

Bewertung der Sicherheit der Mensch-Maschine-Interaktion von Level 2 Systemen

Assistierende Fahrfunktionen des SAE Level 2 unterstützen die kontinuierliche Längs- und Querverführung eines Fahrzeugs, wobei die Fahrenden allein für eine sichere Ausführung der Fahraufgabe verantwortlich sind. Fahrende müssen die Funktionen permanent überwachen und beim Auftreten von Systemgrenzen unmittelbar eingreifen. Die Häufigkeit und der Umfang dieser Eingriffe variieren jedoch zwischen Systemen unterschiedlicher Hersteller. Ergebnisse aus experimentellen Studien sowie Unfallanalysen zu Level 2 Systemen zeigen, dass es zu Problemen in der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) kommen kann. Unklar ist, welche Auswirkungen Unterschiede in der Ausführung der Längs- und Querverführungsassistenz auf die Sicherheit der MMI von Level 2 Systemen haben.

Das Ziel von Fahrzeugtypgenehmigung und Verbraucherschutz besteht darin, die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Die Fahrzeugtypgenehmigung definiert verbindliche Mindestanforderungen an die technische Gestaltung eines Fahrzeugs. Der Verbraucherschutz geht über diese Mindestanforderungen hinaus und definiert zusätzliche Anforderungen mit dem Ziel, das abstrakte Thema Fahrzeugsicherheit für Konsumenten quantifizierbar zu machen. Für Level 2 Systeme bestehen sowohl in der Typgenehmigung als auch im Verbraucherschutz Anforderungen an das Design der MMI. Unklar ist, welche Auswirkungen die einzelnen Anforderungen auf die Sicherheit der MMI von Level 2 Systemen insgesamt haben.

Die vorliegende Arbeit soll dazu beitragen, diese Lücken zu schließen. Dazu wird eine Methode betrachtet, mit der die Sicherheit der MMI von SAE Level 2 Systemen im Rahmen der Typgenehmigung oder des Verbraucherschutzes unabhängig, ganzheitlich, Design-neutral und Performanz-basiert bewertet werden kann. Die Methode legt den Fokus auf eine beobachtungs- und befragungsbasierte Bewertung des Interaktionsverhaltens reeller Nutzer im Rahmen von standardisierten Prüfscenarien anhand einer Tablet-App. Um die Objektivität, Reliabilität und Validität der Methode zu prüfen, wurden drei empirische Studien im Fahrsimulator sowie auf einer Teststrecke mit Serienfahrzeugen durchgeführt. Dazu wurden Variablen, die die Querverführungsassistenz des Level 2 Systems beeinflussen, manipuliert bzw. verschiedene Level 2 Seriensysteme ausgewählt, die sich durch Unterschiede in der Gestaltung der Querverführungsassistenz auszeichnen.

In der ersten Studie in einem statischen Fahrsimulator wurden $N = 56$ Probanden in verschiedenen Prüfscenarien anhand der genannten Methode standardisiert bewertet. In einem mixed within-between-subjects Design wurden die Variabilität und die Reliabilität der Querverführung des simulierten Level 2 Systems manipuliert. Als Systemgrenzen wurden ein Kurvenszenario sowie ein stehendes Hindernis im Fahrstreifen realisiert. Die Ergebnisse zeigen, dass eine reliable Querverführung ohne aktive Interaktion der Fahrenden mit dem System zu einem späteren und potentiell sicherheitskritischen Eingriff der Probanden an der Systemgrenze führt. Probanden, welche durch ein häufigeres Ausfallen der Querverführung aktiv in die Fahraufgabe eingebunden wurden, reagierten früher und sicherer. Die Variabilität der Querverführung hatte keinen Einfluss auf die Sicherheit der MMI. Die Effekte der Manipulation konnten valide und reliabel mit der Tablet-basierten Methode bewertet werden.

In der zweiten Studie auf einer Teststrecke mit zwei Level 2 Systemen in Serienfahrzeugen wurden $N = 40$ Probanden in einem between-subjects Design anhand der genannten Methode untersucht. Das Interaktionsverhalten der Probanden wurde sowohl während der Fahrt mit aktivem System als auch beim Auftreten einer Systemgrenze in Form eines Cut-Out-Manövers vor einem stehenden Hindernis beobachtet und bewertet. Die beiden ausgewählten Level 2 Systeme der Hersteller Mercedes und Tesla unterschieden sich in der Ausführung der Querführungsassistenten. Probanden des Mercedes Level 2 Systems mussten auf dem Rundkurs der Teststrecke häufiger aktiv in die Querführung durch das Aufbringen eines eigenen Lenkmoments eingreifen als Probanden des Tesla Level 2 Systems. Die Ergebnisse zeigen, dass Probanden des Mercedes Level 2 Systems beim Auftreten der Systemgrenze früher eingreifen und Kollisionen mit dem Hindernis vollständig vermieden werden. Probanden des Tesla Level 2 Systems reagieren später auf das Hindernis und in zwei Fällen kommt es zu einer Kollision mit dem Hindernis. Die Unterschiede in der Sicherheit der MMI zwischen beiden Level 2 Systemen konnten anhand der Tablet-basierten Methode valide und reliabel bewertet werden.

In einer dritten Studie auf einer Teststrecke mit einem Level 2 System in einem Serienfahrzeug wurde in einem between-subjects Design mit $N = 39$ Probanden ein Vergleich zwischen manuell Fahren und Fahren in Interaktion mit dem Level 2 System gezogen. Über eine wiederholte Testung des Tesla Level 2 Systems aus der vorherigen Studie wurde die Stabilität des Effekts betrachtet. Als Prüfzenario wurde erneut das Cut-Out-Manöver mit einem stehenden Hindernis gewählt. Die Ergebnisse zeigen, dass das Prüfzenario für manuell Fahren keine Schwierigkeit darstellt. Alle Probanden reagierten frühzeitig und konnten eine Kollision mit dem Hindernis verhindern. Probanden des Tesla Level 2 Systems reagierten wie in der vorherigen Studie später und in drei Fällen konnte eine Kollision mit dem Hindernis nicht verhindert werden. Der Effekt der Involviertheit der Fahren in die Fahraufgabe in Abhängigkeit der Querführungsassistenten scheint stabil und über die Methode reliabel bewertbar.

Die Ergebnisse der drei Studien sprechen dafür, dass die Methode valide und reliabel zur ganzheitlichen, Performanz-basierten Bewertung der Sicherheit der MMI von Level 2 Systemen in Fahrsimulatoren sowie in Realfahrzeugen auf einer Teststrecke eingesetzt werden kann. Die Methode scheint gleichzeitig hinreichend pragmatisch und ökonomisch, sodass sie durch die beiden Zielgruppen Typgenehmigung und Verbraucherschutz zur Bewertung von Fahrzeugen angewandt werden kann.