

Thorsten Reiner Adolph

Dr. sc. hum.

**Ermittlung und Bewertung der Beanspruchung zweier unterschiedlicher Fahrerkollektive durch messtechnische Erfassung psychophysiologischer Leistungs- und Befindlichkeitsparameter an der Schnittstelle Fahrer-Fahrzeug-Umwelt als Beitrag zur Verkehrssicherheit**

Geboren am 22. Februar 1978 in Hückelhoven

Diplom der Fachrichtung Fahrzeugtechnik am 29. 08. 2003 an der Fachhochschule Köln

Promotionsfach: Rechtsmedizin

Doktorvater: Herr Prof. Dr. med. Rainer Mattern

Ziel der Arbeit war die Ermittlung und Bewertung der Beanspruchung zweier unterschiedlicher Fahrerkollektive durch messtechnische Erfassung psychophysiologischer Leistungs- und Befindlichkeitsparameter. Dabei wurde eine Untersuchung des Einflusses spezifischer Merkmale eines Sicherheitsproduktes auf Fahrer von Motorrädern, einer Untersuchung spezifischer Merkmale der Umfeldgestaltung auf Fahrer von Pkw gegenübergestellt. Hierzu wurde eine autonome, kleine und leichte Messkette zusammengestellt, die im Wesentlichen aus einer Zentraleinheit mit zugehöriger Peripherie besteht. Die Peripherie setzt sich zusammen aus unterschiedlichen Sensormodulen, mittels derer die Herzrate (EKG), die Aktivität ausgewählter Muskeln (EMG) und die Hautleitfähigkeit (EDA) nicht-invasiv erfasst wird. Mit der gewählten Vorgehensweise wurde ein Beitrag zur Unfallprävention beabsichtigt, mit dem Ziel unnötige Beanspruchungen oder eine Überbeanspruchung des Fahrers zu vermeiden, um dessen Fahrsicherheit, insbesondere die Reaktionsfähigkeit in höherem Maße sicherzustellen. Aus den gewonnenen Messwerten und deren Beurteilungen wurden Defizite der aktiven Sicherheit von Motorradschutzhelmen, wie auch hinsichtlich der Gestaltung des befahrenen Verkehrsumfeldes identifiziert und Empfehlungen als Beitrag zur Verkehrssicherheit abgeleitet.

Im Theorieteil der Arbeit erfolgten einerseits eine Literaturübersicht zur allgemeinen sowie arbeitsbezogenen Psychophysiologie und andererseits Erläuterungen psychophysiologischer Grundlagen zur kardiovaskulären, elektromyographischen und elektrodermalen Aktivität.

Zur Untersuchung der Produktqualität wurden die aerodynamischen und aeroakustischen Eigenschaften von zwölf projektdienlich ausgewählten Motorradhelmen bewertet und verglichen. Die Messungen erfolgten mit Versuchspersonen (Vpn) sowie Messpuppen auf einem Motorrad ohne Verkleidung während Messfahrten im Straßenverkehr wie auch im Windkanal bei den Geschwindigkeiten 80, 120 und 160 km/h. Die aeroakustischen Eigenschaften wurden durch Messungen der Schalldruckpegel am Gehörgang der Vpn sowie an entsprechender Stelle einer Akustikmesspuppe ermittelt. Die aerodynamischen Eigenschaften wurden sowohl durch die Erfassung der Kopfhaltkräfte mit einem EMG am Musculus sternocleidomastoideus ermittelt, als auch über Kraftmessglieder, die sich im Halsbereich eines Kraftmessroboter befinden.

Zur Untersuchung spezifischer Merkmale der Umfeldgestaltung wurde der Einfluss unterschiedlicher Fahrstreckenabschnitte auf die Beanspruchung des Fahrers mit der o. g. Messkette im Pkw messtechnisch erfasst. Dazu befuhren 60 Vpn (30 männlich, 30 weiblich) eine 31 km lange Fahrstrecke, die so ausgewählt wurde, dass sie aus elf unterschiedlichen Fahrstreckenabschnitten mit Anteilen in der Stadt, Wohngebieten, auf Landstraßen und Autobahnen bestand; die mittlere Fahrzeit betrug ungefähr eine Stunde. Ferner wurden die Vpn einer Nebenaufgabe in Form einer akustischen Zuspelung ausgesetzt. Um Anhaltspunkte für die psychische Beanspruchung zu gewinnen, wurde mit einem EMG-Modul die Aktivität des Trapezmuskels gemessen.

### *Einfluss der Produktqualität*

Die aeroakustischen Messungen der Schalldruckpegel unter dem Motorradhelm führten im Mittel je nach Helm bei 80 km/h zu Ergebnissen zwischen 75 dB(A) und 94 dB(A) sowie bei 160 km/h zwischen 90 dB(A) und 108 dB(A). Bereits ab 85 dB(A) können sich je nach zeitlicher Exposition Gefährdungen des Gehörs sowie psychisch-vegetative Auswirkungen ergeben. Die aerodynamischen Messungen mit dem Kraftmessroboter führten bei 160 km/h zu Werten für die Widerstandskraft zwischen 29 und 40 N, für die Auftriebskraft zwischen 13 und 28 N und für die Seitenkraft zwischen 20 und 27 N. Korrelierende EMG Messungen an den Vpn zeigten bei steigender Geschwindigkeit einen Anstieg der Muskelaktivität. Einzelauswertungen der EMG Messungen ergaben mit der Kraftmessung übereinstimmende Unterschiede in Abhängigkeit der aerodynamischen Eigenschaften der Helme. Bei einer Steigerung der Geschwindigkeit von 80 auf 160 km/h kam es im Windkanal zu einem mittleren Anstieg der Herzrate der Vpn um 10 Schläge pro Minute. Dieser Anstieg kann als signifikant bezeichnet und als eine Erhöhung der Beanspruchung interpretiert werden. Insbesondere zeigten die Helme, die zu einer höheren Herzrate führten auch eine hohe Beanspruchung der Halsmuskulatur.

latur. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Kombination von aerodynamisch und aeroakustisch ungünstigen Helmeigenschaften bei hohen Geschwindigkeiten zu einer physischen Beanspruchung führt, die den Fahrer ermüdet und somit die aktive Fahrsicherheit beeinträchtigt.

### *Einfluss der Umfeldgestaltung*

Bei den Pkw-Versuchen wurden signifikant höhere Werte der Herzrate und Muskelaktivität in komplexen Fahrstreckenabschnitten ermittelt, wie zum Beispiel Abschnitte mit engen Straßen in Wohnvierteln, Stadtverkehr mit mehrfachen Abbiegevorgängen und mehrspurigem Kreisverkehr. Ferner ergaben die Auswertungen signifikant höhere Beanspruchungen bei einspurigen und innerorts gelegenen Fahrstreckenabschnitten. Niedrige Werte wurden während der Autobahnfahrt und auf Landstraßen gemessen. Die Nebenaufgabe in Form einer akustischen Zuspiegelung führte nicht zu einer Erhöhung dieser Werte. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass es in Gebieten mit höherer Reizdichte zu einer höheren Beanspruchung des Fahrzeugführers kommt. Die erhöhte Beanspruchung in bestimmten Verkehrssituationen könnte vom Fahrer kompensiert werden, in dem er sich verstärkt auf die Fahrzeugführung konzentriert und Nebenaufgaben möglichst reduziert, wie z. B. die Benutzung von Mobiltelefonen. Auch Fahrerinformationssysteme sollten die Komplexität von Fahrstrecken sowie die Beanspruchung des Fahrers berücksichtigen und Informationen nach Prioritäten gestuft durchlassen.

Während bei den Motorradversuchen eine ansteigende Beanspruchung mit zunehmender Geschwindigkeit festgestellt wurde, deuten die Ergebnisse bei den Pkw-Versuchen auf eine eher geringe Beanspruchung bei der schnellen Fahrt auf der Autobahn. Die hohe Beanspruchung von Motorradfahrern bei höheren Geschwindigkeiten sollte entsprechend berücksichtigt und dem Ermüden des Fahrers durch geeignete Maßnahmen entgegengewirkt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Messkette zur Erfassung psychophysiologischer Leistungs- und Befindlichkeitsparameter geeignet ist, um produkt- oder umfeldbedingte Belastungsunterschiede im Straßenverkehr auf die individuelle Beanspruchung von Fahrzeugführern zu ermitteln. Vorschläge zu weiterführenden Untersuchungen, durch deren Ergebnisse Optimierungen von Streckengestaltungen oder Verbesserungen von Verkehrssicherheitsprodukten zu erwarten sind, schließen die Arbeit ab.