

ACC-Stop&Go: Fahrerverhalten an funktionalen Systemgrenzen

Neukum, A.^{*}, Lübbecke, T.^{*}, Krüger, H.-P.^{*},
Mayser, C.[†] & Steinle, J.[†]

Zusammenfassung: Der Beitrag beschreibt Methodik und Ergebnisse einer Untersuchung zum Fahrerverhalten an funktionalen Systemgrenzen eines ACC-Stop&Go Systems. Die Studie wurde im realen Verkehr durchgeführt und konzentrierte sich auf die Fahrerreaktion bei Annäherung an ein stehendes Hindernis im Niedriggeschwindigkeitsbereich. Als Prüfsituation diente das Beschleunigen auf ein stehendes Hindernis nach vorausgehendem Zielobjektverlust. Die Ergebnisse weisen auf, dass alle Fahrer in der Lage sind, das Fahrzeug rechtzeitig zum Stillstand zu bringen. Die subjektiven Beurteilungen zeigen jedoch, dass die Situation von einem erheblichen Anteil der Fahrer als kritisch bewertet wird. Die Urteile der Fahrer werden gestützt durch objektive Kennwerte (TTC, Längsverzögerung). Bei mehrfacher Konfrontation mit der Prüfsituation zeigt sich ein starker Lerneffekt.

Schlüsselwörter: Fahrerassistenz, ACC, Systemgrenzen, Sicherheitsbewertung, Controllability.

1 Einleitung

Ein wesentlicher Aspekt der Bewertung der „Controllability“ ist der sichere Umgang mit Assistenzsystemen an funktionalen Systemgrenzen oder bei Systemfehlern (RESPONSE Consortium, 2006). Der Nachweis der Beherrschbarkeit kann – entsprechend den Empfehlungen des im EU-Projekt RESPONSE III erarbeiteten Code of Practice – anhand eines Probandenversuchs erfolgen. Standardisierte Prüfanordnungen oder Empfehlungen liegen bislang nicht vor. Insgesamt finden sich zur Frage der Fahrerreaktion an Systemgrenzen oder bei Systemfehlern auch nur wenige Veröffentlichungen (vgl. Stanton & Young, 1998).

In Bezug auf den Nachweis der Beherrschbarkeit ergeben sich neben inhaltlichen Aspekten, die sich mit den Folgen von Automation beschäftigen (einen Überblick gibt z.B. Lee, 2006), vor allem methodische Fragen. In der Literatur thematisiert wird hier vor allem die

^{*} Dipl.-Psych. Alexandra Neukum, IZVW, Universität Würzburg, (e-mail: neukum@psychologie.uni-wuerzburg.de).

^{*} Dipl.-Psych. Thomas Lübbecke, IZVW, Universität Würzburg, (e-mail: luebbeke@psychologie.uni-wuerzburg.de).

^{*} Prof. Dr. Hans-Peter Krüger, IZVW, Universität Würzburg, (e-mail: krueger@psychologie.uni-wuerzburg.de).

[†] Dipl.-Ing. Christoph Mayser, BMW Group, (e-mail: christoph.mayser@bmw.de).

[†] Dr.-Ing. Joachim Steinle, BMW Group, (e-mail: joachim.steinle@bmw.de).

Wahl der Prüfumgebung: kontrovers diskutiert werden dabei Fragen zur Zulässigkeit bzw. zur Notwendigkeit der Durchführung von Sicherheitsstudien im Realverkehr oder die Frage der Übertragbarkeit von Simulatorergebnissen auf die Realität (z.B. Saad et al. 2004, Schmitt, Färber, Maurer & Breu 2006). Eine weitere wesentliche Thematik – die bislang kaum erörtert wird – ist die Frage der Kriterien, die zur Entscheidung über die Beherrschbarkeit herangezogen werden sollten.

Der vorliegende Beitrag greift die Frage am Beispiel einer Studie auf, die das Fahrerverhalten an funktionalen Grenzen eines ACC-Stop&Go-Systems zum Gegenstand hatte.

2 Fragestellung

Zielsetzung der Studie war die Prüfung der Fahrerreaktion an Funktionsgrenzen eines ACC-Stop&Go-Systems, das gegenüber herkömmlichen ACC-Systemen Geschwindigkeit und Abstand auch im Niedriggeschwindigkeitsbereich (<30km/h) bis zum Stillstand regelt. Als relevante Prüfsituation wurde das Beschleunigen auf ein stehendes – und somit vom System nicht erkanntes – Vorderfahrzeug nach vorausgehendem Zielobjektverlust definiert. Mit einer solchen Situation ist z.B. bei Fahrten im Stau oder im Stadtverkehr vor allem in Ampelsituationen zu rechnen. Der Fahrer muss in diesen Fällen selbst eine Bremsung einleiten, da allein auf anhaltende, aber nicht auf stehende Objekte eine Systemreaktion erfolgt.

3 Methode

3.1 Prüfsituation

Die relevante Prüfsituation wurde auf mindestens zweistreifigen Fahrbahnen im Stadtverkehr und mit Hilfe eines instruierten Bezugsfahrzeugs möglichst standardisiert umgesetzt. Schematisch dargestellt ist die Situation in Abbildung 3-1. Die Versuchsperson (Fz 1) befand sich mit aktiviertem ACC-Stop&Go-System in Folgefahrt hinter dem Bezugsfahrzeug (Fz 2). Bei Annäherung an eine rote Ampel wurde das ACC-Fahrzeug durch das Bezugsfahrzeug hinter einem stehenden Zielobjekt auf ca. 20 km/h oder bis zum Stand¹ abgebremst. Das Bezugsfahrzeug wich auf eine andere Fahrspur aus, so dass es den Sensorbereich des ACC-Fahrzeugs verließ. Das ACC-Fahrzeug beschleunigte nun selbständig auf das ca. 20m entfernte, stehende Zielfahrzeug. Der Fahrer musste in dieser Situation eine manuelle Bremsung einleiten, um einen Auffahrunfall zu vermeiden. Pro Versuchsperson sollte das Szenario vier Mal absolviert werden.

¹ Im Prüfplan war vorgesehen, pro Fahrer jeweils zweimal die Bedingung „Beschleunigen aus dem Stand“ bzw. „Beschleunigen aus niedriger Geschwindigkeit“ zu realisieren. In den folgenden Darstellungen werden diese beiden Versuchsbedingungen nicht unterschieden.

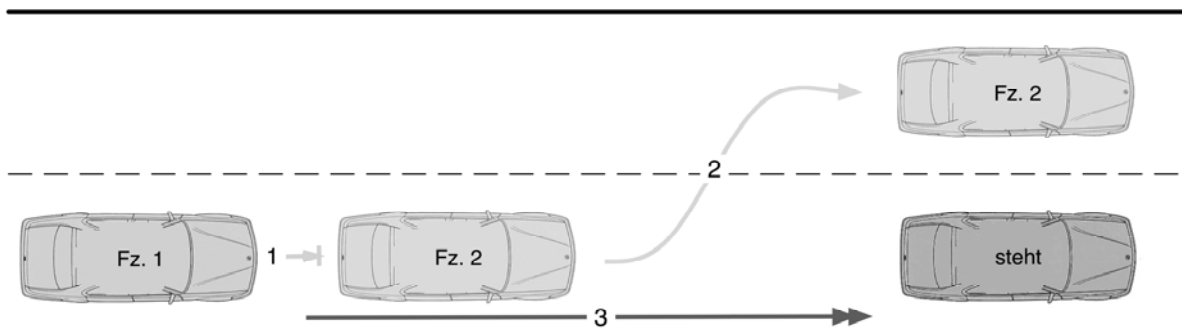


Abbildung 3-1: Schematische Darstellung der Prüfsituation.

3.2 Fahrerstichprobe

Untersucht wurden N=48 Fahrer (je n=24 Frauen bzw. Männer), die sich gleichmäßig auf drei Altersgruppen (25-34, 35-59 und >60 Jahre) verteilten. Die Fahrer der ersten Teilgruppe waren durchschnittlich 30 Jahre alt, die der zweiten 49 Jahre und die Fahrer der ältesten Teilgruppe hatten ein Durchschnittsalter von 66 Jahren. Alle Fahrer wiesen eine durchschnittliche Fahrleistung auf. Die Hälfte der Fahrer in den beiden unteren Altersgruppen hatte bereits Erfahrung mit einem ACC-System. Die Fahrer der Altersgruppe >60 Jahre lernten das System erst im Rahmen der Untersuchung kennen.

3.3 Versuchsablauf

Vor Einführung der Prüfsituationen sollte ein möglichst hohes Systemverständnis und -vertrauen aufgebaut werden, d.h. die Fahrer erlebten bei Landstraßen- und Autobahnfahrten nahezu durchgängig Nutzsituationen des Systems. Der Versuchsleiter fuhr während der gesamten Fahrt auf dem Beifahrersitz mit. Die Phase der Information und Eingewöhnung umfasste im Einzelnen folgende Punkte:

- Die Probanden erhielten vor Fahrtbeginn eine mündliche Einweisung sowie eine schriftliche Kurzbedienungsanleitung, in der die wichtigsten Funktionen und Grenzen des Systems beschrieben waren. Instruktion und Bedienungsanleitung wiesen deutlich auf das Nicht-Reagieren auf stehende Objekte sowie notwendiges Eingreifen im Falle einer Übernahmeaufforderung hin.
- Zur Eingewöhnung an das Fahrzeug (BMW 530i touring) erfolgte eine 15km lange Fahrt im Landkreis Würzburg. Im Anschluss daran wurde das ACC-System auf einer Landstraßenstrecke erstmals aktiviert. Gefahren wurde in Folgefahrt hinter dem Bezugsfahrzeug, um grundlegende Systemfunktionen wie das automatische Abbremsen des Fahrzeugs in Folgefahrt bei Ortsdurchfahrten und den möglichen Verlust des Vorderfahrzeugs in starken Kurven kennen zu lernen.
- Auf einem letzten Streckenabschnitt – einer Autobahnfahrt – sollten die Probanden selbstständig weitere Erfahrungen mit dem System sammeln und hatten hier ohne instruiertes Bezugsfahrzeug die Möglichkeit, das System nach persönlicher Fahrweise zu nutzen und die ACC-Funktionen nach Anleitung zu erproben.

Nach der Eingewöhnungsfahrt mit einer Dauer von ca. 90 min wurden die in 3.1 beschriebenen Prüfsituationen im Würzburger Stadtgebiet realisiert.²

3.4 Aufgezeichnete Messgrößen und Bewertungskriterien

Während der Versuchsfahrten wurden CAN-Daten der Bedientätigkeit des Fahrers, der resultierenden Fahrzeugreaktionen sowie Daten, die eine Rekonstruktion der ACC-Systemaktionen und -anzeigen erlauben, aufgezeichnet. Aus Sicherheitsgründen war das Versuchsfahrzeug mit einer Fahrschulpedalerie ausgestattet, deren Betätigung ebenfalls erfasst wurde. Die Verkehrsszenarie wurde videodokumentiert.

Zur Beurteilung der Beherrschbarkeit wurde ein mehrfacher Kriteriensatz herangezogen. Dieser umfasst

- den Bremsengriff des Versuchsleiters
- objektive Kennwerte: Auf der Basis einschlägiger Arbeiten zur Frage der sicheren Abstandshaltung, der Kritikalität von Auffahrsituationen und der Wertebereiche von Notbremsungen wurden Längsverzögerungen ($>5-6\text{m/s}^2$) und TTC-Werte ($<1.5\text{s}$) als wesentliche Kriterien herangezogen (z.B. United Nations Economic and Social Council, 1994; van der Horst, 1991; van Winsum & Heino, 1996). Die TTC-Werte wurden berechnet über das Zeitfenster vom Zielobjektverlust bis zum Bremsengriff des Fahrers.
- subjektive Bewertungen der Kritikalität der Verkehrssituation.

nicht kontrollierbar	10
gefährlich	9
	8
	7
unangenehm	6
	5
	4
harmlos	3
	2
	1
nichts bemerkt	0

Abbildung 3-2: Skala zur Bewertung der Kritikalität von Fahr- und Verkehrssituationen.³

Zur Erfassung der Fahrerurteile wurde die im Rahmen von Sicherheitsuntersuchungen der BMW-Aktivlenkung entwickelte und validierte Störungsbewertungsskala (Neukum & Krüger, 2003) so modifiziert, dass sie zur Beurteilung der Kritikalität von Fahr- und Ver-

² In der Bedienungsanleitung wird darauf hingewiesen, dass das System nicht für den Einsatz im Stadtverkehr ausgelegt ist

³ Die untere Randkategorie „nichts bemerkt“ war für die Fragestellung dieser Untersuchung irrelevant.

kehrssituationen eingesetzt werden kann. Die modifizierte Skala (Abbildung 3-2) wurde in IZVW internen Studien validiert.

Der wesentliche Vorteil der Skala⁴ gegenüber Instrumentarien zur Beanspruchungsmessung oder Einstufungen der erlebten Sicherheit ist die klare Definition einer subjektiven Toleranzgrenze. D.h. aus dem Skalenaufbau und der Instruktion geht klar hervor, in welche Kategorienbereiche Situationen eingeordnet werden sollen, die der Fahrer unter dem Aspekt der Fahr- und Verkehrssicherheit für tolerierbar hält (<7 Skalenpunkte). Die subjektive Bewertung der Kritikalität der Verkehrssituation erfolgte direkt im Anschluss an das Prüfzenario.

4 Ergebnisse

4.1 Kriterium: Eingriff des Beifahrers

In allen Prüfsituationen erkannten die Fahrer die Notwendigkeit eines manuellen Bremsengriffs und konnten das Fahrzeug rechtzeitig zum Stehen bringen. Ein Bremsengriff des Beifahrers zur Verhinderung eines Auffahrunfalls war in keinem Fall notwendig.

4.2 Objektive Kennwerte

Das intendierte Ziel, im Niedriggeschwindigkeitsbereich (unter 30 km/h) zu bleiben, konnte realisiert werden: die Fahrgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Objektverlusts betrug im Mittel $v=13.4$ km/h ($sd=5.3$), zum Zeitpunkt des Bremsengriffs $v=15.9$ km/h ($sd=4.5$). Abbildung 4-1 zeigt die in den Prüfsituationen beobachteten Längsverzögerungen und TTC-Werte. Die Verteilungen für die Fahrtwiederholungen (Abbildungen rechts) zeigen deutlich auf, dass die TTC-Werte bei mehrfacher Konfrontation mit der Situation zunehmen (Varianzanalyse mit Messwiederholung: $F=4.44$, $df=3$, $p=.011$). Auch in den Längsverzögerungen zeigt sich ein deutlicher Lernverlauf ($F=15.72$, $df=3$, $p<.000$). Auffällig ist hier, dass sich vor allem die erste Prüfsituation von den übrigen unterscheidet. Eine Abhängigkeit von Personenmerkmalen – Geschlecht und Alter – bzw. der ACC-Erfahrung lässt sich in den herangezogenen objektiven Kriterien nicht nachweisen.

Betrachtet man die bei der ersten Konfrontation mit dem stehenden Hindernis aufgetretenen Längsverzögerungen und TTC-Parameter näher (Häufigkeitsverteilungen links), ist auffällig, dass auch Ausprägungen erreicht werden, die durchgängig als Kennzeichen einer kritischen Fahrsituation gelten. So werden in der ersten Fahrsituation in 10.6% der Fälle kritische Längsverzögerungen $<-6m/s^2$ erzielt, Werte unter $-5m/s^2$ finden sich in 29.8% der Fahrsituationen. Im weiteren Verlauf der Untersuchung treten diese extremen Verzögerungen deutlich seltener auf. Die TTC-Werte liegen in der Erstsituation in 34.9% der Fahrten unterhalb des als kritische Grenze erachteten 1.5s-Werts.

⁴ Die Skala entspricht im Aufbau – jedoch nicht im Inhalt – der Cooper-Harper-Skala (Cooper & Harper, 1969). Die Bewertung erfolgt zweistufig: zunächst soll eine Grobkategorie angegeben werden, innerhalb derer dann anhand der numerischen Unterteilung feiner differenziert wird.

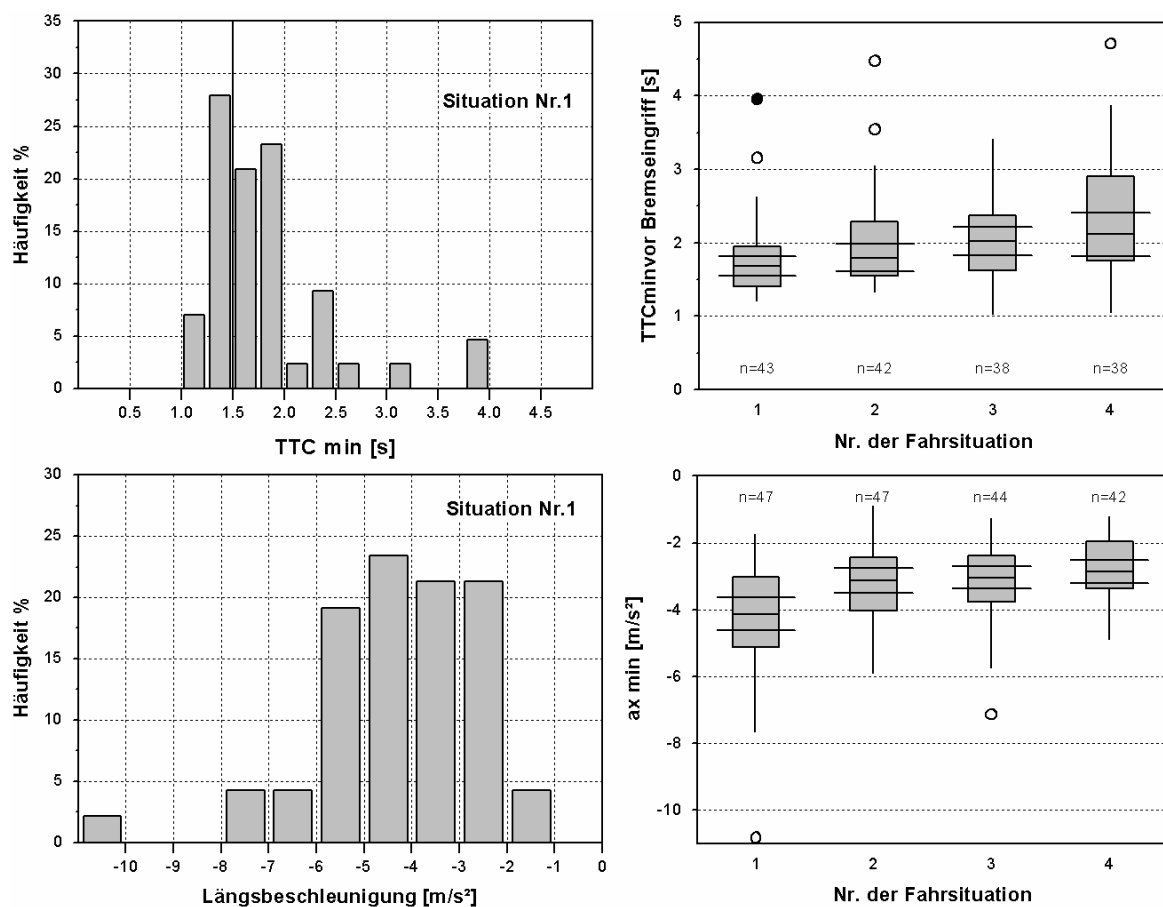


Abbildung 4-1: Häufigkeitsverteilungen der minimalen TTC [s] und der Längsbeschleunigungen [m/s²].

Um zu prüfen, ob und inwieweit hohe Längsverzögerungen aufgebracht werden, ohne dass eine Notwendigkeit bestand, sind in Abbildung 4-2 für die erste Fahrsituation, in der gehäuft extreme Werte auftreten, die Zusammenhänge zwischen Verzögerungen und TTC-Werten bzw. Meterabständen bei Beginn des Bremsengriffs des Fahrers aufgeführt. Zu sehen ist, dass bei Bremsungen mit sehr hoher Verzögerung auch geringe TTC-Werte vorliegen und der starke Bremsengriff des Fahrers durchaus eine Berechtigung hat. Allerdings finden sich zum Teil auch starke Verzögerungen bei weniger kritischen TTC-Ausprägungen bzw. Fahrzeugabständen.

Der Abstand zum stehenden Hindernis am Ende der Bremsung liegt im Mittel bei ca. 3 Meter. In einigen Fällen sind Abstände von weniger als 2m zum stehenden Fahrzeug zu beobachten. Unterschiede im Zeitverlauf lassen sich bei keinem der beiden Kennwerte absichern.

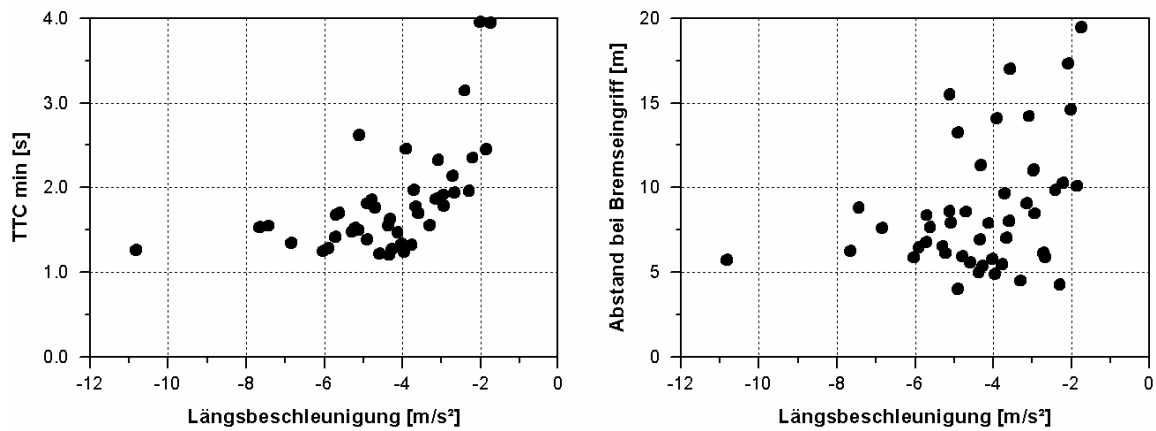


Abbildung 4-2: Zusammenhänge zwischen objektiven Parametern für die erste Fahrsituation.

4.3 Subjektive Bewertungen der Kritikalität

Die Analyse der Fahrerurteile zeigt, dass die in Zusammenhang mit stehenden Hindernissen entstandenen Situationen kritisch bewertet werden. In der ersten Prüfsituation vergibt mehr als ein Viertel der Fahrer (27.1%) Situationsbewertungen >6 Skalenpunkte und beurteilt die entstehende Fahrsituation als „gefährlich“. Betrachtet man die Fahrerurteile im Verlauf, so zeigen sich deutliche Lerneffekte (Abbildung 4-3) Mit zunehmender Zahl der Situationen wird die Sicherheitsrelevanz der Ereignisse weniger kritisch eingestuft ($F=32.66$, $df=3$, $p=.000$). Die deutlichste Differenz findet sich dabei zwischen der ersten und zweiten Fahrsituation. Bezüglich der ACC-Erfahrung finden sich keine systematischen Unterschiede in den Fahrerurteilen. Weiterhin nicht nachweisbar sind Unterschiede in Abhängigkeit von Geschlecht und Alter.

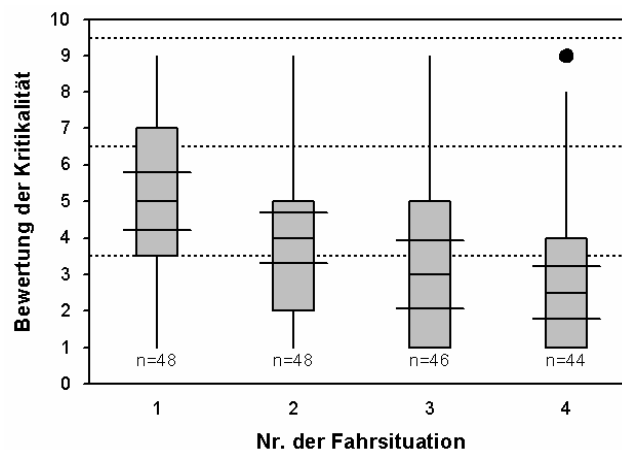


Abbildung 4-3: Verteilungen der Fahrerurteile im Zeitverlauf

Um der Frage nachzugehen, ob und welche Zusammenhänge zwischen Fahrerurteil und objektiven Kennwerten bestehen, wurden die objektiven Kennwerte Verzögerung und TTC nach den Grobkatgorien der Skala zusammengefasst (Abbildung 4-4). Aus dieser

Darstellung wird deutlich, dass sich auf beiden Parametern Zusammenhänge zum Urteil ergeben. Die von den Fahrern nicht tolerierten TTC-Werte liegen bei ca. 1.5 s bzw. darunter und bewegen sich damit in einem Bereich, der durchgängig als sicherheitskritisch eingestuft wird. In den als „gefährlich“ bewerteten Situationen treten gehäuft Längsverzögerungen $< -4\text{m/s}^2$ auf. Die auf der Situationsbewertungsskala abgegebenen Urteile spiegeln sich also durchaus in objektiven Kriterien wider.

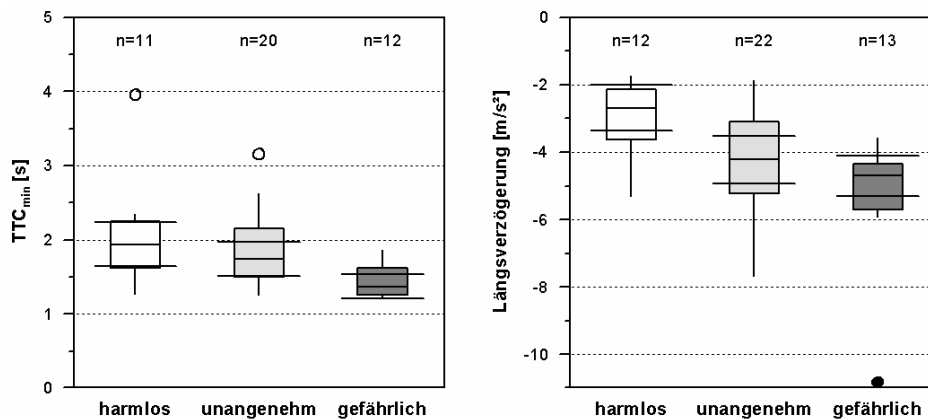


Abbildung 4-4: Verteilungen der objektiven Kennwerte in Abhängigkeit von den Grobkatgorien der Skala (Daten der Prüfsituation 1).

Die Urteilsanalyse zeigt eine sehr kritische Bewertung der entstandenen Situationen. Um der Frage nachzugehen, worin die Schwierigkeiten der Fahrer begründet sind, wurden die Äußerungen der Probanden in und unmittelbar nach der ersten Prüfsituation aus den aufgezeichneten Fahrtvideos und weiterhin die Anmerkungen aus den Versuchsprotokollen herangezogen. In Hinblick auf die Frage „Hat der Fahrer verstanden, dass er bei stehenden Objekten selbst bremsen muss?“ wurden die Fahrer klassifiziert. Diese Analyse zeigt, dass lediglich ein Drittel der Fahrer das Systemverhalten erklären konnte und verstanden hatte, dass nach Verlust des Bezugsfahrzeugs bei Annäherung an ein stehendes Fahrzeug manuell gebremst werden muss. Tatsächlich antizipiert wurde die Systemreaktion jedoch lediglich von 18.8% der Fahrer. Weitere 14.6% der Fahrer gaben an, das Problem eigentlich zu kennen, waren aber dennoch zunächst von der Systemreaktion überrascht.

5 Zusammenfassung und Diskussion

Am Beispiel der vorgestellten Studie sollen zusammenfassend drei Punkte angesprochen werden, die bei der Diskussion zum Thema „Controllability“ Berücksichtigung finden sollten.

1) Herangezogene Bewertungskriterien

Um Beherrschbarkeit an funktionalen Systemgrenzen nachzuweisen, ist aufzuzeigen, dass keine sicherheitsrelevanten Fahrsituationen entstehen und die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems Fahrer-Fahrzeug erhalten bleibt. In der Sicherheitsforschung – hier steht bislang vor allem die menschliche Zuverlässigkeit im nicht assistierten Fall im Zentrum des Inte-

resses – wird zur Bewertung nicht allein der Unfall herangezogen, sondern ein Verhalten, das Toleranzgrenzen für eine sichere Aufgabenerfüllung überschreitet. So schlägt z.B. Reichart (2001) die Unterscheidung in vier Zustände – nämlich Aufgabenerfüllung innerhalb von Toleranzgrenzen, Fehler, Verkehrskonflikt und Unfall – vor. Diese Zustände kennzeichnen Bereiche eines Kontinuums zunehmender Gefährdung. In vergleichbarer Weise lassen sich diese Zustände in Hinblick auf die Frage der Beherrschbarkeit an Systemgrenzen oder bei Systemfehlern unterscheiden. Am Beispiel der vorliegenden Studie wurde aufgezeigt, dass die Bewertung der Beherrschbarkeit zu verschiedenen Ergebnissen führt, wenn Daten unterschiedlicher Bewertungsebenen herangezogen werden. Allein auf der Ebene des Unfallkriteriums – bei Studien im Realverkehr nur umsetzbar als Abbruch des Versuchs oder Beifahrereingriff – lässt sich belegen, dass die Situation von allen Fahrern beherrscht wird: alle Fahrer brachten das Fahrzeug rechtzeitig zum Stehen. In Bezug auf objektive Kriterien der Leistungsmessung und subjektive Beurteilungen resultiert eine deutlich kritischere Einschätzung.

2) Fokus der Untersuchung

Die Zielsetzung einer Studie zur Frage der Beherrschbarkeit an Systemgrenzen ist es, den „worst case“ möglichst sensitiv zu prüfen. Hierin unterscheiden sich diese Untersuchungen von Studien zur Akzeptanz oder zur Langzeitnutzung bzw. Erlernbarkeit von Fahrerassistenzsystemen (z.B. Kopf & Nirschl, 1997; Kopf & Simon, 2001). In der vorliegenden Untersuchung wurde alles dafür getan, um innerhalb kurzer Zeit ein hohes Systemvertrauen aufzubauen, indem Nutzsituationen und Vorteile des Systems intensiv erlebbar gemacht wurden. Ziel war es, die Lernphase des Umgangs mit dem Assistenzsystem abzukürzen. Der Erstkontakt mit der Prüfbedingung stellt insoweit eine Extremsituation dar: die Funktionalität des Systems wird nicht mehr „vorsichtig erprobt“, sondern unter Anleitung eines Versuchsleiters mit einer positiven Grundhaltung erwartet. Im Ergebnis zeigt sich, dass das Systemverhalten an Funktionsgrenzen von einem gewissen Anteil der Fahrer nicht antizipiert wird. Dieser Befund liefert wichtige Hinweise in Hinblick auf die Erwartung an automatisierte Systemeingriffe. In Folge des teilweise kritischen Erstkontakts resultiert ein starker Lerneffekt.

3) Gewichtung der Befunde zur Kontrollierbarkeit an Systemgrenzen

Während sich die beiden ersten Punkte im Wesentlichen auf methodische und inhaltliche Aspekte des Zugangs zur Bewertung der Kontrollierbarkeit beziehen, ist abschließend auf eine Perspektive einzugehen, die die Frage der Beherrschbarkeit an Systemgrenzen in einen breiteren Kontext einordnet. In Hinblick auf die Gesamtbeurteilung eines Systems stellen Befunde zur Kontrollierbarkeit an Systemgrenzen eine zentrale, aber nicht die einzige Entscheidungsgrundlage dar. Weitere Kriterien, die potentiell zu Zielkonflikten mit dem Kriterium der Kontrollierbarkeit in Einzelsituationen führen, sind Akzeptanz – dies bezieht sich auf den vom Fahrer wahrgenommenen Gesamtnutzen des Systems – und vor allem die Wirksamkeit, d.h. die Auswirkungen eines Systems auf die Verkehrssicherheit (vgl. hierzu Eckstein, 2008). Nur eine sorgfältige Abwägung dieser Kriterien kann über die Einführung eines Systems entscheiden.

6 Literatur

- [1] Eckstein, L. (2008). Souveräne Interaktion mit Assistenzsystemen. VDA Technischer Kongress 2008. Ludwigsburg, Germany.
- [2] Kopf, M. & Nirschl, G. (1997). Driver-vehicle interaction while driving with ACC in borderline situations. Proceedings of the Fourth World Congress on Intelligent Transport Systems, Berlin, Germany.
- [3] Kopf, M. & Simon, J. (2001). A Concept for a learn-adaptive advanced driver assistance system. Proceedings of the Conference on Cognitive Science Approaches 2001, Neubiberg, September 2001.
- [4] Lee, J. (2006). Human Factors and Ergonomics in Automation Design. In Salvendy, G. (Ed.). Handbook of Human Factors and Ergonomics (p. 1570-1596). West Lafayette, Indiana: Wiley.
- [5] Neukum, A. & Krüger, H.-P. (2003). Fahrerreaktionen bei Lenksystemstörungen – Untersuchungsmethodik und Bewertungskriterien. VDI-Berichte, 1791, 297-318.
- [6] Reichart, G. (2001). Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 22, Nr. 7. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- [7] RESPONSE Consortium. (2006). Code of practice for the design and evaluation of ADAS. RESPONSE III: a PReVENT Project.
- [8] Saad, F., Hjalmdahl, M., Canas, J, Alonso, M., Garayo, P., Macchi, F., Nathan, F., Ojeda, L., Papakostopoulos, V., Panou, M. & Bekiaris, E. (2004) Literature review of behavioural effects. AIDE, Deliverable 1.2.1.
- [9] Schmitt, J., Färber, B., Maurer, M. & Breu, A. (2006). Menschliches und technisches Verhalten an den Systemgrenzen eines FAS. VDI-Berichte, 1960, 563-579.
- [10] Stanton, N.A. & Young, M.S. (1998). Vehicle automation and driving performance. Ergonomics, 41(7), 1014-1028.
- [11] United Nations Economic and Social Council, Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (2004). Proposal for draft amendments to regulation No. 48 (Installation of lighting and light-signalling devices), TRANS/WP.29/GRE/2004/21. Working Party on Lighting and Light-Signalling (GRE), 51 session, 30 March –2 April 2004.
- [12] van der Horst, R. (1991). Time-to-collision as a cue for decision-making. In A.G. Gale, I. D. Brown, C. M. Haslegrave & S. P. Taylor (Eds.). Vision in Vehicles III (pp. 19-26). Amsterdam: Elsevier.
- [13] van Winsum, W. & Heino, A. (1996). Choice of time-headway in car-following and the role of time-to-collision information in braking. Ergonomics, 39(4), 579-592.