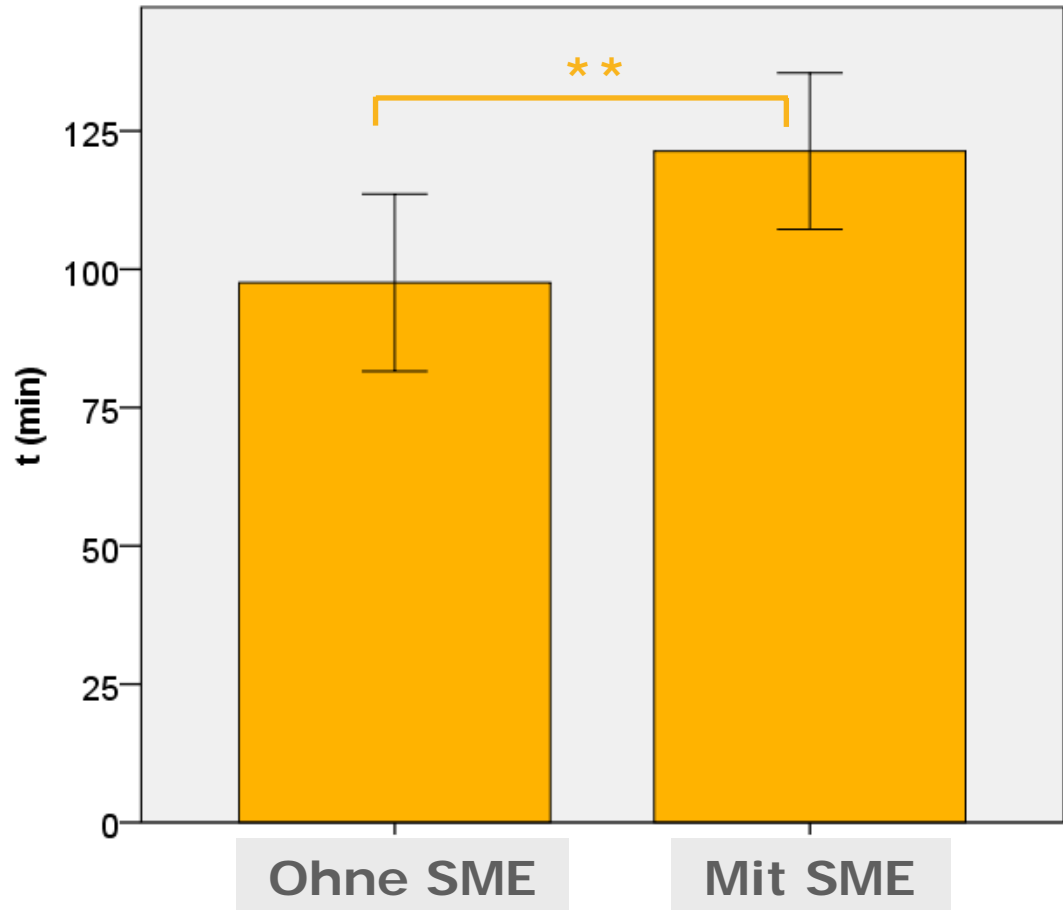


Selbsteinschätzung

# Simulatorstudie: Ergebnisse

- Mit SME fahren Personen signifikant länger als ohne SME.

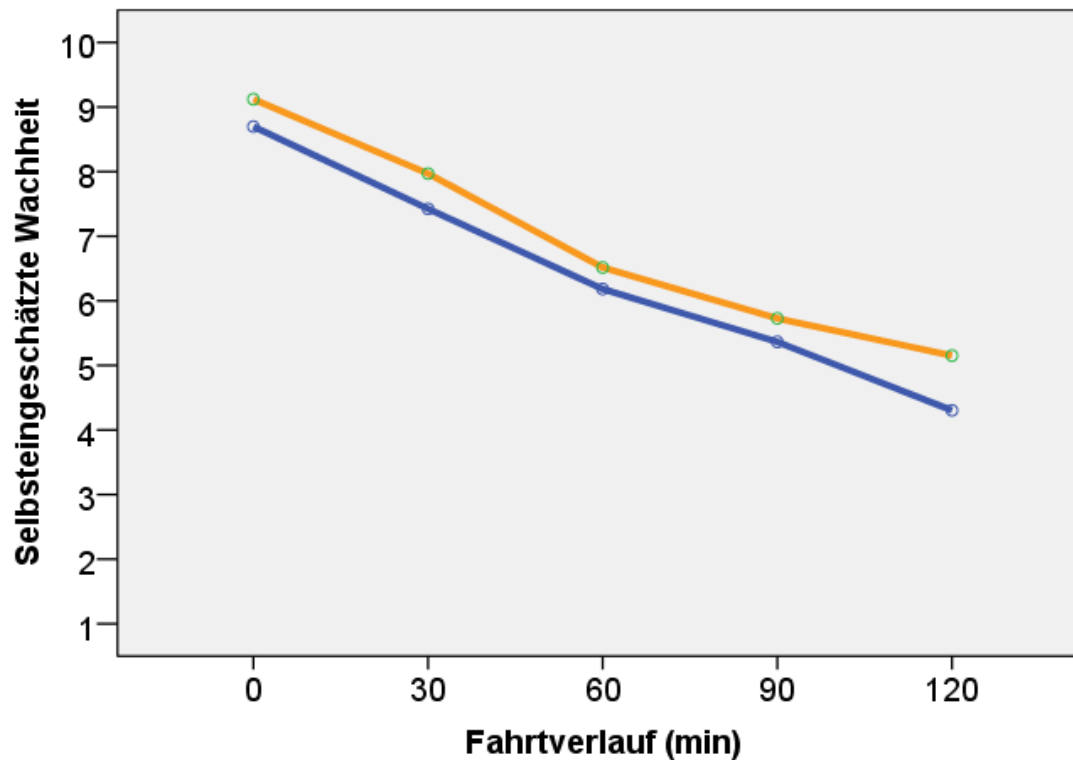
- Ohne SME:  
MW = 98 min
- Mit SME:  
MW = 121 min
- $df (1;25);$   
 $F = 8,53;$   
 $p < ,01$   
 $\eta^2 = ,25$





# Simulatorstudie: Ergebnisse

- Mit SME schätzen sich Personen signifikant wacher ein als ohne SME.



Bedingung  
— Ohne SME  
— Mit SME

- Faktor System:  
df (1;32);  
 $F = 4,78$ ;  
 $p < ,05$   
 $\eta^2 = ,13$
- Faktor Verlauf:  
df (1,98; 63,21);  
 $F = 112,55$ ;  
 $p < ,01$   
 $\eta^2 = ,78$

# Simulatorstudie: Zwischenfazit

- Mit SME fahren die Fahrer signifikant länger
- und fühlen sich signifikant wacher als ohne SME.
- Unterstützt zunächst die Annahme der Risikokompensation

Selbsteinschätzung

angemessen

Verlängerte Fahrdauer

angemessen

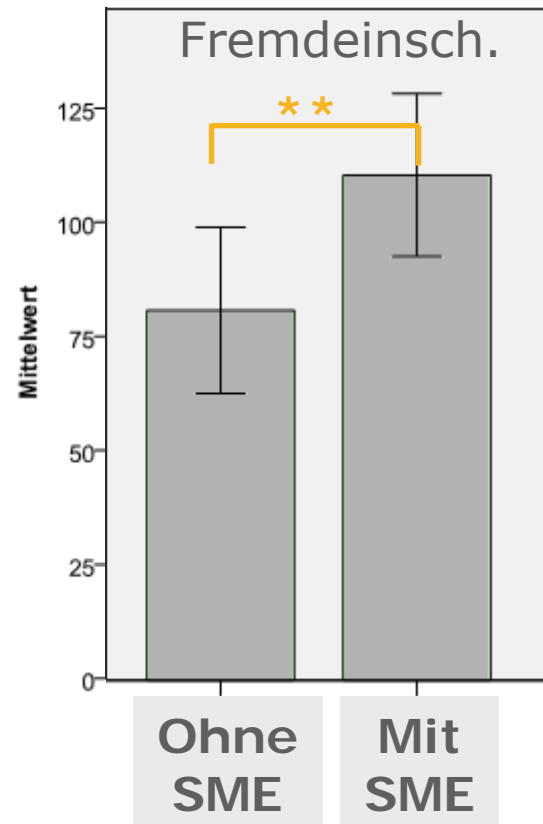
- Vergleich mit Fremdeinschätzung der Müdigkeit und Fahrleistung

# Simulatorstudie: Ergebnisse

## Fremdeingeschätzter Müdigkeitszustand

- Zeitpunkt, ab dem „sehr müde“ eingeschätzt wird

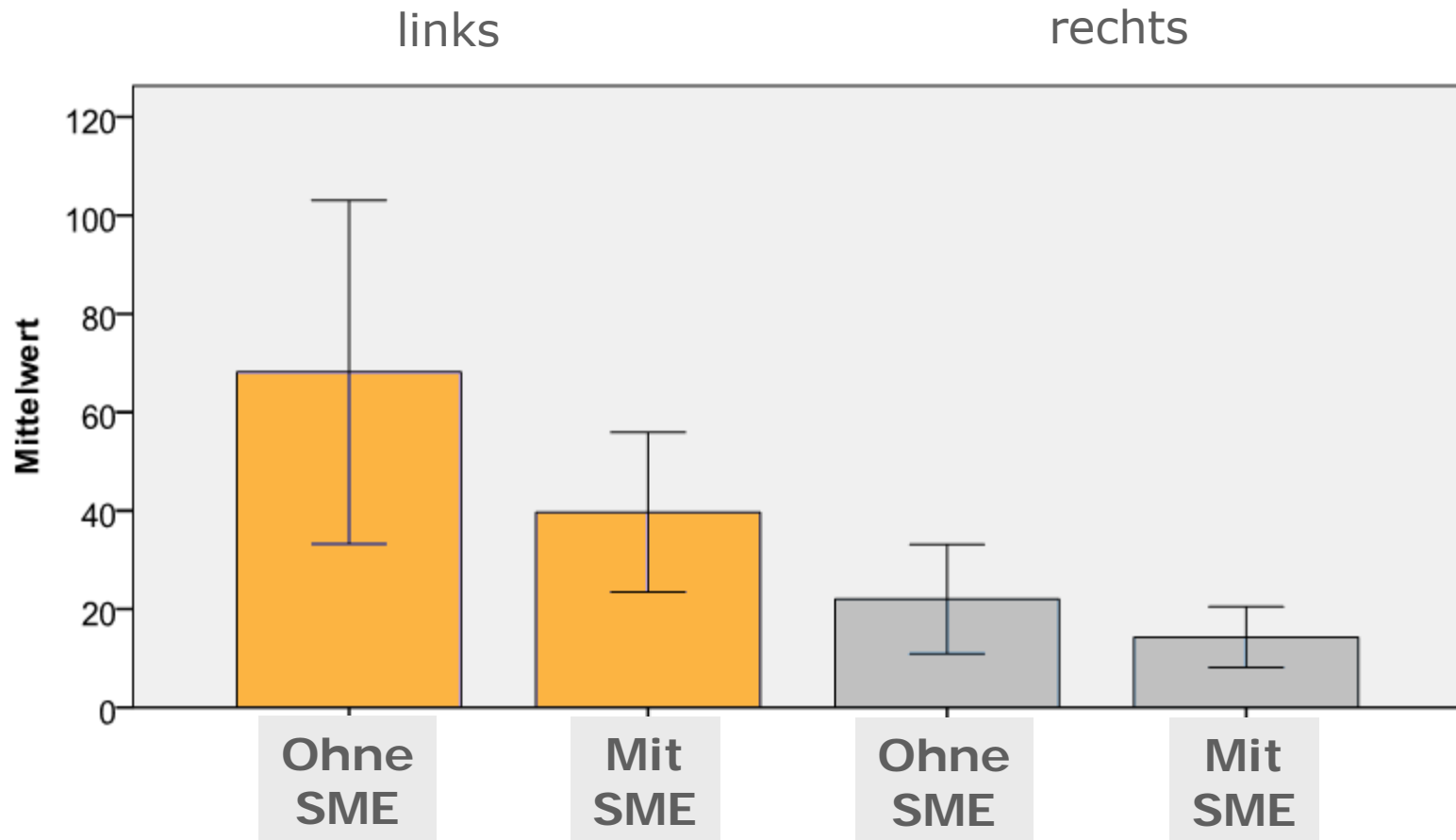
Fahrtzeit  
[min]



df (1;21)  
 $F = 14,10$   
 $p < ,01$   
 $\eta^2 = ,40$

# Simulatorstudie: Ergebnisse

## Fahrbahnüberschreitungen



# Simulatorstudie: Zusammenfassung

- Personen fahren länger, wenn ein SME im Fahrzeug ist.
- Der Befund, dass ein SME zu einer längeren Fahrdauer führt, konnte zuvor in keiner experimentellen Studie nachgewiesen werden

(Fairclough & van Winsum, 2000; Hagenmeyer, 2007; Vincent et al., 1998).

# Simulatorstudie: Zusammenfassung

- Personen fühlen sich von Beginn an wacher, wenn ein SME im Fahrzeug ist.
- Es scheint keine eigene Überschätzung der Fahrer vorzuliegen, sondern das SME wirkt (vor jeder Rückmeldung) aktivierend auf die Fahrer.
- Annahme: Veränderungen in der subjektiven und objektiven Wachheit entstehen bereits durch das Bewusstsein, mit einem SME zu fahren.

**Expertenbefragung**  
**Rückmeldungsbefragung**  
**Fokusgruppen**

Welche Gestaltungsmöglichkeiten von  
SME könnten unerwünschte  
Verhaltensanpassungen bewirken  
oder ihnen entgegenwirken?

# Expertenbefragung: Stichprobe

## Forscher



- Forscher im Bereich der Müdigkeitserkennung
- 19 Datensätze
- 17 männlich, 2 weiblich
- Alter 30-81 Jahre, MW = 50 Jahre
- International

**USA**      Frankreich  
Kanada      **Niederlande**  
**Schweden**  
**Deutschland**  
Australien





# Expertenbefragung: Stichprobe

## Forscher



- Forscher im Bereich der Müdigkeitserkennung
- 19 Datensätze
- 17 männlich, 2 weiblich
- Alter 30-81 Jahre, MW = 50 Jahre
- International

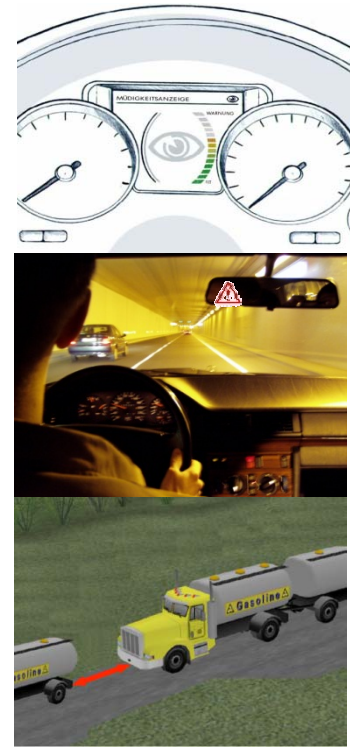
## Fahrer



- Berufskraftfahrer
- 52 Datensätze
- 49 männlich, 3 weiblich
- Alter 24-62 Jahre, MW = 42 Jahre
- Fahrleistung etwa 120.000 km/Jahr

# Expertenbefragung: Methode

- Welche mittel- und langfristigen Auswirkungen von SME sagen Experten vorher?
  - 16 mögliche positive und negative Auswirkungen von SME
  - Für 3 verschiedene Systemrückmeldungen (Informieren, Warnen, Eingreifen)
  - Bewerten, inwiefern die formulierte Auswirkung eintreffen wird (5-stufige Ratingskala)

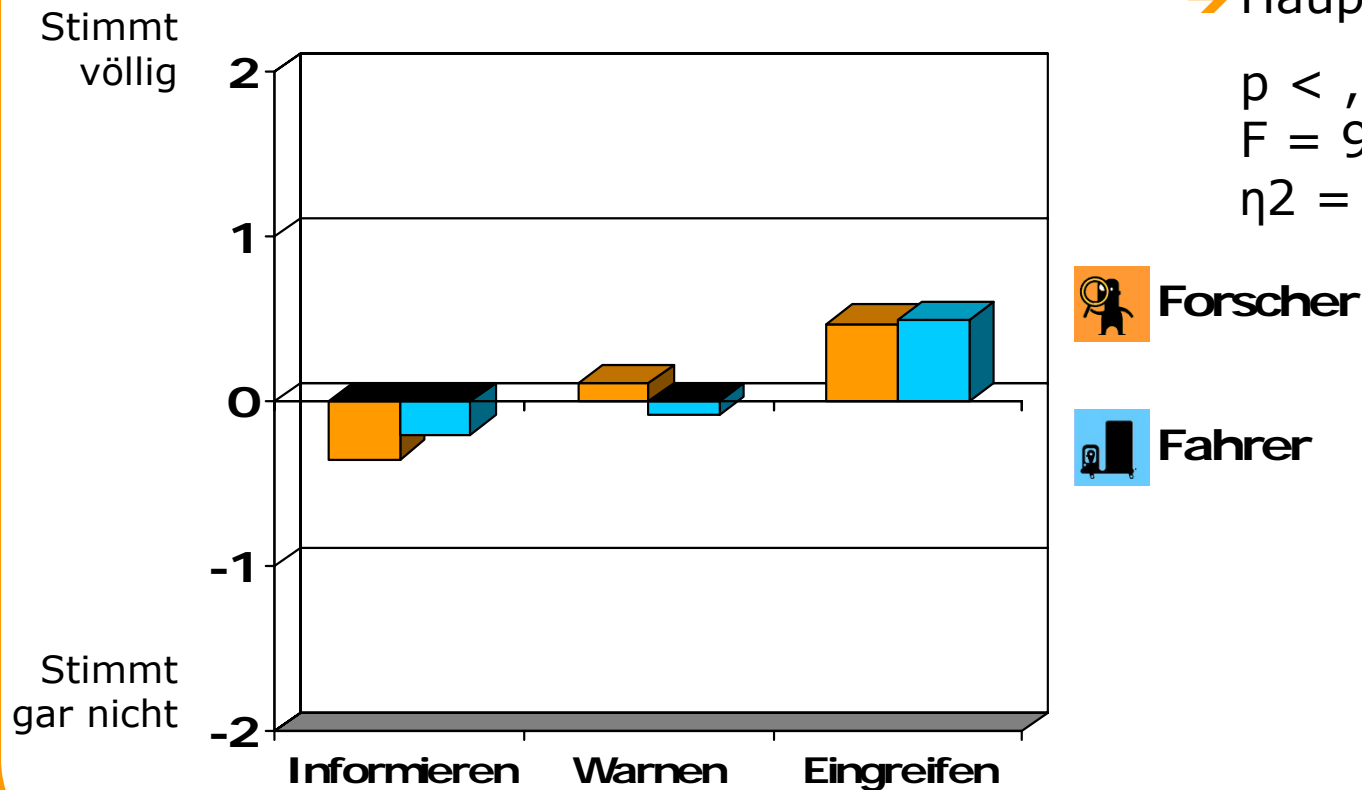


# Expertenbefragung: Ergebnisse

- „Fahrer werden die Risiken unterschätzen, bei Müdigkeit zu fahren.“

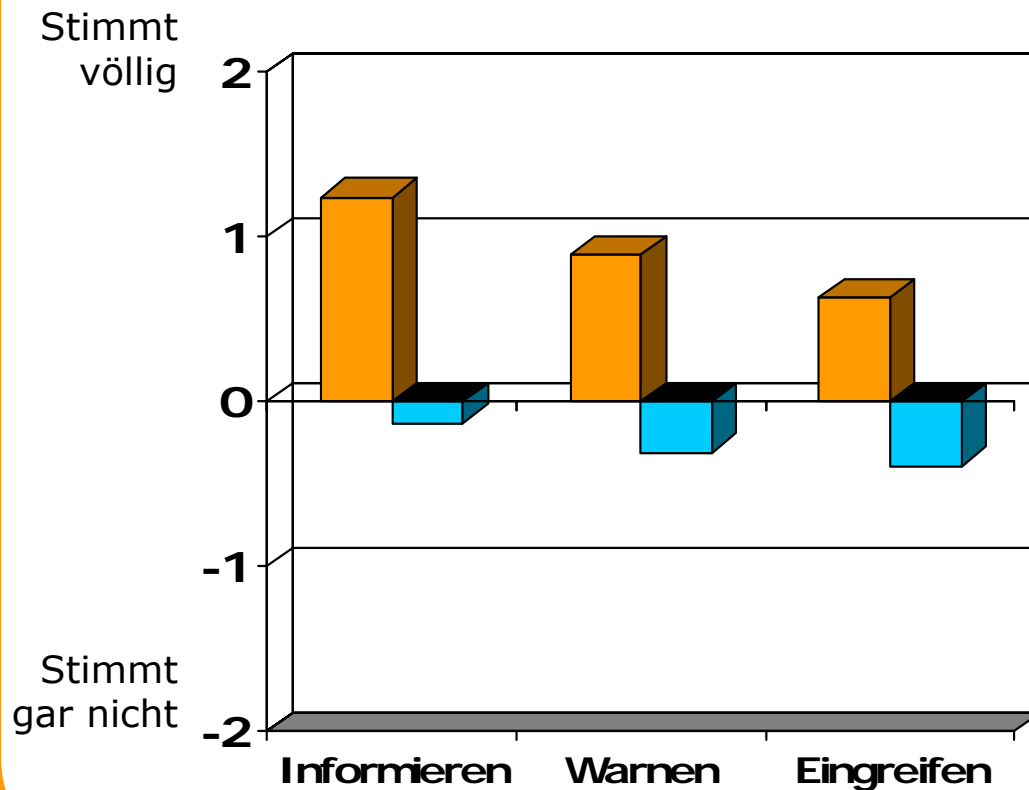
→ Haupteffekt Variante

$$p < ,01$$
$$F = 9,03$$
$$\eta^2 = ,14$$



# Expertenbefragung: Ergebnisse

- „Fahrer sind sich ihrer Müdigkeit besser bewusst.“



→ Haupteffekt Variante

$$p < ,05$$
$$F = 4,03$$
$$\eta^2 = ,06$$



Forscher



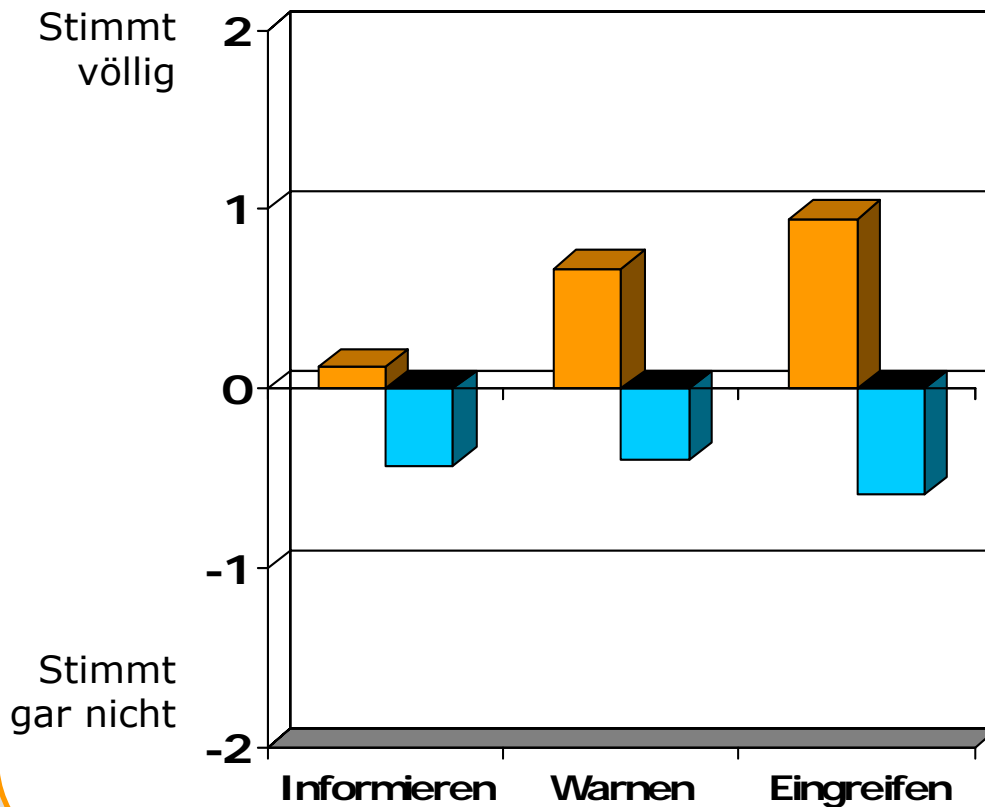
Fahrer

→ Haupteffekt Experte

$$p < ,01$$
$$F = 21,61$$
$$\eta^2 = ,27$$

# Expertenbefragung: Ergebnisse

- „Fahrer werden länger fahren.“



→ Haupteffekt Variante

$$p < ,05$$
$$F = 3,38$$
$$\eta^2 = ,05$$



Forscher

→ Interaktion

$$p < ,01$$
$$F = 5,16$$
$$\eta^2 = ,08$$



Fahrer

→ Haupteffekt Experte

$$p < ,01$$
$$F = 8,93$$
$$\eta^2 = ,13$$

# Expertenbefragung: Gestaltungsempfehlungen

Welche Anhaltspunkte gibt es zur Gestaltung?

	<b>Informieren</b>	<b>Warnen</b>	<b>Eingreifen</b>
Fahrer	--	-	+-
Forscher	++	+-	+-



**Gefahr der Risikokompensation**

# Rückmeldungsbefragung: Gestaltungsempfehlungen

Was sollte die Rückmeldung vermitteln?

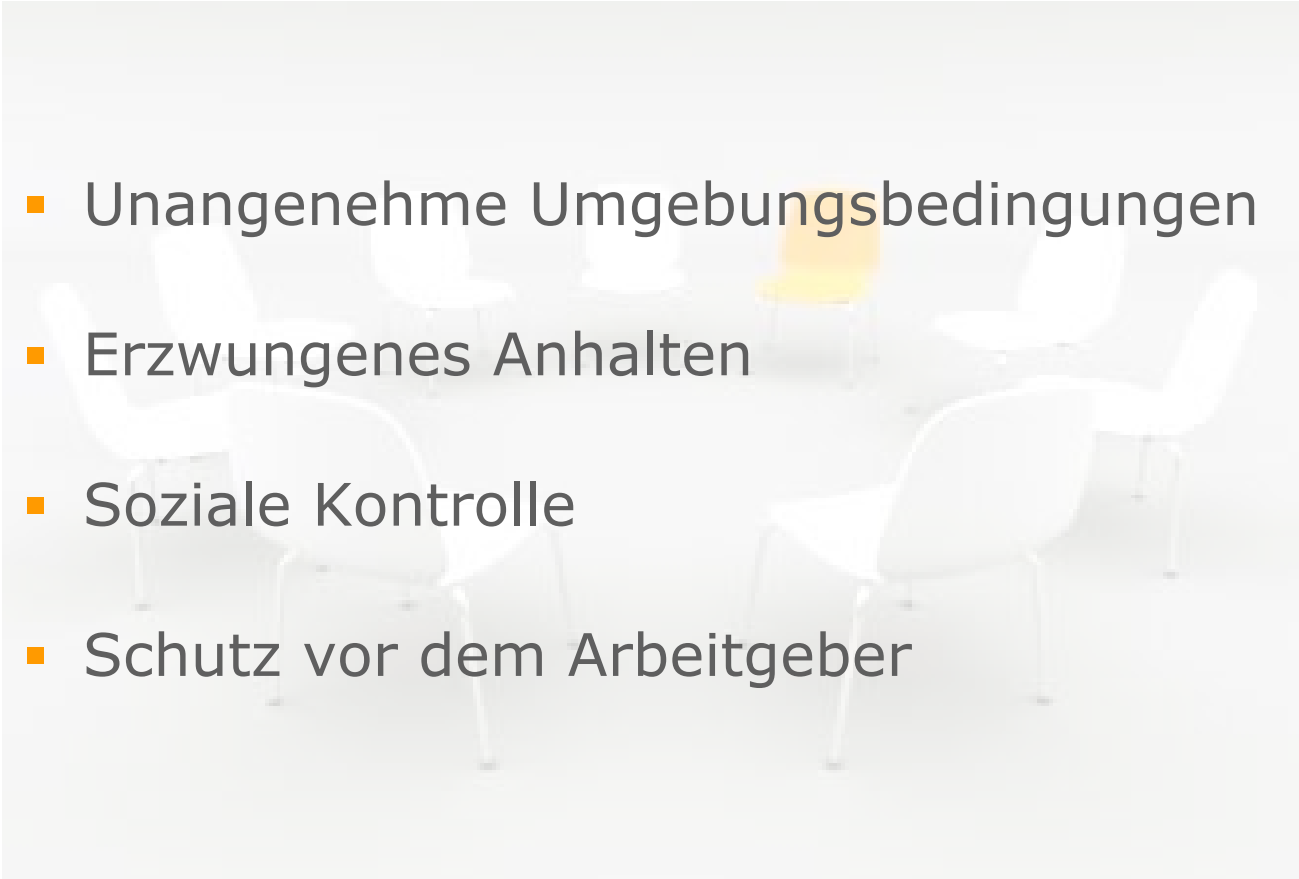
Die Rückmeldung sollte

- unmittelbar **mit Ermüdung assoziiert** sein,
- **Gefahr** vermitteln und
- vom Fahrer **akzeptiert** werden.
- Sie sollte ferner **wahrnehmbar** sein,
- **Dringlichkeit** und
- **Wichtigkeit** vermitteln.



# Fokusgruppe: Gestaltungsempfehlungen

Welche Ansätze schlagen Berufskraftfahrer vor?

- 
- Unangenehme Umgebungsbedingungen
  - Erzwungenes Anhalten
  - Soziale Kontrolle
  - Schutz vor dem Arbeitgeber



# Gliederung

## Motivation

Warum ist eine prospektive Bewertung von Systemen zur Müdigkeitserkennung notwendig?

## Modelle der Verhaltensanpassung

Aus welchen theoretischen Modellen wurden Annahmen abgeleitet?

## Empirie

Darstellung ausgewählter Ergebnisse aus den Studien

## Diskussion und Ausblick

Mögliche Forschungsfelder

# Diskussion und Ausblick

Hypothesengeleitet

Explorativ

Simulatorstudie

Rückmeldungs-  
befragung

Experten-  
befragung

Prüfung von  
Rückmeldungs-  
varianten

Fokusgruppen

# Diskussion und Ausblick

---

- Zusammenhang mit Fahrereigenschaften
- Der Diskrepanz im Systemverständnis zwischen Forschern / Entwicklern und Fahrern / Berufskraftfahrern nachgehen.
- Langzeitanalysen marktfähiger Systeme

**Vielen Dank!**

# Literatur

- Åkerstedt, T. (2000). Consensus statement: Fatigue and accidents in transport operations. *Journal of Sleep Research*, 9 (4), 385.
- Evers, C. & Auerbach, E. (2006). Übermüdung als Ursache schwerer Lkw-Unfälle. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 52, 67-70.
- Evers, C. & Auerbach, K. (2005). *Verhaltensbezogene Ursachen schwerer Lkw-Unfälle (Heft M 174)*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BASt.
- Fairclough, S. & van Winsum, W. (2000). The influence of impairment feedback on driver behavior: A simulator study. *Transportation Human Factors* 2 (3), 229-46.
- Hagenmeyer, L. (2007). *Development of a multimodal, universal human-machine-interface for hypovigilance-management-systems. Dissertation*. Heimsheim: Jost-Jetter Verlag
- Hell, W. (2004). Unfallursache Übermüdung – Auftreten und Prävention von Müdigkeitsunfällen im Straßenverkehr. In Deutsche Akademie für Verkehrswissenschaft (Hrsg.), 42. *Deutscher Verkehrsgerichtstag 2004* (S. 55-64). Hamburg: Deutsche Akademie für Verkehrswissenschaft

# Literatur

- OECD (1990). *Behavioral adaptations to changes in the road transport system*. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development, Road Transport Research.
- ten Thoren, C. & Gundel, A. (2003). Müdigkeit als Unfallursache im Stadtbereich – eine Befragung von Unfallbeteiligten. *Somnologie*, 7 (4), 125-133.
- Vincent, A., Noy, I. & Laing, A. (1998). Behavioural adaptation to fatigue warning systems. Transport Canada. Canada. Paper Number 98-S2-P-2 1. *Proceedings of the 16th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*, Windsor, Canada. Verfügbar unter: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-01/Esv/esv16/98S2P21.pdf> [26.06.2011]
- Weller, G. & Schlag, B. (2004). Verhaltensadaptation nach Einführung von Fahrerassistenzsystemen. In B. Schlag (Hrsg.), *Verkehrspsychologie. Mobilität - Verkehrssicherheit – Fahrerassistenz* (S. 351-370). Lengerich: Pabst Science Publishing.

# Literatur

- Wilde, G.J.S. (1978). Theorie der Risikokompensation der Unfallverursachung und praktische Folgerungen für die Unfallverhütung. *Hefte zur Unfallheilkunde*, 130, 134-156.
- Wilde, G. J. S. (1988). Risk homeostasis theory and traffic accidents: propositions, deductions and discussion of dissension in recent reactions. *Ergonomics*, 31, 441-468.
- Wilde, G. J. S. (1994). *Target risk*. Toronto, Canada: PDE Publications.