

Improved Perception of Motorcycles

Arno Eichberger, Assoc.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. - Institut für Fahrzeugtechnik, Technische Universität Graz

Ioana Koglbauer, Priv.-Doz. Dr.rer.nat. - Institut für Fahrzeugtechnik, Technische Universität Graz

Marianne Kraut, Dipl.-Ing. - Reco Tech GmbH

Graz, 8.2.2019



Bildquelle: Institut für Fahrzeugtechnik, Technische Universität Graz

Inhaltsverzeichnis

I. Problemstellung und Zielsetzung	7
1. Problemstellung	7
1.1 Unfalltypen	7
1.1.1 Ausgewählte Trainings- und Testszenarien	10
1.1.1.1 Szenarien auf der Freilandstrecke	10
1.1.1.2 Szenarien im Ortsgebiet	11
2. Zielsetzung	11
II. Methode	12
1. Die Motorrad-Warnung	12
2. Training	13
2.1 Das „Variable Priorität“ Trainingsparadigma	13
2.2 Das Multitasking Trainingsprogramm	14
2.3 Das Multitasking Training mit dem Motorrad Warnsystem	14
3. Fahrsimulator	14
3.1 Die Fahrstrecken	15
3.2 Lenkrad mit Druckmesssensoren	16
3.3 Das Feedback Tool	17
4. Abhängige Variablen	18
4.1 Die Leistung bei der Motorraderkennung	18
4.2 Die subjektive Beanspruchung	18
4.3 Die physiologische Beanspruchung	18
4.4 Die Bewertung des Trainings	19
4.5 Die Bewertung des Warnsystems	19
5. Unabhängige Variablen	19
6. Versuchspersonen	20

7. Versuchsablauf der Fahrsimulatortests	21
8. Datenanalyse	21
III. Ergebnisse 22	
1. Deskriptive Datenanalyse	22
2. Wirkung der Trainingsmaßnahmen	26
2.1 Tests ohne Motorrad-Warnung	26
2.1.1 Motorraderkennung in der Stadt ohne Motorrad-Warnung	26
2.1.2 Motorraderkennung auf Landstraße mit gutem Kontrast ohne Motorrad-Warnung	26
2.1.3 Motorraderkennung auf Landstraße mit schwachem Kontrast ohne Motorrad-Warnung	27
2.2 Tests mit Motorrad-Warnung	28
2.2.1 Motorraderkennung in der Stadt mit Motorrad-Warnung	28
2.2.2 Motorraderkennung auf Landstraße mit gutem Kontrast mit Motorrad-Warnung	28
2.2.3 Motorraderkennung auf Landstraße mit schwachem Kontrast	29
3. Bewertung des Trainings	30
4. Bewertung des Motorrad-Warnsystems	33
IV. Diskussion 37	
1. Trainingsmethoden	37
2. Warnung	37
V. Danksagung 38	
VI. Literatur 39	

Kurzzusammenfassung

Die Forschung zeigt, dass circa 60% der Motorradunfälle durch eine Kollision mit einem anderen Fahrzeug verursacht werden. Circa die Hälfte dieser Unfälle wurde vom Unfallgegner, meist ein PKW, verursacht. Eingeschränkte Sichtbarkeit durch nicht ausreichenden Kontrast, Sichtverdeckungen und Ähnliches haben dabei einen entscheidenden Einfluss. Diese Studie zielte auf die Verbesserung der Wahrnehmbarkeit von Motorrädern für FahrschülerInnen durch ein Training im Fahrsimulator und durch die Verwendung geeigneter multimodaler Warnstrategien ab. Dafür wurden eine multimodale Motorrad-Warnung, sowie ein Trainingsprogramm mit unterschiedlichen Methoden konzipiert und im Fahrsimulator mit 80 FahrschülerInnen erprobt. Je nachdem, welche Methode verwendet wurde, hat das Training im Fahrsimulator mit FahrschülerInnen eine unterschiedlich starke Wirkung. Wenn kein Motorrad-Warnsystem verwendet wurde, war die Früherkennung der Motorräder besser in der Gruppe mit „Variable-Priorität“ im Vergleich zu den Gruppen „gleiche Priorität“ oder Training mit Warnung sowohl in der Stadt als auch auf der Freilandstraße mit schwachem Kontrast. Die meisten FahrschülerInnen bewerteten das Training im Fahrsimulator als nützlich und würden das Training im Fahrsimulator anderen FahrschülerInnen weiterempfehlen. Das Training mit „variable Priorität“ führt auch bei Verwendung des Motorrad-Warnsystems zu einer signifikant früheren Erkennung von Motorrädern auf der Freilandstraße mit gutem und schwachem Kontrast. Auch wurde die Motorrad-Warnung als nützlich bewertet. Die meisten FahrschülerInnen würden die Warnung künftig verwenden und würden sie auch anderen FahrschülerInnen empfehlen.

Die im Projekt IMPMOD aufgezeigten Potentiale einer mit dem Fahrsimulator unterstützten Fahrausbildung können die praktische Ausbildung im Fahrzeug auf der Straße nicht ersetzen aber, sinnvoll auf die Problemstellung „Motorradunfall“ angepasst, eine positive Entwicklung der Unfallzahlen beim Motorrad unterstützen. Weitere Forschungspunkte sollten die Übertragung der Methode in Fahrschulsimulatoren bzw. Anpassung des Trainingsprogramms betreffen. Eine Implementierung der Warnstrategien in Fahrerassistenzsysteme ist sinnvoll, bedarf aber einer Motorrad-Fahrzeug Kommunikation (C2C Kommunikation) um effektiv wirksam zu sein.

Abstract

Research shows that about 60% of motorcycle accidents are caused by a collision with another vehicle. About half of these accidents were caused by the accident opponent, typically a car. Limited visibility due to insufficient contrast and obstructions plays an important role. This study aimed to improve the perceptibility of motorcycles by using simulator training and a multimodal motorcycle warning. For this purpose, a multimodal motorcycle warning as well as a training program with different methods was designed and tested in a driving simulator with 80 student drivers. The simulator training has different effects depending on which training method was used. In the absence of a motorcycle-warning, the “variable priority” group performed the early detection of motorcycles better than the “equal priority” and “warning” groups both in the city and on the country roads with low contrast. Most students rated the training in the driving simulator as useful and would recommend it to other student drivers. The "variable priority" training resulted in significantly earlier detection of motorcycles on the country roads with high and low contrast even when a motorcycle warning system was used. The motorcycle warning was rated as useful. Most students would use the warning in the future and would recommend

it to other student drivers, too. The recommendation is to improve and implement both the "Variable Priority" training and the motorcycle warning system.

The potential of a driving simulator based driver training as investigated in the IMPOMD project cannot replace the practical training on the road but, adapted to the use case "motorcycle accident", support a positive development of the number of motorcycle accidents. Further research should concern the transfer of the method into driving simulators of driving schools and a further improvement of the training program. An implementation of the warning strategies in driver assistance systems makes sense, but requires a motorcycle-vehicle communication (C2C communication) to be effective.

Zusammenfassung

Die Forschung zeigt, dass circa 60% der Motorradunfälle durch eine Kollision mit einem anderen Fahrzeug verursacht wurden (Bartl, Hager und Urbanek, 2009; Walter et al., 2014; Widmann, Unger und Pschenitza, 2015). Circa die Hälfte dieser Unfälle wurde vom Unfallgegner, meist ein PKW, verursacht. Eingeschränkte Sichtbarkeit durch nicht ausreichenden Kontrast, Sichtverdeckungen und Ähnliches hatten dabei einen entscheidenden Einfluss. Das Übersehen des Motorradfahrers vom Unfallgegner war, laut befragten Motorradfahrern, die häufigste Ursache bei Unfällen mit Fremdverschulden in Österreich (66% von n= 1072) (Bartl et al., 2009). Das „nicht rechtzeitige Wahrnehmen“ der Motorräder vom Unfallgegner war die Ursache in 37% der Kollisionen, analysiert in einer Europäischen Studie (ACEM, 2006 in ACEM, OECD). Diese Studie zielt auf die Verbesserung der Wahrnehmbarkeit von Motorrädern durch ein Training im Fahrsimulator und durch Verwendung geeigneter multimodaler Warnstrategien ab.

Dafür wurde eine multimodale Motorrad-Warnung, sowie ein Trainingsprogramm mit unterschiedlichen Methoden konzipiert und im Fahrsimulator mit 80 FahrschülerInnen erprobt. Je nachdem, welche Methode zur Anwendung kam, zeigte das Training im Fahrsimulator mit den FahrschülerInnen eine unterschiedlich starke Wirkung. Wenn kein Motorrad-Warnsystem verwendet wurde, war die Früherkennung der Motorräder besser in der Gruppe mit „Variable-Priorität“ im Vergleich zu den Gruppen „gleiche Priorität“ oder Training mit Warnung sowohl in der Stadt als auch auf der Freilandstraße mit schwachem Kontrast. Auf der Freilandstraße mit schwachem Kontrast führt das Training mit „Variabler Priorität“ zu signifikant früherer Erkennung der Motorräder im Vergleich zu den Trainingsmethoden „gleiche Priorität“, Training mit Warnung und Kontrollgruppe.

Das einstündige Trainingsprogramm im Fahrsimulator hatte eine positive Wirkung, ist aber noch nicht als ausreichend zu bewerten, da die FahrschülerInnen noch vom optimalen Erkennungsabstand der Motorräder entfernt waren und ebenfalls eine geringe Anzahl an Kollisionen stattgefunden hat. Die Trainingsdauer könnte verlängert werden, und viele FahrschülerInnen können sich vorstellen weiter zu trainieren, aber das Training sollte künftig abwechslungsreicher gestaltet werden. Die meisten FahrschülerInnen bewerteten das Training im Fahrsimulator als nützlich und würden es anderen FahrschülerInnen weiterempfehlen. Das Training am Simulator kann die praktische Ausbildung im Fahrzeug auf der Straße jedoch nicht ersetzen.

Das Training mit „variable Priorität“ führt auch bei Verwendung des Motorrad-Warnsystems zu einer signifikant früheren Erkennung von Motorrädern auf der Freilandstraße mit gutem und schwachem Kontrast. Die Motorrad-Warnung wurde ebenfalls als nützlich bewertet. Die meisten FahrschülerInnen würden die Warnung künftig verwenden und würden sie anderen FahrschülerInnen empfehlen. Für die Verbesserung des Warnsystems sollte aber über die Möglichkeit nachgedacht werden, die Lautstärke einstellbar zu machen und der Warnzeitpunkt sollte etwas früher gesetzt werden. Die Empfehlung ist daher, beide Maßnahmen, sowohl das Training mit „Variabler Priorität“ als auch das Motorrad-Warnsystem weiter zu entwickeln und zu implementieren.

I. Problemstellung und Zielsetzung

1. Problemstellung

Aufgrund der sich aktuell in der Unfallstatistik niederschlagenden Verbesserung der aktiven und passiven Fahrzeugsicherheit, bekommt der Schutz von ungeschützten VerkehrsteilnehmerInnen zunehmende Bedeutung. Speziell die einspurigen Kraftfahrzeuge waren anteilmäßig 2014 (430) bereits mit 20,69% (90) an tödlichen Verletzungen beteiligt. 2013 waren es sogar 22,42% (Statistik Austria, 2015a). Verschiedene Studien untersuchten die Ursachen von Motorradunfällen (Bartl, Hager und Urbanek, 2009; Walter et al., 2014; Unger, Widmann & Pschenitza, 2013; Widmann, Unger und Pschenitza, 2015). Dabei zeigten sich im Wesentlichen zwei Hauptprobleme: Einerseits ist der Alleinunfall des Motorrads, zumeist aufgrund einer nicht mehr beherrschbaren Fahrsituation problematisch und andererseits ist die Kollision mit einem anderen Fahrzeug mit einem Anteil von rund 60% unfallkausal. Eine genauere Analyse zeigt, dass die letzte Kategorie von Unfällen etwa zur Hälfte vom Unfallgegner, meist ein PKW, verursacht wurde. Eingeschränkte Sichtbarkeit durch nicht ausreichenden Kontrast, Sichtverdeckungen und Ähnliches hatten dabei mit etwa 40% von den durch einen PKW als Unfallgegner verursachten Unfällen einen entscheidenden Einfluss.

1.1 Unfalltypen

Die Analyse der Unfallzahlen der letzten Jahre in Österreich zeigt, dass zwischen 2012 und 2014 circa 35% aller Motorradunfälle Alleinunfälle waren, gefolgt von den Kreuzungsunfällen mit rund 27,4%. Der dritthäufigste Unfalltyp waren Unfälle im Richtungsverkehr (20,2%), gefolgt von Unfällen im Begegnungsverkehr (7,4%), sonstigen Unfällen (7,2%), Fußgängerunfällen (1,6%) und Unfällen mit haltenden Fahrzeugen (1,2%) (ÖAMTC Unfallforschung, 2016).

Abseits der allgemeinen Unfallstatistik und der Analysen aus dem Unfalldatenmanagement (UDM) wurde im Zuge einer österreichischen Zweirad-Studie (Bartl et al., 2009) erhoben, dass laut befragten Motorradfahrern die häufigste Unfallursache bei Unfällen mit Fremdverschulden, das Übersehen des Motorradfahrers durch den Unfallgegner war (66% von n= 1072). 14% befanden einen zu geringen Sicherheitsabstand des Unfallgegners als unfallkausal, 15% gaben sonstige Ursachen an und 5% gaben an, dass der Unfallgegner alkoholisiert gewesen sei. Aus den Befragungen ging hinsichtlich des Unfalltyps eine hohe Übereinstimmung der Studie mit den entsprechenden Daten der Statistik Austria (2015b) hervor.

Dabei ist das Erkennen eines Motorrads unter anderem davon abhängig, wie sich die übrigen vorherrschenden Lichtverhältnisse darstellen. Beispielsweise kann neben einer blendenden und zu tiefstehenden Sonne auch der Licht / Schatten Wechsel in Waldstücken und Bergstraßen zu einer schlechten Erkennbarkeit des Motorradfahrers führen (Winterthur). Auch eine Rolle spielt neben der Farbe des Motorrads die Bekleidung von Motorradfahrer und Sozius und die Helmfarbe (Wells et al., 2004; Walter et al., 2009). Laut der MAIDS-Studie (ACEM, OECD) sind insgesamt 70% der Hauptunfallursachen bei Kollisionen auf das Übersehen der Motorräder durch den Lenker des zweitbeteiligten Fahrzeuges /des Kollisionsfahrzeuges zurückzuführen. Hierbei konnte ebenfalls gezeigt werden, dass Fahrzeuglenker, die keinen Führerschein der Klasse A oder A1 besaßen, deutlich öfters Motorräder übersehen als Lenker, welcher die Berechtigung besitzen ein Motorrad zu lenken. Laut Studien sollen sogar Motorradfahrer in der Familie oder im Freundeskreis dazu beitragen, dass ein Fahrzeuglenker ein geringeres Risiko hat, eine

Kollision mit einem Motorrad zu haben (National Highway Traffic Safety Administration, 2000). Eine Untersuchung der GDV-Datenbank (Kramlich, 2002) beschreibt besonders häufige und typische Situationen zwischen Motorrädern und PKWs. Die fünf Häufigsten sind in den Abb. 1-5 dargestellt.

1. Unfallszenario 1: PKW quert oder biegt in eine Vorfahrtsstraße ein – Motorrad kommt von links oder rechts

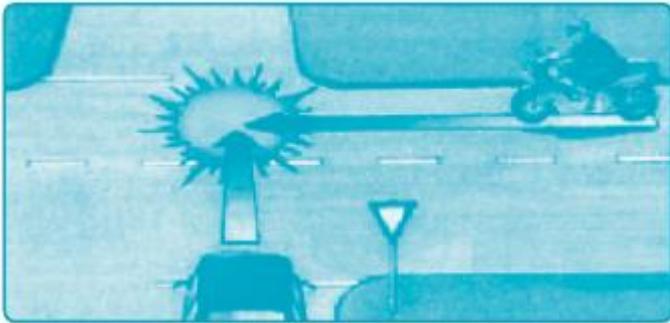


ABB 1 PKW biegt ein oder quert (BMVIT, 2015)

2. Unfallszenario 2: An einer Kreuzung biegt der PKW Fahrer nach links ab – Motorrad kommt entgegen

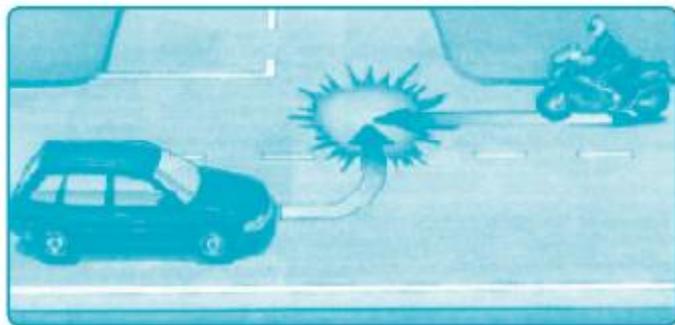


ABB 2 PKW biegt links ab, Motorrad kommt entgegen (BMVIT, 2015)

3. Unfallszenario 3: PKW wendet auf der Straße – Motorrad kommt von hinten oder entgegen

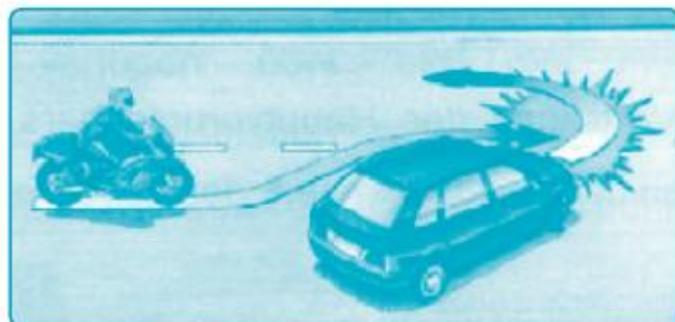


ABB 3 PKW wendet auf der, Motorrad kommt von hinten oder entgegen (BMVIT, 2015)

4. Unfallszenario 4: PKW wechselt den Fahrstreifen oder biegt ab - Motorradfahrer überholt PKW

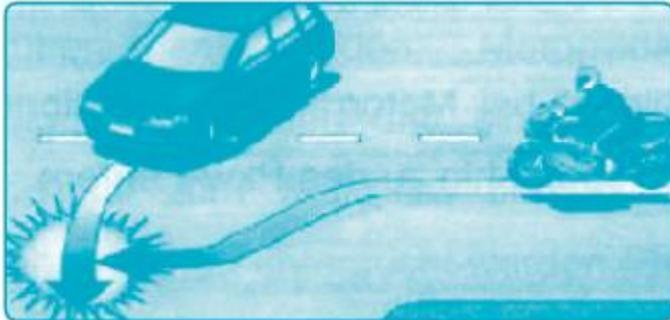


ABB 4 PKW wechselt Fahrstreifen, Motorrad überholt (BMVIT, 2015)

5. Unfallszenario 5: PKW überholt oder kommt in Kurve auf Gegenfahrbahn – Motorrad kommt entgegen

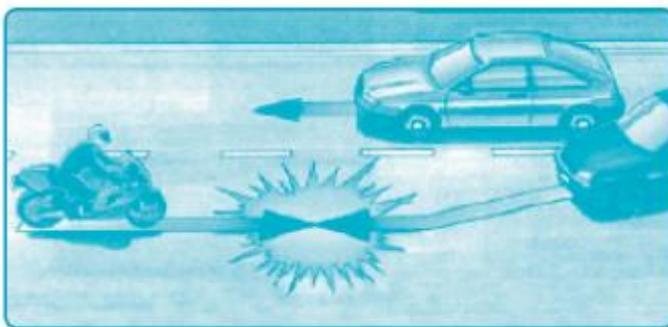


ABB 5 PKW überholt oder kommt in einer Kurve auf die Gegenfahrbahn, Motorrad kommt entgegen (BMVIT, 2015)

Auch in anderen nationalen und internationalen Studien werden immer wieder diese angeführten typischen Situationen zwischen PKW- und Motorradfahrer als die häufigsten angegeben (ILZ Institut für Zweiradsicherheit, 2012; Winterthur; Craen, Doumen, van Norden, 2012). In der Studie von Kramlich (2002) werden als typische und häufigste Unfälle zwischen Autos und Motorrädern unter anderem auch die Situation „PKW überquert oder biegt auf eine Vorfahrtsstraße ein, und das Motorrad kommt von rechts oder links“, sowie die Situation, dass an einer Kreuzung „ein Pkw nach links abbiegt und das Motorrad entgegen kommt“ dargestellt. Weitere Situationen wären, dass ein Motorrad von hinten oder entgegen kommt, und ein PKW gerade im Begriff ist zu wenden, sowie die Situation, dass ein PKW gerade von einem Motorrad überholt wird, und der PKW in dem Moment die Spur wechselt oder abbiegt.

Die österreichische Unfallstatistik (Statistik Austria, 2015a) zeigt, dass 2014 (n=430) rund 20,7 % und 2015 (n=479) rund 20,9% der getöteten Verkehrsteilnehmer die einspurigen Kraftfahrzeuge betrifft. Dabei entfallen 8,35% aller Getöteten auf Kärnten. Von den gesamt Getöteten (alle Verkehrsarten) in Kärnten (n=40) sind 27,50% Motorräder, Kleinmotorräder und Leichtmotorräder, weswegen speziell die Unfälle in diesem Bundesland im Detail untersucht wurden. (Statistik Austria, 2015a). Neben den 11 Getöteten wurde 233-mal ein Fahrer oder Sozius von Motorrädern, Kleinmotorrädern und Leichtmotorrädern schwer und 567-mal leicht verletzt. Im Jahr 2015 verunglückten

insgesamt 811 einspurige Kraftfahrzeuge in Kärnten. Ausgewertet nach den Unfalltyp-Obergruppen ergibt sich für alle Motorradunfälle und Unfälle mit Leichtmotorrädern im Jahr 2015 in Kärnten (n=358), dass 41,6% aller Unfälle Alleinunfälle, 8,1% Rechtwinkelige Kollisionen auf Kreuzungen beim Einbiegen und 17% Unfälle im Richtungsverkehr waren. Unfälle im Begegnungsverkehr haben einen Anteil von 11,4%. Die übrigen 21,9% verteilen sich auf sonstige Unfälle mit mehreren Beteiligten, Unfälle im ruhenden Verkehr und Unfälle mit beteiligten Fußgängern (AIT, 2015).

Im Zuge des Projektes wurde auch eine Analyse und Auswertung von 300 Motorrad- und Leichtmotorradunfällen in Kärnten im Zeitraum 01/2014-12/2014, in welchen ein Benutzer getötet oder verletzt wurde, durchgeführt. Hierbei wurden ausschließlich Unfälle mit Leichtmotorrädern und Motorrädern in diesem Zeitraum betrachtet. Bei den 300 Unfällen mit Personenschaden wurden 330 Personen verletzt und 8 Personen getötet. Betrachtet man die Motorradunfälle mit Personenschaden nach Fahrzeugart und Kollisionspartner, so waren die häufigsten Unfälle – rund 48% (n=300) – Alleinunfälle. Mit 43% war der häufigste Kollisionspartner von Motorrädern ein PKW, gefolgt von LKWs und Sattelkraftfahrzeugen mit 3,67%, sowie Motorrädern, Leichtmotorrädern und mehrspurigen Kraftfahrrädern mit ebenfalls gesamt 3,67%. Bei den restlichen 1,67% sind die Kollisionspartner der verunfallten Motorräder, Traktoren, Fußgänger oder Fahrradfahrer.

Die Analyse und Auswertung der Daten des Jahres 2014 in Kärnten ergab, dass die häufigsten 5 Unfalltypen bei Motorradunfällen die folgenden Untergruppen darstellen: Am häufigsten kam es demnach zu einer Kollision auf einer Kreuzung, gefolgt von Kollisionen beim Entgegenkommen – Linksabbieger mit entgegenkommendem Fahrzeug, Unfällen bei Haus-, Grundstücks-, Ein- oder Ausfahrt, Auffahren auf fahrende Fahrzeuge auf der Geraden und Kollisionen beim Linksabbiegen. Des Weiteren ergab die detaillierte Auswertung, dass bei den drei Unfalltypen (Kollisionen beim Linksabbiegen, Kollision auf einer Kreuzung, Kollisionen beim Entgegenkommen – Linksabbieger mit entgegenkommendem Fahrzeug) am häufigsten eine Sichtproblematik oder Sichtbarkeitsthematik unfallkausal gewesen sein kann.

1.1.1 Ausgewählte Trainings- und Testszenarien

Ausgehend von der Literaturrecherche (Kramlich, 2002) sowie der darin ebenfalls dargestellten Unterschiede der Unfallsituationen und des Unfallgeschehens aufgeteilt auf Ortsgebiet und Freiland (Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie, 2010; ÖAMTC Unfallforschung, 2016) wurden die folgenden Szenarien, ebenfalls unterschieden nach Freiland und Ortsgebiet, ausgewählt und für die Projektdurchführung aufbereitet (bei dem Probandenfahrzeug handelt es sich um einen PKW):

1.1.1.1 Szenarien auf der Freilandstrecke

- An einer Kreuzung fährt das Probandenfahrzeug geradeaus und ein Motorrad nähert sich der Kreuzung von rechts (in Anlehnung an Unfallszenario 1)
- Das Probandenfahrzeug wird von einem Motorrad überholt. (in Anlehnung an Unfallszenario 4)
- Ein Motorrad kommt dem Probandenfahrzeug in einem Waldstück in einer Rechtskurve entgegen. (schlechte Erkennbarkeit eines Motorrades wegen Licht / Schattenwechsel)

- Das Probandenfahrzeug überholt einen anderen PKW, und ein Motorrad kommt entgegen (in Anlehnung an Unfallszenario 5)
- Ein Motorrad kommt dem Probandenfahrzeug entgegen, und anschließend kommt die Aufforderung für den Probanden an einer Kreuzung nach links abzubiegen, und unmittelbar danach kommt dem Probandenfahrzeug ein zweites Motorrad entgegen (in Anlehnung an Unfallszenario 2)

1.1.1.2 Szenarien im Ortsgebiet

- An einer Kreuzung fährt das Probandenfahrzeug geradeaus, und ein Motorrad nähert sich der Kreuzung von rechts (in Anlehnung an Unfallszenario 1)
- Ein Motorrad fährt kurz vor dem ankommenden Probandenfahrzeug aus einer Hauseinfahrt- /Ausfahrt in den Fahrstreifen des ankommenden Probandenfahrzeuges (Überprüfung der Aufmerksamkeit des PKW Lenkers, Erkennbarkeit des Motorradfahrers)
- Ein Motorrad fährt kurz vor dem ankommenden Probandenfahrzeug hinter einem parkenden Fahrzeug auf den Fahrstreifen des Ankommenden heraus (Überprüfung der Aufmerksamkeit des PKW Lenkers, Erkennbarkeit des Motorradfahrers)
- Ein Motorradfahrer hält verkehrsbedingt rasch und unerwartet, direkt vor dem Probandenfahrzeug an (Überprüfung der Aufmerksamkeit des PKW Lenkers)
- Ein Motorrad kommt dem nach links abbiegenden Probandenfahrzeug entgegen (in Anlehnung an Unfallszenario 2)

2. Zielsetzung

Diese Studie verfolgt zwei Forschungsziele:

Ziel 1 ist die Analyse, ob durch das Training von FahranfängerInnen mit ausgewählten Fahrsituationen in dem dafür geeigneten Fahrsimulator der TU Graz die Wahrnehmbarkeit des Zweirades im Zuge der Fahrausbildung als PKW LenkerIn verbessert werden kann.

Ziel 2 ist die Untersuchung, ob durch geeignete multimodale Warnstrategien im PKW eine verbesserte Wahrnehmung des Zweirades möglich ist. Die Wahrnehmung des Zweirades wird dann durch Fahrzeug zu Fahrzeug Kommunikation (Car2Car Communication) realisiert.

II. Methode

1. Die Motorrad-Warnung

Die eigens für die Studie konzipierten und implementierten Warnsignale erfolgen im Fahr Simulator simultan in mehreren visuellen und akustischen Modi (Abb. 6). Ein vor dem Lenkrad montierter Tablet-PC zeigt grafische Warnsignale an, wenn ein Motorradfahrer überholt oder sich im Totpunkt („Blind-Spot“) des Ego-Fahrzeugs befindet. Ebenso werden auch Signale auf einem HUD (Head-Up Display) (Spitzer, 2007) angezeigt, wenn sich die LenkerInnen einer Kreuzung nähern, welcher sich auch ein Motorradfahrer von einer Querstraße aus nähert, der für die LenkerInnen vorher oft noch gar nicht sichtbar ist. Das HUD soll somit die Verwendung eines CAR2X-Sensors (Junker, 2016) simulieren. Die Warnungen werden bei der Überschreitung einer vorab definierten Zeit bis zur Kollision, bezogen auf der momentanen Geschwindigkeit, getriggert. Das Design der Warnung beruht auf einer im Zuge des Projekts erarbeiteten Studie für ein in Fahrzeug implementierbares Warnkonzept für Motorräder. (Cemborain, 2017) und wurde eigens auf die im Simulator implementierte Trainingszenarien angepasst. Die Studie von Herrn Cemborain basierte auf den Ergebnissen der Unfallstatistik dieses Projektes und entwickelte ein multimodales (visuelles, auditives und haptisches) HMI, welches auf die im Projekt getesteten kritischen Situationen angepasst war. Auf Basis einer Literaturrecherche wurden verschiedene Möglichkeiten zur Umsetzung vorgeschlagen und mit Hilfe einer Nutzwertanalyse mit Experten aus dem Projekt ausgewählt. Im Folgenden implementierte das Projektteam dieses HMI in den Fahr Simulator. Ein weiteres Ergebnis der Arbeit war, dass eine Implementierung dieser Warnstrategien in ausgeführten Fahrerassistenzsystemen einer Motorrad-Fahrzeug Kommunikation (C2C Kommunikation) bedarf, um effektiv wirksam zu sein. In der Simulation wurde das Vorhandensein einer C2X Kommunikation als gegeben angenommen. Die Zeitpunkte des Aufbaues der Kommunikation wurden real, basierend auf Messungen des Instituts aus anderen Forschungsprojekten gewählt.



ABB 6 Die visuelle Motorradwarnung angezeigt am Instrumentenbrett am Tablet-PC und auf der Windschutzscheibe im HUD. Die Richtung des kommenden Motorrades wird im rot an der schematisierten Darstellung der Kreuzung abgebildet.

2. Training

Beim Training haben die FahrschülerInnen die Aufgabe im Fahrsimulator eine bestimmte Strecke zu fahren, das Fahrzeug zu kontrollieren und gleichzeitig die Fahrumgebung zu beobachten. Die Fahrzeugkontrolle (z.B. Geschwindigkeit) und die Beobachtung der Fahrumgebung finden in jeder Trainingssession gleichzeitig statt. Für das Training mit den FahrschülerInnen im Fahrsimulator wurden drei Varianten gestaltet und im Fahrsimulator implementiert: das Training mit „**Variable Priorität**“, mit **Multitasking** und das Training mit der **Motorradwarnung**. Das Training wurde bei gutem Kontrast zwischen Motorrad und Umgebung durchgeführt.

2.1 Das „Variable Priorität“ Trainingsparadigma

Das Training fokussiert auf die Verbesserung der Fähigkeit zu Mehrfachfähigkeit durch bessere Aufmerksamkeitskontrolle, sowie die Verbesserung von Leistung und Leistungstempo bei Fahraufgaben. Eine geeignete Methode dafür ist das Trainingsparadigma „Variable Priorität“, das mit sehr guten Ergebnissen erforscht und eingesetzt wurde, zuerst bei Studierenden (Gopher et al., 1989), und dann bei MilitärpilotInnen in Ausbildung (Gopher, Well & Bareket, 1994). Das Trainingsparadigma „Variable Priorität“ wird bei Mehrfachaufgaben eingesetzt, indem die TeilnehmerInnen instruiert werden die Teilaufgaben mit unterschiedlichen Prioritäten in verschiedenen Testblöcken zu behandeln. Feedback wird den TeilnehmerInnen zur Verfügung gestellt, um ihnen bei der Anpassung ihrer Verarbeitungsprioritäten zwischen den Aufgabenkomponenten zu helfen. Das Trainingsparadigma „Variable Priorität“ wurde mit dem Computerspiel „Space Fortress (SF)“ an der Universität Illinois erforscht (Gopher et al., 1989). Das Spiel enthält die Hauptkomponenten einer komplexen, dynamischen, psychomotorischen und kognitiven Kontrollaufgabe. Es beinhaltet ein schwieriges manuelles Steuerelement, mehrere diskrete und präzise motorische Reaktionen, komplexes visuelles Scannen und Überwachen, Gedächtnisanforderungen für Buchstabensets und für Verfahren, Entscheidungsfindung und Ressourcenmanagement, hohe Arbeitsbelastung und dynamische Aufmerksamkeitsteilung. Das Spiel hat Ähnlichkeit zu den Anforderungen bei der Kontrolle eines Fahrzeugs, Flugzeuges oder beim Betrieb in einem industriellen Kontrollraum. Zum Spielen wurden unterschiedlichen Bildschirmanzeigen, ein Stick für die rechte Hand und drei Druckknöpfe für die linke Hand verwendet. Die Wirksamkeit des Trainings wurde mit sechshundsechzig männlichen Studierenden, unterteilt in vier Gruppen, evaluiert. Alle Gruppen übten 10 Stunden lang. Die Gruppe, die mit „Variable Priorität“ übte, erzielte eine signifikant bessere Leistung als die anderen Gruppen, $F(3,58)=5.34$, $p<.003$ (Gopher et al., 1989). Das Computerspiel und die Trainingsmethode „Variable Priorität“ wurden mit Erfolg bei PilotInnen eingesetzt (Gopher et al., 1994). Eine experimentelle Studie hat gezeigt, dass die Flugleistung einer Kadettengruppe, die 10 Stunden mit dem Computerspiel geübt hatte, signifikant besser war als die Leistung der Kontrollgruppe (ohne Spiel) (Gopher et al., 1994).

Cassavaugh und Kramer (2009) haben gezeigt, dass ein ähnliches, computerbasiertes Training mit „Variable Priorität“ zur Verbesserung der Fahrleistung im Simulator bei SeniorInnen geführt hat. Cassavaugh und Kramer (2009) haben im Fahrsimulator das Training mit einundzwanzig Versuchspersonen (11 männlich, 10 weiblich), alle mit gültigem Führerschein, mit Durchschnittsalter 71,7 Jahre ($SD= 6,9$) erprobt. Im Durchschnitt hatten die Teilnehmer ihren Führerschein seit 55,8 Jahren ($SD= 7,3$) und sind im Vorjahr im durchschnittlich 11.814 Meilen gefahren. Jede Versuchsperson

hatte das Programm acht Mal wiederholt. Die Wirkung des Trainings wurde mittels zwei Pre- und Posttests im Fahrsimulator untersucht. Die Teilaufgaben waren Geschwindigkeits- und Abstandskontrolle beim Nachfahren hinter einem Fahrzeug auf einer geraden Straße (die Bremslichter des vorausfahrenden Fahrzeugs waren ausgeschaltet). Zusätzlich mussten die Versuchspersonen während der Fahrt andere Gedächtnis- und Überwachungsaufgaben erledigen. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass das Computertraining mit „Variable Priorität“ zur Verbesserung der Fahrleistung im Simulator bei SeniorInnen geführt hat (Cassavaugh & Kramer, 2009).

In diesem Projekt wurde das „variable Priorität“ Paradigma erstmalig im Fahrsimulator bei Trainingsaufgaben umgesetzt. Die Fahrzeugführung wurde als multiple Aufgabe (Geschwindigkeitskontrolle und Monitoring) definiert.

2.2 Das Multitasking Trainingsprogramm

Das Multitasking Training ist einem konventionellen Fahrtraining ähnlich. Die TeilnehmerInnen wurden gebeten alle Teilaufgaben so gut wie möglich zu erfüllen und diese mit gleicher Priorität zu behandeln. Den TeilnehmerInnen wurde kein objektives Feedback, basierend auf Messdaten, zur Verfügung gestellt.

2.3 Das Multitasking Training mit dem Motorrad Warnsystem

Das Multitasking Training mit dem Warnsystem funktioniert wie das Multitasking Training mit gleicher Priorität, aber unter zusätzlicher Verwendung des Motorradwarnsystems. Die TeilnehmerInnen wurden gebeten alle Teilaufgaben so gut wie möglich zu erfüllen und diese mit gleicher Priorität zu behandeln. Auch hier wurde den TeilnehmerInnen kein objektives Feedback, basierend auf Messdaten, zur Verfügung gestellt. Diese Trainingsvariante wurde deshalb gewählt, um Eingewöhnungseffekte des Fahrens mit dem Motorrad-Warnsystem zu untersuchen.

3. Fahrsimulator

Beim Fahrsimulator der Technischen Universität Graz handelt es sich um einen fixed-base Fahrsimulator, der als Vollfahrzeug ausgeführt ist, siehe Abb. 7.



ABB 7 Fahr Simulator des Instituts für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität Graz

Die Visualisierung erfolgt über LCD Monitore mit 180 Grad Sicht im Fahrzeug und kann bei Bedarf autostereoskop (3D ohne Shutterbrille) erfolgen. Motor-, Wind- und Rollgeräusch des eigenen Fahrzeugs, sowie weiterer beteiligter Fahrzeuge werden über die Fahrsimulation berechnet, abgemischt und über vier Bass-Shaker, sowie das Soundsystem des Fahrzeugs realistisch übertragen. Die Steuereinheiten des Fahrzeugs (Gas, Bremspedal, Schalthebel sowie die Lenkung) sind mit hochwertiger Force-Feedback Aktuatorik ausgestattet. Anzeige und Bedienelemente (Mensch-Maschine Schnittstelle) des Fahrzeugs sind über Tablet PCs auf den Anwendungsfall konfigurierbar, im vorliegenden Fall ist dies die multimodale Warnstrategie des Fahrzeugs. Ein für den/die Lenker/-in kaum wahrnehmbares infrarotbasiertes Blickerfassungssystem des Typs Smart Eye übernimmt die Steuerung der Visualisierung, speziell im autostereoskopischen Betrieb, sowie eine integrierte Blickerfassung des Lenkers/ der Lenkerin.

3.1 Die Fahrstrecken

Auf simulierten Straßen in der Stadt und im Freiland wurden nun vordefinierte Verkehrsszenarien abwechselnd dargestellt (siehe Tabelle 1). In der Stadt wurde die Geschwindigkeitsbegrenzung auf 50 km/h gesetzt (Abb. 8). Auf Freilandstraßen wurde die Geschwindigkeitsbegrenzung auf 100 km/h und 80 km/h gesetzt (Abb. 9).

Tabelle 1. Szenarien für die Erforschung der Motorraderkennung im Verkehr

Szenario	Straße in der Stadt	Landesstraße
1	Kreuzung: PKW fährt geradeaus, Motorrad kommt von rechts	Kreuzung: PKW fährt geradeaus, Motorrad kommt von rechts
2	Motorrad kommt aus Hauseinfahrt	Motorrad überholt PKW
3	Motorrad fährt hinter parkendem Fahrzeug heraus	Motorrad kommt in Rechtskurve entgegen

4	Motorradfahrer hält verkehrsbedingt, PKW Fahrer von hinten	PKW überholt PKW, Motorrad kommt entgegen
5	Motorrad kommt auf Gegenfahrbahn entgegen und verhindert sofortiges Linksabbiegen	Motorrad kommt entgegen, PKW biegt links ab

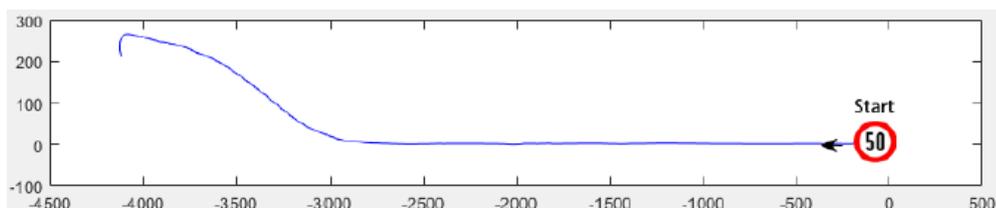


ABB 8 Wegverlauf der Stadt-Strecke in Metern mit Geschwindigkeitsbegrenzungen (Haas, 2017, S. 9)

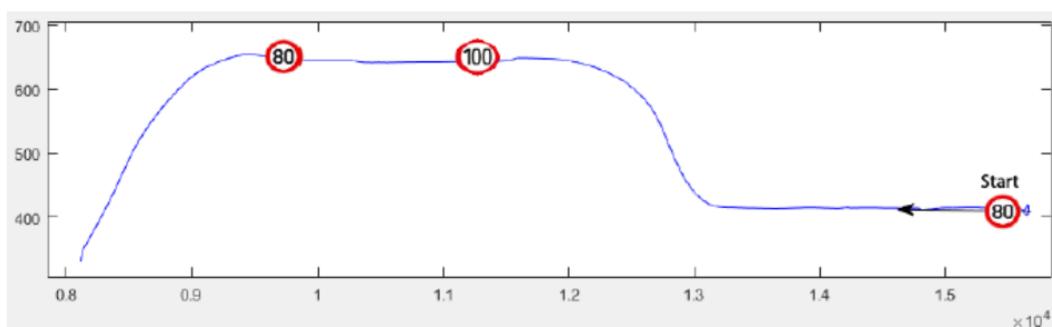


ABB 9 Wegverlauf der Land-Strecke in Metern mit Geschwindigkeitsbegrenzungen (Haas, 2017, S. 9)

3.2 Lenkrad mit Druckmessensoren

Die Testpersonen mussten das Erkennen eines Motorrades so früh wie möglich, durch Drücken am Lenkrad signalisieren (Abb. 10). Dafür wurden drucksensitive Sensoren vom Typ Pyzoflex¹ im Lenkrad verbaut.

¹ Siehe auch <https://www.joanneum.at/materials/forschungsbereiche/pyzoflexr/mensch-maschine-interface/>, abgerufen am 18.6.2018

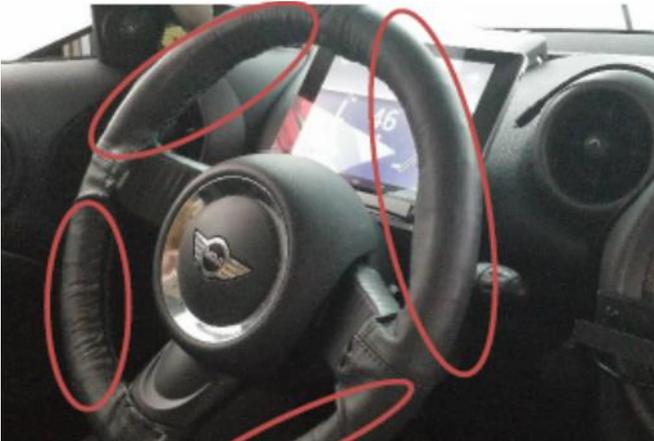


ABB 10 Lenkrad des Fahrtrainers mit Markierungen an den Stellen der verbauten Sensorstreifen (Haas, 2017, S. 6)

Das Erkennungssignal wurde als 1-bit Signal ausgegeben, also entweder „0“ oder „1“, und im Logfile automatisiert mitgeloggt. Die Abstimmung des Schwellwertes für dieses Erkennungssignal erfolgte in Vorversuchen, um einen guten Kompromiss zwischen dem normalen Druck am Lenkrad und einem bewusst abgesetzten Signal für verschiedene Personen zu finden. Vorteilhaft war dabei, dass die LenkerInnen die Hände am Lenkrad behalten konnten und keine Ablenkung durch verbale/nonverbale Kommunikation mit dem Versuchsleiter zu verzeichnen war. Dennoch war damit der Zeitpunkt der Motorradwahrnehmung in den Daten als binäres Signal für die spätere Auswertung vorhanden.

3.3 Das Feedback Tool

Im Zuge von Vorversuchen wurde ein Feedback-Tool für das „Variable Priorität“ Training entwickelt (Abb 11). Die kinematischen Fahrdaten (Geschwindigkeitsverlauf, Längs- und Quereschleunigungen), und Motorradkennungsparameter wurden in einem Logfile aufgezeichnet und ausgewertet. Das Tool zeigt, für die Probanden leicht interpretierbar, die Leistung der Versuchspersonen bei der Motorradkennung, die Einhaltung der Geschwindigkeitsgrenzen und die Fahrdauer in Prozent, relativ zur optimalen Leistung von 100%.

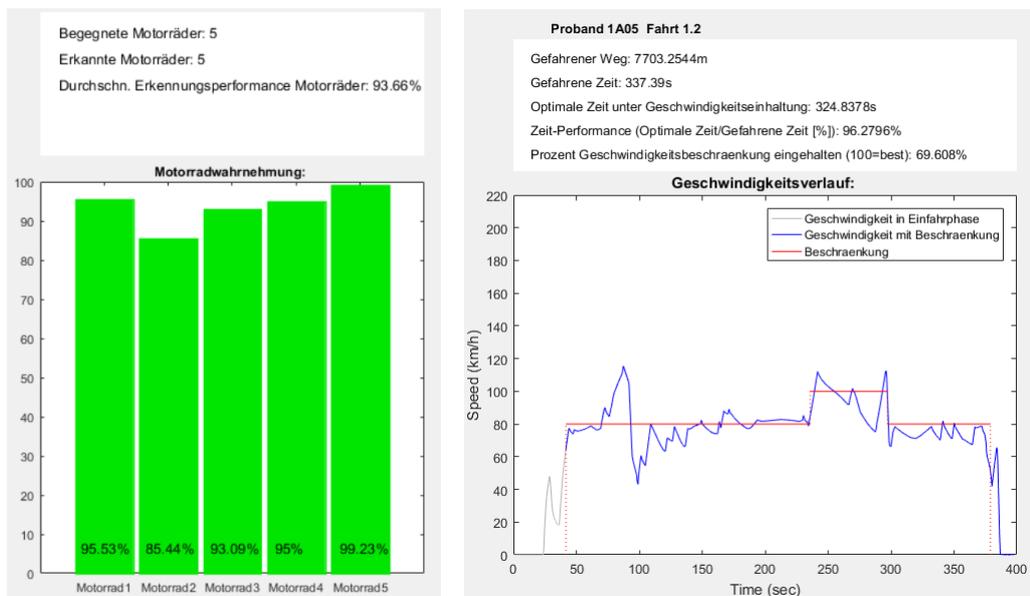


ABB 11 Beispiel für das Feedback am Tablett PC (Haas, 2017, S. 18-19)

4. Abhängige Variablen

4.1 Die Leistung bei der Motorraderkennung

Für die Motorraderkennung wurde ein Leistungsscore berechnet. Pro Szenario wurde ein Leistungsscore als Abstand zwischen dem Motorrad und dem simulierten PKW zum Zeitpunkt der Erkennung, relativ zum idealen, frühestmöglichen Abstand bei der Erkennung prozentuell festgelegt. Die frühestmögliche Erkennung eines Motorrades erhielt 100%. Eine spätere Erkennung erhielt verhältnismäßig weniger als 100%. Für jede Stadt- und Freiland-Teststrecke wurde ein Leistungsscore als der mittlere Score über fünf Szenarien berechnet. Zusätzlich wurde die Anzahl der Kollisionen im Simulator als Leistungsmerkmal herangezogen.

4.2 Die subjektive Beanspruchung

Nach jeder der sechs Testfahrten bekamen die Versuchspersonen eine Skala zur Bewertung ihrer Beanspruchung während der Testfahrt. Dafür wurde die Bedford Skala (Roscoe & Ellis, 1990) verwendet. Für die Bewertung wurde eine Zahl zwischen 1 (geringe Beanspruchung) und 10 (Aufgabe wegen Anstrengung abgebrochen) gewählt.

4.3 Die physiologische Beanspruchung

Die physiologischen Parameter der Herzaktivität (Herzrate (HR), Herzratenvariabilität (HRV)) wurden als objektive Bewertung der Beanspruchung herangezogen, (Wagner, 2018). Die HR wurde in Schläge pro Minute, und die HRV in Wurzel aus dem quadratischen Mittelwert aufeinanderfolgender Differenzen (RMSSD) dargestellt. Bei höherer Beanspruchung wird eine höhere HR und eine niedrigere HRV erwartet und umgekehrt (Koglbauer et al., 2011). Das EKG-Messgerät der Typ ChronoCord (HumanResearch, 2017) wurde mittels drei Klebeelektroden am Oberkörper der

Testperson angebracht. Die Herzrate der Testpersonen wurde als eigener Kanal im Logfile des Fahrtrainings mit einer Abtastfrequenz von 100Hz aufgezeichnet. Somit konnte der Herzrhythmus unterschiedlichen Aufgaben im Fahrtrainings zugeordnet werden. Zusätzlich wurden vier Ruhemessungen für die Standardisierung der Parameter durchgeführt, um auch Gruppenvergleiche zu ermöglichen. Der standardisierte Wert (HR oder HRV) wurde für jede Person als Verhältnis zwischen dem jeweiligen Testwert und dem Ruhewert berechnet.

4.4 Die Bewertung des Trainings

Nach Beendigung der Testfahrten bewerteten die Versuchspersonen das Training anhand von vier Antwortmöglichkeiten: *nützlich*, *neutral*, *nicht nützlich*, *kontraproduktiv*. Die Absicht, wenn die Möglichkeit gegeben ist, künftig die Szenarien im Fahrtrainings zu üben wurde ebenfalls anhand von vier Antwortmöglichkeiten bewertet: *sicher*, *vielleicht*, *ich bin mir nicht sicher* oder *nein*. Bei der Frage, ob die Versuchsperson die Simulatorübungen anderen FahrtrainingsInnen empfehlen würde, gab es zwei Antwortmöglichkeiten: *ja* oder *nein*. Freie Antwortwahl gab es für die Fragen „Was hat Ihnen besonders gut an den Maßnahmen gefallen?“, „Gab es etwas an den Maßnahmen, das Sie als störend empfinden?“ und „Anmerkungen, Mitteilungen“.

4.5 Die Bewertung des Warnsystems

Nach Beenden der Testfahrten bewerteten die Versuchspersonen das Motorrad-Warnsystem anhand von vier Antwortmöglichkeiten: *nützlich*, *neutral*, *nicht nützlich*, *kontraproduktiv*. Die Absicht bei vorhandener Möglichkeit künftig das Motorrad-Warnsystem zu verwenden wurde anhand von vier Antwortmöglichkeiten bewertet: *sicher*, *vielleicht*, *ich bin mir nicht sicher* oder *nein*. Bei der Frage, ob die Versuchsperson das Motorrad-Warnsystem anderen FahrtrainingsInnen empfehlen würde, gab es zwei Antwortmöglichkeiten: *ja* oder *nein*. Freie Antwortwahl gab es für die Fragen „Was hat Ihnen besonders gut an den Maßnahmen gefallen?“, „Gab es etwas an den Maßnahmen, das Sie als störend empfinden?“ und „Anmerkungen, Mitteilungen“.

5. Unabhängige Variablen

Die unabhängigen Variablen sind die Art des Trainings und die Verwendung des Motorrad-Warnsystems. Die Versuchspersonen wurden in eine Kontrollgruppe und drei Trainingsgruppen unterteilt (Tabelle 2). Die Versuchsbedingungen der Gruppen unterscheiden sich nur im Training (siehe Tabelle 2), wobei die Fahrzeit im Simulator für alle ProbandInnen gleich lang war. Die Bedingungen während der Testfahrten waren für alle Gruppen gleich.

Tabelle 2. Übersicht der Versuchspläne

Gruppe 1 - VP „Variabler Priorität“	Gruppe 2 - MT Multitasking mit gleicher Priorität	Gruppe 3 - WA Multitasking mit gleicher Priorität und Warnung	Gruppe 4 - CT Kontrollgruppe
Vorbereitung (Einverständniserklärung, biografischer Fragebogen, Kalibrierung des Eye-Tracking Systems, EKG-Ruhemessung, Eingewöhnungsfahrt)			
Training: mit Verkehr ohne Warnsystem	Training: mit Verkehr ohne Warnsystem	Training: mit Verkehr mit Warnsystem	Training: ohne Verkehr ohne Warnsystem

Anweisungen mit „Variabler Priorität“ mit Feedback	gleiche Anweisungen ohne Feedback	gleiche Anweisungen ohne Feedback	gleiche Anweisungen ohne Feedback
Tests ohne Motorrad-Warnung*	Stadt-Strecke Workload Fragebogen		
	Freilandstraße mit gutem Kontrast Workload Fragebogen		
	Land mit schwachem Kontrast Workload Fragebogen		
Tests mit Motorrad-Warnung*	Stadt-Strecke Workload Fragebogen		
	Freilandstraße mit gutem Kontrast Workload Fragebogen		
	Land mit schwachem Kontrast Workload Fragebogen		
Nach dem Test	Fragebogen zur Bewertung der Maßnahmen (Training, Warnsystem)		
Abschluss (Auszahlung der Aufwandsentschädigung, Datenarchivierung)			

* Die Reihenfolge der Tests „mit“ oder „ohne“ Warnsystem, sowie die Reihenfolge der Straßenart (Stadt oder Land) wurde ausbalanciert.

6. Versuchspersonen

Die Studie wurde mit 80 FahrschülerInnen, im Alter zwischen 15 und 27 Jahren durchgeführt. Die FahrschülerInnen haben zum Zeitpunkt der Teilnahme an der Studie, gerade ihre Fahrschul Ausbildung in einer österreichischen Fahrschule gemacht. Die Teilnahme an der Studie war freiwillig. Die TeilnehmerInnen wurden über die Studie informiert und haben dazu eine Einverständniserklärung für die Teilnahme unterschrieben. Bei minderjährigen TeilnehmerInnen wurden auch die Erziehungsberechtigten über die Studie informiert, und haben dazu eine Einverständniserklärung für die Teilnahme unterschrieben.

Die Einteilung der FahrschülerInnen in Gruppen erfolgte so, dass jede Gruppe etwa eine gleichmäßige Summe, bestehend aus den Variablen Alter und Anzahl der gefahrenen Stunden der Versuchspersonen aufwies (Tabelle 3). Für die Teilnahme hat jede Versuchsperson eine Aufwandsentschädigung von 40 Euro erhalten.

Tabelle 3. Deskriptive Daten für die Gruppen (SF-Standardfehler)

Gruppe	1-VP	2-MT	3-WA	4-CT
Alter				
Mittelwert	18,25	18,55	18,35	18,20
SF	0,55	0,44	0,57	0,33
Median	18	18	18	18
Fahrpraxis in den letzten 90 Tagen (Stunden)				
Mittelwert	4,05	6,4	6,7	5,9
SF	1,27	1,42	2,03	1,47
Median	2,5	5	1,50	2
Gesamte Fahrpraxis (Stunden)				

Mittelwert	10,30	10,40	10,40	13,55
SF	3,01	3,06	2,68	5,28
Median	3,5	6,5	9	4

7. Versuchsablauf der Fahrsimulatortests

Der Versuchsablauf ist in der Tabelle 2 dargestellt. Nach der Eingewöhnungsfahrt mit dem Fahrsimulator wurden vordefinierte, für den Motorradunfall als statistisch relevant betrachtete Verkehrsszenarien (Tabelle 1, siehe auch Kapitel 1) abwechselnd auf Stadt- und Freilandstrecken, bei gutem Kontrast simuliert. Beim Training wurden die FahrschülerInnen mit drei dieser Szenarien pro Fahrt, bei den Tests wurden die FahrschülerInnen mit fünf Szenarien pro Test konfrontiert. Um die Verkehrssituationen realistischer darzustellen zu können, wurden sogenannte „Dummy-Fahrzeuge“ eingefügt, die nicht diesen kritischen Szenarien zuordenbar waren. Das Durchfahren einer Strecke dauerte in etwa 4 bis 6 Minuten. Es gab insgesamt 16 Fahrten pro Versuchsperson mit variablem Verkehr und variabler Reihenfolge. Die Fahrzeit während des Trainings dauerte ca. 60 Minuten. Insgesamt ergab das eine Untersuchungsdauer von ca. 2,5 Stunden pro Person.

8. Datenanalyse

Die Daten wurden deskriptiv in Tabellen und Abbildungen dargestellt. Die Daten weisen keine Normalverteilung auf. Deshalb wurde für die statistische Auswertung der nicht-parametrische Mediantest verwendet. Dabei wurde α auf 0,05 gesetzt.

III. Ergebnisse

1. Deskriptive Datenanalyse

Die Daten für die Strecke in der Stadt und am Freiland mit gutem und schwachem Kontrast sind deskriptiv in den Tabellen 4 bis 7 aufgelistet. Für eine bessere Übersicht sind die Kollisionen in Abb. 12, und die Medianwerte der restlichen Daten auch in den Abbildungen 13 bis 16 dargestellt. Wie aus Abb. 12 ersichtlich, gab es in der Stadt 3 bis 8 Kollisionen pro 100 Szenarien bei Tests ohne Warnung und 1 bis 5 Kollisionen pro 100 Szenarien trotz Motorrad-Warnung.

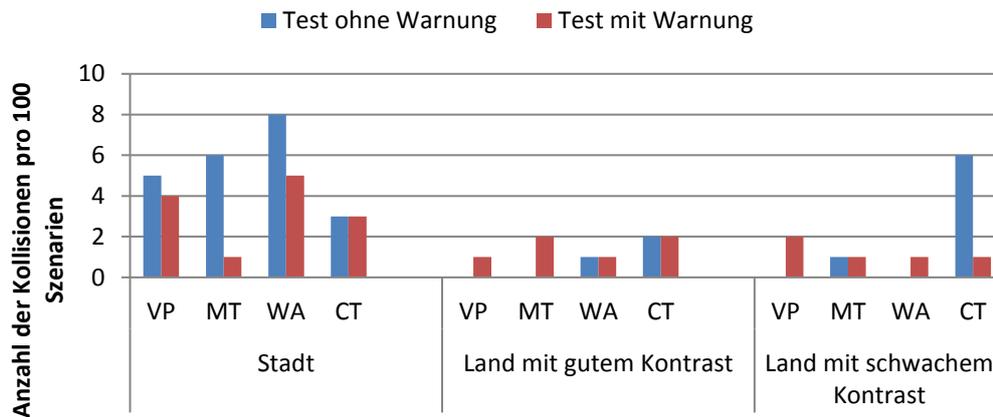


ABB 12 Anzahl der Kollisionen PKW-Motorrad pro 100 Konfliktszenarien (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

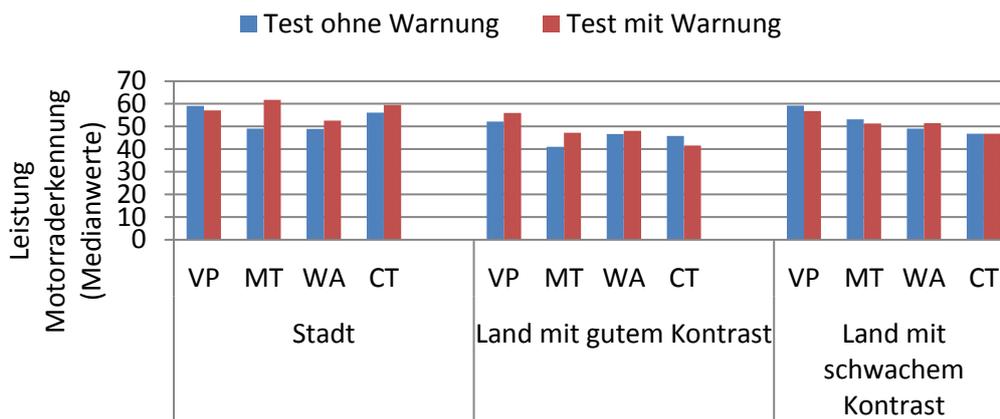


ABB 13 Medianwerte der Leistung bei der Motorraderkennung (maximale Leistungsscore 100) (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

Auf Freilandstraßen mit gutem Kontrast gab es mit dem Warnsystem 1 bis 2 Kollisionen pro 100 Szenarien und ohne Warnsystem 0 bis 2 Kollisionen (Abb. 12). Auf Freilandstraßen mit schwachem Kontrast gab es mit dem Warnsystem 1 bis 2 Kollisionen

pro 100 Szenarien und 0 bis 6 Kollisionen ohne Warnsystem (Abb. 12). In Bezug auf den mit 100 errechneten optimalen Wert, war die Leistung bei der Motorraderkennung mit Medianwerten zwischen 41 und 61 noch nicht optimal, wie Abb. 13 zeigt.

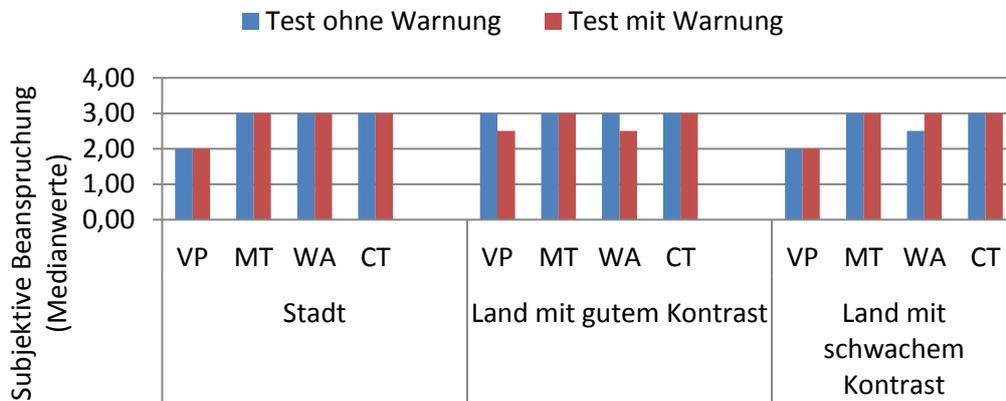


ABB 14 Medianwerte der subjektiven Beanspruchung (Werte zwischen 1 – geringe Beanspruchung und 10 – Aufgabe wegen zu hoher Beanspruchung abgebrochen) (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

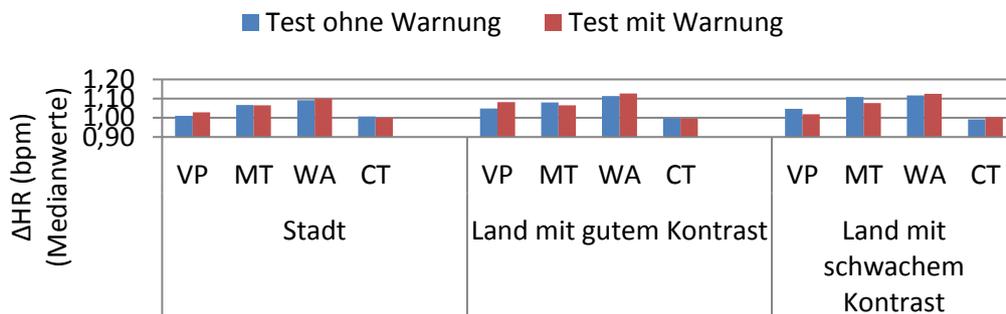


ABB 15 Medianwerte der standardisierten Herzrate. Die Daten zeigen das Verhältnis zwischen Test- und Ruhewerte (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

Wie in Abb. 14 dargestellt, war die subjektive Beanspruchung der FahrschülerInnen, mit Medianwerten zwischen 2 und 3 auf einer Skala zwischen 1 (geringe Beanspruchung) und 10 (Aufgabe wegen zu hoher Beanspruchung abgebrochen) relativ gering. Die standardisierte Herzrate (Abb. 15) und die Herzratenvariabilität (Abb. 16) wurden als Verhältnis zwischen dem jeweiligen Testwert und dem Ruhewert berechnet. Eine erhöhte Beanspruchung zeigt sich in einer höheren Herzrate und einer niedrigeren Herzratenvariabilität. Die standardisierte Herzrate erreichte aber Medianwerte von maximal 1,12 (Abb. 15 und Tabelle 4-7), was auf eine niedrige Beanspruchung der FahrschülerInnen hindeutet. Die standardisierte Herzratenvariabilität erreichte Medianwerte zwischen 0,7 und 1,3 (Abb. 16 und Tabelle 4-7) und deutet ebenfalls auf eine niedrige Beanspruchung der FahrschülerInnen hin. Während der Intensivphase der Versuche traten beim EKG-Messgerät Ausfälle bedingt durch die Firmware des Gerätes

auf. Da sich die Rekrutierung der ProbandInnen als der Flaschenhals für das Projekt erwiesen hatte, wurde beschlossen, bis zur Reparatur des Gerätes die Versuchsreihe nicht abzubrechen. Daher wurden die Daten von vielen Versuchspersonen nicht aufgezeichnet oder konnten nicht zuverlässig ausgewertet werden. Zum Beispiel konnten in der Gruppe 1 „Variable Priorität“ EKG-Daten von nur 5 Personen ausgewertet werden. Deshalb ist eine statistische Auswertung für die physiologischen Daten nicht möglich, sondern nur eine deskriptive Darstellung. Da die physiologischen Parameter zusätzlich zur subjektiven Bewertung der Beanspruchung verwendet wurden, sind die Ergebnisse auch ohne diese Parameter interpretierbar.

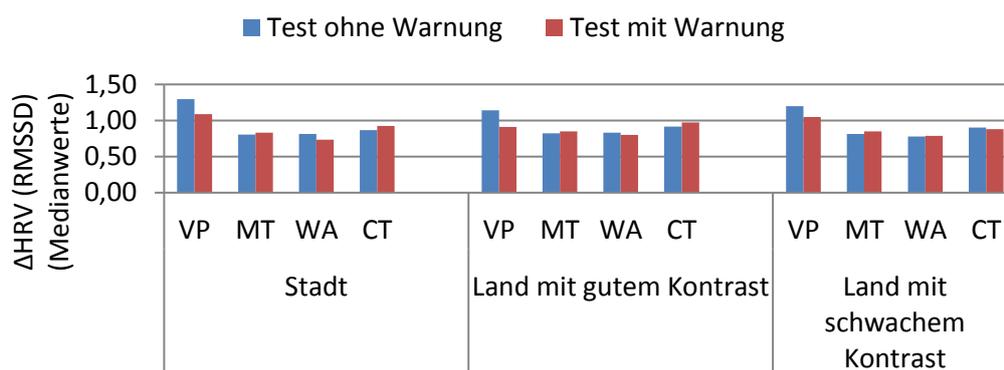


ABB 16 Medianwerte der standardisierten Herzratenvariabilität. Die Daten zeigen das Verhältnis zwischen Test- und Ruhewerte (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

Tabelle 4. Deskriptive Daten für Tests in der Stadt (SF-Standardfehler)

Test	Test ohne Motorrad-Warnung				Test mit Motorrad-Warnung			
	1-VP	2-MT	3-WA	4-CT	1-VP	2-MT	3-WA	4-CT
Motorrad Erkennung								
Mittelwert	52,629	47,719	45,619	52,797	56,642	53,292	47,770	52,868
SF	3,629	2,787	3,561	2,848	2,540	4,484	4,811	3,636
Median	59,009	49,121	48,889	56,151	57,114	61,769	52,538	59,472
Anzahl der Kollisionen pro 100 Szenarien								
Anzahl	5	6	8	3	4	1	5	3
Subjektive Beanspruchung								
Mittelwert	2,400	2,750	2,550	2,600	2,250	2,500	2,700	2,750
SF	0,210	0,216	0,198	0,184	0,160	0,212	0,206	0,331
Median	2,000	3,000	3,000	3,000	2,000	3,000	3,000	3,000
ΔHR(bpm)								
Mittelwert	0,999	1,062	1,074	0,999	0,998	1,064	1,102	1,000
SF	0,097	0,021	0,029	0,013	0,098	0,018	0,023	0,015
Median	1,009	1,067	1,091	1,007	1,029	1,065	1,100	1,001
Δ HRV(RMSSD)								
Mittelwert	1,788	0,800	0,848	0,886	1,693	0,781	0,795	0,930

SF	0,865	0,066	0,060	0,066	0,811	0,060	0,064	0,052
Median	1,295	0,803	0,815	0,868	1,090	0,833	0,735	0,923

Anmerkung: VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe.

Tabelle 5. Deskriptive Daten für die Freilandstraße mit gutem Kontrast (SF-Standardfehler)

Test	Test ohne Motorrad-Warnung				Test mit Motorrad-Warnung			
	1-VP	2-MT	3-WA	4-CT	1-VP	2-MT	3-WA	4-CT
Motorrad Erkennung								
Mittelwert	51,473	45,225	43,966	42,594	55,429	46,134	44,575	39,419
SF	3,739	2,598	2,918	3,378	2,128	3,283	3,685	2,802
Median	52,182	41,020	46,700	45,872	55,985	47,189	48,031	41,608
Anzahl der Kollisionen pro 100 Szenarien								
Anzahl	0	0	1	2	1	2	1	2
Subjektive Beanspruchung								
Mittelwert	2,550	2,700	2,750	2,750	2,200	2,500	2,500	2,800
SF	0,266	0,263	0,216	0,270	0,200	0,246	0,246	0,268
Median	3,000	3,000	3,000	3,000	2,500	3,000	2,500	3,000
ΔHR(bpm)								
Mittelwert	1,020	1,070	1,084	0,997	1,011	1,069	1,154	0,992
SF	0,095	0,020	0,026	0,014	0,098	0,020	0,053	0,013
Median	1,049	1,079	1,113	0,999	1,081	1,065	1,126	0,997
ΔHRV(RMSSD)								
Mittelwert	1,731	0,738	0,805	0,912	1,479	0,770	0,778	0,904
SF	0,848	0,060	0,042	0,057	0,677	0,054	0,049	0,051
Median	1,142	0,821	0,832	0,915	0,913	0,850	0,801	0,974

Anmerkung: VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe.

Tabelle 6. Deskriptive Daten für die Freilandstraße mit schwachem Kontrast (SF-Standardfehler)

Test	Test ohne Motorrad -Warnung				Test mit Motorrad -Warnung			
	1-VP	2-MT	3-WA	4-CT	1-VP	2-MT	3-WA	4-CT
Motorrad Erkennung								
Mittelwert	58,156	49,611	47,358	45,846	57,135	48,471	49,646	45,440
SF	3,958	3,293	3,668	3,260	3,663	3,596	4,136	4,079
Median	59,265	53,226	49,017	46,797	56,755	51,388	51,466	46,841
Anzahl der Kollisionen pro 100 Szenarien								
Anzahl	0	1	0	6	2	1	1	1
Beanspruchung								
Mittelwert	2,400	2,700	2,350	2,900	2,200	2,800	2,450	2,700
SF	0,210	0,231	0,196	0,369	0,156	0,213	0,185	0,272

Median	2,000	3,000	2,500	3,000	2,000	3,000	3,000	3,000
ΔHR(bpm)								
Mittelwert	1,010	1,087	1,102	0,994	0,996	1,069	1,109	1,008
SF	0,097	0,021	0,031	0,015	0,094	0,018	0,025	0,017
Median	1,048	1,109	1,117	0,991	1,018	1,076	1,125	1,004
ΔHRV(RMSSD)								
Mittelwert	1,765	0,730	0,803	0,904	1,734	0,766	0,785	0,865
SF	0,872	0,060	0,062	0,057	0,845	0,055	0,070	0,045
Median	1,198	0,813	0,780	0,903	1,048	0,847	0,787	0,880

Anmerkung: VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe.

2. Wirkung der Trainingsmaßnahmen

2.1 Tests ohne Motorrad-Warnung

2.1.1 Motorraderkennung in der Stadt ohne Motorrad-Warnung

Die Ergebnisse des Mediantests zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen beim Test in der Stadt und ohne Motorrad-Warnung ($df=3$, $\chi^2=11,30$, $p < .009$). Wie Abb. 17 zeigt, ist die Anzahl der Personen mit einer Leistung über dem Medianwert (Med=51,50) in den Gruppen „variable Priorität“ und „Kontrollgruppe“ größer als in den Gruppen „gleiche Priorität“ und „Training mit Warnung“.

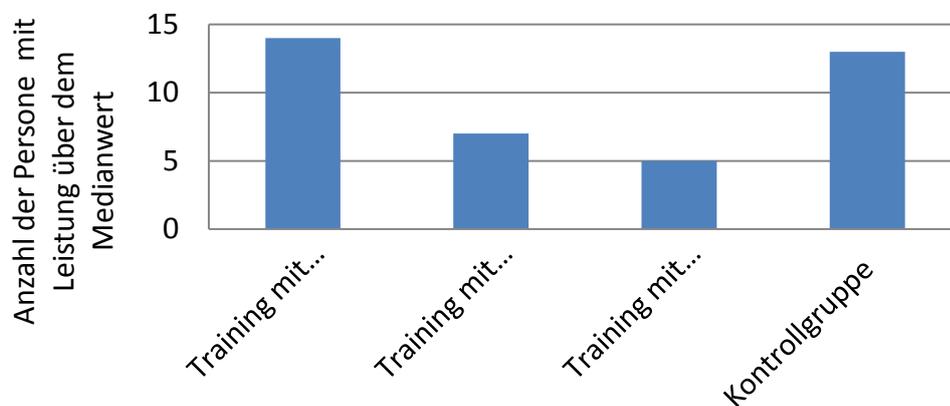


ABB 17 Leistung bei der Motorraderkennung in der Stadt ohne Motorrad-Warnung (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

2.1.2 Motorraderkennung auf Landstraße mit gutem Kontrast ohne Motorrad-Warnung

Die Gruppenunterschiede beim Test ohne Warnung sind statistisch nicht signifikant ($df=3$, $\chi^2=2,80$, $p < .50$). Abb. 18 zeigt die Anzahl der Personen mit einer Leistung über dem Medianwert (Med=46,96).

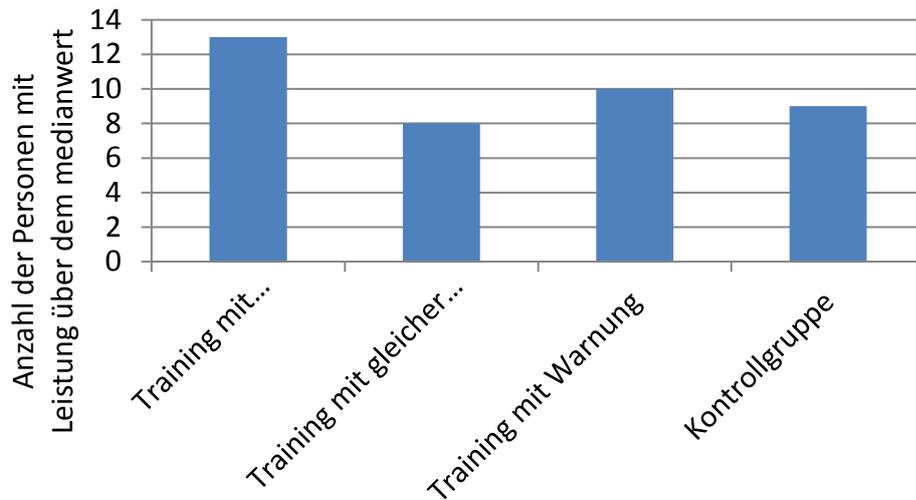


ABB 18 Leistung bei der Motorraderkennung auf Landstraße mit gutem Kontrast ohne Motorrad-Warnung (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

2.1.3 Motorraderkennung auf Landstraße mit schwachem Kontrast ohne Motorrad-Warnung

Der Mediantest zeigt signifikante Gruppenunterschiede beim Test ohne Warnung auf Landstraße mit schwachem Kontrast ($df=3, \chi^2=8,40, p < .04$). Wie Abb. 19 zeigt, ist die größte Anzahl der Personen mit einer Leistung über dem Medianwert (Med=51,54) in der Gruppe „Variable Priorität“ zu finden.

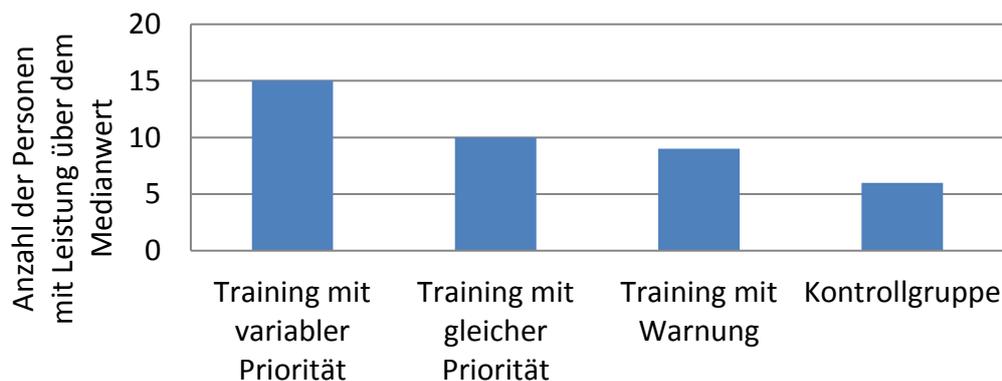


ABB 19 Leistung bei der Motorraderkennung auf Landstraße mit schwachem Kontrast ohne Motorrad-Warnung (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

2.2 Tests mit Motorrad-Warnung

2.2.1 Motorraderkennung in der Stadt mit Motorrad-Warnung

Die Gruppenunterschiede beim Test mit Warnung in der Stadt sind nicht signifikant ($df=3$, $\chi^2=2,40$, $p < .53$). Abb. 20 zeigt die Anzahl der Personen mit einer Leistung über dem Medianwert (Med=56,67).

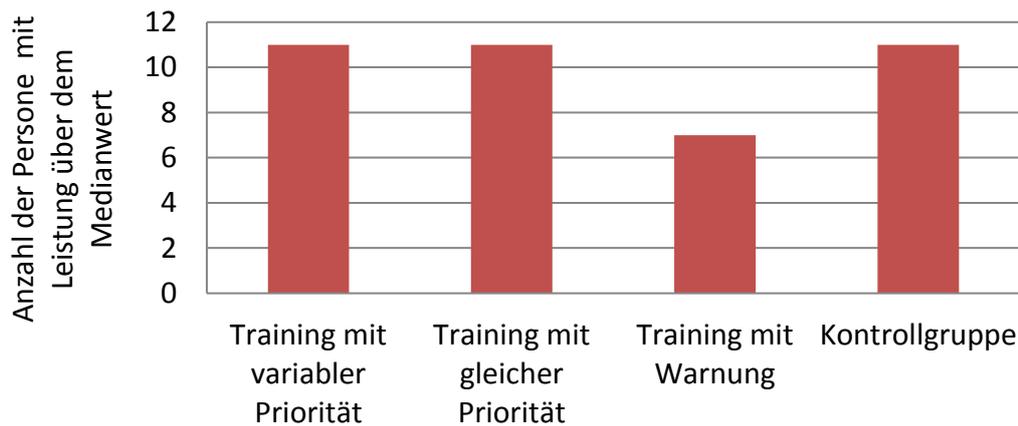


ABB 20 Leistung bei der Motorraderkennung in der Stadt mit Motorrad-Warnung (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

2.2.2 Motorraderkennung auf Landstraße mit gutem Kontrast mit Motorrad-Warnung

Der Mediantest zeigt signifikante Unterschiede beim Test mit Warnung auf der Landstraße mit gutem Kontrast ($df=3$, $\chi^2=15,33$, $p < .001$). Wie Abb. 21 zeigt, ist die Anzahl der Personen mit einer Leistung über dem Medianwert (Med=48,18) in der Gruppe „Variable Priorität“ signifikant größer als in den anderen Gruppen.

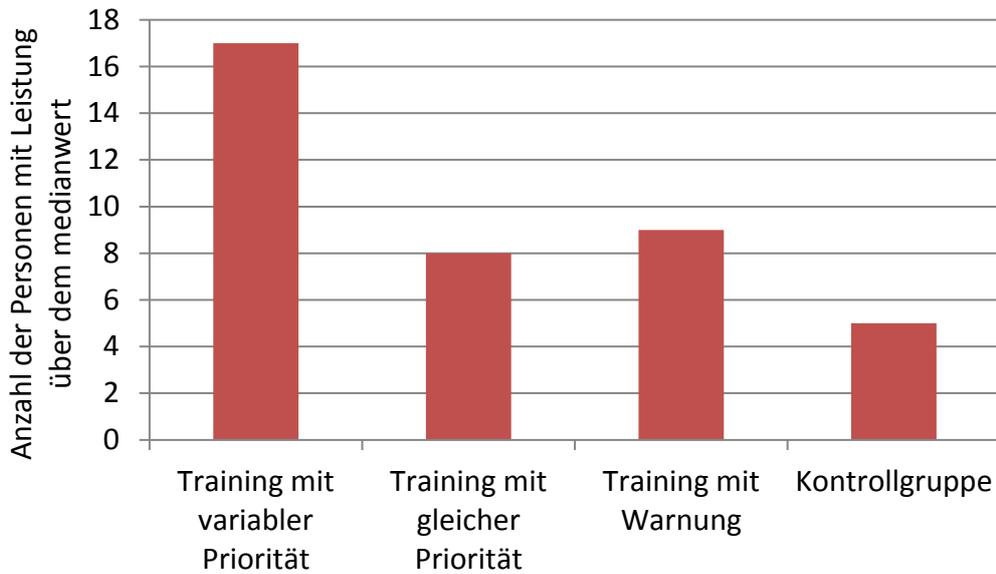


ABB 21 Motorraderkennung mit Warnung auf Landstraße mit gutem Kontrast (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

2.2.3 Motorraderkennung auf Landstraße mit schwachem Kontrast

Beim Test mit Warnung gibt es wieder signifikante Gruppenunterschiede ($df=3$, $\chi^2=7,65$, $p < .05$). Wie Abb. 22 zeigt, ist die größte Anzahl der Personen mit einer Leistung über dem Medianwert (Med=51,87) in der Gruppe „Variable Priorität“ zu finden.

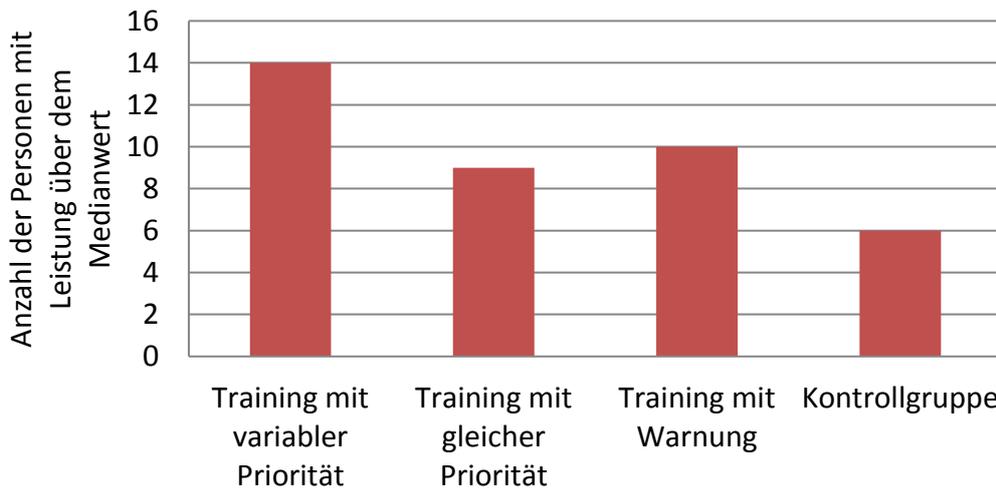


ABB 22 Leistung bei der Motorraderkennung auf Landstraße mit schwachem Kontrast mit Motorrad-Warnung (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

3. Bewertung des Trainings

Abb. 23 zeigt, dass die meisten FahrschülerInnen das Training als nützlich bewertet haben. Eine einzige Person aus der Gruppe „Variable Priorität“ hat das Training als nicht nützlich bewertet. Etwa ein Drittel der FahrschülerInnen aus der „Variable Priorität“, der Kontrollgruppe und circa ein Fünftel der FahrschülerInnen aus den anderen Gruppen bewerteten das Training neutral.

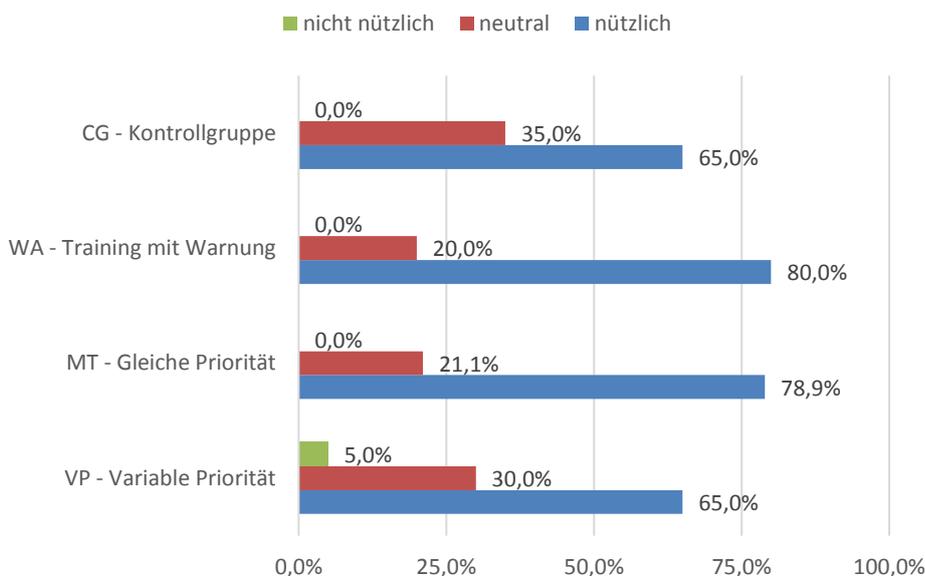


ABB 23 Bewertung des Trainings (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

Die Absicht das Training künftig zu wiederholen, sofern die Möglichkeit besteht wurde von den meisten FahrschülerInnen mit „sicher“ oder „vielleicht“ bestätigt (Abb. 24). Wenige FahrschülerInnen würden das Training nicht weiterführen oder waren sich dessen nicht sicher. Wie in der Abb. 25 illustriert, würden die meisten FahrschülerInnen das Training im Fahrsimulator anderen FahrschülerInnen weiterempfehlen.

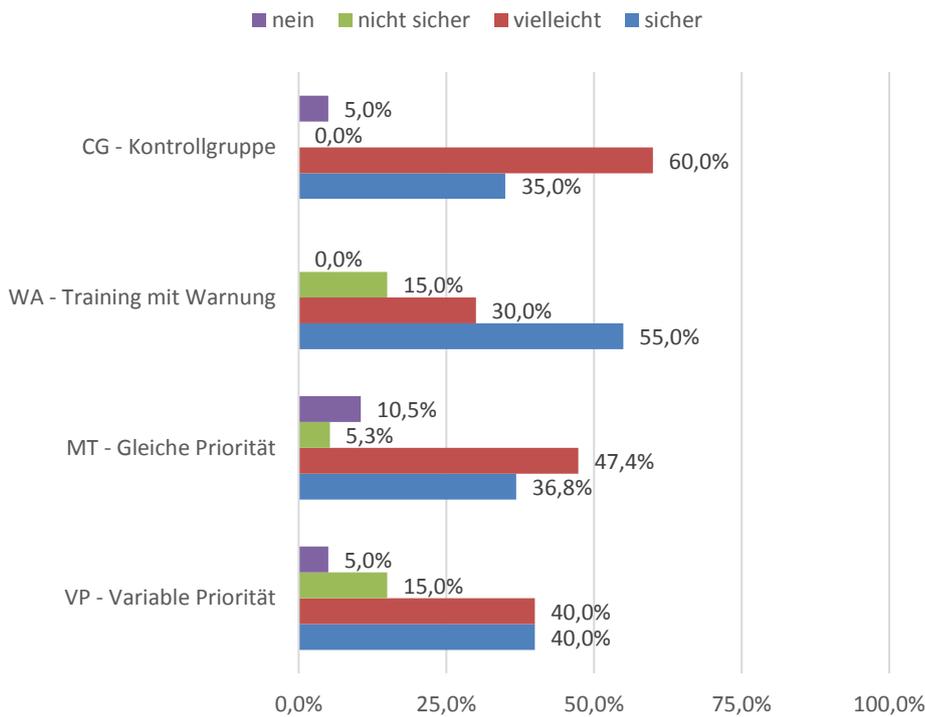


ABB 24 Absicht das Training in Zukunft durchzuführen (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

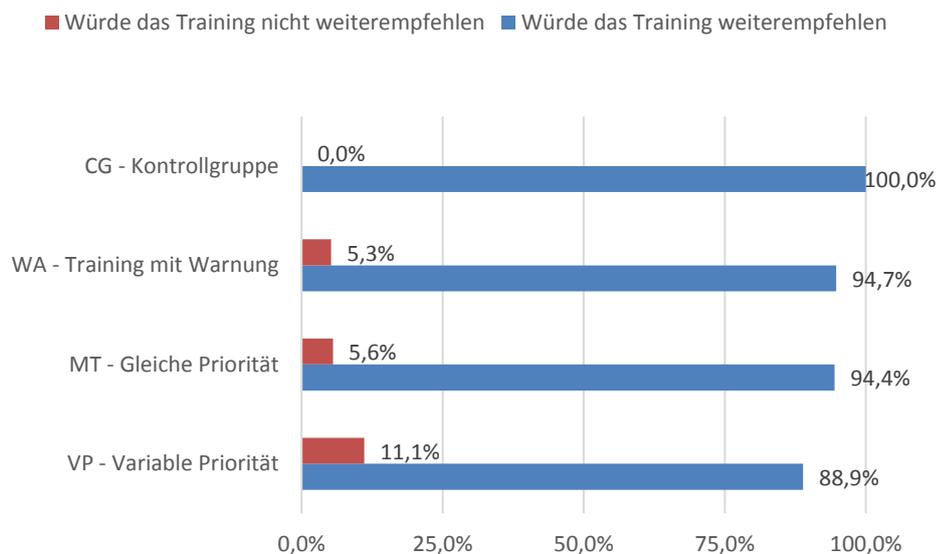


ABB 25 Absicht das Training in Zukunft weiter zu empfehlen (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

Die Antworten der FahrschülerInnen bei der Frage „Gab es etwas an den Maßnahmen, das Sie als störend empfinden?“ werden in Abb. 26 dargestellt.

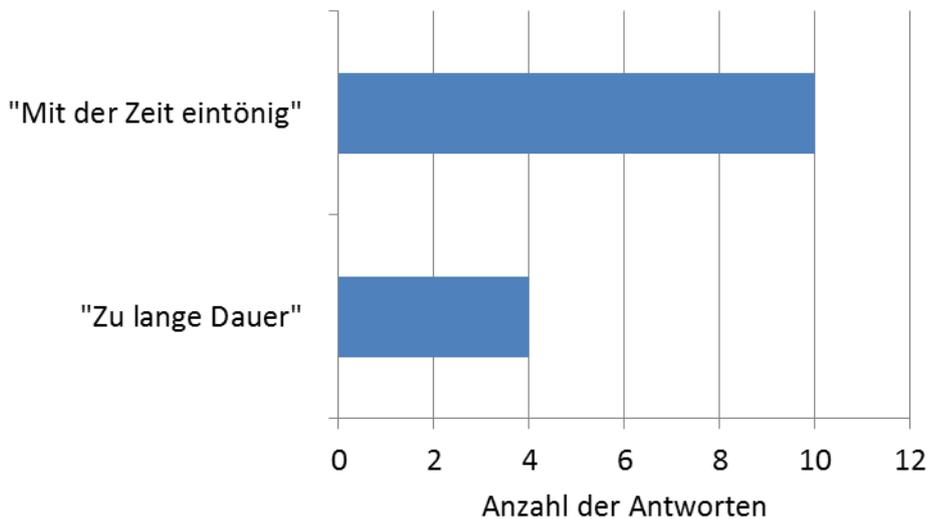
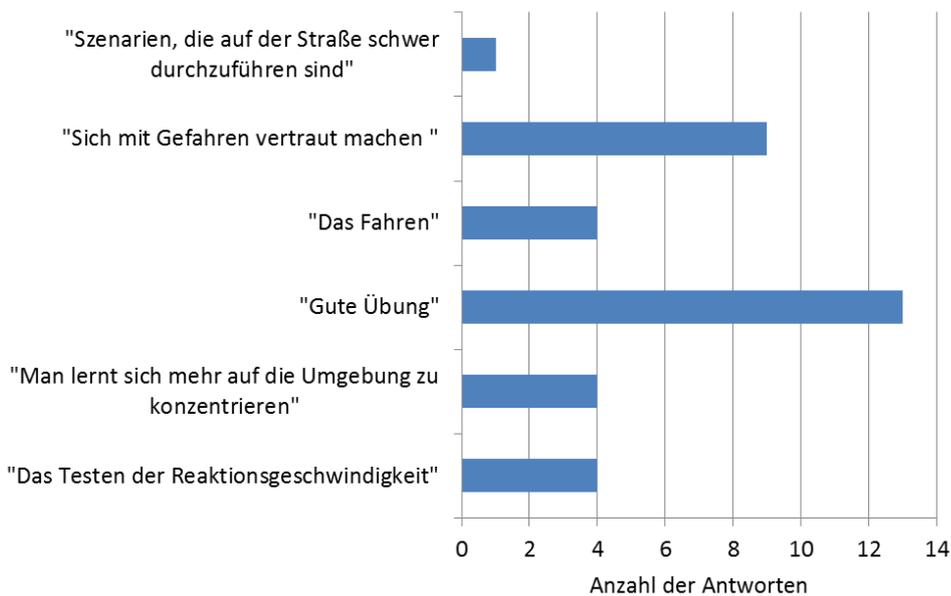


ABB 26 Freie Antwortwahl der FahrschülerInnen bei der Frage „Gab es etwas an den Maßnahmen, das Sie als störend empfinden?“

Die Antworten der FahrschülerInnen bei der Frage „Was hat Ihnen besonders gut an den Maßnahmen gefallen?“ werden in Abb. 27 dargestellt.



ABB

27 Freie Antwortwahl der FahrschülerInnen bei der Frage „Was hat Ihnen besonders gut an den Maßnahmen gefallen?“

4. Bewertung des Motorrad-Warnsystems

Abb. 28 zeigt, dass die meisten FahrschülerInnen aus der Kontrollgruppe und aus der Gruppe, die mit der Warnung trainiert hatte, die Warnung als nützlich bewerteten. Auch in den Gruppen „Variable Priorität“ und „Gleiche Priorität“ haben ca. 40% der FahrschülerInnen die Warnung als nützlich bewertet. In drei Gruppen gab es eine Person, die die Warnung als nicht nützlich bewertete. In der Gruppe „Gleiche Priorität“ haben zwei FahrschülerInnen die Warnung als kontraproduktiv bewertet.

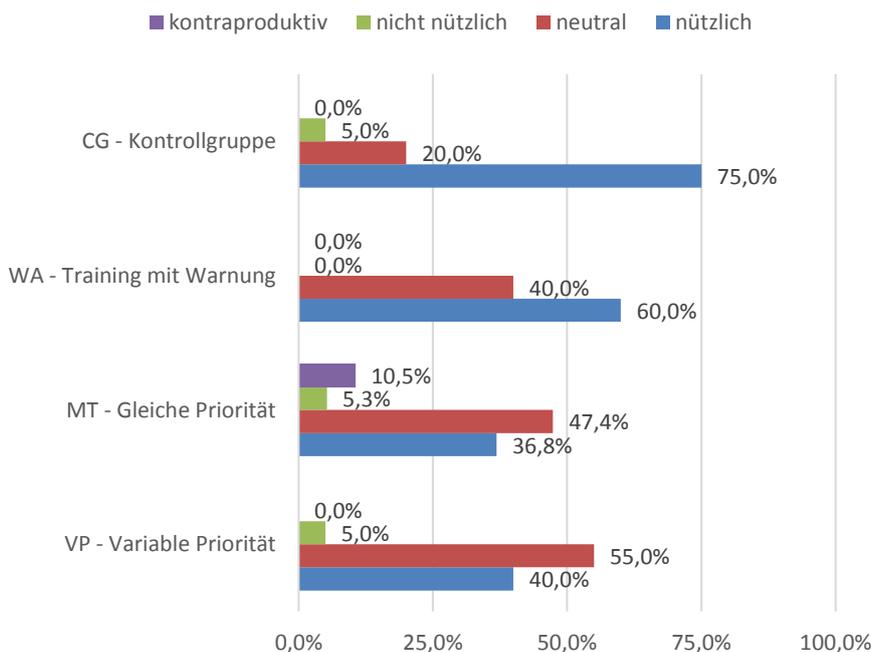


ABB 28 Bewertung der Motorrad –Warnung (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

Die Absicht die Warnung künftig zu verwenden, wenn sich die Möglichkeit ergibt, wurde von den meisten FahrschülerInnen mit „sicher“ oder „vielleicht“ bestätigt (Abb. 29). Wenige FahrschülerInnen würden die Warnung nicht wieder verwenden oder waren sich dessen nicht sicher. Wie in der Abb. 30 illustriert, würden die meisten FahrschülerInnen die Warnung anderen FahrschülerInnen weiterempfehlen.

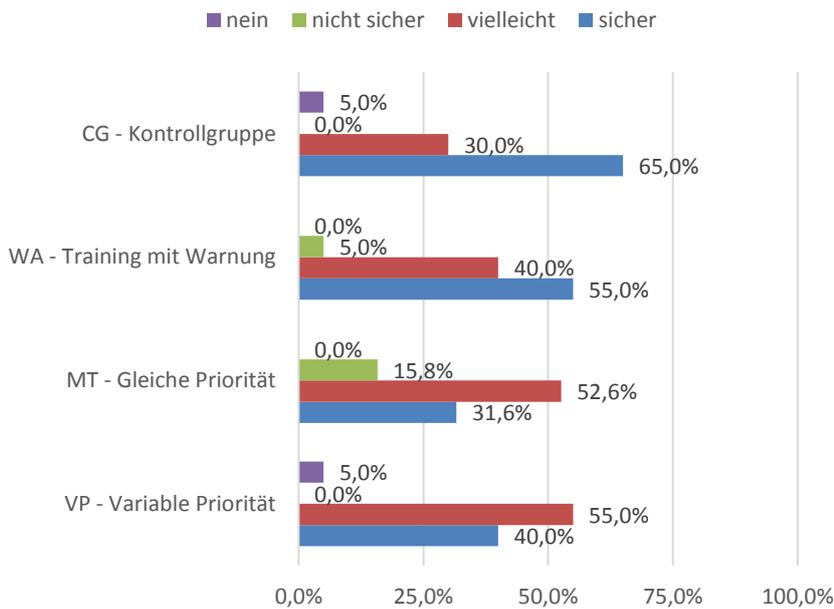


ABB 29 Absicht die Motorrad -Warnung in Zukunft zu verwenden (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

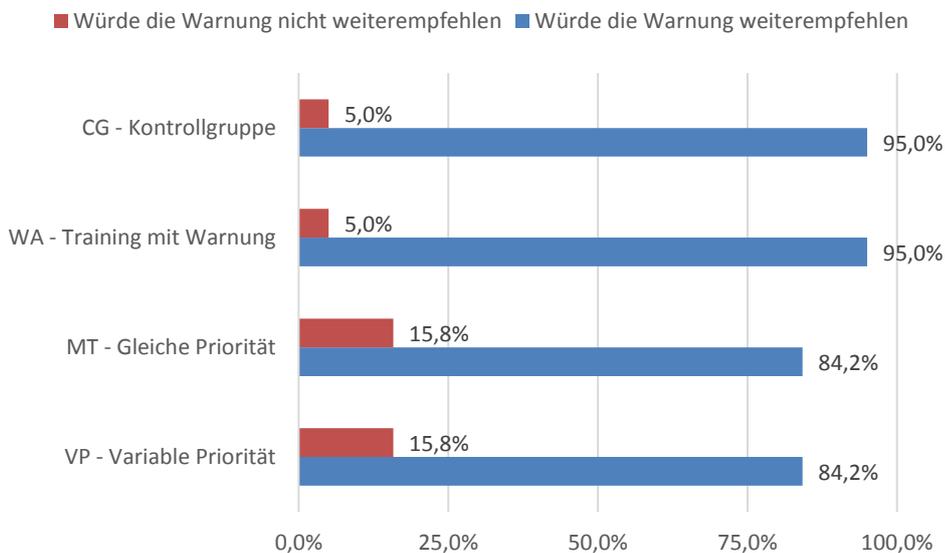


ABB 30 Absicht die Motorrad-Warnung in Zukunft weiter zu empfehlen (VP - „Variabler Priorität“, MT - Multitasking mit gleicher Priorität, WA - Multitasking mit gleicher Priorität und Motorrad-Warnung, CT – Kontrollgruppe).

Die Antworten der FahrschülerInnen bei der Frage „Gab es etwas an den Maßnahmen, das Sie als störend empfinden?“ werden für die Motorrad-Warnung in Abb. 31 dargestellt.

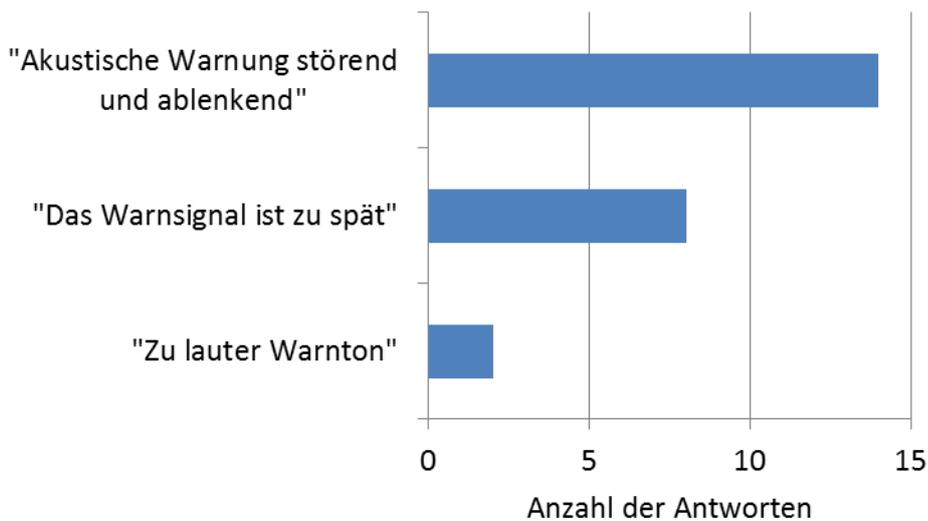


ABB 31 Freie Antwortwahl der FahrschülerInnen bei der Frage „Gab es etwas an den Maßnahmen, das Sie als störend empfinden?“

Die Antworten der FahrschülerInnen bei der Frage „Was hat Ihnen besonders gut an den Maßnahmen gefallen?“ werden für die Motorrad-Warnung in Abb. 32 dargestellt.

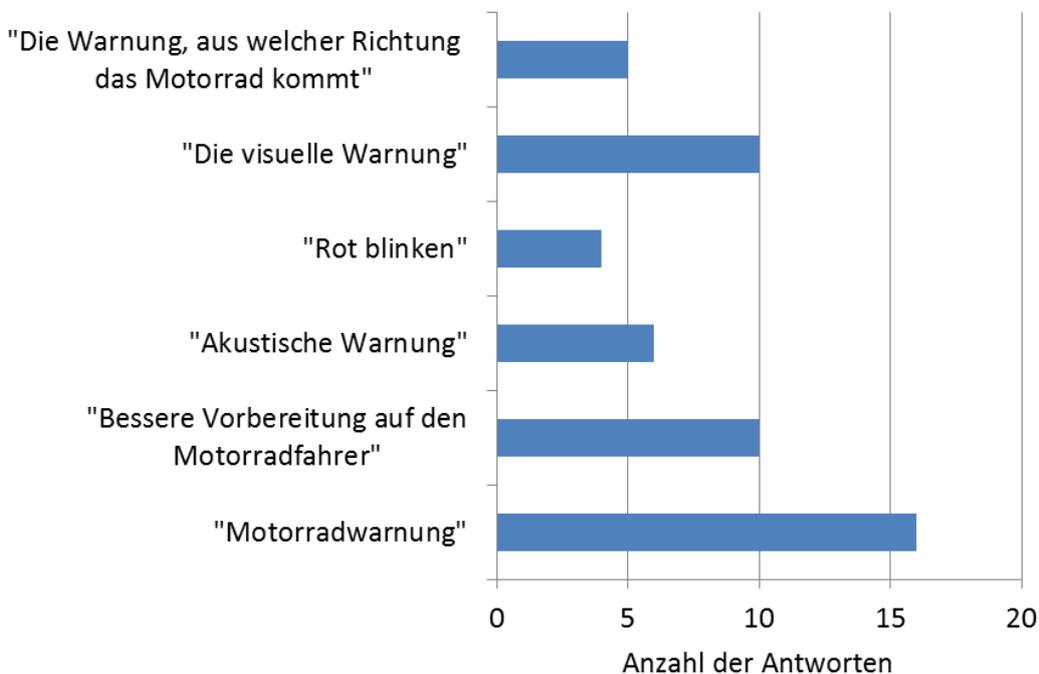


ABB 32 Freie Antwortwahl der FahrschülerInnen bei der Frage „Was hat Ihnen besonders gut an den Maßnahmen gefallen?“

IV. Diskussion

1. Trainingsmethoden

Je nachdem, welche Methode verwendet wurde, hat das Training im Fahrsimulator mit FahrschülerInnen unterschiedlich starke Wirkung. In Abwesenheit einer Warnung führt das Training mit „Variable Priorität“ zu einer signifikant besseren Leistung bei der Früherkennung der Motorräder in der Stadt und auf der Freilandstraße mit schwachem Kontrast. Dies verglichen mit den Trainingsmethoden „gleiche Priorität“ oder Training mit Warnung und „gleiche Priorität“. Ein ähnliches Muster zeigt sich auch bei der Motorraderkennung auf der Freilandstraße mit gutem Kontrast. Hier erreichten die Gruppenunterschiede aber keine statistische Signifikanz. Diese Ergebnisse bestätigen die Ergebnisse von Gopher et al. (1988, 1994), die das „Variable Priorität“ Paradigma bei Studierenden und auch bei Kadetten der Luftwaffe erprobt haben. Das einstündige Trainingsprogramm im Fahrsimulator hatte eine positive Wirkung, ist aber noch nicht ausreichend, weil die FahrschülerInnen noch vom optimalen Erkennungsabstand der Motorräder entfernt waren (Abb. 13), und auch eine geringe Anzahl an Kollisionen stattgefunden hat (Abb. 12). In den bisherigen Studien war die Trainingsdauer ca. 10 Stunden (Gopher et al., 1989, 1994). Die Trainingsdauer könnte also verlängert werden und viele FahrschülerInnen könnten sich vorstellen, weiter zu trainieren, aber das Training sollte künftig abwechslungsreicher gestaltet werden. Die meisten FahrschülerInnen bewerteten das Training im Fahrsimulator als nützlich, weil sie im Fahrsimulator gefährliche Szenarien üben können, die auf der Straße schwer durchzuführen sind und auf die man sich anderweitig nicht vorbereiten kann, und weil es auch die Möglichkeit bietet, sich mit Gefahren vertraut zu machen. Wie in Abb. 25 illustriert, würden die meisten FahrschülerInnen das Training im Fahrsimulator anderen FahrschülerInnen weiterempfehlen. Das Training hatte keine signifikante Wirkung auf die Beanspruchung der FahrschülerInnen, dies vielleicht deshalb, weil die Trainingsdauer noch nicht ausreichend lang gewählt war.

2. Warnung

Die meisten FahrschülerInnen aus der Kontrollgruppe und aus der Gruppe, die mit der Warnung trainiert hatte, bewerteten die Warnung als nützlich (Abb. 28). Dies war auch in den Gruppen „Variable Priorität“ und „Gleiche Priorität“ der Fall, hier haben ca. 40% der FahrschülerInnen die Warnung als nützlich bewertet. Die Absicht, wenn möglich, die Warnung künftig zu verwenden wurde von den meisten FahrschülerInnen mit „sicher“ oder „vielleicht“ bestätigt (Abb. 29). Wenige FahrschülerInnen würden die Warnung nicht wieder verwenden oder waren sich dessen nicht sicher. Wie in Abb. 30 abgebildet, würden die meisten FahrschülerInnen die Warnung anderen FahrschülerInnen weiterempfehlen. Für manche FahrschülerInnen war der Warnton zu laut oder störend, oder die Warnung erfolgte zu spät. Für die Verbesserung des Warnsystems sollte deshalb die Möglichkeit bestehen, die Lautstärke selbst einzustellen. Hierbei sei aber erwähnt, dass eine Realisierung deshalb schwierig sein könnte, da eine zu frühe Warnung auch die Anzahl der falschen Warnungen steigen kann (Koglbauer et al., 2018).

Interessanterweise zeigt das Training mit „variable Priorität“ auch bei Verwendung des Motorrad-Warnsystems eine signifikant bessere Leistung als die anderen Gruppen bei der

Früherkennung von Motorrädern auf der Freilandstraße mit gutem und schwachem Kontrast.

Die Empfehlung ist daher, beide Maßnahmen, sowohl das Training mit „Variabler Priorität“ in der Fahrausbildung als auch das Motorrad-Warnsystem im realen Fahrzeug, weiter zu entwickeln und zu implementieren. Das Training am Simulator kann die praktische Ausbildung im Fahrzeug auf der Straße aber nicht ersetzen.

V. Danksagung

Die AutorInnen bedanken sich bei Herrn DI Alexander Nowotny für die kompetente Begleitung des Projektes IMPMOD. Die AutorInnen bedanken sich bei Frau Prof. Dr. Pamela Tsang von der Wright State University für ihre Unterstützung bei der Erstellung des Experimentaldesigns und bei der Umsetzung des Paradigma „Variable Priorität“ im Simulatortraining.

VI. Literatur

ACEM, OECD. (kein Datum). Maids-Study. Von Motorcycle Accidents in Depth Study: <http://www.maids-study.eu> abgerufen am 11.3.2018

AIT. (2015). Unfallstatistik des Motorrad- und Mopedunfallgeschehens in Kärnten (2015).

Bartl, G., Hager, B., & Urbanek, K. (2009). Unfallursachenanalyse von Zweiradfahrern. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

BMVIT, B. f. (2015). Die große Freiheit auf zwei Rädern genießen? Aber sicher. . Wien: Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie.

Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie. (2010). Straßenverkehrsunfälle Österreich - Basic Fact Sheets 2010 - Motorräder. Von <https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/strasse/verkehrssicherheit/downloads/bfs2010motorrad.pdf> abgerufen am 12.4.2018

Cassavaugh, N.D., & Kramer, A.F. (2009). Transfer of computer-based training to simulated driving in older adults. *Applied Ergonomics*, 40, 943–952.

Cemborain Martinez, T. (2017). Development of a Human-Machine-Interface for Perception of Motorcycles in a Car. Technical Report for the project Improved Perception of Motorcycles by Driving Simulator based Driving Education (IMPMOD). Graz University of Technology.

Craen, de S., Doumen, M., & van Norden, Y. (2011). The roles of motorcyclists and car drivers in conspicuity-related motorcycle crashes. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.

Gopher, D., Weil, M., & Siegel, D. (1989). Practice under changing priorities: an approach to the training of complex skills. *Acta Psychologica*, 71, 147-177.

Gopher, D., Well, M., & Bareket, T. (1994). Transfer of Skill from a Computer Game Trainer to Flight. *Human Factors*, 36(3), 387-405.

Haas, K. (2017). Vorbereitung und Durchführung einer Fahrstudie zur Verbesserung der Erkennung von Motorrädern im Straßenverkehr. Technical Report für das Projekt Improved Perception of Motorcycles by Driving Simulator based Driving Education (IMPMOD).. Graz, AT: Technische Universität Graz.

HumanResearch (2017). Von <http://humanresearch.at/newwebcontent/> abgerufen am 03.09.2017.

ILZ Institut für Zweiradsicherheit. (2012). Gefährliche Begegnungen - Situationen erkenne - sicher fahren. Von http://ifz.de/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/Gefahrliche_Begegnungen-www.pdf abgerufen am 17.9.2017

Junker, S. (2016). CAR2X-Kommunikation für autonom fahrende Modellautos. Masterarbeit. Freie Universität Berlin. Von http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-ki/rojas_home/documents/Betreute_Arbeiten/Master-Junker.pdf abgerufen am 3.9.2017

KFV (2014). Unfallstatistik KFV. Abgerufen am 2016 von http://unfallstatistik.kfv.at/index.php?id=65&no_cache=1&cache_file=kfv_nav_cache.html&report_typ=K%C3%A4rnten&kap_txt=Einspurige+KfZ&tab_txt=Get%C3%B6tete+Benutzer+einspuriger+KfZ+nach+Unfalltypen, abgerufen am 3.8.2017

Koglbauer, I., Holzinger, J., Eichberger, A., & Lex, C. (2018). Adaptation of the autonomous emergency braking system to snowy road conditions improves drivers' perceived safety and trust. *Traffic Injury Prevention*, 19(3), 332-337.

Koglbauer, I., Kallus, K. W., Braunstingl, R., & Boucsein, W. (2011). Recovery training improves performance and psychophysiological state of pilots during simulated and real visual flight rules flight. *International Journal of Aviation Psychology*, 21(4), 307-324.

Kramlich, Th. (2002). Noch immer gefährliche Begegnungen: Die häufigsten Gefahrensituationen für Motorradfahrer und die resultierenden Verletzungen. 4. Internationale Motorradkonferenz München.

National Highway Traffic Safety Administration. (2000). NATIONAL AGENDA FOR MOTORCYCLE SAFETY; NHTSA. Von <http://www.nhtsa.gov/About-NHTSA/Traffic-Techs/current/National-Agenda-For-Motorcycle-Safety> abgerufen

ÖAMTC Unfallforschung (2016). Motorradunfälle – Unfallgeschehen und Unfallursachen auf ausgewählten, „klassischen“ Motorradstrecken. Von www.oeamtc.at/https://www.oeamtc.at/media.php?id=%2C%2C%2C%2CZmlsZW5hbWU9ZG93bmVYWQIM0QIMkYyMDE2LjA2LjE0JTJGMtQ2NTg5MTc4MTYzNzIucGRmJnJuPUtsYXNzaXNjaGUIMjBNb3RvcnJhZHN0cmVja2VuJTlwaW4lMjAlRDZzdGVycmVpY2glMjAyMDE2LnBkZg%3D%3D. abgerufen

Spitzer, C. R. (2007). *Avionics: Elements, Software and Functions*. CRC Press.

Statistik Austria. (2015a). Verletzte und Getötete 2012 bis 2015 nach Verkehrsarten. Von http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/unfaelle_mit_personenschaden/index.html abgerufen

Statistik Austria. (2015b). Straßenverkehrsunfälle 2014, 1. bis 4. Quartal Jahresergebnisse. Von http://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=081597 abgerufen

Roscoe, A.H., & Ellis, G.A. (1990). A subjective rating scale for assessing pilot workload in flight: a decade of practical use. Technical Report TR 90019, Royal Aerospace establishment. Farnborough, Hampshire: Ministry of Defence.

Unger, T., Widmann, Ch., & Pschenitza, M. (2013). Unfälle mit Motorrädern, Neue Aspekte der Motorradsicherheit ! (?). ADAC Unfallforschung.

Wagner, L.M. (2018). Analyse von kinematischen, physiologischen und subjektiven Daten bei einem Training im Fahrsimulator. Technical Report für das Projekt Improved

Perception of Motorcycles by Driving Simulator based Driving Education (IMPMOD).
Graz, AT: Technische Universität Graz.

Walter E, Cavegn M, Ewert U, Scaramuzza G, Achermann Stürmer Y, Niemann S, Uhr A.
(2014). Motorradverkehr. bfu-Sicherheitsdossier Nr. 12. ISBN 978-3-906173-27-6. Bern:
bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung;

Walter, E., Cavegn, M., Scaramuzza, G., Niemann, S., & Bächli-Biétry, J. (2009). bfu-
Sicherheitsdossier Nr. 05 - Motorradverkehr. Bern: bfu – Beratungsstelle für
Unfallverhütung.

Wells, S., Mullin, B., Norton, R., Langley, J., Connor, J., Lay-Yee, R., & Jackson, R.
(2004). Motorcycle rider conspicuity and crash related injury: case control study. British
Medical Journal, 328:857. Von <http://www.bmj.com/content/328/7444/857.full> abgerufen

Widmann C, Unger T, Pschenitza M. (2015). ADAC Unfallforschung- Unfälle mit
Motorrädern - Neue Aspekte der Motorradsicherheit !(?). In: 5. Jahrestagung der GMTTB,
Konstanz.

Winterthur, D. (kein Datum). Auto und Motorrad: Auf Kollisionskurs? Motorradunfälle
vermeiden. Von [http://docplayer.org/12981928-Auto-und-motorrad-auf-kollisionskurs-
motorradunfaelle-vermeiden.html](http://docplayer.org/12981928-Auto-und-motorrad-auf-kollisionskurs-motorradunfaelle-vermeiden.html) abgerufen am 1.6.2017.

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

bmvit - Bundesministerium für Technologie
Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien, Austria

Inhaltliche Erarbeitung: Projektverantwortlicher Autor:

Assoc.-Prof. Dr. Arno Eichberger, Dr. Ioana Koglbauer, Technische Universität Graz,
Institut für Fahrzeugtechnik
Graz, 8.2.2019; Band 070

Grafik-Design:

Dr. Ioana Koglbauer, Technische Universität Graz, Institut für Fahrzeugtechnik

Erstveröffentlichung:

Februar, 2019 | Band 070

Projektnummer:

199.944

Schriftenleitung:

Dipl.-Ing. Alexander Nowotny

Erklärung der Schriftenleitung:

Die in diesem Band enthaltenen Aussagen müssen nicht notwendigerweise mit denen des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie übereinstimmen.

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.

Finanziert aus Mitteln des Österreichischen Verkehrssicherheitsfonds im Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, im Rahmen der **5. VSF-Ausschreibung „Freiheit auf 2-Rädern Aber sicher!“**.